

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf : .../UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGR/2017

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV **Filière : Sciences Agronomiques**
Spécialité : Santé des plantes

Présenté par :

KACIMI Khedidja et ZAHOUR Hadjer

Thème

*Symptomatologie et incidence du feu bactérien sur les
vergers de poiriers au repos végétatif dans deux wilayas
Bouira et Boumerdés*

Soutenu le : 28/ 06 / 2017

Devant le jury composé de :

<i>Mme. BOUBEKKA N.</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Presidente</i>
<i>Mme. TAFIFET L.</i>	<i>MAA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promotrice</i>
<i>Mr. LAMINE S.</i>	<i>MAA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examineur</i>

Année Universitaire : 2016/2017

Remerciements

Avant tous au début, nous avons remerciés le Dieu le tout puissant pour nous avoir donnés la volonté, le courage et l'amour du savoir pour parachever ce travail.

Nos vifs remerciements et nos profondes gratitudees s'adressent à notre promotrice Mme, TAFIFET Lamia qui a bien voulu accepter de nous encadrer. Nous la remercions infiniment pour son aide, ses orientations, sa patience, sa disponibilité et ses précieux conseils lors de la réalisation de ce présent mémoire.

Nous tenons à exprimer notre grande considération et nos sentiments de reconnaissance à Mme BOUBEKA Nabila, chef spécialité de Santé de plante qui fait l'honneur de présider le jury.

C'est avec un très grand plaisir que nous remercions infiniment Mr Lamine Salim président de spécialité biotechnologie d'avoir bien voulu juger et examiner ce modeste travail, et Pour toute l'aide, les encouragements et les conseils donnés dans élaboration de notre travail.

Nous avons remerciés tous l'équipe de DSA de bouira à l'exceptionnel Mme Sonia et Mme Rima et Melle Siham et les agents sécurité pour toute l'aide fournie ainsi que pour les précieux conseils.

Nos vifs remerciement également les membres de DSA de Boumerdés, en particulier Mr HASNAOUI, Mme Akila, Melle pour l'aide dans toute les sorties et que pour les précieux conseils.

Nos sentiments de reconnaissance et Nos remerciements vont également à l'encontre de toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

C'est avec l'aide de dieu le tout puissant que j'ai pu arriver au terme de ce travail que je tiens à dédier à :

À mes parents

Pour leur dévouement, leur présence constante au cours de toutes ces années d'« études », en espérant que ce travail sera digne de leurs espoirs et de leur confiance. Avec toute ma tendresse.

À mes frères

Sabrina, Khaled, Marouane et Omaïma, Qui partage avec moi la passion de la découverte d'autres paysages et d'autres cultures. Pour leurs encouragements, l'intérêt constant qu'ils ont montré envers mon travail, pour avoir été toujours à mes côtés sans réserve et avec amour, qu'ils trouvent ici l'expression de mon plus profond attachement.

À mes amis

Et particulièrement: Khedidja, Ahlam, Fouzia, En témoignage de toute mon affection et des belles années passées ensemble.

Et finalement

Mercis à tous ma famille et à toutes mes chères amies et camarades du Santé des plantes master 2.

Hadjer

Dédicaces

Avec l'aide de dieu le tout puissant que j'ai pu arriver au terme de ce travail que je tiens à dédier à :

Mes chers parents,

Qu'ils Trouvent ici le témoignage de ma profonde gratitude pour leur amour, leur encouragement et leur soutien tout au long de mes études, que DIEU les bénisse.

A ma chère sœur et mes chers frères

Mon beau-frère, mes belles sœurs

Mes chers neveux

A mes grands-parents pieux pensés en leur mémoire.

A mon cher fiancé Aïssene qui m'a soutenu tout au long de mon parcours

A toutes mes amies

Surtout à Hadjer, Asma, Hadjer, wahiba, Faïza, Chaïma, Saïda, Bouchra,

Vous êtes les meilleures amies qui existent,

Je vous souhaite un avenir plein de joie,

De réussite et de bonheur.

A tous mes collègues de promotion

A tous ceux que j'aime.

Khediya

Liste des abréviations

mm : millimètre

°C : Degré Celsius

%: Pourcentage

Long : Longueur

Larg : Largeur

EPS : L'exopolysaccharide

OEPP : Organization européenne et méditerranéenne pour la protection de plante

ha : hectare

ANDI : Agence nationale de développement de l'investissement

V : Verger

Q : quotient pluviométrique d'Emberger

Cl : Classe

P : Précipitation

T : Température

Σ : L'ensemble

B.subtilis : *Bacillus subtilis*

Liste des tableaux

Tableau 1: Les différentes plantes hôtes sensibles au feu bactérien.....	6
Tableau 2: Evaluation de nombre de chancres de feu bactérien (les vergers de Bouira).	24
Tableau 3: Evaluation de nombre des chancres de feu bactérien (les vergers de Boumerdés).	26
Tableau 4: Evaluation la taille de chancres la largeur et longueur dans la wilaya de Bouira.	27
Tableau 5: Evaluation la taille de chancres la largeur et longueur dans la wilaya de Boumerdés.....	29
Tableau 6: Précipitations mensuelles et températures moyennes mensuelles. Bouira et Boumerdés données (2006-2015)	30
Tableau 7: Quotient pluviométrique et étages bioclimatiques des deux wilayas.....	31
Tableau 8: Le taux d'infection de feu bactérien dans les deux wilayas et les huit vergers.....	33
Tableau 9: La gravité de feu bactérien dans les deux wilayas et les huit vergers.....	34
Tableau 10: L'intensité moyenne de feu bactérien dans les deux wilayas et les huit vergers	34
Tableau 10: L'intensité moyenne de feu bactérien dans les deux wilayas et les huit vergers	35

