

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat
FACULTE : SCIENCES
DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : LABTAR AYA
ERAHMANE MEBARAKA

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
(SNV) FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES
OPTION : PROTECTION DES VEGETAUX

*Essai d'efficacité de biopesticides
contre quelque ravageurs de plantes*

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
AMARA Yacin	Maître conférences B	Président
Khadija ALLALI	Maître Assistant A	Examinatrice
ZAMOUM Miyada	Professeure	Encadrante
Benbelkheir Fatima zouhra		Co_ Encadrant

Promotion : Juin 2024

Titre :**Essai d'efficacité de biopesticides contre quelques ravageurs de plantes****Résumé :**

La présente étude a pour objectif de proposer des solutions alternatives basées sur l'utilisation des produits naturels à base des bactéries ,afin de lutter contre le puceron noir de la fève. Nous avons formulé des spores de la souche *Streptomyces* DN19 à base de talc et tester ce produit sur le puceron noir de la fève *Vicia fabae*.

Après avoir étudié les effets de la souche *Streptomyces* DN19 sur les pucerons, les résultats obtenus indiquent que l'actinobactérie provoque une décomposition partielle et parfois totale de l'insecte par rapport au témoin qui n'a pas changé.

La présente étude montre que la formulation des spores de la souche *Streptomyces* DN19 à base de talc testé renferme un potentiel bioinsecticide utile pour promouvoir des méthodes alternatives à l'emploi des insecticides chimiques.

Mots clés : Bioinsecticide, Puceron noir, *Vicia fabae*, *Streptomyces*

Title:**Efficacy testing of biopesticides against some plant pests****Abstract:**

The present study aims to propose alternative solutions based on the use of natural products based on bacteria "bioinsecticide" to fight against the black bean aphid. We formulated spores of the *Streptomyces* DN19 talc-based strain and tested this product on the black aphid of the *Vicia fabae* bean.

After studying the effects of the strain *Streptomyces DN19* on aphids, the results obtained indicate that actinobacteria causes partial and sometimes total decomposition of the insect compared to the control that did not change.

The present study shows that the formulation of spores of the talc-based strain *Streptomyces* DN19 contains a useful bioinsecticide potential to promote alternative methods to the use of chemical insecticides.

Keywords: Bioinsecticide. Black aphid, *Vicia fabae*, *Streptomyce*

العنوان:

اختبار فعالية المبيدات الحيوية ضد بعض الآفات النباتية

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى اقتراح حلول بديلة بناءً على استخدام المنتجات الطبيعية القائمة على البكتيريا «المبيدات الحيوية» لمحاربة المن الأسود للقول.

قمنا بصياغة ابواغ من سلالة البكتيريا الشعاعية *DN19* على شكل مسحوق التلك واختبرنا هذا المنتج على المن الأسود للقول.

بعد دراسة تأثيرات سلالة البكتيريا الشعاعية *DN19* على المن، تشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى أن البكتيريا الأكتينية تسبب تحللًا جزئيًا وأحيانًا كليًا للحشرة مقارنة بالشاهد الذي لم يتغير.

تظهر هذه الدراسة أن تركيبة ابواغ السلالة الشعاعية *DN19* القائمة على التلك تحتوي على إمكانات مبيدات حيوية مفيدة لتعزيز طرق بديلة لاستخدام المبيدات الحشرية الكيميائية.

الكلمات المفتاحية: مبيدات حيوية. المن الأسود، البكتيريا الشعاعية.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents que j'aime, ma mère et mon père pour l'amour, la tendresse et surtout leur présence dans des moments les plus difficiles. Les mots sont faibles pour Exprimer la force de mes sentiments et la reconnaissance que je leurs porte.

A mes chères frère : Mohamed, Amine

Ahmed.

A chères sœurs : Anfale , semia , Asmaa .

Pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral.

A mes chers amis surtout : Hadjer dahmeni

Rania chouiatt , Khaoula Aggoun.

Pour m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Pour toute la famille Labtare et Benhassine.

Remerciements

Avant tout je remercie " Allah " le tout puissant, qui m'a donné le courage, la volonté, la force, la santé et la persistance pour accomplir ce modeste travail.

Je s'adresse mes plus vifs remerciements à Mon encadreur Mme Zamoum M, professeur au Département d'Agronomie Université Amar TELIDJI Laghouat, et Co-encadrant Mme Benbelkhir F, pour leur encadrement, leur encouragements, leur orientations, leur conseils scientifiques, et leur gentillesse qui m'ont permis de bien mener ce modeste travail et pour avoir participé activement à la correction de ce manuscrit.

Je tiens également à remercier les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer de mon travail

Je remercie aussi Propriétaire de champs Monsieur Abiza Al Taher qui nous donné les échantillons de la fève.

Je remercie tous les enseignants et les enseignantes qui m'ont formé durant ces années, et m'ont préparé pour cette dernière année de master. Merci pour vos encouragements et votre gentillesse.

Enfin, Je remercie tous ce qui a participé de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Sommaire

Résumé

Abstract

ملخص

Dédicaces

Remerciements

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction..... 2

Partie I : Etude bibliographique

Chapitre I : La Fève *Vicia fabae*

I.1. Origine : 2

I.2. Description botanique : Error! Bookmark not defined.

I.2.1. Les racines : 4

I.2.2. La tige : 4

I.2.3. Les feuilles : 4

I.2.4. Les fleurs : 5

I.2.5. Les fruits : 5

I.2.6. Les graines : 5

I.3. Cycle de développement : 7

I.4. Classification : 7

I.5. Exigences de la culture de fève : 8

I.5.1. Exigences hydro-pédologiques : 8

I.5.1.1. Sol..... 8

I.5.1.2. Eau : 9

I.5.2. Exigences climatiques : 9

I.5.2.1. Température : 9

I.5.2.2. Lumière : 9

I.6. Importance de la fève : 9

I.6.1. Intérêt agronomiques : 10

I.6.2. Intérêt économique : 10

I.7. Les maladies de la fève : 12

I.7.1. Les maladies fongiques :	12
I.7.2. Les insectes ravageurs :	13
I.7.2.1. Les nématodes des tiges :	13
I.7.2.2 Sitone des pois (<i>sitona lineatus</i>)	13
I.7.2.3. Bruche de la fève (<i>Bruchus rufimanus</i>) :	13
I.7.2.3. Puceron noir (<i>Aphis fabae</i>)	13

Chapitre II : Puceron noir de la fève

II.1. Généralités sur les pucerons noirs :	15
II.2. Morphologie et structure :	15
II.2.1. La tête :	16
II.2.2. Thorax :	16
II.2.3. L'abdomen :	16
II.3. Les formes du puceron :	16
II.3.1. Forme aptère :	16
II.3.2. Forme aile :	16
II.4. Classification :	17
II.5. Cycle biologique :	18
II.6. La Plante hôte :	19
II.7. Facteurs de développement et de régression des populations des pucerons noirs :.....	19
II.7.1. Facteurs abiotiques :	19
II.7.1.1. Température	20
II.7.1.2. Précipitations :	20
II.7.1.3. La durée d'insolation :	20
II.7.2. Facteurs biotiques :	20
II.7.2.1 Les Prédateurs	21
II.7.2.2. Les parasitoïdes :	21
II.7.2.3. Les pathogènes :	21
II.8. Impact économique dégâts causés par les pucerons :	21
II.8.1. Les dégâts indirects :	22
II.8.2. Les dégâts directs :	22
II.9. Lutte contre les pucerons noirs :	22
II.9.1. La lutte préventive :	22
II.9.2. La lutte biotechnique :	22
II.9.3. La lutte chimique:	23

II.9.4. La lutte physique :	23
II.9.5. Lutte biologique :	23

Chapitre III : Généralités sur les actinobactéries

III.1. Historique des actinobactéries:	25
III.2. Biologie des actinobactéries :	25
III.2.1. Morphologie des actinobactéries :	25
III.2.1.1. Caractéristiques culturelles :	25
III.2.3. Les critères morphologiques :	25
III.3. Cycle de développement des actinobactéries :	27
III.4. Taxonomie et critères de classification des actinobactéries:	28
III.4.1. Taxonomie des actinobactéries :	28
III.4.2. Systématique des actinobactéries :	28
III.5. Physiologie des actinobactéries :	30
III.5.1. Oxygène :	30
III.5.2. Température :	30
III.5.3. Le pH :	30
III.5.4. Tolérance pour Na Cl :	30
III.6. Ecologie des actinobactéries :	31
III.7. Métabolisme des actinobactéries :	32
III.7.1. Métabolisme primaire	32
III.7.2. Métabolisme secondaire	32
III.8. Importance des actinobactéries :	32
III.8.1. En biotechnologie :	33
III.8.2. En domaine médicale et vétérinaire :	33
III.8.3. En domaine agronomique :	34
III.8.3.1. Utilisation d'actinobactéries dans la lutte biologique :	34
III.8.3.1.1. Antifongiques d'origine actinobactérienne :	34
III.8.3.1.2. Bioherbicides actinobactériens :	34
III.8.3.1.3. Bioinsecticides actinobactériens :	34

PartieII: Etude expérimentale

Chapitre I : Matériel Et Méthodes

I.1. Formulation de bioinsecticide :	38
I.1.1. Souche d'actinobactérie :	38
I.1.2. Préparation de la suspension de spores bactériennes :	38

I.1.3. Ajustement de la densité des spores :.....	39
I.1.4. Formulation des spores en poudre de talc :.....	40
I.1.5. Pureté et viabilité des spores formulées :.....	41
I.2. Essai de lutte biologique :.....	41
I.2.1. Plante hôte et insecte ravageur :.....	41
I.2.2. Test de lutte biologique :.....	42
I.3. Analyses statistiques :.....	43

Chapitre II : Résultats Et Discussion

II. Résultats :	45
II.1. La formulation des spores de la souche DN19 en poudre de talc :.....	45
II.2. Pureté et viabilité des spores formulées :.....	45
II.3. Evaluation de l'effet insecticide formulé à base des spores de la souche d'actinobactérie <i>Streptomyces</i> sp DN19 sur les pucerons noirs de fève (<i>Aphis fabae</i>)	46
II. Discussion :	51
Conclusion :.....	54
Annexes :.....	56
Références bibliographiques.....	56

Liste des abréviations :

L'O.I.L.B : L'organisation internationale de la lutte biologique

FAO : Food agricultural organisation

ISP : International Streptomyces Project

MS : Mycélium de substrat

MA : Mycélium aérien

ARNr : Acide ribonucléique ribosomique

ED : Eau distillée

Ufc : Unité formant colonies

ml : Millilitre

°C : Degré Celsius

G : Gramme

% : Pourcentage

T : Témoin négative

D : Date

V1 : Volume

ED : Eau distillée

N : Nord

Liste des tableaux

Numéro	Titre	Page
Tableau 1	Evaluation de la superficie et production de la fève enAlgérie (FAO, 2016)	11
Tableau 2	les principales maladies fongiques de la fève (Abouzeid et al. 1983)	12
Tableau 3	Caractères macromorphologiques et micromorphologiques (Boudjalal ,2012; Harir)	26
Tableau 4	Répartition des actinobactéries dans la nature (Goodfellow and Williams, 1983)	31
Tableau 5	Importance médicale de certains antibiotiques produitspar le genre <i>Streptomyces</i> et leur maladie ciblée (Bouchlaghem et Aggoun, 2020)	33

Liste des figures

Numéro	Titre	Page
Figure 1	L'appareil végétative de la fève (A) : Les racines ; (B) : la tige ; (C) : Les feuilles	5
Figure 2	L'appareil reproducteur de la fève (A) : Les fleurs ; (B) : Les fruits ; (C) : Les grains	6
Figure 3	Stades phénologiques de la fève (Simonneau et al, 2012).	7
Figure 4	La morphologie d'un puceron noir A : la tête ; B : Thorax ; C : L'abdomen	15
Figure 5	Les formes du puceron noire (A) : Aphis fabae, adulte ailé ; (B) : Aphis fabae, adulte aptère (intitule du végétale)	17
Figure 6	Cycle biologique de puceron noir	18
Figure 7	(a) puceron noirs sur fusain d' Europe (b) Manchons de pucerons noir (<i>Aphis fabae</i>) sur la fève	19
Figure 8	Morphologie des hyphes actinobactéries (Alonso ; 2007)	25
Figure 9	Cycle de développement des actinobactéries (Ait Barka et al, 2016)	27
Figure 10	Classification phylogénétique des Actinobacteria, basée sur les séquences du gène codant d'ARNr 16S (Zhi, 2009).	29
Figure 11	Application biotechnologiques des actinobactéries (Anandan et al,2016).	32
Figure 12	Colonie de la souche DN19 (<i>Streptomyces sp</i>) sur milieu ISP2 (photo originale 2023)	38
Figure 13	Les étapes de préparation de la suspension de spores bactériennes(photo originale 2023)	39
Figure14	Les étapes de formulation des spores de la souche DN19 en poudre de talc (photo originale2023)	40
Figure15	La situation géographique de l'Ghaicha par rapport à l'Aghoua	41
Figure16	La plante de fève contenant des pucerons noirs (photo originale 2023)	42
Figure17	L'application de bioinsecticide formulé sur les échantillons (photo originale 2023)	43
Figure18	la formulation de la souche DN19 en poudre de talc	45
Figure19	Colonies d'actinobactéries DN19 obtenues après culture du bioinsecticide	45
Figure20	Evolution du taux de mortalité des pucerons en fonction du temps sous l'effet de traitement 1	46
Figure21	Evolution du taux de mortalité des pucerons en fonction du temps sous l'effet de traitement 2	47
Figure22	Evolution du taux de mortalité des pucerons en fonction du temps sous l'effet de traitement 3	47
Figure23	l'interaction entre les traitements et le temps	48

Figure24	le classement des traitements sur la mortalité de l'insect	49
Figure 25	Effet de témoin sur les pucerons (l'observation par la loupe binoculaire 40X (photo originale 2023).	50
Figure 26	Effet de traitement 3 sur les pucerons (l'observation par la loupe binoculaire 40 X (photo originale2023).	50

Introduction

Introduction

Les légumineuses font partie de l'alimentation traditionnelle locale et constituent une source principale de protéines dans les pays en voie de développement. Elle présente une grande importance alimentaire, économique et agronomique. Parmi ces légumineuses figurent les haricots, les pois chiches, les fèves et les lentilles (**Meradsi, 2009**).

En Algérie, la culture des légumineuses fait partie des systèmes agraires depuis très longtemps. Parmi lesquels la fève occupe la première place en raison de sa valeur nutritionnelle élevée et son rôle important dans l'économie nationale et la production agricole (**Aouar-Sadli et al. 2008**). Elle est principalement cultivée dans les plaines et les régions sub littorales en occupant 50% de la superficie ce qui équivalent à 58000 hectares. Cette superficie est répartie entre Tlemcen, Chlef, Skikda, Ain Témouchent et Biskra avec un rendement total de 254000 tonnes (**Meradsi, 2009**).

Malgré la stimulation et les encouragements accompagnant la culture de la fève, cette dernière est sujette à de nombreuses attaques abiotiques comme le froid hivernal, les gelées printanières, la chaleur, la salinité...etc. et biotiques tel que les maladies fongiques, les plantes parasites et les insectes ravageurs qui influencent négativement sur les récoltes (**Maatougui, 1996**).

Les insectes présentent l'un des ravageurs fréquents de culture de fève. Parmi ceux, nous citons le puceron noir *Aphis fabae*. Il forme des colonies noir mat disposées en manchon le long des tiges et principalement aux extrémités et provoque l'enroulement, le dessèchement et la chute des feuilles (**Hamadache, 2003**).

Pour lutter contre ces ravageurs, plusieurs méthodes de lutte ont été utilisées. Ces dernières sont essentiellement chimiques par l'application des pesticides. Cependant l'utilisation fréquente de ces pesticides pendant de longues périodes provoque plusieurs problèmes en affectant les organismes et la microflore de sol (**Gerhardson, 2002**). Ces produits présentent également une toxicité élevée associée à des risques sur la santé humaine) **Copplestone, 1980**).

C'est pourquoi, la lutte biologique est adoptée comme approche prometteuse pour le contrôle des agents pathogènes par différents organismes vivants y compris les microorganismes (**Jenvrin et al , 2020**). Parmi ces derniers, les actinomycètes peuvent maintenir l'équilibre biotique par des activités antagonistes contre un large éventail d'agent phytopathogènes (**Javed et al, 2020**).

Introduction

Les actinobactéries de genre *Streptomyces* présentent un pouvoir de lutte biologique en raison de leurs capacités prépondérantes à produire divers métabolites secondaires ayant de nouvelles structures et des activités biologiques intéressantes y compris l'activité antifongique et insecticide (Yang et al ,2019).

De ce fait les formulations à base d'actinobactéries bénéfiques constituent une alternative prometteuse aux produits agrochimiques toxiques.

L'objectif principal de ce travail est de tester l'effet d'une formulation à base d'actinobactérie *Streptomyces DN19* contre les pucerons noirs de fève

Ce travail regroupe deux grandes parties :

- Une étude bibliographique composée de trois chapitres, le premier a consacré aux généralités sur la culture de la fève, le deuxième chapitre synthétise une connaissance sur le puceron noir de la fève « *Aphis fabae* » et le dernier chapitre sur les actinobactéries
- Une étude expérimentale présente le matériel et les méthodes utilisées pour la réalisation de ce travail ainsi que les résultats et discussions.