Liste des figures

Figure 1: Cellule virulente d' <i>Erwinia amylovora</i> , avec flagelles péritriches abondants	4
Figure 2: Répartition géographique du feu bactérien dans le monde.....	5
Figure 3: Symptômes du feu bactérien : Cross sur poirier (A). Fruits momifiés de poirier (B). Fleurs et feuilles brûlées de poirier (C). Production d'exsudats en Feuilles et fruits de poirier (D-E). Production d'exsudats en chancre de poirier (F)	8
Figure 4: Le cycle infectieux de feu bactérien causé par la bactérie <i>Erwinia amylovora</i>	10
Figure 5: Carte géographique de la wilaya de Bouira	17
Figure 6: Image satellitaire du verger 1 Ait l'Aziz Marga wilaya de bouira	18
Figure 7: Image satellitaire du verger 2 d'EL-Hachimia wilaya de bouira.....	18
Figure 8: Image satellitaire du verger 3 d'EL-Hachimia wilaya de bouira.....	19
Figure 9: Image satellitaire du verger 4 d'EL-Hachimia wilaya de bouira.....	19
Figure 10: Image satellitaire du verger 5 d'EL-Ain bessem wilaya de bouira.....	20
Figure 11: Carte de la wilaya de Boumerdès.....	20
Figure 12: Image satellitaire du verger 1 Mohamed raneme commune Boudouaou wilaya de Boumerdès.....	21
Figure 13: Image satellitaire du verger 2 la routière commune Tidjelabine 1 wilaya de Boumerdès.....	22
Figure 14: Image satellitaire du verger 3 la routière commune Tidjelabine 2 wilaya de Boumerdès.....	22
Figure 15: Le chancre de feu bactérien sur l'arbre de poirier	24
Figure 16: les fruits momifier de feu bactérien dans les arbres de poire.....	25
Figure 17: le nombre de chancre par les troncs.....	28
Figure 18: le nombre de chancre par les rameaux.....	28
Figure 19: Diagramme Ombrothermique de Boumerdès.	31
Figure 20: Diagramme ombrothermique de Bouira	31
Figure 21: Localisation des régions d'étude sur le diagramme d'Emberger.....	32
Figure 22: Le taux d'infection de feu bactérien dans les huit vergers.....	34
Figure 23: La gravité de feu bactérien dans les huit vergers.	35

Liste des figures

Figure 24: L'intensité moyenne de la maladie dans les huit vergers	36
---	----

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction	1
Chapitre I: Synthèse bibliographique sur <i>Erwinia amylovora</i> l'agent cussale de feu bacterien	3
I-Généralités sur l'agent pathogène <i>Erwinia amylovora</i>	3
I-1-Presentation de la maladie de Feu bacterien	3
I-2-Taxonomies d' <i>Erwinia amylovora</i>	3
I-3-Historique de l'agent pathogène <i>Erwinia amylovora</i>	3
I-4-Morphologie d' <i>Erwinia amylovora</i>	4
I-5-Répartition géographique d' <i>Erwinia amylovora</i>	5
I-5- 1-Dans le monde	5
I-5-1-En Algérie	5
I-6-Plantes hôtes	6
I-6-1-Généralité sur le poirier	6
I-6-2-Position taxonomique du poirier	7
I-7-Symptômes et dégâts de feu bactérien	7
I-8-Le cycle biologique d' <i>Erwinia amylovora</i>	9
I-9-L'épidémiologie	10
I-9-1-Sources de l'inoculum primaire	10
I-9-2-Dissémination et inoculum secondaire	11
I-10-Le pouvoir pathogène	11

Table des matières

I-11-Les facteurs de pouvoir pathogène.....	11
I-11-1-Le système d'aquisition du fer.....	11
I-11- 2-L'exopolysaccharide (EPS) ou amylovorane.....	12
I-11-3-Système de sécrétion de type III ou T3SS.....	12
Chapitre II :Les différentes méthodes de lutte contre <i>Erwinia amylovora</i>.....	13
II- Les différents moyens de lutte contre <i>Erwinia amylovora</i>	13
II-1-Lutte culturale.....	13
II-2- Lutte chimique.....	13
II-3-Lutte physique.....	14
II-4- Lutte biologique.....	14
II-5- Stimulation des défenses naturelle de l'hôte.....	15
Chapitre III :Matériel et méthodes.....	17
III-1-Présentation générale des zones d'étude.....	17
III-1-1-Région de Bouira.....	17
III-1-1-1- Situation géographique.....	17
III-1-1-2- Description générale des zones d'étude.....	17
III-1-2-Région de Boumerdès.....	20
III-1-2-1- Situation géographique.....	20
III-1-2-2- Description générale des zones d'étude.....	21
III-2-La conduite de l'étude.....	22
III-3-Climagramme pluviométrique d'Emberger.....	23
Chapitre IV:Résultats et discussion.....	24
IV-1- Resultat de l'étude symptomatologique du feu bactérien.....	24
IV-2- Evaluation des symptômes.....	25
IV-2-1-Evaluation le nombre de chancre.....	25
IV-2-2-Evaluation la taille de chancre de Tronc et Rameaux.....	28
IV-3-Synthèse climatique sur la zone d'étude.....	30

Table des matières

IV-3-1-Diagramme Ombrothémique de Gausse	30
IV-3-2- Climagramme pluviométrique d'Emberger	31
IV-4- Etude épidémiologique sur la zone d'étude.....	33
IV-4-1- Diffusion de la maladie ou Taux d'infection	33
IV-4-2-Gravité de la maladie.....	34
IV-4-3-Intensité moyenne de la maladie<< Indice de McKinney>>	35
V-La discussion	37
Conclusion	40
Références bibliographiques.....	42

Introduction

*Chapitre I : Données
Bibliographiques*

Chapitre II:

*Les différentes méthodes de
lutte contre*

Erwinia amylovora

Chapitre III:
Matériels et méthodes

Chapitre IV:
Résultats et discussion

Références
Bibliographiques

Conclusion

Annexes

Introduction

Les Rosacées forment une famille botanique qui compte environ 3100 espèces réparties en plus d'une centaine de genres (**Judd et al., 1999**). Ce patrimoine est une nouvelle plantation réalisée dans le cadre du plan national de développement agricole, permettant de propulser la production de Rosacées à une place au sein de l'économie de pays (**Mabberley, 1987**). Malheureusement, cette production subit chaque année des pertes de récolte assez élevées, provoquées par des ennemis de culture. Ces dégâts seraient en moyennes de 35%. (**Amara, 2017**).

Comme toutes les cultures, les Rosacées à pépins sont confrontées à plusieurs problèmes d'ordre entomologique, viral, cryptogamique et bactérien. Parmi les maladies bactériennes le plus redoutable c'est le feu bactérien des Rosacées qui constitue un sérieux problème phytosanitaire. (**Powney et al., 2011**).

Le feu bactérien affecte les Maloïdées, sous-famille des Rosacées, qui comprenant les arbres fruitiers à pépins (pommier, poirier, néflier...) et des arbustes d'ornement (aubépine, *Pyracantha*, amélanchier...). Cette maladie, aussi appelée brûlure bactérienne est une maladie mortelle causée par la bactérie *Erwinia amylovora*, (**Llop et al., 2011**). Le nom de la maladie est dû à une description de ses caractéristiques majors, il est sporadique, car elle. Cette bactérie est nécrogène et évolue très rapidement ce qui peut provoquer des dommages considérables et des pertes économiques. (**Parkhill et al., 2001**). En présence de conditions d'environnement favorables, la bactérie peut se multiplier et se propager rapidement. L'impact du feu bactérien sur les vergers est un sujet de controverse entre praticiens et scientifiques.

Le feu bactérien a été observé pour la première fois, en 1780 en Amérique du Nord au niveau de la vallée de l'Hudson, puis elle s'est propagée rapidement dans les régions les plus productrices de fruits à pépins (**Saoud et Mniai, 2010**). L'Algérie, a été longtemps épargné par le feu bactérien mais au cours de ces dernières décennies des symptômes similaires à cette maladie ont été détectés dans plusieurs vergers de poiriers et néflier et pommiers (*Pyrus communis*, *Eriobotrya japonica* et *Malus pumila*). En effet, ils sont signalés dans différentes régions du pays à l'exemple de : Aïn Témouchent, Sidi Bellabes, Oran, Mascara, Dahra, Boumerdès, Bouira, Béjaïa, Tizi Ouzou, Constantine, Kanchela, Batna, Mitidja (**Ziad, 2011**). Des échantillons ont été analysés au laboratoire et la présence d'*Erwinia amylovora* a été confirmée en 2011 (**OEPP, 2011**).

Introduction

Les wilayas de Bouira et Boumerdès, figurent aussi parmi les régions les plus affectées par ce fléau puisque de nombreux foyers ont été signalés comme : El-Hachimia, Ain bessem, Mechedalla, Ait l'Aziz, au niveau de Bouira. Et Tedjelabine, Boudouao, Hammadi, Corso au niveau de Boumerdès.

Dans ce contexte, l'objectif de ce présent travail est de réaliser une étude symptomatologique et l'incidence sur huit vergers de poiriers atteints par la maladie du feu bactérien dans deux régions Boumerdès et Bouira.

Cette étude pendant la saison d'hiver au repos végétatif selon les étapes suivantes :

1. Visite et prospection des sites d'étude dans les deux wilayas Boumerdès et Bouira ;
2. Mesures des chancres sur les rameaux et troncs de poiriers ;
3. Etude comparative entre les vergers des les deux wilayas en se basant sur les symptômes et l'incidence de la maladie.

Chapitre I : Données bibliographiques sur *Erwinia amylovora* l'agent causal du feu bactérien

I-Généralités sur l'agent pathogène *Erwinia amylovora*

I-1- Présentation de la maladie du feu bactérien

Le feu bactérien ou brûlure bactérien, causé par la bactérie *E.amylovora*, est une maladie systémique qui affecte plusieurs espèces appartenant principalement à la sous-famille des *Maloideae*, famille des *Rosaceae* (Solymar *et al.*, 2002). Elle est sans doute la maladie la plus grave affectant le poirier, pommier, cognassier et d'autres arbres ornementaux dans de nombreux pays (Thomson, 2000). C'est une maladie sporadique qui peut provoquer des dommages considérables, car elle est nécrogène et évolue très rapidement (Vanneste, 2000).

I-2- Taxonomies d'*Erwinia amylovora*

Régne: Bacteria

Embranchement: Proteobacteria

Classe: Gammaprotéobacteria

Ordre: Enterobacterales

Famille: Enterobacteriaceae

Genre: *Erwinia*

Espèce: *Erwinia amylovora* (Burrill, 1883).

I-3- Historique de l'agent pathogène *Erwinia amylovora*

L'espèce *Erwinia amylovora* est reconnue comme étant la première bactérie phytopathogène observée, en 1884 à l'aide du postulat de Koch (Palacio-Bielsa *et al.*, 2011). Décélée pour la première fois vers 1780 dans la vallée de l'Hudson aux Etats-Unis, La maladie a été signalée par la suite en Nouvelle-Zélande (1919) et en Europe (1957) dans le Kent en Grande-Bretagne la maladie s'étend sur le pourtour de la mer du Nord et de la Baltique : Angleterre, Pays-Bas, Belgique, Danemark et le nord de l'Allemagne. En France, les premiers foyers ont été découverts en 1972 dans l'arrière pays de Dunkerque sur des haies d'aubépine. De 1978 à 1980, des vergers de Poirier sont atteints par la maladie du feu bactérien dans la région de Dax (Pyrénées Atlantiques) (Bami, 2010) à partir de 1982, des foyers sporadiques se font jour en Alsace sur plantes d'ornements, dans le Val d'Oise, le limousin, la région d'Orléans en verger. Hors de France, la progression du feu bactérien atteint le Sud de l'Allemagne et la Suisse. Depuis le début des années 1980, le feu bactérien s'est répandu dans l'Est méditerranéen et en 1995-96 des attaques ont eu lieu dans des zones jusqu'ici indemnes comme l'Espagne, la

Chapitre I : Données bibliographiques sur *Erwinia amylovora* l'agent causal du feu bactérien

Hongrie, l'Italie et la Roumanie (OEPP, 2011). Pour ce qui est de l'Afrique, le premier pays qui a été touché par la maladie fut l'Egypte en 1983.

La maladie s'est déclarée par la suite dans d'autres pays comme le Maroc (2006) où certains vergers de la province de Meknès (Ain Arma) ont été atteints (Bami, 2010). L'Algérie est le troisième pays d'Afrique touché par le feu bactérien (OEPP, 2011).

I-4- Morphologie d'*Erwinia amylovora*

Erwinia amylovora est une bactérie procaryote dont le matériel génétique est non organisé en noyau avec un cytoplasme entouré d'une paroi et d'une membrane, le génome est porté par le chromosome appelé nucléide et par le plasmide (Van der Zwet *et al.*, 2012).

Ce pathogène est un Bacille à gram-négatif à extrémités arrondies, mobile par des flagelles péritriches (2 à 7) (figure 1), de dimensions 1,1-1,6 de longueur et 0,6-0,9 μm de largeur. C'est une bactérie aérobie – anaérobie facultative, métabolisant le glucose par voie fermentaire, dépourvue d'oxydase et réduisant les nitrates. (Jérôme, 2015).

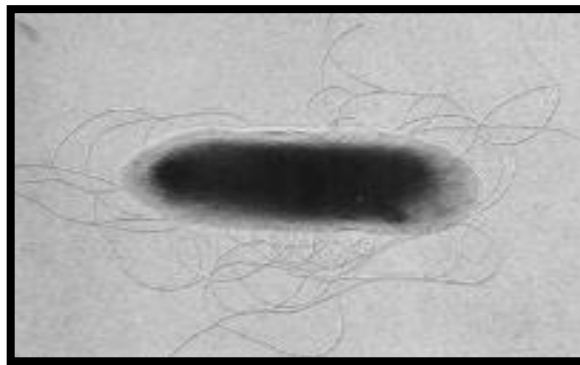


Figure n°1: Cellule virulente d'*Erwinia amylovora*, avec flagelles péritriches abondants (Van der Zwet *et al.*, 2012)

La cellule bactérienne est entourée d'une couche de polysaccharides (galactose, glucose, mannose et acide uronique) organisée en capsule, formant l'exopolysaccharide (EPS) appelé amylovorane et essentiel à la virulence. Un mutant affecté dans la synthèse d'EPS est avirulent. Elle produit un autre polysaccharide, un homopolymère de fructose appelé levane. Les mutants affectés dans la synthèse du levane restent virulents. Ils sont moins agressifs que la souche sauvage (Delaunary, 2009).