Chapitre I

La Fève : *Vicia fabae*

I.1. Origine :

La fève *Vicia fabae* est une plante cultivée depuis le néolithique. Elle est originaire de la région méditerranéenne du Moyen-Orient au cours de la période néolithique (**Mathon ,1985**). La plante est l'un des plus anciens légumes cultivé les fèves, les pois et les lentilles sont les espèces les plus anciennes qui sont introduits dans l'agriculture il y a 10 000 ans (**Peron 2006**).

De son lieu d'origine, la fève s'est répandu en Europe le long du Nil en Éthiopie, de la Mésopotamie à l'Inde, l'Afghanistan, l'Éthiopie suite au centre de propagation secondaire (**Cubero., 1974**).

I.2. Description botanique :

La fève est une plante diploïde ($2n = 12$ chromosomes) et partiellement allogénique. (**Wang et al, 2012**). Elle se compose d'appareil végétatif et reproducteur. L'appareil végétatif comprend les racines, les tiges et les feuilles. Et son appareil reproducteur il est formé par les fleurs qui sont à l'origine des fruits et des graines.

I.2.1. Les racines :

Le système racinaire de *Vicia fabae L.* est constitué de racines pivotantes primaires et secondaires avec des nodules contenant des bactéries immobilisées responsables de la fixation de l'azote (ex : *Rhizobium leguminosarum*) (**Duc ,1997**) fig 1(A) .

I.2.2. La tige :

La tige est simple, dressée, creuse, carrée en section transversale entre 0,80 et 1,20 m (**Chaux et Foury, 1994**). La poignée est incluse avec une ou plusieurs branches à sa base. Elle a souvent une croissance indéterminée. (**Duc, 1997**) fig 1(B).

I.2.3. Les feuilles :

Les feuilles sont alternes, composées pennées et constituées de 2 à 4 paires de folioles. Elles ont une forme ovale sans vrilles avec une couleur vert bleuâtre ou grisâtre. Les stipules sont clairement visibles dans la forme crantée (**Chaux et Foury, 1994**). fig1(C).

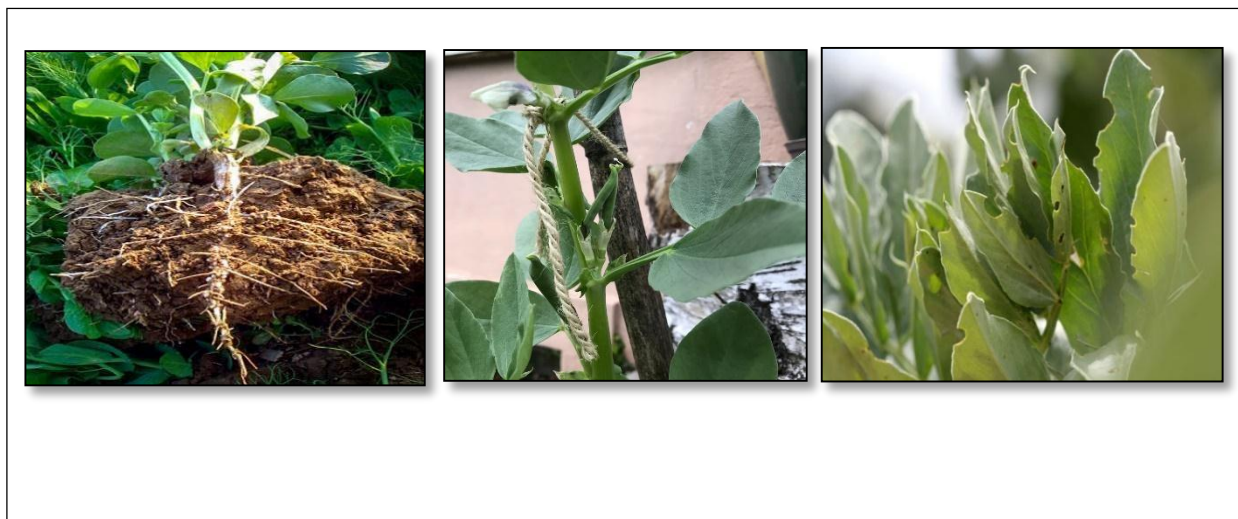


Figure 01 : L'appareil végétatif de la fève

(A) : Les racines ; (B) : la tige ; (C) : Les feuilles

I.2.4. Les fleurs :

Les fleurs sont de type papillon, de 2 à 3 cm de long, blanches, brunes ou violet avec des taches noires ou brunes sur chaque aile (Duc, 1997). L'inflorescence est constituée de grappes axillaires de 1 à 6 fleurs. Une fleur est constituée de : corolle blanche à 5 sépales et 5 pétales (carène, aile, étendard), 10 étamines sont fusionnées et séparées. L'ovaire se situe dans la partie supérieure et contient 2 à 4 ovules fusionnés. La floraison débute en moyenne au niveau du 7^{ème} nœud et se poursuit aux 20 nœuds suivants.

Les abeilles butinant sur les fèves assurent la pollinisation croisée et améliorent le rendement des plantes par rapport à l'autopollinisation (Benachour et al, 2007) fig 2(A).

I.2.5. Les fruits :

Les fruits sont des gousses charnues, renflé au niveau des graines de 10 à 20 cm de long selon les variétés. Il existe des cultivars, contenant un nombre variable de graines (4-9). Quand elles sont jeunes, les gousses possèdent une couleur verte et s'assombrissent à mesure qu'elles mûrissent (Brink et Belay ,2006)fig 2(B).

I.2.6. Les graines :

Les graines sont charnues et vert pâle lorsqu'elles sont immatures. A pleine maturité, la coquille épaisse et coriace est brune rougeâtre à blanc verdâtre. Elles prennent une forme plate avec un contour presque circulaire ou en forme de rein (Chaux et Foury, 1994).

Les graines ont un phylum transparent ou noir, parfois entouré de taches brun. (Duc, 1997). La germination des graines peut être altérée. Cela prend 6 à 10 ans, voire plus, et les graines germent sous terre. Les cotylédons restent dans le sol et c'est l'épicotyle qui émerge du sol (Chaux et Foury, 1994) fig 2(c)

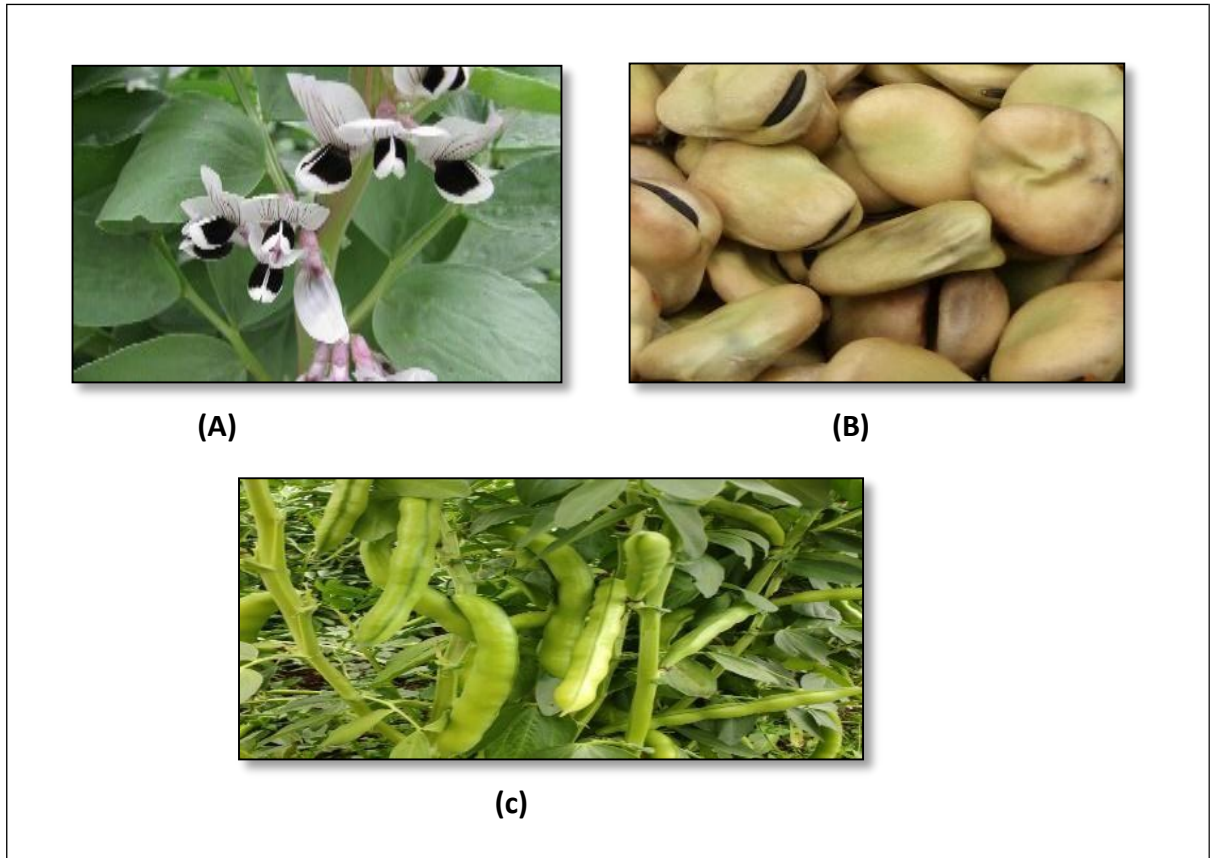


Figure 02 : L'appareil reproducteur de la fève
(A) : Les fleurs ; (B) : Les fruits ; (C) : Les grains

I.3. Cycle de développement :

La fève est une plante annuelle accomplissant son cycle en 24 à 28 semaines (**Launonier, 1979**). Son cycle complet de la graine à la graine est environ 5 mois (**Chaux et Foury, 1994**). Selon **planquaert et girard (1987)** la plante à une période végétative courte qui passe par 6 stades avant d'atteindre le stade maturation (**Fig.3**) :

- 1) Stade de levée : correspond à la sortie de la première paire de feuilles.
- 2) Stade deux feuilles : apparition de deux paires de folioles.
- 3) Début de floraison : ce stade correspond à l'apparition des bouquets floraux.
- 4) Stade de pleine floraison : c'est le début de la formation des gousses.
- 5) Maturité : c'est le grossissement des gousses.
- 6) La récolte : c'est la récolte des gousses sèches.

Selon **Saada et Osmani (2003)**, la floraison s'étale sur une longue période, elle se termine lorsqu'on compte déjà à base des plantes plusieurs étages portant des gousses.

En Algérie, les semis ont lieu à l'automne de novembre, mais la levée se fait en décembre. Ensuite, le processus de floraison commence au mois de février et mars. Puis la gousse se forme à la fin de mars et au début d'avril. La maturité de la plante est en mai, puis nous la récoltons au début de l'été, en particulier juin.

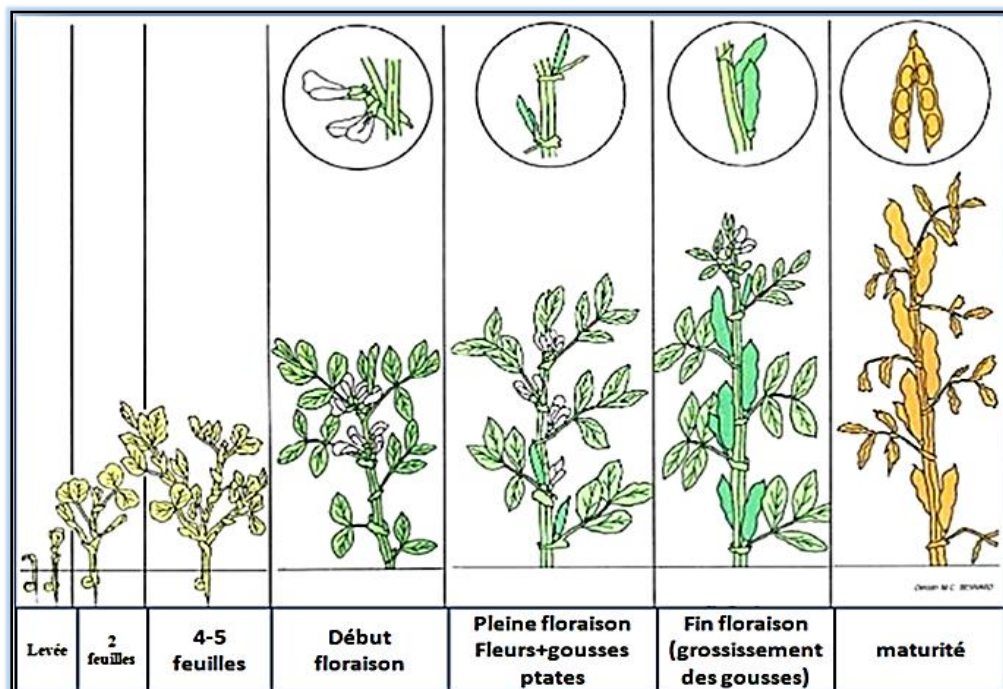


Figure 03 : Stades phénologiques de la fève (**Simonneau et al, 2012**).

I.4. Classification :

Selon **Reta Sanchez et al. 2008**, la fève est classée botaniquement comme suit :

- Embranchement : Spermaphyte.
- Sous embranchement : Angiosperme.
- Classe : Dicotylédone.
- Sous – classe : Dialypétale
- Ordre : Rosale.
- Famille : fabacée es (légumineuse).
- Sous famille : Papilionacés.
- Genre : *Vicia*.
- Espèce : *Vicia fabae .L.*

I.5. Exigences de la culture de fève :

I.5.1. Exigences hydro-pédologiques :

La fève est une culture de climat frais qui peut être cultivée au niveau de la mer jusqu'à 3700 m d'altitude. (**Lin, 2012**). Les facteurs qui affectent son développement sont :

I.5.1.1. Sol :

La fève préfère un sol bien drainé avec un pH neutre (6,5-7,5) et une fertilité modérée (**Brink et Belay 2006**). Elle est peu exigeante au niveau du sol et elle est cultivée avec succès dans des sols argilo-sableux riches en humus (**Péron 2006**). Cette plante s'adapte à une variété de sols mais craint les sols légers (risque de sécheresse) et l'excès de bore, elle pousse mieux sur des sols à texture plus lourde (**Jensen et al, 2010**),

La fève a un enracinement puissant lui permettant d'exploiter les réserves minérales sur un important volume de terre, ce qui réduit ses exigences quant à la richesse minérale du sol. Cependant, les apports phospho-potassiques modérés se répercutent favorablement sur les rendements, les quantités généralement préconisées sont de l'ordre de 50 à 100 unités de P₂O₅ et 75 à 150 unités de K₂O (**Chaux et Foury. 1994**).

Les graines diffèrent dans leur germination sous différents pH, la plupart des graines germent dans une large gamme de pH de 5 à 8. La croissance des plantes est affectée si le pH descend en dessous de 3 (Jensen et al ,2010),

I.5.1.2. Eau :

La plante est très exigeante en humidité du sol surtout pendant les périodes initiales de son développement. Les phases de floraison et de développement des gousses présentent une sensibilité élevée vis-à-vis d'un stress hydrique (Chaux et Foury, 1994) .

I.5.2. Exigences climatiques :

I.5.2.1. Température :

Pour la culture des fèves la température optimale est autour de 13°C (Brink et Belay 2006). Les températures supérieures à 23°C sont néfastes pour la fève, elles provoquent la chute prématurée des fleurs, stimulent le développement de maladies virales et fongiques et rend la plante susceptible à l'attaque des insectes ravageurs. Par contre, cette culture peut résister à des températures moins de 4°C(Gade ; 1994)

Dans les régions méditerranéennes certains cultivars sont plus rustiques au froid. ils peuvent tolérer des températures hivernales de – 10°C alors qu'en Europe, ils peuvent supporter jusqu'à – 15°C (Jensen et al, 2010).

I.5.2.2. Lumière :

La fève se comporte comme une plante de jour long qui se traduit par une exigence importante en luminosité (Laumonier 1979)

I.6. Importance de la fève :

L'utilité de la fève dans l'alimentation humaine et animale comme source de protéines ainsi que leur effet bénéfique sur la fertilité des sols sont largement reconnues ; l'utilisation de la fève est principalement orientée vers la consommation humaine en gousses fraîche à grande proportion et sous forme de graines secs ou au stade pâteux à faible proportion (Maatougui, 1997). La féverole, en revanche, lorsqu'elle est disponible, est strictement utilisée pour l'alimentation du bétail en graines concassées destinées aux bovins surtout pour

l'engraissement. La fève peut être aussi utilisée en engrais vert dans les vergers (**Maatougui, 1997**).

I.6.1. Intérêt agronomiques :

L'espèce *Vicia fabae* comme toutes les légumineuses alimentaires, contribue à l'enrichissement du sol en éléments fertilisants, dont l'incidence est positive sur les performances des cultures qui les suivent, notamment le blé (**Jensen et al. 2010**) rapportent que la fève améliore la teneur du sol en azote avec un apport annuel de 200 kilogrammes de N/ha.

Selon **Al-Ghamdi et Al-Tahir (2001)** et elle améliore aussi sa structure par son système racinaire puissant et dense avec des nodosités. Les résidus des récoltes enrichissent le sol en matière organique.

I.6.2. Intérêt économique :

La culture de la fève et la fêverole en Algérie n'ont pas encore bénéficiées de toute l'attention nécessaire devant assurer leur développement et continuent d'être marginalisées à tel point que des régressions importantes en superficies ont été enregistrées depuis 1987. D'autre part, la productivité et la production (faible) n'ont pas connu d'amélioration ce qui a engendré le recours aux importations pour satisfaire la consommation qui elle a nettement augmentée (**Maatougui, 1997**). rapporte qu'elle est cultivée sur l'ensemble des zones agro écologiques d'Algérie : les plaines côtières, les plaines intérieures, les Hauts Plateaux et au niveau de la région de Biskra.