Chapitre I : Données bibliographiques sur *Erwinia amylovora* l'agent causal du feu bactérien

I-5- Répartition géographique d'*Erwinia amylovora*

I-5-1- Dans le monde

Le pathogène *Erwinia amylovora* est originaire d'Amérique du nord. Il est largement présent aux Etats-Unis, Canada, mais aussi au Mexique, Guatemala, Nouvelle- Zélande, Egypte, Liban, Turquie, Arménie et en Jordanie. (OEPP, 2006)

En Europe, on retrouve cette bactérie sur la plupart du territoire européen. En Languedoc Roussillon, des foyers ont été observés dans le Gard et l'Hérault depuis ces dernières années. Dans l'Aude, des foyers ont été éradiqués depuis 10 ans. (Lamant et Lévêque, 2005).



Figure n°2: Répartition géographique du feu bactérien dans le monde. (Bertrand, 2015).

I-5-2- En Algérie

L'Algérie, a été longtemps épargné par le feu bactérien mais au cours de ces dernières années, les symptômes similaires à cette maladie ont été détectés dans plusieurs vergers de poiriers et néflier (*Pyrus communis* et *Eriobotrya japonica*). En effet, ils sont signalés dans différentes régions du pays à l'exemple de : Aïn Témouchent, Tlemcen, Oran, Mascara, , Ain Defla, Boumerdès, Bouira, Béjaïa, Tizi Ouzou, Constantine et Mila et wilaya de chlef, Médéa, Alger, Tipaza, (Ziad, 2011). La présence d'*Erwinia amylovora* a été confirmée en 2011 (OEPP, 2011).

Chapitre I : Données bibliographiques sur *Erwinia amylovora* l'agent causal du feu bactérien

I-6- Plantes hôtes

L'espèce *E. amylovora* est une bactérie redoutable qui affecte la famille des *Rosaceae*. Elle possède une très large gamme d'hôte à l'intérieur de cette famille. (Vanneste *et al.*, 2002)

La maladie a été décrite chez approximativement 200 espèces végétales, appartenant à 40 genres. (Paulin *et al.*, 1984).

La sous famille des *Maloideae* est la plus sensible à la maladie. Elle comprend des genres à grande valeur économique comme *Pyrus*, *Malus*, *Cydonia*, *Eryobotria*, *Cotoneaster*, *Crataegus*, *Pyracantha* et *Sorbus* (tableau 1). En effet, les espèces appartenant à cette sous famille, sont considérées comme étant les plus cultivées au monde en plus d'être les hôtes les plus communs de la maladie (Palacio-Bielsa *et al.*, 2011).

Tableau n°1: Les différentes plantes hôtes sensibles au feu bactérien (Kobra et Sillerova, 2010).

	Noms latins	Noms français
Fruits à pépins	<i>Malus</i>	Pommier (y compris pommier d'ornement)
	<i>Pyrus</i>	Poirier (y compris poirier d'ornement et nashi)
	<i>Cydonia</i>	Cognassier
Arbustes d'ornement	<i>Chaenomeles</i>	Cognassier du Japon
	<i>Cotoneaster</i>	<i>Cotoneaster</i>
	<i>Pyracantha</i>	<i>Pyracantha</i> ou buisson ardent
	<i>Mespilus</i>	Néflier d'Allemagne
	<i>Eriobotrya japonica</i>	Néflier du Japon
	<i>Photinia ou Stranvaesia</i>	<i>Stranvaesia</i>
Arbustes sauvages	<i>Crataegus</i>	Aubépine
	<i>Sorbus</i>	Alisier et sorbier
	<i>Amelanchier</i>	Amélanchier

I-6-1- Généralités sur les poiriers

Le poirier est un des arbres fruitiers les plus appréciés que ce soit pour ses fruits savoureux ou sa floraison printanière blanche ou légèrement rosée. Le feuillage caduc de

Chapitre I : Données bibliographiques sur *Erwinia amylovora* l'agent causal du feu bactérien

couleur vert luisant est touffu et bien dense. (Hummer et Janick, 2009). De taille moyenne, il peut atteindre dix à quinze mètres de haut et vivre jusqu'à 20 ans.

Il est cultivé et naturalisé dans tous les continents. Les feuilles à limbe ovale, finement dentées sur le bord, ont un pétiole aussi long que le limbe et mesurent environ huit à neuf centimètres. Les fleurs qui apparaissent en avril-mai sont blanches et groupées en corymbes. (Charest et Phillion, 2004). Cet arbre peut atteindre entre 7 et 10 m de haut et 3 à 5 m de large, tout dépend de la taille effectuée (Molina *et al.*, 2005).

Le poirier a besoin d'un sol assez riche, perméable et profond pour pouvoir produire des fruits de bonne qualité. Cette plante ne supporte pas les terrains secs ou trop calcaires, ni l'humidité stagnante. (Abdelguerfi, 2003). IL donne ses premiers fruits au bout de 5 à 6 ans, voire 10 pour un poirier de plein vent greffé sur franc. Le genre *Pyrus* regroupe les espèces les plus importantes sur le plan économique chez les *Rosaceae*, après les pommes (Hummer et Janick, 2009). En 2010, La production mondiale de ce fruit s'est élevée à plus de 21 millions de tonnes (FAO, 2013) avec en tête la Chine, suivie des USA et de l'Italie.

1-6-2- Position taxonomique du poirier

Règne : plantes

Sous /Règne : Trachéobionta

Division : Spermatophytes

Classe : Angiospermae

Sous/classe : Dicotylédonae

Super ordre : Rosidae

Ordre : Rosales

Famille : Rosaceae

Genre : *Pyrus*

Espèce : *Pyrus communis*

Nom commun : poirier commun (Berger, 2008)

I-7- Symptômes et dégâts de feu bactérien

Au printemps après la floraison, les organes herbacées: inflorescences, feuilles des bouquets floraux et jeunes pousses flétrissent. Ensuite, ils se dessèchent et prennent une

Chapitre I : Données bibliographiques sur *Erwinia amylovora* l'agent causal du feu bactérien

couleur brun-noir comme brulé au feu.(Donat *et al.*,2007)Les feuilles brulées restent attachées à l'arbre durant la saison de dormance.

Sur les jeunes pousses, les symptômes sont caractérisés par l'observation des tissus fanés et nécrosés. Les pousses infectées manifestent souvent une ondulation typique à la fin, appelée courbure en crosse qui est un symptôme caractéristique de la maladie du feu bactérien. (Donat *et al.*, 2007). Les branches entières peuvent flétrir et se dessécher en quelques jours.

Les premiers symptômes apparaissent habituellement sur les fleurs (**figure A-B**), quand la maladie progresse, la fleur meurt par la suite.

Le fruit infecté prend une couleur brune. (Karafach, 2015).Les organes herbacés et les jeunes fruits qui se momifient ne tombent pas et restent sur l'arbre, constituant ainsi un autre symptôme caractéristique du feu bactérien (**figure B-E**). (Gottsberger, 2010).

Des gouttelettes d'exsudat d'abord laiteuses puis brunâtres et collantes, riches en bactéries et polysaccharides, s'écoulent à la surface des tissus infectés, avec une odeur (**figure D-F**).

La maladie gagne successivement: les rameaux, les branches fruitières, les charpentières et le tronc. (Donat *et al.*, 2007).

L'écorce s'affaisse aux emplacements atteints, d'où s'écoulent des gouttelettes d'exsudats jaune brunâtre. Sous l'écorce, le bois présente une couleur brun rougeâtre foncée. A l'approche de l'hiver, la nécrose cesse de progresser et des chancres se forment sur les branches, les charpentières et le tronc (**figure F**). (Laala *et al.*, 2012)Les organes les plus susceptibles sont les fleurs et les jeunes pousses.



Chapitre I : Données bibliographiques sur *Erwinia amylovora* l'agent causal du feu bactérien

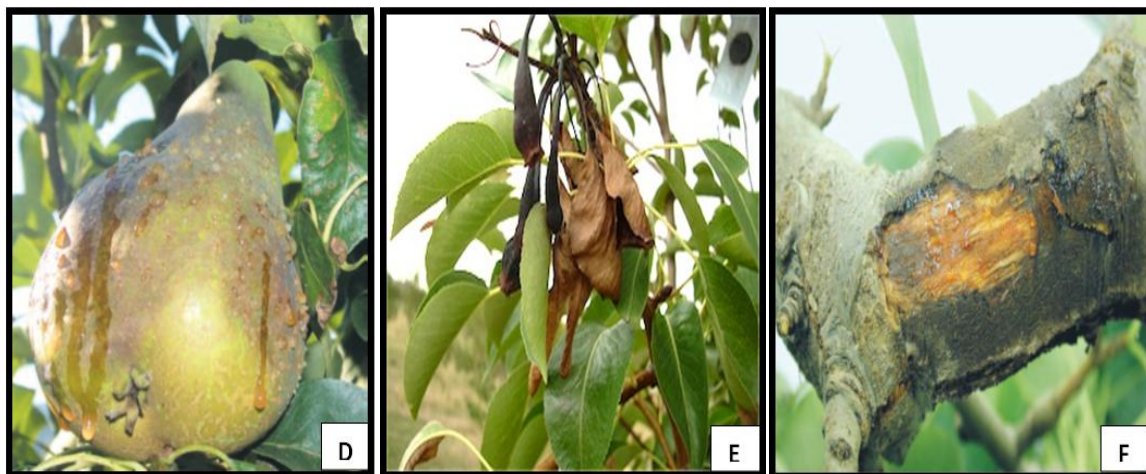


Figure n°3: Symptômes du feu bactérien : Cross sur poirier (A). Fruits momifiés de poirier (B). Fleurs et feuilles brûlées de poirier (C). Production d'exsudats en Feuilles et fruits de poirier (D-E). Production d'exsudats en chancre de poirier (F). (**Boukhai et Tahiri, 2013**).

I-8-Le cycle biologique d'*Erwinia amylovora*

La bactérie contamine la plante essentiellement par la fleur mais aussi par l'extrémité des pousses en croissance, par des ouvertures naturelles ou des blessures. Elle progresse dans les rameaux puis les branches fruitières, les charpentières, et passe dans le tronc et le système racinaire. (**Barionovi et al., 2006**)

Au niveau des parties ligneuses de l'arbre, les zones infestées présentent un affaissement et un aspect humide. A la fin de la saison des chancres se forment dans ces zones et la bactérie y passe l'hiver. (**Barionovi et al., 2006**). Au printemps et en été, ces chancres sécrètent des exsudats contenant un grand nombre de bactéries.

Ces bactéries survivent dans l'arbre tant que celui-ci est vivant. (**Bogs et al., 2004**).

Le développement d'*Erwinia amylovora* arrête la montée de la sève élaborée au dessus des zones atteintes. (**Smits et Duffy, 2011**). La progression d'*Erwinia amylovora* dans un verger peut être favorisée par un excès d'humidité, irrigation excessive et mauvais drainage des sols, l'arrosage par aspersion, une taille sévère, les rejets des porte-greffes qui permettent un accès rapide aux racines, un excès d'azote, une floraison secondaire abondante. La maladie évolue à des températures relativement élevées entre 20 à 30 °C. (**Mohammadi, 2010**).

Chapitre I : Données bibliographiques sur *Erwinia amylovora* l'agent causal du feu bactérien