Le tableau (01) suivant montre la superficie et la production de la fève en Algérie durant la période allant de 2006 à 2016.

Tableau 01 : Evaluation de la superficie et production de la fève en Algérie (FAO, 2016)

Campagne	Superficies(ha)	Production(qx)	Rendement
2006-2007	31284	279735	8,9
2007-2008	30688	235210	7,7
2008-2009	32278	364949	11,3
2009-2010	34210	366250	10,7
2010-2011	37090	379820	10,2
2011-2012	36835	405070	11
2012-2013	37668	423860	11,2
2013-2014	37499	413889	11
2014-2015	39977	448070	11,2
2015-2016	35147	375980	10,7
Moyenne	35267,6	369283,3	10,39

I.7. Les maladies de la fève :

I.7.1. Les maladies fongiques :

Le Tableau (02) résume les principales maladies fongiques pouvant entraîner des dégâts et perte de rendement (**Abouzeid et al., 1983**)

Tableau (02) : les principales maladies fongiques de la fève

Maladies	Agent pathogènes	Symptômes
Taches chocolat	<i>Botrytis fabae</i> <i>Botrytis cinerea</i>	Taches de couleur chocolat sur les feuilles, tiges et rarement sur les semences. (Touahria, 1994).
Anthraxose	<i>Ascochyta fabae</i>	Lésions circulaires sur feuilles, tiges, gousses et graines (Touahria, 1994).
Rouille	<i>Uromyces fabae</i>	En cas de forte attaque, le plant devient chétif. Les fleurs et les gousses avortent. (Touahria, 1994).
Mildiou	<i>Peronospora viciae</i>	Jaunissement des plantes. Déformations des tiges et des pétioles. Apparition d'un feutrage blanchâtre sur la face inférieure de la feuille (Tivoli et al,1986).

I.7.2. Les insectes ravageurs :

I.7.2.1. Les nématodes des tiges :

Les cultures de la fève et de fèverole sont infestées par les nématodes de *Ditylenchus dipsaci* communément appelés nématodes des tiges. En algérie, elles constituent un problème sérieux elles provoquent un gonflement et une déformation de la tige avec décoloration de diverses parties de la plante. (**Andalousi, 2001**). Les plantes sont également rabougries (arrêt de la croissance terminale), tordues et grasses. (**Arvalis et Université, 2012**).

I.7.2.2. Sitone du pois (*Sitona lineatus*) :

Il s'agit d'un charançon brun rougeâtre de 3,5 à 5 mm de long. . Les larves de cet insecte se nourrissent de nodules racinaires, perturbant l'apport de l'azote. (**Aversenq et al., 2008**).

I.7.2.3. Bruche de la fève (*Bruchus rufimanus*) :

La femelle de *B. rufimanus* pond sur les gousses et les larves de ce coléoptère se développent aux dépens des graines qui perdent leur pouvoir germinatif et leur poids. (**Boughdad., 1994**)

I.7.2.4. Puceron noir (*Aphis fabae*) :

Puceron noir est un homoptère de 2 mm de long avec un corps trapu. Il forme des colonies noir mat, disposées en manchon le long des tiges et principalement aux extrémités. Provoque l'enroulement, le dessèchement et la chute des feuilles (**Hamadache, 2003**).

Chapitre II :

Puceron noir de la fève

II.1. Généralités sur les pucerons noirs :

Parmi les insectes les plus fréquents des zones tempérées, les pucerons ou les aphides sont très commun et diversifiés (Ortiz–Rivas et al, 2004). Ils sont apparus il y a environ 280 millions d'années et leur diversification est concomitante avec la radiation des angiospermes (Bonnemain ,2010) ils colonisent la plupart des plantes à fleurs mais aussi les résineux quelques fougères et mousses la plupart sont inféode a une seul espèce végétale mais certain font preuve d'une polyphagie étendue (Faraval, 2006).

II.2. Morphologie et structure :

Les pucerons sont de petits insectes à téguments mous de 2 à 4 mm, avec un corps ovale légèrement aplati. Il est divisé en 3 parties bien défini la tête, poitrine, et l'abdomen (Tanya., 2002)

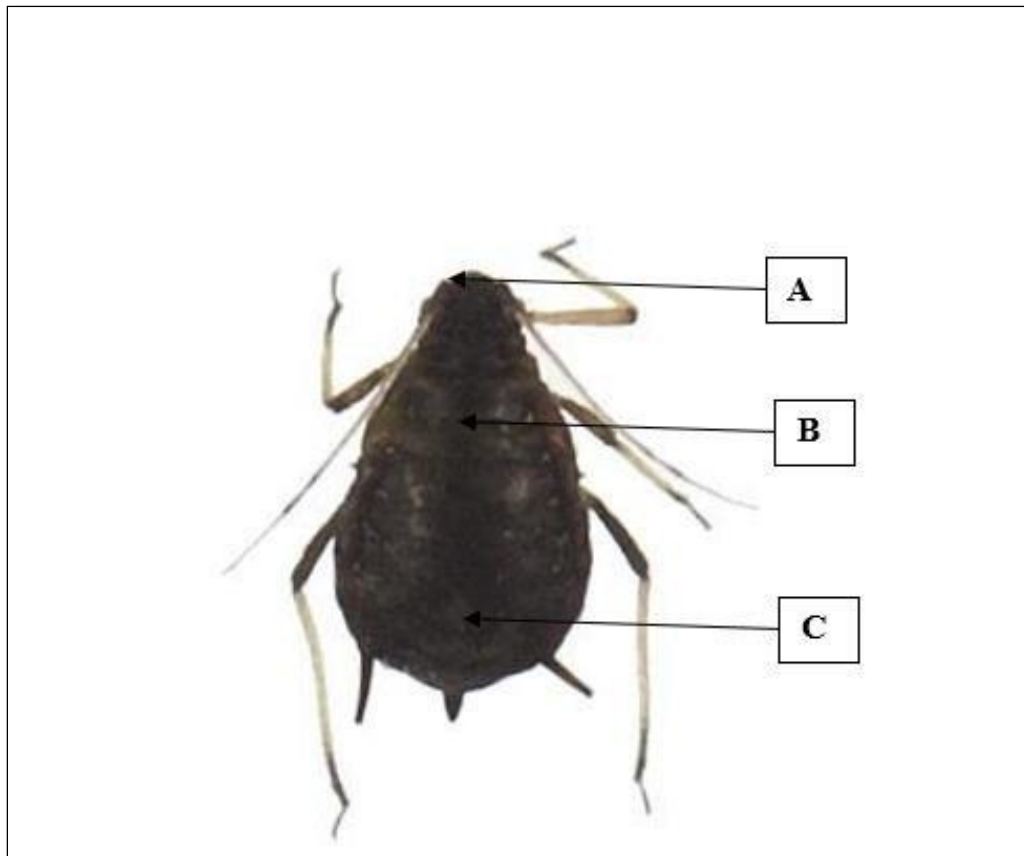


Figure 04 : La morphologie d'un puceron noir A : la tête ; B : Thorax ;C : L'abdomen

II.2.1. La tête :

Elle dispose de 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. Une bosse sur le front ou un front plus ou moins saillant. Certains articles d'antenne ont des organes sensoriels ; leur partie distale amincie est nommée fouet ou processus terminalis à l'arrière de l'œil composé. Chez les formes ailées la tête est bien séparée du thorax, mais pas chez les aptères (Fraval ; 2006) fig 4(A).

II.2.2. Thorax :

Il se compose de trois parties, le prothorax, le mésothorax, et le métathorax, et porte 3 paires de pattes et deux paires d'ailes. Chez la plupart des espèces de pucerons, il y a une coexistence d'adultes ailés et aptères (Tanya. ; 2002), fig4 (B).

II.2.3. L'abdomen :

Il porte généralement dans sa partie postérieure une paire de cornicules (ou siphons) de forme et de longueur très variables parfois pourvues d'une réticulation ou surmontées d'une collerette. Les cornicules sont absents dans quelques genres et parfois même chez la même espèce. Le dernier abdomen (dixième) forme plus ou moins la queue (cauda) (Tanya, 2002), fig 4(C).

II.3. Les formes du puceron :

Il existe sous plusieurs formes :

II.3.1. Forme aptère :

La forme aptère du puceron noir de la fève mesure environ 2 mm. Il est de couleur vert olive foncé à noir terne et est recouvert d'une forte sécrétion cireuse blanche leurs antennes et corniches courtes et noires, leurs queues courtes et noires, (Leclant. 1999) fig 5(A)

II.3.2. Forme aile :

Les pucerons en forme aile sont plus allongés que sans ailes, de couleur plus foncée, avec des antennes plus courtes, environ les deux tiers de la longueur du corps. Selon Leclant (1999), le troisième segment d'antenne contient un certain nombre de capteurs. Les antennes secondaires sont disposées irrégulièrement, et parfois il y a un quatrième segment antennaire fig 5(B).



Figure (05) : Les formes du puceron noire

(A) : *Aphis fabae*, adulte ailé ; (B) : *Aphis fabae*, adulte aptère (intitule du végétale

II.4. Classification :

Les pucerons sont un sérieux problème en agriculture bien qu'il forme un petit groupe d'insecte d'environ 4000 espèces dans le monde (**Dedrver et al 2010**) près de 250 espèces sont de sérieux ravageur de culture (**Illuz 2011**)

D'après **Scopoli, 1763** la classification des pucerons est la suivante :

- Règne : Animalia.
- Embranchement : Arthropoda.
- Classe : Insecta.
- Super- Ordre : Hemipteroïdae.
- Ordre : Hemiptera.
- Famille : Aphididae.
- Genre : Aphis.
- Espèce : *Aphis fabae*.

II.5. Cycle biologique :

Les pucerons noirs de la fève est dioïque se produisent en alternance (Hull et al. 1998). où ils se développent entre un hôte primaire (habituellement la cochlée) et un hôte secondaire. Après l'éclosion des œufs d'hiver, plusieurs générations de parthénogenèse se produisent.

La croissance sur l'hôte principal augmente la proportion d'ailes au sein de la colonie et les premières plumes sont observées en Avril. Les colonies de manchons sont parfois très denses sur les plantes hôtes secondaires sauvages et cultivées. Ces derniers participent à la reproduction sexuée et retournent vers leurs hôtes à l'automne. (Hull et al. 1998)

La première naissance, la fécondation et le frai ont lieu en Octobre. La reproduction sexuelle n'est pas toujours essentielle dans les climats tempérés. Les populations sont capables de survivre l'hiver sur un hôte secondaire et de continuer la multiplication par parthénogenèse. (Hull et al. 1998)

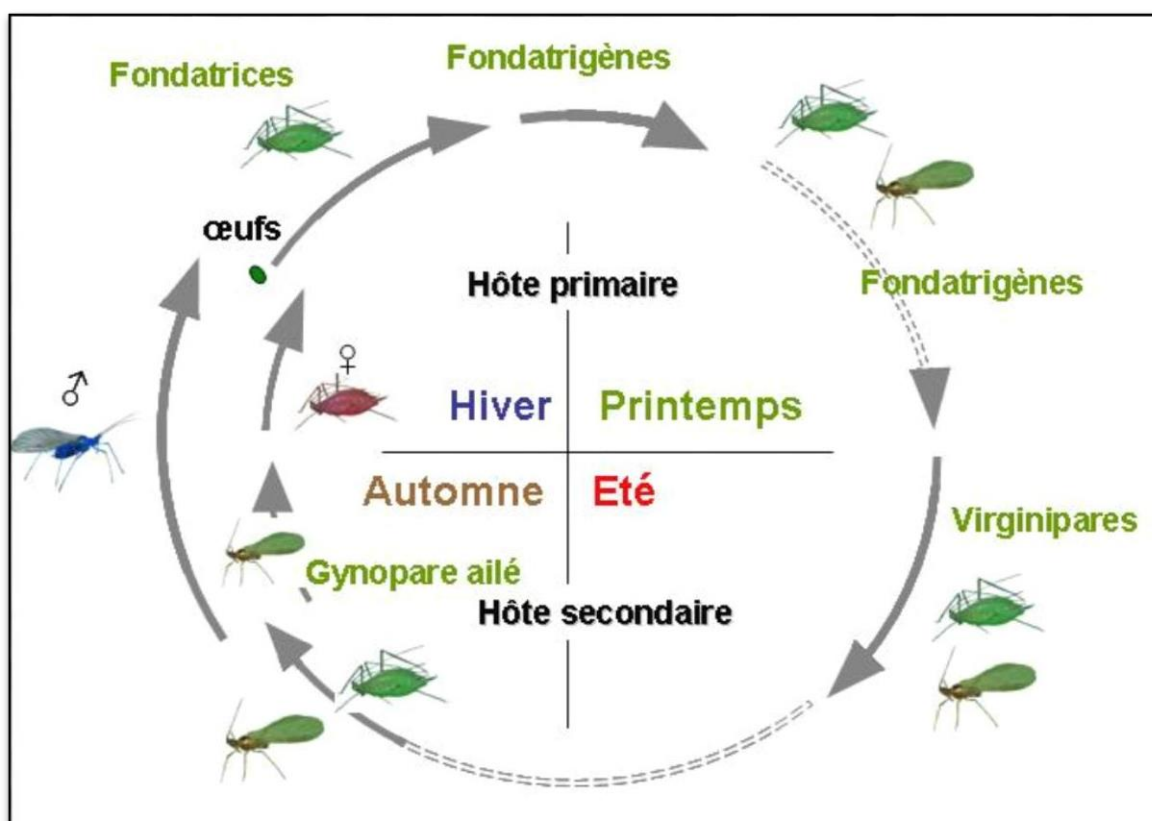


Figure06 : Cycle biologique de puceron noir

II.6. La Plante hôte :

Le puceron noir de la fève *Aphis fabae* habite généralement les extrémités des tiges en croissance des plantes herbacées, mais peut en fait vivre et se reproduire sur d'autres parties de la plante. Ce puceron est très polyphage et peut infester plus de 200 plantes hôtes,. La Fusain d'Europe (*Euonymus europaeus*) Snowball (*Viburnum Pulus*) et Mock Orange (*Philadelphus Colonarius*) sont des plantes hôtes secondaires possibles. (Hulle et al 1998)



Figure 07 :(a) puceron noirs sur *fusain d' Europe*

(b) Manchons de pucerons noir (*Aphis fabae*) sur la fève

II.7. Facteurs de développement et de régression des populations des pucerons noirs :

II.7.1. Facteurs abiotiques :

Les facteurs abiotiques sont représentés par différentes conditions climatiques qui influencent la dynamique des populations de pucerons noire. Certains de ces facteurs sont résumés dans les points suivants :

II.7.1.1. Température :

La température optimale est de 20-25°C, et la température la plus basse est en moyenne de 4°C avec une limite de 25-30°C. En revanche, (Ashfaq et al,2007) ont observé des conditions de croissance favorables différents où la température est comprise entre 13,7°C et 30,3°C et l'humidité est relative à 45, 3 %. D'une autre part Iluz (2011) souligne que les conditions climatiques défavorables sont préjudiciables. Les températures excessives telles que le gel printanier, prévient les infestations de pucerons ailés et repousse les pucerons sans ailes.

II.7.1.2. Précipitations :

Selon Ould El Hadj (2004), dans les milieux arides, l'effet des précipitations et la température est toujours difficile à séparer car les deux sont deux facteurs limitants d'activité des insectes (Dedryver 1982) a souligné que les fortes précipitations peuvent empêcher les pucerons de voler, en réduisant leur fécondité et augmentent leur mortalité.

II.7.1.3. La durée d'insolation :

L'intensité lumineuse agit sur les possibilités de voe des pucerons et favorise donc la contamination des cultures (Robert 1982).

II.7.1.4. Le Vent :

Le vent affecte le vol et la propagation des insectes, en particulier les pucerons. Sa vitesse et sa direction déterminent la distribution et la forme physique (Labrie 2010), Les pucerons peuvent être transportés sur de longues distances qui peuvent atteindre un maximum de 150-300 km (Robert 1982).

II.7.2. Facteurs biotiques :

Les pucerons peuvent autoréguler les populations de deux façons. D'une part l'émergence des individus adultes qui quittent les plantes en entraînant un déclin naturel de la population. De l'autre part, la surpopulation entraîne une baisse du poids et de la fécondité des adultes. Le phénomène sans ailes, est un phénomène qui se rétablit lorsque la densité de population chute à nouveau (Robert, 1982)

Les plantes hôtes peuvent jouer un rôle dans la dynamique des populations. L'abondance de pucerons rend les jeunes plantes sensibles à la contamination par les pucerons ailés et ceux sans ailes y sont plus fertiles. Cette susceptibilité diminue lorsque les plantes atteignent une certaine croissance mature. (Robert, 1982)

Un autre facteur biotique est le fait que certains ennemis naturels peuvent contrôler les populations des pucerons (**Schmidt et al, 2004**). Parmi lesquels on distingue les prédateurs, les parasites et les champignons entomopathogènes.

II.7.2.1. 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**).

II.7.2.2. Les parasitoïdes :

Un insecte qui pond des œufs à l'intérieur du corps de sa proie, où les larves se développent ce qui conduit à sa mort. La nymphose se produit à l'intérieur de la momie lorsque les pucerons envahissent, les adultes s'échappent en s'enfouissant dans les pucerons (**Robert, 1982**).

II.7.2.3. Les pathogènes :

Ce sont essentiellement des champignons phycomycètes singulier au couplet des entomophthorales, qui sont susceptibles d'inciter des épizooties spectaculaires (**Deguine et Leclant 1997**).