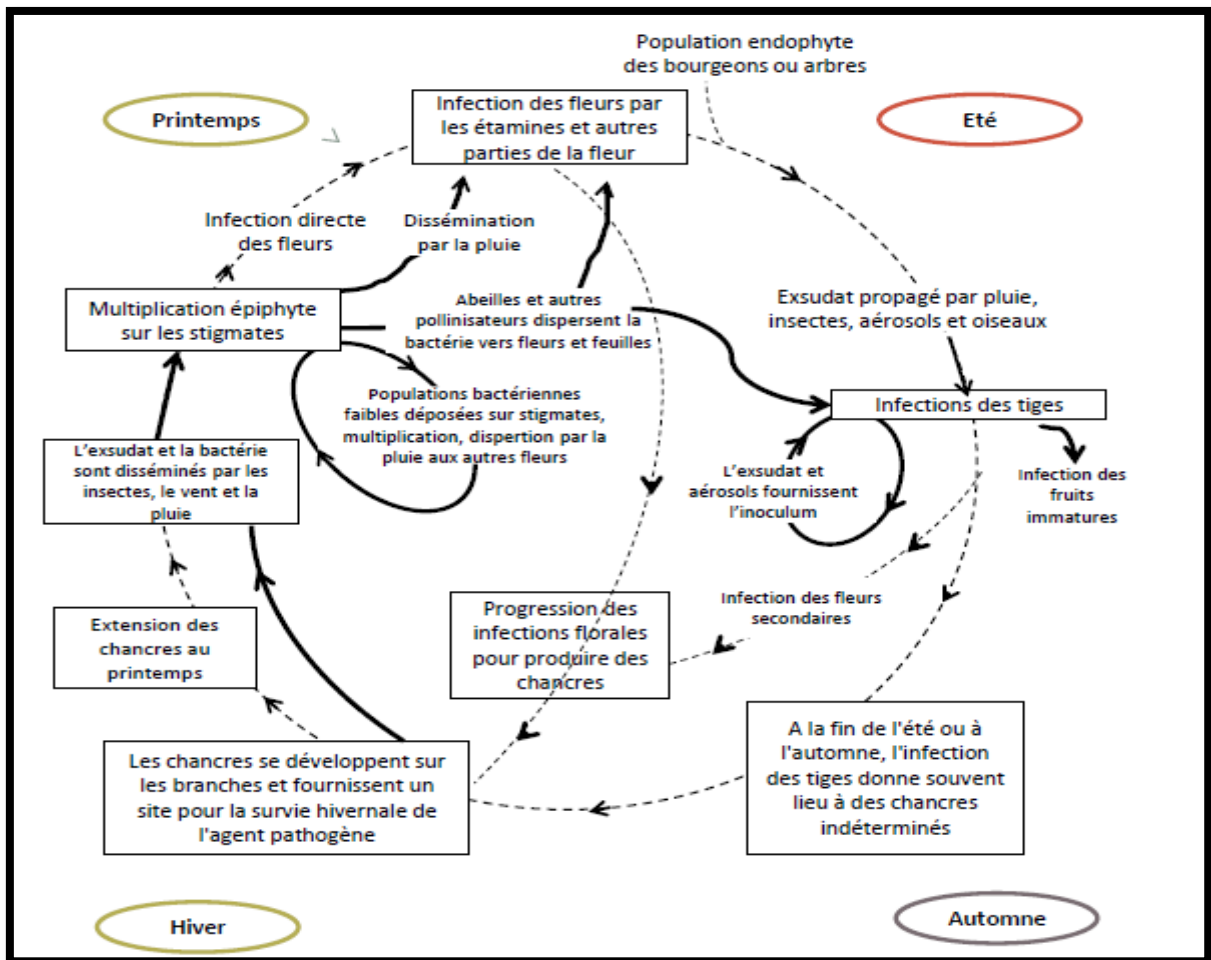


Figure n°4 : Cycle infectieux de feu bactérien causé par la bactérie *Erwinia amylovora*. (Van der Zwet *et al.*, 2012).

I-9- L'épidémiologie

I-9-1- Sources de l'inoculum primaire

Les bactéries peuvent survivre l'hiver dans les tissus vivants de l'écorce, près des chancres qui servent d'inoculum pour le printemps suivant, qui, infectés, produisent un exsudat ambré composé de bactéries viables. La dispersion s'effectue alors en direction des fleurs ouvertes. (Phillion, 2014). D'autres sources peuvent être responsables de l'infection primaire comme la pluie, par le biais d'éclaboussures depuis l'exsudat vers les fleurs, les feuilles, ou éventuellement les apex (Thomson, 2000).

Les plantes réservoirs jouent également un rôle de réserve d'inoculum de la bactérie pendant l'hiver. Les hôtes réservoir à proximité des pépinières et vergers de pommiers ou de poiriers doivent être éliminés dès que possible. Ces hôtes réservoirs sont particulièrement

Chapitre I : Données bibliographiques sur *Erwinia amylovora* l'agent causal du feu bactérien

dangereux si leur floraison précède la culture mise en place. En effet, l'inoculum peut infecter ensuite les fleurs de la culture mise en place (Momol et Aldwinckle, 2000).

I-9-2- Dissémination et inoculum secondaire

Quand le stade de débourrement des plantes hôtes intervient, la population résidente sur les chancres augmente graduellement, et ce jusqu'à la floraison, période. (Philion, 2014) Les bactéries peuvent alors être disséminées dans le verger.

La bactérie peut survivre dans les ruches pendant plusieurs semaines, mais il est peu probable qu'elles retournent dans les fleurs après dépôt du pollen dans les ruches (Aldwinckle *et al.*, 2002). Les oiseaux seraient aussi responsables d'une petite partie de la dissémination de la maladie au sein du verger Par tous ces aspects, (Zhao *et al.*, 2009) l'arrivée du pathogène sur les fleurs permet ensuite une multiplication et la dispersion aux autres fleurs rapidement.

Ils ne présentent généralement pas de suintement ou de libération des bactéries au printemps (Thomson, 2000), mais il est possible que ces momies aient un rôle important à jouer dans le début de la dispersion du pathogène. (Vögele *et al.*, 2010).

Les fruits matures ne sont quant à eux pas impliqués dans la dissémination de la maladie, la bactérie meurt en un temps très court si elle est présente à la surface du fruit, (Jurgens et Babadoost, 2013).

I-10- Le pouvoir pathogène

Dans la pathogenèse d'*Erwinia*, les cellules pathogènes entrent dans les plantes À travers les thodes de nectar de fleurs et d'autres ouvertures naturelles, (Stockwell et Duffy, 2012). Telles que des plaies, et sont capables de se déplacer rapidement dans les plantes et l'établissement d'infections systémiques.

Dans les hôtes sensibles, les bactéries se déplacent d'abord dans les espaces intercellulaires du parenchyme et, dans un stade ultérieur, dans les vaisseaux du xylème, provoquant ainsi des lésions étendues, et parfois complètent le dépérissement de l'arbre, dans des conditions climatiques favorables. (Tang *et al.*, 2006). Les parties malades de la plante deviennent brunes ou noires, comme si elles avaient été balayées par le feu. De nombreux déterminants de la virulence de *E. amylovora* ont été caractérisés, y compris le système de sécrétion de type III (T3SS), l'exopolysaccharide (EPS) amylovoran, la formation de biofilm et la motilité.

I-11- Les facteurs de pouvoir pathogène

I-11-1- Le système d'acquisition du fer

Chapitre I : Données bibliographiques sur *Erwinia amylovora* l'agent causal du feu bactérien

La bactérie *E. amylovora* possède un système d'acquisition du fer composé sidérophores de type hydroxamate et d'un récepteur FoxR (Kachadourian *et al.*, 1996) Ce système est important pour la survie de la bactérie en milieu carencé en fer comme l'apoplaste. Il est donc impliqué dans l'agressivité de la bactérie.

I-11-2- L'exopolysaccharide (EPS) ou amylovorane

La cellule bactérienne d'*E. amylovora*, est entourée d'une couche de polysaccharides (galactose, glucose, mannose et acide uronique) organisée en capsule, formant l'exopolysaccharide (EPS) (ou amylovorane) qui semble jouer un rôle important dans la virulence. La biosynthèse de l'EPS requiert un grand nombre de gènes. La plupart de ces gènes sont localisés dans une région du chromosome d'environ 17kb appelée *ams* (amylovoran synthesis) (Expert *et al.*, 2000). Le rôle de l'EPS dans le mécanisme de l'infection a été élucidé depuis longtemps. Il participe au premier contact entre la bactérie et son hôte. Il joue un rôle dans la perturbation et l'obstruction du système vasculaire de la plante (Denny, 1995) et protège la bactérie contre les réactions de défense de la plante (Cornelis, 2006).

I-11-3- Système de sécrétion de type III ou T3SS

Le système de sécrétion de type III est caractéristique des bactéries Gram-. Il est décrit comme un système de micro-injection de facteurs de virulence et permet la sécrétion de protéines du cytosol bactérien directement dans le cytoplasme des cellules eucaryotes hôtes (Da Cunha *et al.*, 2007).

Les systèmes de sécrétion de type III impliqués dans la sécrétion de protéines effectrices de virulence sont présents chez de nombreuses bactéries pathogènes des plantes et des animaux (Hueck, 1998). Les gènes *hrp-dsp* peuvent être classés en trois catégories selon leur fonction : gènes de régulation, gènes de structure et gènes de protéines sécrétées.

II- Les différents moyens de lutte contre *Erwinia amylovora*

Le feu bactérien est une maladie qui se développe en foyer, capable de se généraliser rapidement dans un verger si les conditions sont favorables. La lutte contre cette maladie doit rentrer dans un programme de lutte intégrée de respect des mesures phytosanitaires, lutte préventive, culturale, biologique, génétique et chimique. (Gill *et al.*, 2003).

II-1- La lutte culturale

La surveillance et dépistage précoce du feu bactérien sont améliorés, les hautes tiges peu touchées sont traitées avec modération, les traitements alternatifs sont autorisés et la faculté de régénération des arbres fruitiers haute-tige est testée. (Boureau *et al.*, 2006)

Dans les jardins et les parcs, toutes les plantes exotiques hôtes du feu bactérien sont supprimées et remplacées par des arbustes à baies et à fleurs. (Bocsanczy *et al.*, 2008).

En hiver, cureter les chancres et badigeonner les plaies avec un mastic à base d'oxychlorure de cuivre ou de fleur de chaux éteinte. Arracher et incinérer sur place les sujets les plus atteints. (Élisabeth et Jérôme Jullien, 2014). En période de végétation, supprimer les floraisons secondaires. (Burse *et al.*, 2004).

Si des symptômes apparaissent, supprimer les organes infectés en taillant largement en dessous des nécroses. (Genini, 2012). Il est impératif de brûler ou incinérer tous ces déchets de taille et veiller à bien désinfecter les mains et les outils de taille. Eviter l'excès de vigueur. (Heyens et Valcke, 2006). Éliminer et incinérer toutes les fleurs secondaires. (Al-Karablieh *et al.*, 2009).

II-2- Lutte chimique

La lutte chimique contre le feu bactérien est très peu efficace et utilisée juste à titre préventif afin d'éviter la diffusion de la maladie à partir du premier foyer. (Norelli *et al.*, 2003).

La bouillie bordelaise dont le principe actif est le cuivre peut être utilisée au verger. Ce composé n'aura qu'un effet bactériostatique sur *E. amylovora* et doit être employé de manière raisonnée afin d'éviter d'importantes pollutions des sols et d'éliminer des microorganismes susceptibles d'entrer en compétition avec *E. amylovora* et donc d'empêcher sa progression. (Konecki *et al.*, 2013).

L'emploi d'antibiotiques tels que la streptomycine et l'oxytétracycline est une méthode efficace contre *E. amylovora*. Le problème de ce type de composés est l'apparition de résistances plasmidiques. (Meczker *et al.*, 2014). Le produit Blossom Protect a montré une

Chapitre II : Les différentes méthodes de lutte contre *Erwinia amylovora*

efficacité supérieure à celle du Myco-Sin. Ce produit à base de levures peut être utilisé aussi bien dans les vergers basse-tige que sur les arbres haute-tige. (Rhouma, 2013)

Certains produits l'imitateur de croissance et stimulateur de défense naturelle des plantes permettent de freiner la maladie et de réduire la sensibilité de l'arbre, mais ne l'éradiquent pas définitivement. (Amara, 2017).

II-3- Lutte physique

Selon Thomson, 2000, les méthodes de lutte physique sont basées sur l'utilisation de facteurs comme la température ou le rayonnement, afin de réduire ou d'éliminer l'inoculum. Dans le contrôle du feu bactérien, il est possible d'utiliser des méthodes physiques pour éviter la propagation de la maladie et de réduire la quantité d'inoculum. (Zhang *et al.*, 2000)

L'efficacité des méthodes de thermothérapie est basée sur le fait que le matériel végétal dormant peut supporter des températures élevées au cours desquelles l'agent pathogène ne survit pas. La résistance des bactéries *E. amylovora* à la haute température a été étudiée dans le but de proposer une technique pour obtenir du matériel végétal exempt de contaminants internes par traitement thermique (Zhao *et al.*, 2005). Il a été constaté que des températures de 45 ° C pendant 70 min ou 50 ° C pour 50 min ont suffi pour détruire la culture pure de la bactérie avec quelques variations entre les souches testées (Keck *et al.*, 1995).

La solarisation est un autre procédé physique qui consiste à recouvrir un arbre ou une plante avec un film plastique pour augmenter la température. L'inactivation ou la réduction de l'inoculum pathogène dépend de l'espèce et la température de l'année. Dans de nombreux arbres solarisées pour le contrôle du feu bactérien, l'expansion des chancres a été arrêté ainsi aucune bactérie viables n'a été isolée à partir des chancres, tandis que les chancres des arbres non traités ont poursuivi leur développement (Thomson, 2000).

II-4-Lutte biologique

Durant les 25 dernières années, plusieurs études ont été réalisées pour le développement de stratégies de contrôle biologique fiables pour la gestion du feu bactérien. Ainsi, plusieurs souches antagonistes ont été sélectionnées et étudiées, grâce à leur capacité de prévenir ou de limiter la propagation de la maladie. Plusieurs préparations à base d'agents biologiques sont actuellement disponibles pour les arboriculteurs dans plusieurs pays. (Abajo, 2006).

Certaines souches de *B. subtilis* peuvent inhiber la croissance d'*E. amylovora* comme la souche BsBD170 qui a montré une bonne efficacité sous les conditions naturelles. (Kilian *et al.*, 2000).

Chapitre II : Les différentes méthodes de lutte contre *Erwinia amylovora*

La souche *Pseudomonas fluorescense* montré une réduction de l'incidence de la maladie de 40 à 60% dans plusieurs parcelles aux USA. (Johnson et Stockwell, 2000). Le mécanisme d'action majeur de cette souche pour contrôler le feu bactérien est basée sur la compétition avec le pathogène par l'épuisement des nutriments et la colonisation des sites. (Abajo, 2006).

D'autre part, les huiles essentielles, les polyphénols, les huiles végétales et d'autres produits. Ces métabolites sont tous des extraits naturels ayant des propriétés de substances actives. (Ghennai et Ghennai, 2015).