II.8. Impact économique et dégâts causés par les pucerons :

Les pucerons sont les plus grands ravageurs des plantes au monde et ont un large éventail d'effets négatifs sur l'agriculture, la foresterie et l'horticulture (**Fournier, 2010**). Ils causent de graves dommages de manière directe ou indirecte (**Christelle 2007**).

Quant aux pertes causées par les pucerons à la fève, Parlons-en : un développement chétif et accusent souvent un retard de croissance et pour les feuilles de la plante envahie sont frisées et enroulées. Des colonies de pucerons, de teinte foncée, sont constituées et pullulent sur les pousses, sur la face inférieure des feuilles, sur les fleurs et sur les jeunes cosses.

Les organes végétatifs des plantes sont souvent recouverts d'un enduit brillant, le miellat, qui attire d'autres insectes.

II.8.1. Les dégâts indirects :

Il existe essentiellement deux types de dommages indirects causés par les pucerons :

✓ **Miellat et fumagine** : Les produits à haute teneur en sucre non digérés issus de la digestion de la sève sont libérés dans la plante sous forme de nectar. Cette substance peut affecter l'activité photosynthétique des plantes directement en bloquant les stomates ou indirectement en favorisant le développement saprophytes. Ceux-ci provoquent la formation de suie et affectent la respiration, l'assimilation de la chlorophylle ou contamination des parties comestibles (comme les fruits) (**Christelle, 2007**).

✓ **Transmission des virus phytopathogènes** : *l'Aphis fabae* véhicule de nombreux virus pathogènes provenant de différentes familles de plantes rencontré. Les pucerons entrent en contact indirectement en se déplaçant d'une plante à l'autre (**Brault et al, 2010**). Cette fonction est exploitée efficacement par les virus pour se transmettre d'un hôte à l'autre. Par conséquent, de nombreuses espèces virales profitent des effets de la migration virale.

II.8.2. Les dégâts directs :

L'absorption de la sève influence négativement sur les plantes. Les piqûres de nourriture sont également irritantes et toxiques pour la plante ce qui entraîne et apparition des galles conduisant à la déformation des feuilles et des fruits et à la perte de fruits(**Christel, 2007**).

II.9. Lutte contre les pucerons noirs :

II.9.1. La lutte préventive :

Elle est basée sur différentes pratiques culturelles et l'éducation de cette culture. Parmi lesquelles on trouve l'enfouissement hivernal et la destruction des plantes ayant reçu des œufs en hiver par la coupe ou désherbage de la végétation sauvage. Cette dernière peut également fournir un habitat aux espèces toxiques qui poussent au début du printemps (**Wang et al. 2000**)

II.9.2. La lutte biotechnique :

Cette méthode de lutte est basée sur le comportement de certains insectes attirés par différents attractifs visuels (couleur) ou olfactifs (nourriture, phéromone). Ces couleurs et ces substances peuvent être utilisés pour le piégeage de qualité, le piégeage d'avertissement ou traitement par tâches (**Ryckewaert et Fabre, 2001**)

II.9.3. La lutte chimique :

Les insecticide utilise sont les organophosphoré les carbamate et les pyrethrenoide de synthèse et il est apparu une nouvelle famille de produit les chlorocotiniles qui présente la particularité d'être très fortement systémique (**Dedreyver 2010**) Cependant les insecticides présentent des inconvénients ils cout est chères et nuisent à l'écosystème et à l'environnement et tue les insecte auxiliaires en plus les puceron peuvent développer des résistances de aux différentes molécules chimique utilisées (**Dogimon et al 2010**)

II.9.4. La lutte physique :

Les pucerons sont plus susceptibles de se produire lorsque la température augmente mais cela n'est pas nuisible aux plantes. Le choc thermique est donc l'un parmi les méthodes de lutte physique les plus efficaces. Il est généré par la fermeture de l'ouverte de la serre, pendant quelques heures (3 heures) de contrôle sous serre. Dans ces conditions, il est possible que les températures puissent monter jusqu'à 45°C en tuant près de 90% des populations de jeunes pucerons (**Jules deuil, 1979**).

II.9.5. La Lutte biologique :

D'après l'organisation internationale de la lutte biologique contre les animaux et les plantes nuisibles l'**O.I.L.B (1971) Maisonhaute (2009)**, la lutte biologique est l'utilisation des organismes vivants (insectes, bactéries, nématodes...etc.) ou de leurs dérivés pour contrôler les populations de nuisibles et empêcher ou réduire les pertes ou dommages causés aux cultures

Chapitre III : Généralités sur les actinobactéries

III.1. Historique :

La découverte des actinobactéries a traversé plusieurs périodes :

•**Première période médicale (1874-1900) :**

La découverte des actinobactéries a été faite la première fois par Cohen en 1875 où il découvre la première actinobactérie *Streptothrix foeresteri*, ces dernières ont été isolées à partir de sources humaines. À ce stade, la découverte de leur rôle dans la pathologie (**Leminor et Veron, 1989**).

•**Deuxième période (1900-1940) :**

Elle est caractérisée par la découverte des conditions saprophytiques d'habitat des actinobactéries et les premières tentatives pour la distinction entre les groupes pathogènes et saprophytiques (**Baldacci, 1962**).

•**Troisième période (1940-1970) :**

Elle commence par le constat qu'un même antibiotique peut être produit par différents actinomycètes. Cette période présente le travail effectué et les révisions des conventions de dénomination. Il s'agit donc des critères morphologiques et produits biochimiques pour classer les actinomycètes.

•**La quatrième période qui débute dans les années 1960 :**

Le début de l'utilisation des méthodes génétiques par **Hopwood (Chater, 1999 ; Hopwood, 1973)**. La génomique (**Hopwood, 2003**) a bouleversé la classification des espèces (**Ventura et al. 2007**) et d'étude de l'utilisation biotechnologique de ces microorganismes.

III.2. Biologie des actinobactéries :

III.2.1. Morphologie des actinobactéries :

Les critères morphologiques sont liés directement aux caractères culturels sur différents milieux de culture (**Shirling et Gotlieb, 1966**). Leur morphologie ressemble fortement à celle des mycètes (Prescott et al, 1997). Ils ont un diamètre des hyphes, habituellement de 0,5 µm (**Eunice, 1983**). Il est deux à dix fois plus petit que celui des champignons (de 2 à 5 µm). (**Gottliels, 1973**). Ils sont plus large, dont la longueur varie de 1,5 à 50µm. Les actinobactéries se présentent aussi sous forme de filaments, de bacilles ou de coccobacilles.

Morphologiquement, elles sont classées en deux groupes, premièrement les organismes qui forment une masse de filaments ramifiés (mycélium) Quant au deuxième type est les actinobactéries organismes qui se présentent sous des aspects morphologiquement plus complexes que le premier groupe (**Lechevalier, 1985**).

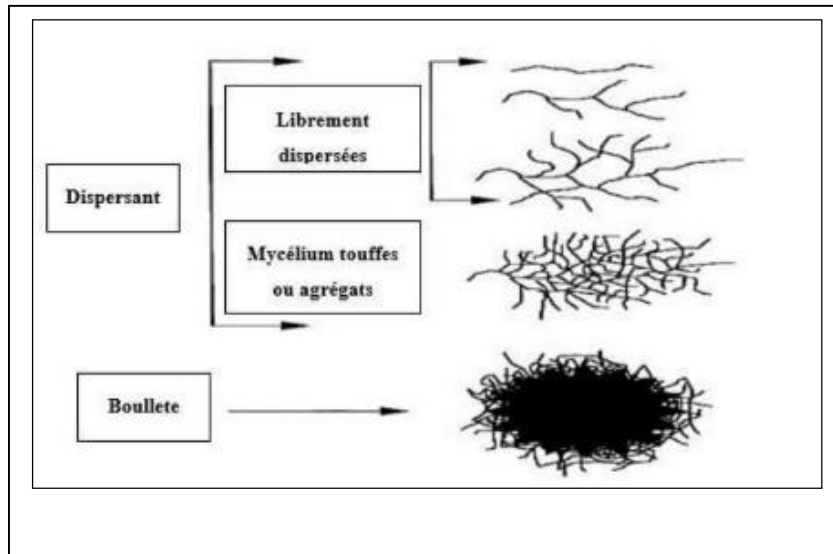


Figure 08 : Morphologie des hyphes actinobactéries (Alonso ; 2007)

III.2.2. Caractéristiques culturelles :

Les caractéristiques culturelles des actinobactéries sont déterminées sur différents milieux de culture. Il s'agit alors de noter la présence ou l'absence de mycélium aérien (MA) ainsi que la couleur du mycélium aérien (MA) et du mycélium du substrat (MS). Il faut également noter la production et la couleur des colorants diffusables et mélanoides.

On utilise les cartes de couleurs pour déterminer la couleur de mycélium et des pigments

III.2.3. Les critères morphologiques :

Les critères morphologiques sont exposés dans le "**Manuel Bergey's**" de 1989, 1994 et 2010. Il s'agit de caractéristiques macromorphologiques et des caractères micromorphologiques (Tableau 03)

Tableau 03 : Caractères macromorphologiques et micromorphologiques (Boudjalal ,2012; Harir,2018)

Caractéristiques macromorphologiques	Caractéristiques micromorphologiques
<ul style="list-style-type: none"> • Production ou non d'un mycélium aérien (MA). • Présence d'un mycélium du substrat (MS). • Détermination de la couleur du MA et du MS ainsi que des pigments diffusibles dans le milieu de culture 	<ul style="list-style-type: none"> • Fragmentation ou non du MS • Présence de sporanges sur le MA ou sur le MS, la forme et la taille des sporanges ainsi que la longueur des sporangiophores. • Formation de spores sur le MA et /ou sur le MS, leur forme, leur taille et leur agencement : isolées, par deux, par quatre ou en chaînes • Mode de sporulation : spores porté par des sporophores ou mycélium aérien se fragmentant de manière anarchique en spores. • Présence de spores mobiles ou non mobiles. • Ornementation de la surface des spores (lisse, rugueuses, épineuses ou chevelues). • Formation de structures particulières : faux sporanges, etc.

III.3. Cycle de développement des actinobactéries :

Le cycle de vie des actinobactéries (**fig.09**) est très similaire à celui des champignons. Il résulte de trois processus physiologiques principaux : différenciation et sénescence cellulaire suivie de mort (**Danielnko et al, 2005**).

Ce cycle commence lorsque les spores se déposent dans un milieu riche en nutriments où elles seront stimulées pour germer. Cela stimule la spore à sortir de son état dormant et subir une germination pour former des tubes germinatifs. Les tubes germinatifs se développent et les cellules ne subissent pas une division binaire. Par l'extension et la ramification, les tubes germinatifs donnent naissance à un réseau de filaments qui se développent dans et à travers la surface d'une plaque de gélose. Ce réseau est appelé mycélium de substrat (**Firdh et Buttner, 2009**).

Au fur et à mesure que la colonie commence à se différencier. La différenciation aboutit à la formation d'un nouveau type de cellule, les hyphes aériens multi géniques en spirale est terminée, le mycélium se différencie.

Les hyphes aériennes subissent une division cellulaire synchrone donnant naissance à des compartiments mongoloïdes, chacun d'entre eux se développera en une spore résistante (**Hasani et al, 2014**). La plupart des actinobactéries sont immobiles. Cependant, certains produisent des spores flagellées appelées zoospores.

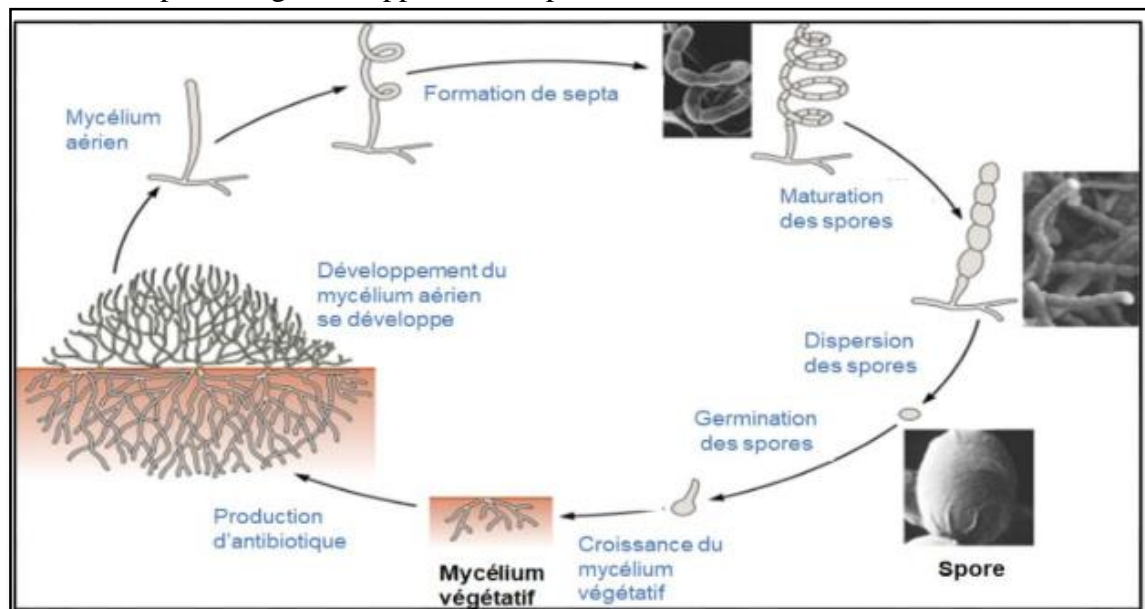


Figure 09 : Cycle de développement des actinobactéries (**Ait Barka et al, 2016**)

III.4. Taxonomie et critères de classification des actinobactéries:

III.4.1. Taxonomie des actinobactéries :

Les critères principaux de classification des actinobactéries dépendent sur :

La première phase de la classification des actinobactéries est basée principalement sur la morphologie, la pigmentation et les caractères de croissance sur des milieux composés de substrats complexes naturels (**Pridhan et Gottlieb, 1948**).

La deuxième phase, consiste à analyser la composition chimique de la paroi cellulaire des actinobactéries. Ainsi, des groupes stables ont été établis (**Keast et al ,1984**). Quatre types de paroi sont distingués selon trois critères caractérisant la composition et la structure du peptidoglycane :

III.4.2. Systématique des actinobactéries :

Les actinobactéries Sont rattachés au phylum des *Actinobacteria*, à la classe des *Actinobacteria*, à la sous classe des *Actinobacteridae* et à l'ordre des *Actinomycetales* créé par Buchanan en 1917 (**Bergey's manual, 2007**). Dans l'édition 2004 du manuel de la systématique bactériologique, un arrangement des actinobactérie proposait 9 sous ordres, 38 familles et 121 genres.

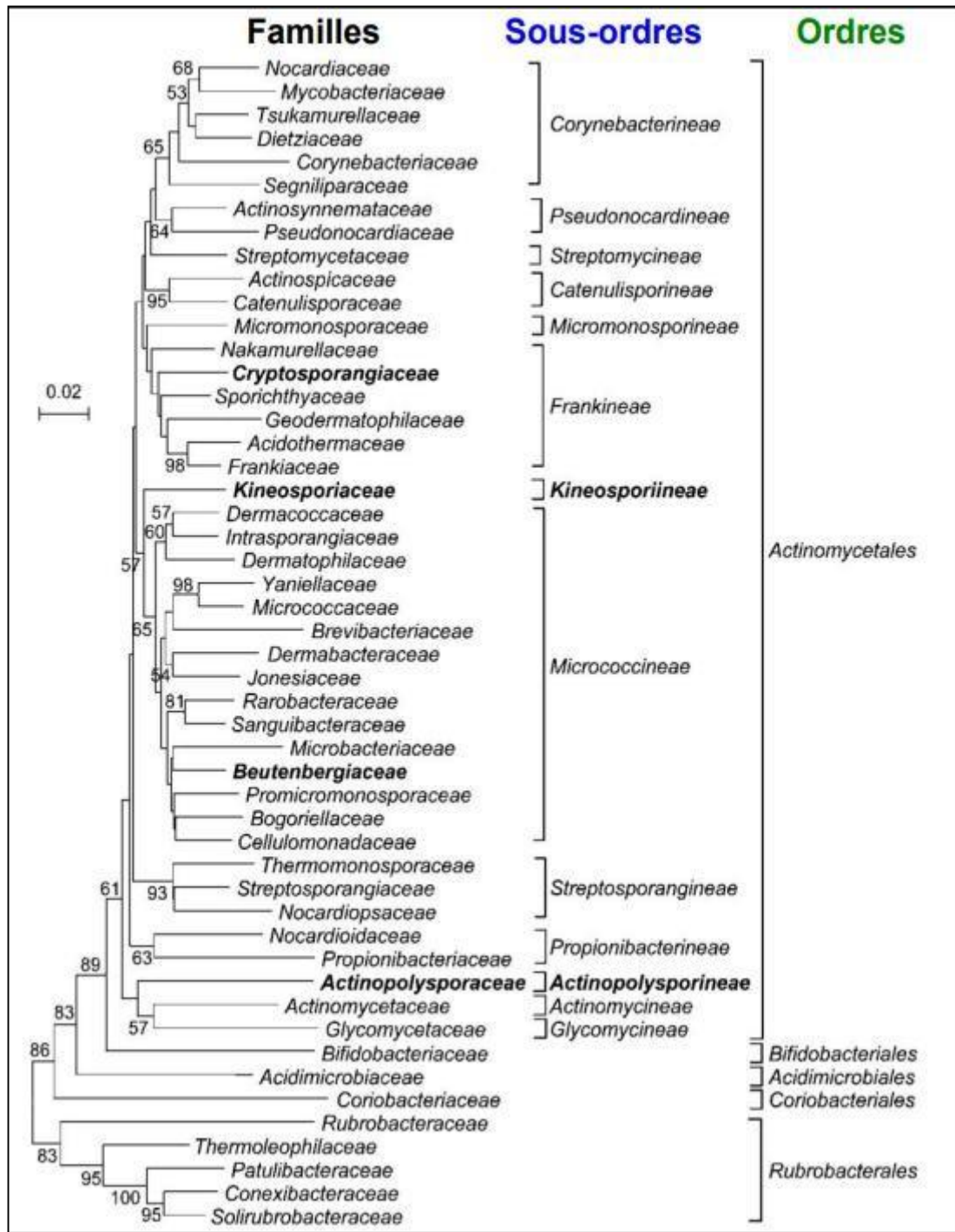


Figure 10 : Classification phylogénétique des Actinobacteria, basée sur les séquences du gène codant d'ARNr 16S (Zhi, 2009).

III.5. Physiologie des actinobactéries :

La croissance des actinobactéries est influencée par différents paramètres physiologiques en particulier l'Oxygène, le pH, la température, et la salinité. Elles tolèrent certains produits chimiques tels que les antibiotiques et divers autres agents (**Athalye et al, 1985**)

III.5.1. Oxygène :

Selon le type de respiratoire, les actinomycètes se divisent en deux groupes distincts :

- Formes de fermentation entièrement anaérobies

Ce genre a des caractéristiques uniques : saprophytes, cavités forcées .Il existe dans le corps des humains et les animaux supérieurs et n'existe jamais dans le sol.

- Formes oxydatives et aérobies telles que *Streptomyces*.

Dans ce genre, le sol est considéré comme le principal réservoir de distribution. Aérien (**Aouar, 2012**)

III.5.2. Température :

La température de croissance optimale des actinomycètes mésophiles est de 25 à 30 °C. D'autres espèces thermophiles existent également, comme les Thermoactinomyces. La température optimale est de 50-60°C (**Ragaswami et al., 2004**)

III.5.3. Le pH :

La majorité des actinobactéries sont des bactéries neutrophiles leur pH entre 5 et 9. Dans le *Streptomyces*, il y a une forte croissance dans les sols acides à cause de pH compris entre 3,5 et 6,5 et caractérisé acidophile (**Aouar, 2012**).

III.5.4. Tolérance pour Na Cl :

Les actinomycètes sont divisés en deux groupes selon leurs besoins en Na Cl :

- Halophiles à des concentrations de 1 à 6 % (poids/volume) Jusqu'à 15-30% pour les bactéries faiblement halophiles et les bactéries halophiles extrêmes.
- Halo tolérant à salinité modérée mais pas essentiel pour leur croissance. Facilement toléré entre 6 et 8 % de Na Cl (p/v). Le Modérément résistant à 18-20% Na Cl. et très tolérant Varie de 0% à la saturation en Na Cl (**Djaballah, 2010**).

III.6. Ecologie des actinobactéries :

Les actinobactéries sont des bactéries ubiquitaires présentes dans tous les écosystèmes sol, eau douce, eau de mer, air) (**Williams et al, 1984**). Elles occupent une partie importante du microbiote géothermique 10-20 %, et parfois plus (**Dommergues et Mengenot, 1970**). Elles sont largement distribuées dans la nature en forme de saprophytes, mais certaines formes sont pathogènes pour l'homme, les plantes ou les animaux.

L'habitat le plus important pour les actinobactéries est le sol dont le genre *Streptomyces* est le plus dominant et le plus isolé (Tableu04). Elles sont présentes dans des sols polaires gelés en permanence tout comme dans les sols désertiques chauds et secs, dans le pétrole brut, les sols hautement contaminés avec les métaux lourds et même dans les sédiments océaniques situés à plus de 4000m de profondeur (**Cross, 1981**). La plupart des actinobactéries vivent dans des conditions faibles en humidité avec très faible activité de l'eau (**Belyagoubi, 2014**).

Tableau04 : Répartition des actinobactéries dans la nature
(**Goodfellow and Williams, 1983**)

Genres	Habitats
<i>Actinomadura</i>	Sol
<i>Actinoplanes</i>	Sol, eau.
<i>Frankia</i>	Nodule de racines
<i>Microbispora</i>	Sol
<i>Micromonospora</i>	Sol, eau
<i>Nocardia</i>	Sol, eau
<i>Rhodococcus</i>	Sol, eau, fumier, litière
<i>Sacchromonospora</i>	Matière en décompositio
<i>Streptomyces</i>	Sol, eau, litièr
<i>Streptosprangium</i>	Sol
<i>Thermomonospora</i>	Matière en décomposition et fermentation

III.7. Métabolisme des actinobactéries :

La différenciation morphologique s'accompagne d'une différenciation métabolique. Un métabolisme secondaire se met en place donnant lieu à la biosynthèse de composés d'une extraordinaire diversité de structures et d'activité biologique (Choulet et al, 2006).

III.7.1. Métabolisme primaire

Le métabolisme primaire des actinobactéries est semblable à celui des autres organismes. Les métabolites primaires ou généraux essentiels forment la structure cellulaire et permettent le fonctionnement du métabolisme général (Theilleux et al, 1993).

III.7.2. Métabolisme secondaire

Le métabolisme secondaire se différencie du métabolisme primaire par le fait qu'il concerne des métabolites non directement impliqués dans la croissance et la vie de l'organisme (Theilleux et al, 1993). De manière générale, le métabolisme secondaire est considéré comme l'ensemble des voies de synthèse de composés qui n'ont ensuite pas des fonctions apparentes dans le métabolisme cellulaire (Colombié, 2005)

III.8. Importance des actinobactéries :

Les actinobactéries sont connues pour produire des métabolites primaires. Secondaire avec des applications importantes dans divers domaines (fig 11)

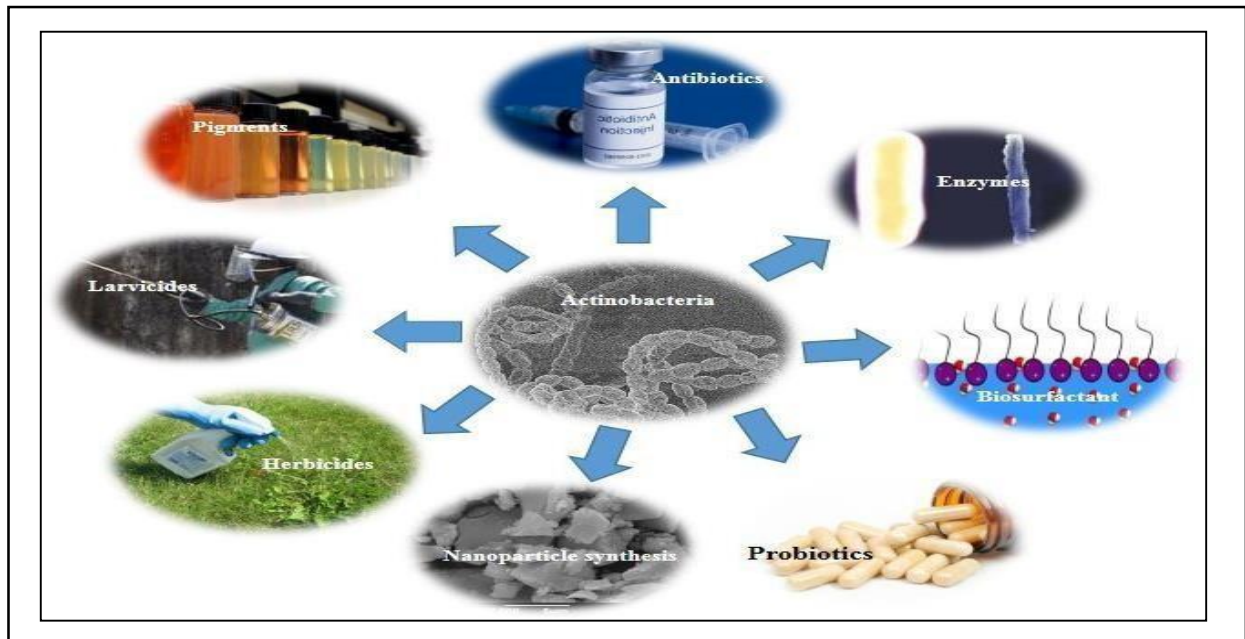


Figure 11 : Application biotechnologiques des actinobactéries (Anandan et al,2016).

III.8.1. En biotechnologie :

En biotechnologie végétale, les actinobactéries sont largement exploitées pour leur pouvoir de biocontrôle des phytopathologies et de promouvoir la croissance.

Les actinobactéries sont bien connus pour leur production d'antibiotiques et de métabolites primaires et secondaires qui ont des applications industrielles importantes (**Takahashi et Omura, 2003 ; Hayakawa et al, 2004**). Plus de 70% des antibiotiques d'origine microbienne sont fabriqués par ce grand groupe de bactéries. De plus, de nombreux métabolites synthétiques peuvent être des enzymes telles que des enzymes alcalines, des inhibiteurs d'enzymes, des vitamines, des immun modulateurs (**Badji et al, 2006**), des herbicides, des insecticides ou dans la lutte contre les parasites.

Le genre *Streptomyces* a été largement exploré pour la sélection des agents de biocontrôle et 75 % des antibiotiques sont produits par les membres de ce genre (**El Tarabily et Sivasithamparam, 2006**)

III.8.2. En domaine médicale et vétérinaire :

Les actinobactéries sont les microbes les plus productifs par rapport aux autres microbes qui produisent des composés bioactifs ayant une capacité de lutter plusieurs maladies telles que le cancer, le VIH, les virus, infections microbiennes, protozoaires et autres (**Syed et al, 2017 ; Saranya et al, 2022**).

Ils sont capables de synthétiser de nombreux produits naturels y compris les alcaloïdes, les polycétides, les stéroïdes et autres (**Syed et al, 2017**).

Tableau 05 : Importance médicale de certains antibiotiques produits par le genre *Streptomyces* et leur maladie ciblée (**Bouchlaghem et Aggoun, 2020**)

Organisme ou maladie ciblée	Antibiotiques	Organisme producteur
Typhoïde	Chloramphénicol	<i>Streptomyces venezuelae</i> .
Tuberculose et Lèpre	Rifampicine	<i>Amycolatopsis Streptomyces mediteranei</i> .
Staphylococcus aureus Méthicilline résistant(SARM)	Vancomycine	<i>Amycolatopsis Streptomyces orientalis</i> .
Cancer	Daunomycine	<i>Stremptomyces coeruleorubidus</i>
Pathogènes résistants à la pénicilline	Acide clavularique	<i>Streptomyces clavuligerus</i> .

III.8.3. En domaine agronomique :

Les actinobactéries ont un rôle très important dans les phénomènes de la biodégradation et de la transformation de la matière organique et les éléments minéraux

Les actinobactéries augmentent le pouvoir suppressif du sol (Errakhi, 2008). A montré qu'un sol riche en actinobactéries est suppressif aux maladies phytopathogènes qu'un sol pauvre de ces bactéries. Elles sont capables aussi de dégrader ou de recycler certaines toxines produites par des champignons toxigènes et réduire aussi leur teneur dans les produits finaux en agro-alimentaire (Williams et al, 1983).

III.8.4. Utilisation d'actinobactéries dans la lutte biologique :

Nous mentionnerons ci-dessous certains cas, des actinobactéries ont été utilisées comme un agent de biocontrôle.

III.8.4.1. Antifongiques d'origine actinobactérienne :

Les actinobactéries sont une source économiquement durable pour la synthèse de composés antifongiques qui inhibent divers champignons phytopathogènes, Parmi les champignons phytopathogènes, le *Fusarium* responsable de la fusariose qui s'attaque à plusieurs cultures telles que le *Fusarium oxysporum* f. sp. *Radicis lycopersici* agent causal de la pourriture racinaire et du collet de la tomate Pour que les actinobactérie (à base de *Streptomyces*) soient utilisées comme un agent de biocontrôle et que les résultats soient positifs et vertueux (Zamoum, 2016).

III.8.4.2. Bioherbicides actinobactériens :

Dans une étude réalisée par Dhanasekaran et al, 2010 ; Priyadharsini et al, 2013 Où il utilisait la suspension de spores de *Streptomyces* sur les racines des *C. rotundus* L Où les résultats ont indiquent clairement que les métabolites secondaires de *Streptomyces* sp. Inhibent de manière significative la croissance des racines et des pousses chez *C. rotundus* L.

III.8.4.3. Bioinsecticides actinobactériens :

Il existe différents métabolites produits par les actinomycètes qui ont une action insecticide. Nous citons à titre d'exemple :

- **L'ivermectine** : ce métabolite est synthétisé par *Streptomyces avermitilis*. Il s'agit d'une substance toxique pour les arthropodes, certaines espèces de lépidoptère. En effet, elle cible les canaux chlorure de porte GABA donc la paralysie et la mort d'insecte (Bloomquist, 2001).

Chapitre I :

Matériel Et Méthodes

L'objectif de travail est de tester l'effet de biocontrôle d'un bioinsecticide formulé à base de spore de la souche *Streptomyces* DN19 contre les pucerons de la fève.

I.1. Formulation de bioinsecticide :

I.1.1. Souche d'actinobactérie :

La souche DN19 appartient à la collection bactérienne de laboratoire de recherche (Laboratoire de Biologie des Systèmes Microbiens—LBSM—ENS de Kouba—Alger—Algérie). Elle a été isolée en 2016 de la racine du palmier dattier (*Phoenix dactylifera*). Cette souche a été sélectionnée en raison de ses fortes activités antagonistes et de son potentiel élevé de lutte biologique contre certains agents phytopathogènes (Zamoum, 2016).

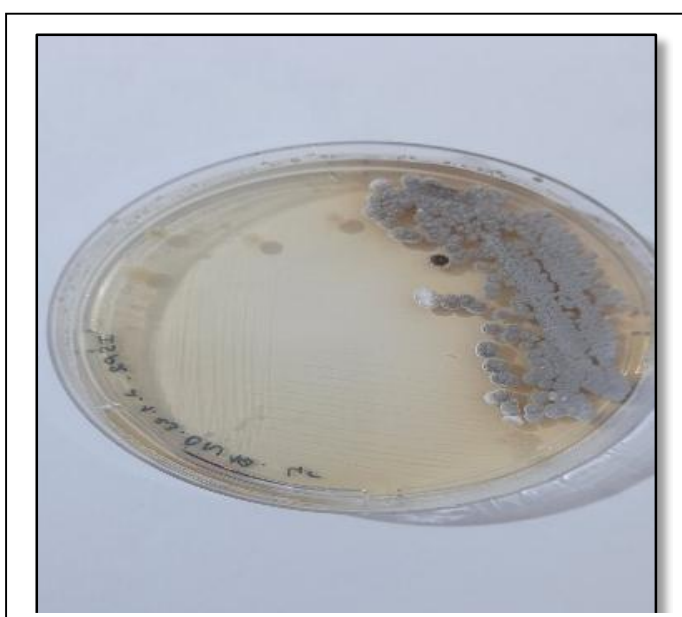


Figure12 : Colonie de la souche DN19 (*Streptomyces sp*) sur milieu ISP2 (photo originale 2023).

I.1.2. Préparation de la suspension de spores bactériennes :

La suspension de spores de la souche DN19 est préparée selon la méthode d'Allali 2020 cette méthode consiste à inoculer l'actinobactérie endophyte en bandes serrées sur toute la surface du milieu ISP2 (annexe 1). Verser dans une boîte de Pétri et incubé à 30°C jusqu'à sporulation. Après 10 jours d'incubation, les spores d'actinobactérie ont été collectées à l'aide d'une solution Tween-80 (0,05 %). Le mycélium aérien a ensuite été gratté à l'aide d'une anse platine et la suspension mère a été collectée de manière aseptique dans des boîtes stériles.

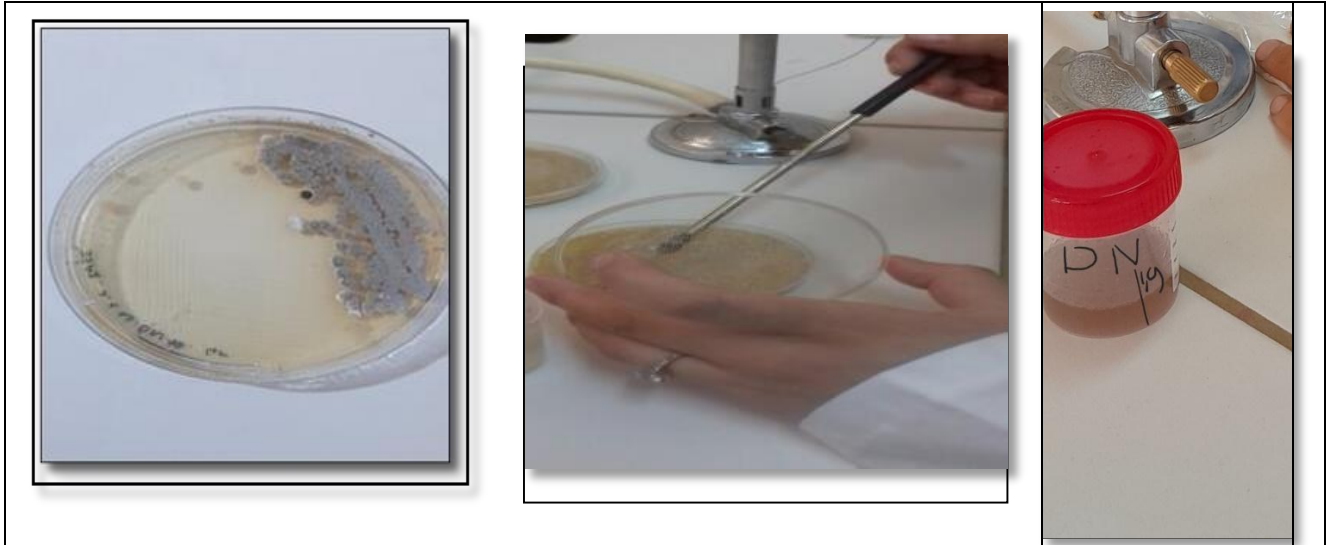


Figure13 : Les étapes de préparation de la suspension de spores bactériennes (photo originale 2023).

I.1.3. Ajustement de la densité des spores :

La densité des spores est ajustée à 10^6 spores/ml par la cellule de numérotation Malassez. La méthode consiste à placer la cellule de comptage sur une surface plane, lissage et retrait de la suspension cellulaire à l'aide d'une pipette Pasteur. Ensuite, nous remplissons la chambre de comptage avec des capillaires, plaçons la pointe de la pipette légèrement inclinée près de la plaque sur la plate-forme du treillis central. Le remplissage doit être fait en une seule fois, sans bulles d'air et sans inondation de liquide dans les canaux et laissons les cellules se déposer sur la grille pendant quelques minute.

Afin d'obtenir une suspension comptable, des dilutions décimales sont préparées à partir de la suspension mère, ensuite le comptage de spores est réalisé par microscope optique au grossissement GX 40 et la densité est calculée selon la formule suivante :

Formule : $N = n * 011 * 10^2 * 1000$ Spores/ml.

n : La moyen générale = $\sum n /$ le numéro de répétition

1000 : pour la transmutions m^3 à ml.

I.1.4. Formulation des spores en poudre de talc :

La formulation des spores DN19 à base de talc est préparée dans les conditions de stérilité selon la méthode décrite par **Zamoum et al, 2017** et **El Komy et al, 2020** avec quelques modifications.

Un mélange de poudre de talc (100g) avec le carbonate de calcium (1.5 g) est mis dans un sac autoclavable et stérilisé à 121 °C pendant 15 minutes, Ensuite 25 ml de la suspension de spore ajustée 10^6 (spore /ml) sont injectés au sac puis fermé hermétiquement à l'aide d'un ruban adhésif. Ce mixte doit être bien mélangé pour que les spores soient bien dispersées. Le séchage est effectué après, dans une hotte microbiologique pendant 2 à 4 jours. Enfin, la formulation obtenue est conservée dans des boîtes stériles) (**Fig. 14**)

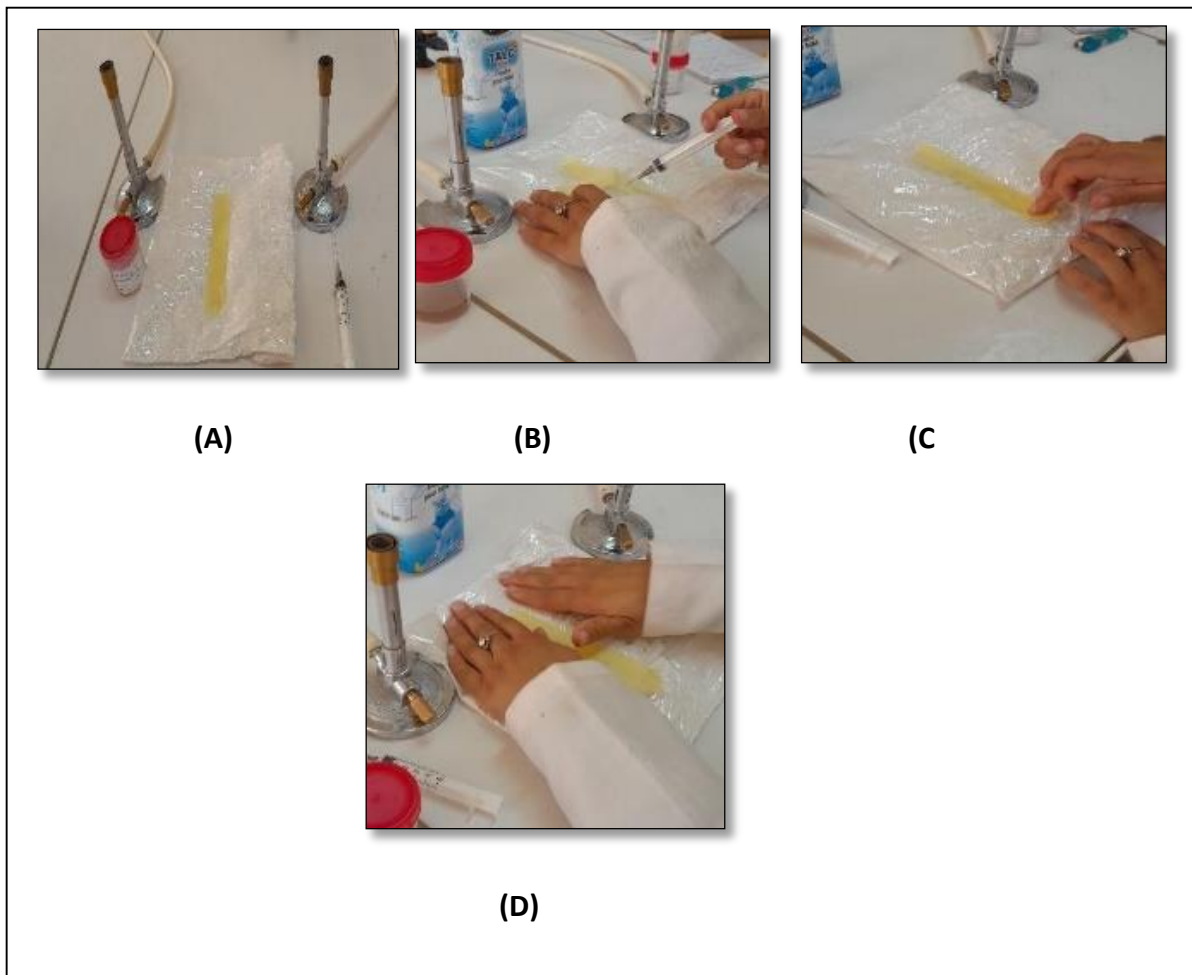


Figure14 : Les étapes de formulation des spores de la souche DN19 en poudre de talc(photo originale 2023).

I.1.5. Pureté et viabilité des spores formulées :

En suivant la méthode de **Zamoum et al, 2017**, nous préparé la suspension mère et pour celanous avons ajouté la quantité correspondante de 0,2 g dans 4 ml d'eau distillée stérile, la suspension mère a été vortexé pendant cinq minutes, après nous faisons les dilutions décimales (01) : 10^{-1} et (02) : 10^{-2} .Nous avons ensemencé la suspension sur le milieu ISP2 et le comptage des UFC par le compteur de colonie a été fait.

I.2. Essai de lutte biologique :

I.2.1. Plante hôte et insecte ravageur :

Les échantillons de fève contenant des pucerons noire ont été récoltés au mois d'mai 2023 D'un champ dans la région Ghaicha la wilaya de Laghouat.

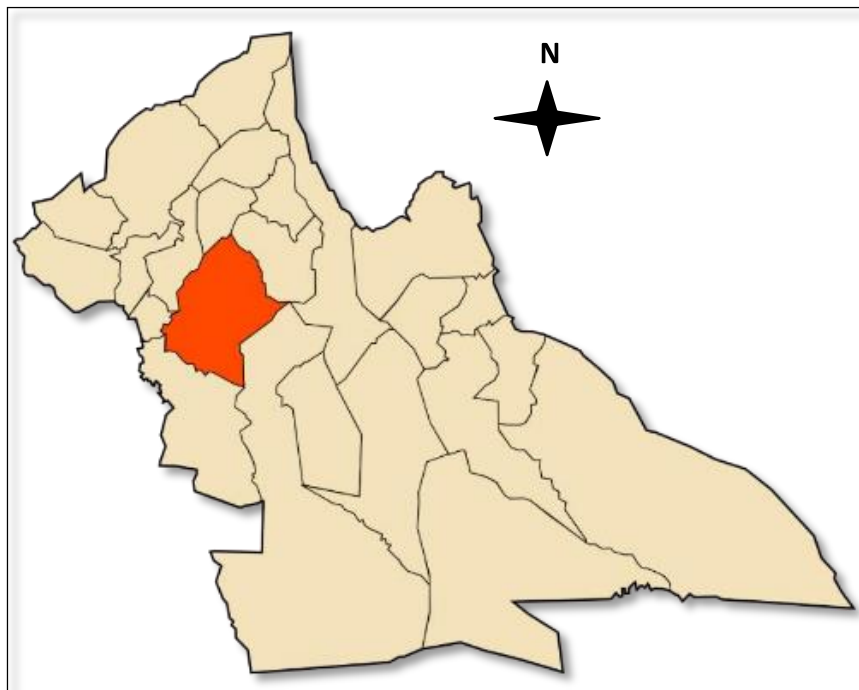


Figure 15 : la situation géographique de l’Ghaicha par rapport à Laghouate



Figure16 : La plante de fève contenant des pucerons noirs

I.2.2. Test de lutte biologique :

Le processus consiste à l'utilisation des boîtes petri comme unité expérimentale. Les boîtes sont d'abord transformées en système ventilés selon la méthode de **Bensassi et al, 2015**. Les boîtes sont tapissées du papier filtre inbibé par l'eau stérile afin de fournir l'humidité et les couvercles sont perforés puis recouverts par une mousseline.

Dans chaque boîte une feuille de fève est mise sur le papier pour qu'elle soit comme substrat pour les pucerons. Les feuilles sont préalablement traitées au niveau des points d'excision et recouverts par du Cotton stérile trempé dans une solution nourrissante (eau stérile avec le sucre).

Après avoir terminé les préparatifs préliminaires, nous passons à la préparation de la solution de bioinsecticide par l'ajout de 2,5g de la poudre de la formulation des spores dans 50ml eau distillée stérile. Par la suite, on transfère les pucerons noirs aux boîtes (10 pucerons par boîte) pour subir un traitement de lutte par pulvérisation du bioinsecticide formulé. (**fig 17**)

L'essai est réalisé sous forme de trois traitements en dix répétitions avec différents volumes pulvérisés :

- Traitement 1 : Nous prenons 5ml de bioinsecticide formulé, puis nous le pulvérisons régulièrement sur les échantillons jusqu'à épuisement de la quantité, tout en respectant et en appliquant les règles d'hygiène et de stérilisation.
- Traitement 2 : Nous redimensionnons le volume de bioinsecticide à 10 ml tout en suivant les mêmes étapes précédentes.

- Tritements 3 : prendre 15 ml de la solution de bioinsecticide mère, et nous pulvérisons les échantillons.
- Tritements 4 : témoin négatif traité à l'eau distillée.

Après avoir terminé le test, les échantillons ont été conservés dans un endroit propre disponible sur les conditions de stérilisation, puis la mortalité des insectes est relevée d'une manière régulière après une période de contact (24 h ,48h 72h, 96h) à l'aide de loupe binoculaire.



Figure17 : L'application de bioinsecticide formulé sur les échantillons de la fève.

I.3. Analyses statistique :

Les données recueillies à partir de dix répétitions de chaque expérience ont été analysés statistiquement à l'aide de logiciel Statbox pour Microsoft Office Excel 2003.

Les analyses réalisées sont la variance (ANOVA) et le test de NEWMAN-KEULS avec un seuil de signification ($P = 5$) .

Chapitre II :

Résultats Et Discussion

Résultats :

Dans la partie expérimentale, nous avons formulé un bioinsecticide à base d'une actinobactérie en passant par une multitude des étapes précédemment détaillées dans la partie des méthodes.

II.1. La formulation des spores de la souche DN19 en poudre de talc :

Les résultats de la formulation des spores de la souche *Streptomyces* DN19 en poudre de talc, sont mentionnés dans la **fig18**.

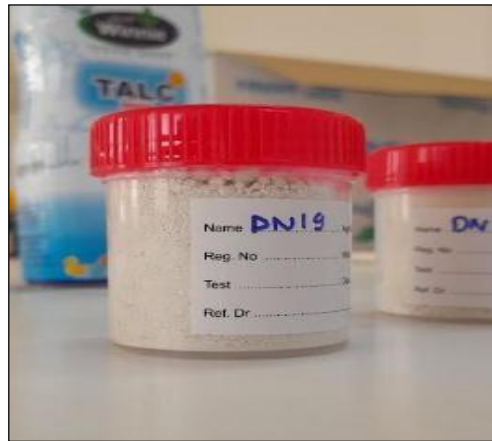
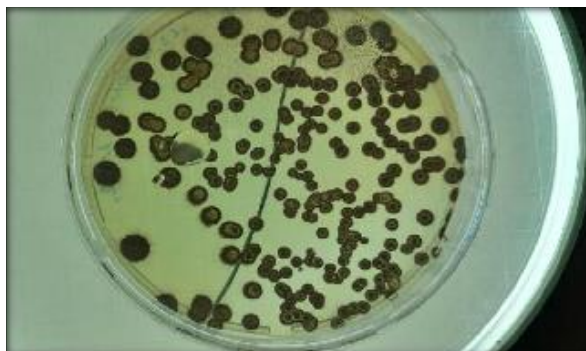


Figure 18 : la formulation de la souche DN19 en poudre de talc

II.2. Pureté et viabilité des spores formulées :

La pureté de bioinsecticide a été vérifiée avant de le tester dans les conditions *in vivo*. Après 7 jours d'incubation à 28°C, nous avons remarqué le développement des colonies pures identiques et sans contamination de la souche DN19 **fig 19**.



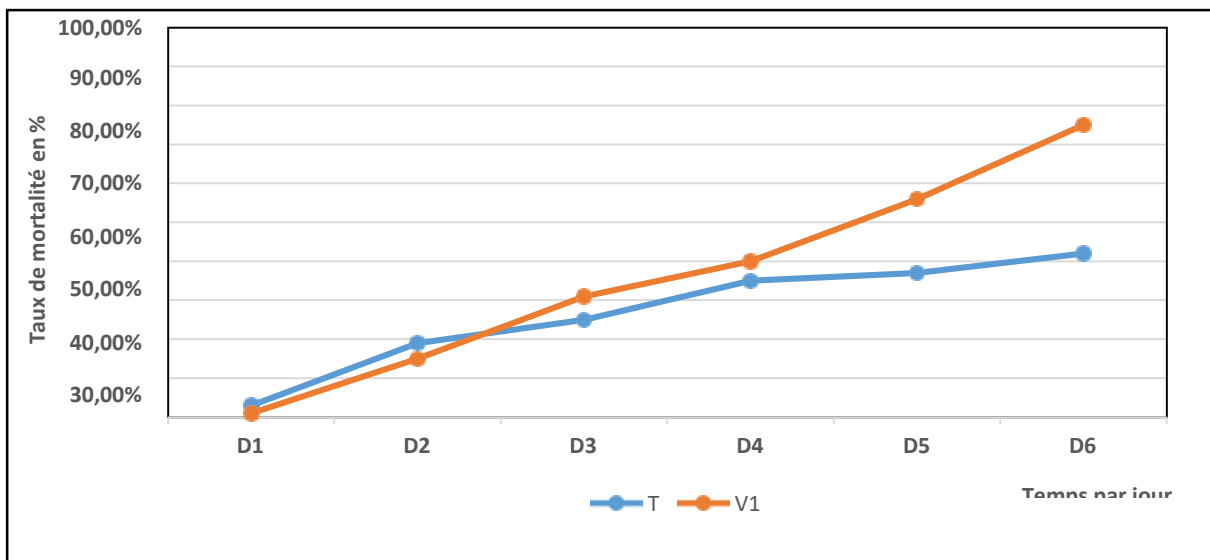
Dilutions (01)

Figure 19: Colonies d'actinobactéries DN19 obtenues après culture du bioinsecticide

II.3. Evaluation de l'effet insecticide formulé à base des spores de la souche d'actinobactérie *Streptomyces sp DN19* sur les pucerons noirs de fève (*Aphis fabae*) :

La Figure (20) représente l'évolution du taux de mortalité des pucerons en fonction du temps sous l'effet de Traitement 1 (V1=5ml) par rapport au témoin. Les résultats obtenus montrent que le taux de mortalité du traitement 1 ne se diffère pas du témoin au premier jour. Une légère mortalité estimée à 33.33% a été remarquée au sixième jour chez les insectes témoin. Tandis que le traitement a enregistré un taux de 56% au cinquième jour et 70% au sixième jour.

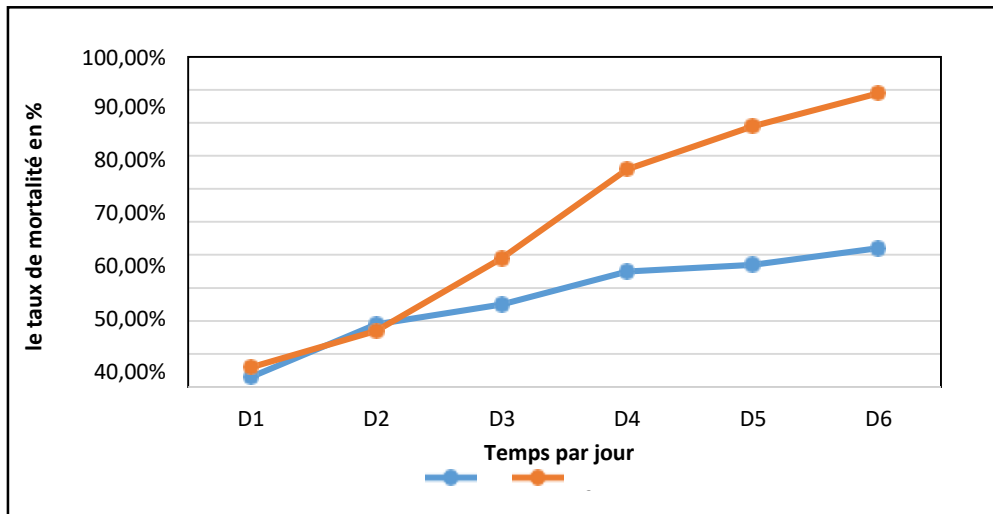
Les résultats de l'analyse de variance (annexe 2) montrent une différence très hautement significative pour le facteur traitement avec une valeur de $p=0,000$ et la même chose que le deuxième facteur qui est le temps.



Figure(20) : Evolution du taux de mortalité des pucerons en fonction du temps sous l'effet de traitement 1

Pour l'effet de deuxième traitement (V2=10 ml) présenté par la Figure (21), la mortalité commence à s'apparaître depuis le premier jour 10%. Quelques jours plus tard (D4 ; D5 ; D6)

Nous avons noté une augmentation significative du taux de mortalité avec une valeur de 80% ; 90% respectivement et reste faible pour le témoin au sixième jour.



Figure(21) : Evolution du taux de mortalité des pucerons en fonction du temps sous l'effet detraitement 2

Quant au troisième traitement (V=20ml), nous avons remarqué une augmentation significative du taux de mortalité depuis le premier jour 40% par rapport au témoin 0% et une décimation totale (100%) au troisième jour. Comme le montre la Figure 22.

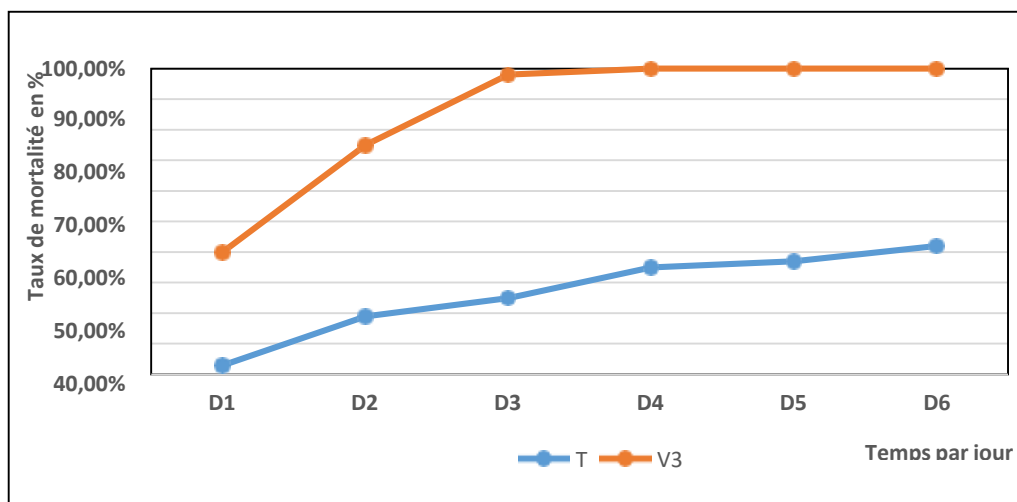


Figure (22) : Evolution du taux de mortalité des pucerons en fonction du temps sous l'effet detraitement 3

De même il y avait une interaction entre les deux facteurs le facteur 1 (Le traitement) et le facteur 2(date) figure 23, il paraît que le témoin est nulle au cours de toute la période expérimentale Sauf que le dernier jour, nous avons remarqué une légère augmentation du taux de mortalité

Comme pour le premier jour d'observation, nous avons enregistré un taux de mortalité très faible 6% dans tous les échantillons traités en différents volumes.

Ensuite, le taux de mortalité a commencé à augmenter progressivement au fil des jours, lorsque nous avons enregistré une proportion significative sur les troisième et quatrième jours, atteignant dans les trois volumes.

Dans les derniers jours (D5, D6), nous avons enregistré de bons résultats dans le taux de mortalité, où il a atteint 81% pour le premier et le deuxième volume, et 100% pour V3.

Cela indique la cohérence des premier et deuxième facteurs, et chaque fois que les jours ont passé, l'efficacité de l'insecticide formulé est apparue.

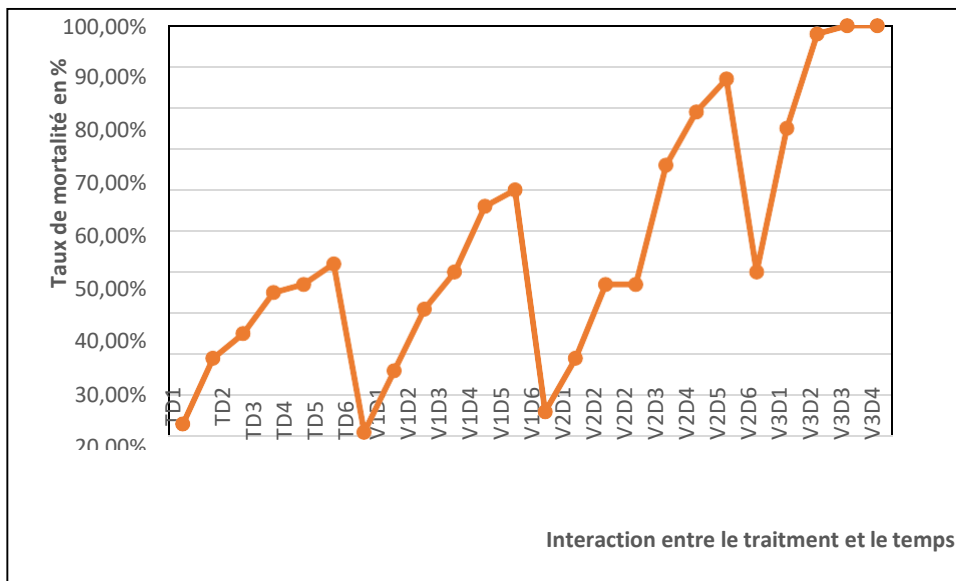


Figure23 : l'interaction entre les traitements et le temps

Dans la figure 24, nous montrons un histogramme qui représente la différence dans le taux de mortalité que nous avons enregistré afin de savoir quel est le traitement le plus efficace pour éliminer les pucerons par rapport au témoin.

Figure montre l'effet significatif des traitements sur la mortalité de l'insecte en fonction du temps. Par contre, le taux de mortalité dans le lot témoin (eau distillée) était significativement inférieur.

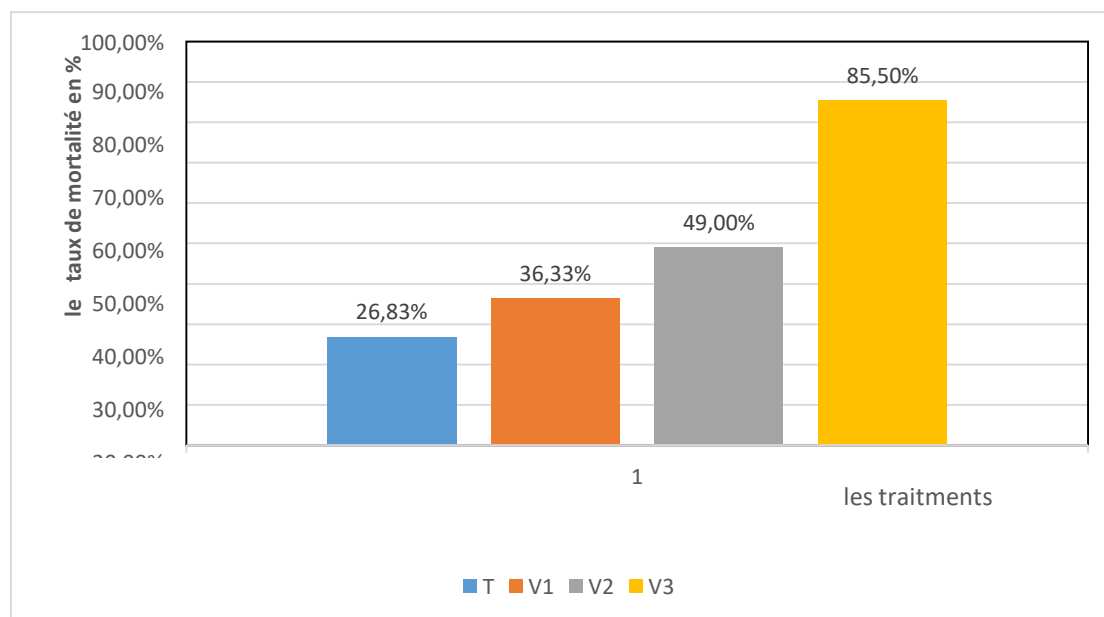


Figure 24 : Le classement des traitements en fonction la mortalité de l'insecte

A partir des courbes présentées précédemment, nous avons montré que c'est à partir du premier jour que nous avons enregistré les premières mortalités au niveau des différents traitements. Un taux de mortalité qui dépasse 36,33 % chez les individus traités par le volume1 (5ml). Par contre nous avons enregistré 49% de mortalité pour le volume10 ml après le quatrième jour.

La mortalité réelle est obtenue chez les individus traités par le troisième traitement au 3^{ème} jour. Alors que les autres traitements par 5ml et 10 ml n'ont arrivé à exterminer les populations des pucerons qu'après le 5^{ème} jour. (**Fig. 25**)

Donc, le traitement V3 est le plus efficace sur les pucerons. Il est classé dans le groupe A en groupes homogènes Suivi par le deuxième volume dans le groupe B, puis le première volume dans le groupe C. tandis que le témoin occupait le dernier groupe D(**annexe 2**)



Figure 23 : Effet de témoin sur les pucerons (l'observation par la loupe binoculaire 40X) (originale 2023).



Figure 24 : Effet de traitement 3 sur les pucerons (l'observation par la loupe binoculaire 40 X) (originale2023).

Discussion

La formulation des spores de la souche DN19 sous forme de poudre de talc a gardé la viabilité de spores pour obtenir des résultats plus efficace cela peut être expliqué par la propagation rapide des spores de *Streptomyces* dans l'insecte Ces résultats sont similaires à l'étude de **Tamreihao et al. 2016 ; Zamoum et al. 2017** et Plusieurs travaux Sauf qu'ils ont utilisé la formulation sous forme de poudre de talc comme un biofongicides et prouvé que les biofongicides sous forme de poudre de talc ont un effet positif dans le biocontrôle contre les champignons.

Les résultats obtenus ont montré que la formulation de spores de la souche DN19 sous formes de poudre de talc cause la mortalité de puceron noirs de fève surtout lorsqu'il est utilisé en grand volume. La mortalité est directement proportionnelle au volume du bioinsecticide testé comme suite) V3 (») V2 (») V1(.

L'étude de **KHIARI (2021)** a donné des résultats similaires sur la lutte biologique en utilisant *Streptomyces sp* contre la *cochenille blanche*. Elle est basé sur l'effet de la pulvérisation les feuilles infectées par la suspension bactérienne d'une souche *Streptomyces sp* cette étude a montré une grand efficacité sur la *cochenille blanche* du palmier dattier. le genre *Streptomyces* est connu par la production des substances et des enzymes qui s'attaquent à des sites bien précis de l'insecte. Par exemple, la chitinase est une enzyme impliquée dans la dégradation de chitine formant la cuticule de la majorité des insectes lors de leurs changements de stade de développement.

Nos résultats sont également identiques à l'étude **Mellik 2022** En ce qui concerne l'effet antagoniste de *Streptomyces rochei* (PT2) contre *cochenille blanche*, elle a constatée qu'il y avait un effet positif avec décomposition partielle du bouclier par rapport au témoin inchangé. Ils ont également confirmé que ces microorganismes peuvent être utilisés comme alternative à l'utilisation de pesticides nécessaires pour protéger l'environnement.

Le pouvoir de biocontrôle du genre *Streptomyces* est confirmé par plusieurs autre travaux de **Tamreihao et al. 2016 et Zamoum et al., 2017**, qui ont l'utilisé comme un biofongicide sous forme de poudre de talc où ce dernier a prouvé son effet positif dans le biocontrôle des maladies fongique , tel que *Fusarium oxysporum f. sp. Radicis lycopersici* et *Rhizoctonia solani* de genre *Streptomyces* produise des enzymes lytiques

comme les chitinase et glucanases, qui peuvent dégrader la paroi fongique ainsi qu'il détruit les protéines par la protéase ou dégrade les spores fongiques par la cellulase.

Les résultats de notre travail ressemblent aussi à ceux qui ont constatés l'effet de différents champignons entomopathogènes contre le puceron de la fève **(Khan, S. et al 2012.)** Ils ont utilisé sur deux souches *Verticillium lecanii* et *Beauveria bassiana* contre les pucerons. L'effet des souches fongiques semble dépendre du dosage et du temps et sont proportionnelles au temps aux concentrations du champignon. L'efficacité maximale était due à la production de métabolites dans le filtrat de culture qui ont aidé à dégrader la

Conclusion

Conclusion

L'amélioration de la production de fève en quantité et en qualité demande une action intégrée pour minimiser les conséquences des différentes contraintes, entre autres, les Conditions écologiques, les maladies et les ravageurs. Le puceron noir compte parmi les déprédateurs les plus redoutables de la fève qui ne cesse de prendre de l'ampleur dans les champs en causant des dégâts importants pour être une préoccupation en Algérie pour agriculteur.

La lutte chimique semble être le moyen le plus efficace et le plus utilisé par les agriculteurs contre cet insecte. Mais vu les effets néfastes des insecticide chimiques sur l'environnement et sur la santé, des méthodes alternatives plus respectueuses à l'environnement comme la lutte biologique ont été proposée l'utilisation des actinobactéries comme agents de lutte biologique contre les insectes.

Notre travail a porté sur l'effet antagoniste d'une actinobactéries (*Streptomyces DN19*) et sur l'évaluation de l'effet bioinsecticide formulé à partir de la formulation des spores de la souchede DN19 sur le puceron noir de la fève.

Pour le test effectué, Il qu'il s'est avéré très lorsqu'il est traité avec le premier volume 5 ml nous avons enregistré un taux de mortalité considérable pendant la Période d'essai ceci est comparé aux résultats négatifs du témoin. Alors qenous avons remarqué une augmentation de la mortalité dans le traitement de deuxième volume 10ml. Mais les bons résultats ont été observés dans le troisième traitement 15ml où il s'agissait d'une mortalité complète des pucerons noirs) 100%de mortalité.

Au terme de ce travail nous pouvons conclure que la formulation d'actinobactéries a base de *Streptomyces DN19* est une activité insecticide sur le puceron noire de la fève.

Le travail effectué ouvre plusieurs perspectives :

- Il serait nécessaire de tester ces formulations sur les champs sur d'autres variétés de fève dans d'autres wilayas.
- Il serait également très utile d'étudier les mécanismes qui sont impliqués dans la

Conclusion

Décomposition et l'élimination puceron noire de la fève par les actinobactéries

Streptomyces DN19

- Préparer et commercialisé un bioinsecticide d'origine bactérienne actinobactéries

Les annexes :

Annexe 01 :

Les milieux ISP ont été préconisés lors de l' "International Streptomyces Project" (Shirling et Gottlieb, 1966).

- **ISP2** : Glucose : 4 g; extrait de levure: 4 g; extrait de malt: 10 g; eau distillée q.s.p. 1000 ml; agar: 20 g. pH 7,2.

Annexe 02 :

Les analyse de
variance

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	291918,333	239	1221,416		
Var.FACTEUR 1	119001,667	3	39667,222	207,059	0,000
Var.FACTEUR 2	112858,333	5	22571,667	117,822	0,000
Var.INTER F1*2	18678,333	15	1245,222	6,500	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	41380,000	216	191,574		

Les groupes homogène :

Id	Modalité	Moyenne	Groupes homogènes
6	F2n6	74,750	A
5	F2n5	69,250	A
4	F2n4	60,250	B
3	F2n3	47,750	C
2	F2n2	32,000	D
1	F2n1	12,500	E

Interaction entre traitement et date

Id	Modalité	Moyenne	Groupes homogènes										
			A	B	C	D	E	F	G	H	I		
44	F1n4 F2n4	100,000	A										
45	F1n4 F2n5	100,000	A										
46	F1n4 F2n6	100,000	A										
43	F1n4 F2n3	98,000	A	B									
36	F1n3 F2n6	87,000	A	B	C								
35	F1n3 F2n5	79,000	A	B	C	D							
26	F1n2 F2n6	75,000		B	C	D							
42	F1n4 F2n2	75,000		B	C	D							
34	F1n3 F2n4	66,000			C	D	E						
25	F1n2 F2n5	56,000				D	E	F					
15	F1n1 F2n5	42,000					E	F	G				
41	F1n4 F2n1	40,000						F	G				
24	F1n2 F2n4	40,000						F	G				
16	F1n1 F2n6	37,000						F	G	H			
33	F1n3 F2n3	37,000						F	G	H			
14	F1n1 F2n4	35,000						F	G	H			
23	F1n2 F2n3	31,000							G	H			
13	F1n1 F2n3	25,000							G	H	I		
32	F1n3 F2n2	19,000							G	H	I		
12	F1n1 F2n2	19,000							G	H	I		
22	F1n2 F2n2	15,000								H	I		
31	F1n3 F2n1	6,000										I	
11	F1n1 F2n1	3,000											I
21	F1n2 F2n1	1,000											I

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE :

1. **Abbas Andaloussi F., 2001.** Screening of *Vicia faba* for resistance to the « giant race » of *Ditylenchus dipsaci* in Morocco. *Nematol. Mediterr.*, pp 29. 33.
2. **Al-Ghamdi S.S. Et Al-Tahir O.A., 2001.** Temperature and Solar Radiation effects on Faba bean (*Vicia faba* L.) Growth and Grain Yield. *Saudi. J. Biol. Sci.*, Vol 8, N°2, pp 171-183.
3. **Allali 2020,** Biocontrôle de la pourriture racinaire causée par *Bipolaris sorokiniana* et promotion de la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) par des isolats d'actinobactéries endophytes. Thèse de doctorat Sciences à l'école normale supérieure de Kouba, Algérie.
4. **Aouar, L., Lerat, S., Ouffroukh, A., Boulahrouf, A., Beaulieu, C., 2012.** Taxonomic identification of rhizospheric Actinobacteria isolated from Algerian semi-arid soil exhibiting antagonistic activities against plant fungal pathogens. *Canadian Journal of Plant Pathology* 34, 165–176
5. **Arvalis et Unip, 2012.** Féverole de printemps et d'hiver 2011-2012. Guide de culture. 27 p.
6. **Ashfaq M, Iqbal J, Ali A, Farooq U (2007).** Role of abiotic factors in population fluctuation of aphids on wheat. *Pak, Entomol.* 29 (2) : 117-122.
7. **Athalye M., Goodfellow M., Lacey J. And White RP. (1985).** Numerical Classification of *Actinomadura* and *Nocardiosis*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 35(1), 86-98.
8. **Badji, B. (2006).** Etude de la taxonomie et des antibiotiques de trois souches d'actinomycètes d'origine saharienne appartenant aux genres *Actinomadra* et *Nonomuraea*. Thèse de Doctorat de l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 226 p.
9. **Baldacci, E., 1962.** Tendances actuelles de la classification des actinomycetes. *Ann. Soc. Belge Med. Trop* 4, 633–646
10. **Belyagoubi, L. (2014),** Antibiotiques produits par des bactéries (actinomycètes et bactéries lactiques) issus de différents écosystèmes naturels Algériens. Thèse de doctorat en substances naturelles, Activités Biologiques et Synthèse. Université Aboubaker Belkaid-Tlemcen. Pp :170.
11. **Benachour K, Louadi K, Terzo M (2007).** Rôle des abeilles sauvages et domestiques (Hymenoptera : Apoidea) dans la pollinisation de la fève (*Vicia faba* L. var. major) (Fabaceae) en région de Constantine ((Algérie). *Ann. Soc. Entomol. Fr. (n.s.)*. 43(2) : 213- 219.
12. **Bergey's Manuel. Garrity, G.M. , Lilburn, T.G. , Cole. J.R. , Harrison. S.H., Euzéby. J. , and Tindall (2007).** B.J. In : Part 10 : Taxonomic Outline of the Bacteria and Archeae. Coyright, Michigan State University Board of Trustees.
13. **Bonnemain JL, chollet J-F(2003).** The arsenal of agrochemical products versus the plant enemies. General considerations. *C. R. Biologies*. 326 :1-7.
14. **Boughdad A , 1994** statut de nuisibilité et ecologie des populations de bruchus rufimanus (BOH) sur *vicia fabae* , au maroc :these d'etat en science n°3628 , universitede paris sud Orsay ,182 p
15. **Brault V, Uzest M, Monsion B, Jacquot E, Blanc S (2010).** Aphids as transport devices for plant viruses. *C.R. Biologies*. 333 : 524-538.

16. **Brink M., Belay G., 2006.** Céréales et légumes secs. Ressources végétales de l'Afrique tropicale. Fondation PROTA/ Backhuys publishers/CTA.Pays-Bas ;327p
17. **Chater, K., 1999.** David Hopwood and the emergence of *Streptomyces* genetics. *International Microbiology* 2, 61–68
18. **Chaux Cl. Et Foury Cl., 1994.** Productions légumières secs. Légumineuses potagères légumes et fruits. Tome 3. Technique et documentation Lavoisier. 7-13
19. **Choulet, F., Aigle, B., Gallois, A., Mangenot, S., Gerbaud, C., Truong, C., Francou, F.-X., Fourrier, C., Guérineau, M., Decaris, B., 2006.** Evolution of the terminal regions of the *Streptomyces* linear chromosome. *Molecular Biology and Evolution* 23, 2361–2369.
20. **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
21. **Colombié, V., 2005.** Description de la production de spiramycine par *Streptomyces ambofaciens*. Modélisation métabolique, simulation et capteur logiciel (PhD Thesis). Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse.
22. **Couplen F. Et Marmy F., 2009.** Jardinez au naturel. Le jardin bio facile, 249p
23. **Cubero J.L, 1974.** On the evolution of *Vicia faba*, theory-app- Paris, 503p
24. **Danilenko VN., Mironov VA., Elizarov SM. (2005).** Calcium as a Regular of Intracellular Processes in Actinomycetes. A review *app BiochemMicrobiol* 41 (4) , 319-329.
25. **Dedryver. C.A., 1982 -** Qu'est ce qu'un puceron ? *journal. D'info et d'étude « : les pucerons des cultures, Le 2, 3 et 4 mars 1981.* Ed. Bourd, Paris. pp9-20.
26. **Deguine. J. P., & Leclant. F., 1997 –** *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera, Aphididae). Les déprédateurs 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.
27. **Dhanasekaran, D., Jiang, Y., 2016.** Actinobacteria: Basics and Biotechnological Applications. BoD–Books on Demand.
28. **Djaballah, C. (2010).** Biodiversité des actinomycètes halophiles et halotolérants isolés de la sebkha de Ain M'lila. Mémoire de Magister : Microbiologie. Algérie(Constantine) : Université Mentouri-Constantine, 85p.
29. **Dogimont C ,Bendahmane A ,Chovelon V , Boissot N (2010)** .host plant resistance aphids in cultivated crops :genetic and molecular bases ,and interaction with aphid C.R 333:566-573
30. **Dommergues, Y., Mangenot, F., 1970.** Ecologie microbienne du sol. Masson
31. **Duc G(1997).** Faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Research.* 53 :99-109
32. **El-Tarabily ,K.A., Sivasithamparam ,K., (2006)** .Non-streptomycete actinomycetes as biocontrol agents of soil-borne fungal plant pathogens and as plant growth promoters. *Soil Biol Biochem* 38:1505–1520.
33. **Eunice, J.A. and Prosser ,J.I.(1983).** Mycelial growth and branching of *Streptomyces coelicolor*.A3 (2) on solid medium.*J.gen.Microbiol.*29:2029-2036.
34. **Feliachi K., 2002.** Le développement des légumineuses alimentaires et les perspectives de relance en Algérie. *Proceedings du 2ème séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb », Hammamet, Tunisie, 100p*

35. **Flårdh, K., et Bruttner , M.J., (2009).** Streptomyces morphogenetics: dissecting differentiation in a filamentous bacterium. *Nature. Rev.* 7: 36-49.
36. **Fraval. A., 2006** - Les pucerons. *Insectes* 3 n°141
37. **Gade DW (1994).** Environment, Culture, and Diffusion : The Broad Bean in Québec. *Cahiers dz Géographie du Québec.* 38(104) : 137-150.
38. **Gao, D.-W., Wen, Z.-D., 2016.** Phthalate esters in the environment: A critical review of their occurrence, biodegradation, and removal during wastewater treatment processes. *Science of the Total Environment* 541, 986–1001.
39. **Gottlieb, D.(1973).** General considerations and implications of the actinomycetes. In:
40. **Hamadache A., 2003.** La féverole. *Inst. Techn. Gr. Cult (T.T.G.C),* 13p.
41. **Hasani A., Kariminik A., Issazadeh K. (2014).** Streptomyces characteristics and their antimicrobial activities. *International journal of advanced biological and biomedical research,* 2(1), 63-75
42. **Hopwood, D.A., 1973.** Genetics of the Actinomycetales., in: *Society for Applied Bacteriology Symposium Series.* p. 131.
43. **Hopwood, D.A., 2003.** Streptomyces genes: from Waksman to Sanger. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 30, 468–471
44. **HULLE M , TURPEAU , LECLANT F (1998)** . les pucerons des arbres fruitier : cycle biologique et activite de vol , INRA , paris pp .22-26
45. **Iluz D (2011).** The plant-aphid universe. *Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology.* 16 : 91-118.
46. **Jensen ES, Peoples MB, Hauggaard-Nielsen H (2010).** Faba bean in cropping systems. *Field Crops Research.* 115 : 203-216.
47. **Keast, D., Rowe, P.,Sanfeliu, L.,Shannahan, J.,Bowra, B.,Skates, S.,Stapley, E.O., and Woodruff ,H.B.(1984).**Use of a computer to group actinomycetes for studies on the ecology of soil microorganisms .*Appl.Enviro.Microbial.*791-796.
48. **Khaldi R., Zekri S., Maatougui M.E.H. Et Ben Yassine A., 2002 :** L'Economie des Légumineuses Alimentaires au Maghreb et dans le Monde. *Proceedings du 2ème séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb », Hammamet, Tunisie, 100p*
49. **Khan Sehroon, Lihua Guo, Yushanjiang Maimaiti , Mahmut Mijit , Dewen Qiu (2012)** , *Entomopathogenic Fungi as Microbial Biocontrol Agent . Molecular Plant Breeding, Vol.3, No.7* 63-7
50. **Khiari Siham. (2021).**Essai de biocontrôle de la cochenille blanche (*Parlatoria blanchardi* Targ.) par des bactéries. *Mémoire de mastère en protection des végétaux. Université amar telidji laghouat.*53p.
51. **Labrie. G., 2010 .** Synthèse de la littérature scientifique sur le puceron du soya, *Aphis glycines* Matsumura. *Centre De Recherche Sur les Grains Inc. (CÉROM), Québec.*
52. **Lechevalier M.P and Lechevalier H., (1985).** Biology of actinomycetes not belonging to genus *Streptomyces*" in:*Biologie of industrial microorganisms. The Benjamen Cummings Publishing company,*80:.315-360
53. **Leclant F (1999)**.les pucerons des plantes cultivees ;clefs d'identification il cultures maraicheres INRA, paris , pp 9-14

- 54. Leminor, L. and Veron, M. (1989).** Bacteriologie médicale (2 ème edition), p. 335-349
- 55. Lim, T.K(2012).** *Vicia faba*. Fruits. 2 : 925-936.
- 56. Maatougui M.E.H ., 1996 .** situation de la culture des feves en algerie et prespective de relance . in rehabilitation of faba bean.ED .acte, rabat (maroc) 202 p
- 57. Mahmoud H. El_Komy & Mohamed G. Hassouna & Eid M. Abou-Taleb & Ali S. Al-Sarar & Yasser Abobakr 2020 .** A mixture of *Azotobacter*, *Azospirillum*, and *Klebsiella* strains improves root-rot disease complex management and promotes growth in sunflowers in calcareous soil .
- 58. Maisonhoute. J.E., 2009 -** Quand le paysage influence les ennemis naturels. Bulletin de la Société d'entomologie du Québec., Vol. 16, n° 2: 3-5.
- 59. Mathon C.C., 1985:** liste de plante utile avec indication de leur air probable de primo domestication . faculte des sciences de l'universite de poitier .17 p
- 60. Mellik Hadda (2022),** Contribution à l'étude de la lutte contre la cochenille blanche *Parlatoria blanchardi* à l'aide des bactéries de streptomycetes rochei. Mémoire de mastère en protection des végétaux. Université amar telidji laghouat.44p
- 61. Meradisi F., 2009.** Contribution à l'étude de la résistance naturelle de la fève *vicia faba L.* au puceron noir *Aphis fabae scopoli*, 1763 (Homoptera : Aphididae). Mémoire de magister en agronomie. Université EL-Hadj Lakhdar. Batna. 159p
- 62. Ortiz- Rivas B, Moya A ,(2004) .** molecular systematic of aphids (homopetra ; aphididae) : new insights from the long –wavelength opsingene .30:24-37
- 63. Peron J-Y., 2006 .** referencces . production legumieres . 2eme ED . 613 P .
- 64. PLANQUAERT P.H. ET GIRARD G., 1987.** La fève de l'hiver, Revue, I.T.C F 3ème Trim. 32p
- 65. Pridham, T. G. and Gottlieb, D. (1948).** "The utilization of carbon compounds by some actinomycetes as an aid for species determination. " *J. Bacteriol.*, 56: 107-114
- 66. Rangaswami G., Bagyaraj DJ. And Bagyaraj DG. (2004).** Agricultural Microbiology. New Delhi: Prentice Hall of India. 413p.
- 67. Reta Sanchez, D.G., Santos SERRATO Corona, J ., Viramontes, R.F., Cueto Wong, j.a., Padilla, S.B., César, J.S., 2008.** Cultivos alternativos con potencial de use forrajero en la comarca lagunera, Primera, Mexico, pp.41.
- 68. Robert M., (1982).** Le sol : interface dans l'environnement, ressource pour le développement. Dunod. Écoles d'ingénieurs.276.
- 69. Ryckewaert. P., & Fabre. F., 2001.** Lutte integree contre les ravageurs des cultures maraicheres a la reunion. Food and Agricultural Research Council, Réduit, Mauritius. Ed CIRAD, Saint Pierre, La Réunion
- 70. Saada O. Et Osmani T., 2003.** Bio écologie de la bruche de fève *Bruchus rufimanus* (BOH) 1833 (coleoptera : Bruchidae) dans les régions de Tizi- Rached et Beni-Douala. Mémoire Ing. Eco. An. U U.M.M.T.O.78P.
- 71. Schmidt. M.H., Thewes. U., Thies. C., & Tschardtke. T., 2004 -** Aphid suppression by natural enemies in mulched cereals. Department of Agroecology, Georg-August University, Waldweg, Germany: 87-93.
- 72. Shirling, E.T., Gottlieb, D., 1966.** Methods for characterization of *Streptomyces* species. *International Journal of Systematic Bacteriology* 16, 313–340.

- 73. Syed SUH., Komal A., Syed KA., Akhter N., Shagufta BI., Sayed AAC. And Umber, T. (2017).** Emerging biopharmaceuticals from marine actinobacteria. National Library of Medicine (pubmed), 49, 34-47
- 74. Takahashi, Y., Omura, S., 2003.** Isolation of new actinomycete strains for the screening of new bioactive compounds. The Journal of General and Applied Microbiology 49, 141–154.
- 75. Tamreihao, K., Ningthoujam, D.S., Nimaichand, S., Singh, E.S., Reena, P., Singh, S.H., et al., (2016).** Biocontrol and plant growth promoting activities of a *Streptomyces corchorusii* strain UCR3-16 and preparation of powder formulation for application as biofertilizer agents for rice plant. Microbiol. Res. 192, 260_270.
- 76. Tanya. D., 2002 .** Aphids. Bio-Integral Resource Center, Berkeley.
- 77. Theilleux, J., Leveau, J.Y., Bouix, M., 1993.** The actinomycetes, in: Industrial Microbiology: Microorganisms of Industrial Interest. Tec & Doc Lavoisier Paris, France, pp. 468–488.
- 78. Tivoli B, Maurin N. Et Oneroy C, 1986 .** « les maladies fongiques de la féverole », Bulletin finams semence 98, INRA, France
- 79. Touahria R, 1994 .** « essai de lutte intégrée contre l’orobanche en culture de fève dans la zone sub-humide », mémoire ING, I.N.F.S.A, Mostaganem, 75p.
- 80. Cross-, B.E., Galt, R.H.B., Hanson, J.R., Curtis, P.J., Grove, J.F., Morrison, A., 1963.** 545. New metabolites of *Gibberella fujikuroi*. Part II. The isolation of fourteen new metabolites. Journal of the Chemical Society (Resumed) 2937–2943
- 81. Ventura, M., Canchaya, C., Tauch, A., Chandra, G., Fitzgerald, G.F., Chater, K.F., van Sinderen, D., 2007.** Genomics of Actinobacteria: tracing the evolutionary history of an ancient phylum. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 71, 495–548
- 82. Wang H-F, Zong X-X ,Guan J-P, Yang T , Sun X-L, Ma Y , Redden R (2012).** Genetic diversity and relationship of global faba bean (*Vicia faba* L.) germplasm revealed by ISSR markers. Theor Appl Genet. 124 : 789-797.
- 83. Wang H-F,Guan J-P , Yang T , Sun X-L(2000).** genetic diversity and relationship of global faba bean (*vicia fabae*) theor appl genet .124:789-797.
- 84. Williams, S.T., Sharpe, M.E., and Holt, J.G. (1984).** Williams and Wilkins (Eds.), Baltimore. Systematic Bacteriology. Volume 4 Pp: 2333-2339.
- 85. Zamoum, M. (2016).** Actinobactéries endophytes des écosystèmes sahariens: isolement, caractérisation et biocontrôle de *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici*, agent causal de la pourriture racinaire et du collet de la tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Thèse de doctorat Sciences à l’école normale supérieure de Kouba, Algérie. 164 p
- 86. Zamoum, M., Goudjal, Y., Sabaou, N., Mathieu, F. and Zitouni, A. (2017).** "Development of formulations based on *Streptomyces rochei* strain PTL2 spores for biocontrol of *Rhizoctonia solani* damping-off of tomato seedlings. "Biocontrol Sci. Tech 27: 723-738
- 87. Zhang, Z. and Yuen, G.Y. (1999).**"Biological Control of *Bipolaris sorokiniana* on Tall Fescue by *Stenotrophomonas maltophilia* Strain C3" (1999). "Papers in Plant Pathology. Paper 338.