Les flavonoïdes sont considérés de très bons agents antimicrobiens (Harborne et Williams, 2000). Ces métabolites secondaires sont capables d'inhiber la croissance de différents types de bactéries parmi lesquels le feu bactérien. Ils inhibent notamment les échanges d'électrons membranaires et conduisent également à la lyse membranaire et à la dénaturation des protéines cytoplasmiques. (Bassene et al., 1995). Ainsi, les polyphénols ont également un rôle dans la lutte contre les infections causées par les bactéries (Makoi et Ndakidemi, 2007).

L'huile essentielle et l'extrait Chloroformique de *Thymus numidicus* possèdent une forte activité antibactérienne contre l'agent du feu bactérien *Erwinia amylovora*.

II-5- Stimulation des défenses naturelle de l'hôte

L'acibenzolar-S-méthyl est un analogue fonctionnel de l'acide salicylique, inducteur de la SAR (systemic acquired resistance) (Brisset et al., 2000). En application préventive, il assure un niveau de protection contre le feu bactérien d'environ 50% (Maxson-Stein et al., 2002).

Ce produit est autorisé en Italie pour la lutte contre le feu bactérien sur poirier. L'application d'un régulateur de croissance tel que le prohexadione-calcium (ProCa) peut réduire la sensibilité au feu bactérien chez le poirier. (Buban et al., 2003). Ce produit est un analogue structural (et inhibiteur spécifique) de mono oxygénases impliquées dans la synthèse de gibbérellines et dans le métabolisme des flavonoïdes. (Rademacher, 2000). Il induit une modification du métabolisme des flavonoïdes et en particulier une accumulation de lutéoliflavan ainsi qu'une synthèse accrue de son précurseur le lutéoforol. (Roemmelt et al., 2003).

Ce précurseur présente un effet biocide à large spectre, qui pourrait expliquer une partie de son efficacité vis-à-vis du feu bactérien. (Spinelli et al., 2005). D'autres composés agissant comme stimulateurs des réactions de défense de la plante sont en cours d'étude,

Chapitre II : Les différentes méthodes de lutte contre *Erwinia amylovora*

certaines donnent des résultats encourageants. Ces composés sont d'origine naturelle ou obtenus par synthèse. (Brisset *et al.*, 2005).



Figure n°6: Image satellitaire du verger 1 Ait l'Aziz Marga wilaya de bouira.

Verger 2: se situe à cheikh Ali (propriété CHRIFFE): est un verger de poirier variété Santa Maria âgé de 9ans. Il s'étend sur une superficie de 04ha, ce verger a été traité par Huile jaune, bouillie de bordelaises, cuivre.



Figure n°7:Image satellitaire du verger 2 d'EL-Hachimia wilaya de Bouira.

Verger 3: se situe à cheikh Ali (propriété JAMEL): C'est un verger de poirier variété Santa Maria âgé de 10 ans. Il s'étend sur une superficie de 2ha, ce verger a été traité par Huile jaune, bouillie de bordelaises, cuivre.



Figure n°8:Image satellitaire du verger 3d'EL-Hachimia wilaya de Bouira.

Verger 4: se situe à cheikh Ali (propriété AZIZE): est un verger de poirier variété Santa Maria âgé de 9ans. Il s'étend sur une superficie de 02ha, ce verger a été traité par Huile jaune, bouillie de bordelaises, cuivre.



Figure n°9:Image satellitaire du verger 4d'EL-Hachimia wilaya de Bouira.

Verger 5: se situe à Ain bessem (propriété Mohammed): est un verger de poirier variété Santa Maria âgé de 10ans. Il s'étend sur une superficie de 04ha, ce verger a été traité par Huile jaune, bouillie de bordelaises, cuivre.



Figure n°10: Image satellitaire du verger 5d'Ain bessem wilaya de Bouira.

III-1-2-Région de Boumerdès

III-1-2-1-Situation géographique

La wilaya de Boumerdès est issue de l'organisation territoriale en date 1984, elle s'étend sur une superficie 1456,68 km², elle est limitrophe avec quatre wilayas, au Nord La mer méditerranée, au Sud La Wilaya de Bouira, à l'Ouest La Wilaya d'Alger, à l'Est la Wilaya de Tizi Ouzou. (Tireche, 2006).



Figure n°11: Carte de la wilaya de Boumerdès. (Tireche, 2006).

III-1-2-2-Description générale des zones d'étude

Chapitre III : Matériel et méthodes

Dans la wilaya de Boumerdès 3 vergers de poirier ont été étudiés

Vergers 1: se situe à Boudouaou (propriété Noureedine) : est un verger de poirier variété Santa Maria âgé de 14 ans. Il s'étend sur une superficie de 02ha, ce verger a été traité par huile jaune, INAKOL, DIS KBSKT.



Figure n°12:Image satellitaire du verger 1 Mohamed raneme commune Boudouaou wilaya de Boumerdès.

Vergers 2: se situe à **Tidjelabine 1** (propriété Fatah): est un verger de poirier variété Santa Maria âgé de 13 ans. Il s'étend sur une superficie de 02ha, ce verger a été traité par huile jaune, INAKOL, DIS KBSKT.



Chapitre III : Matériel et méthodes

Figure n°13: Image satellitaire du verger 2la routière commune Tidjelabine 1 wilaya de Boumerdès.

Verger 3: se situe à **Tidjelabine 2** (propriété Noureedine): est un verger de poirier variété Santa Maria âgé de 13ans. Il s'étend sur une superficie de 02ha, ce verger a été traité par huile jaune.



Figure n°14:Image satellitaire du verger 3la routière commune Tidjelabine 2 wilaya de Boumerdès.

III-2-La conduite de l'étude.

Des études comparatives ont été effectuées dans deux 2 wilayas, Boumerdès et Bouira sur la maladie quarantaine du feu bactérien.

Un total de huit verger de poirier variété Santa maria ont été étudiés dont cinq vergers dans la wilaya de Bouira (EL-Hachimia, Ain bessam, Ait l'Aziz) et trois vergers dans la wilaya de Boumerdés (Tedjelabine, Boudouaou)

Ces vergers s'étendent sur des superficies qui varient entre deux et quatre hectares ce qui correspond à un nombre d'arbres entre 800 et 3000 arbres.

Parmi les vergers prospectés, ont été trouves les arbres atteints dans la wilaya de Bouira sont varies entre 480 à 1090 et 1400 à 2300 arbres atteints dans la wilaya de Boumerdés.

Nous avons réalisé des mesures aléatoiresur40 arbres atteints du feu bactérien, nous avons calculé les nombres des chancres sur les troncs et les rameaux pour chaque arbre ainsi

Chapitre III : Matériel et méthodes

que la mesure la longueur et largeur de chancres sur ces derniers à l'aide d'un double décimètre.

III-3-Climagramme pluviométrique d'Emberger

Le climagramme d'Emberger permet la classification des différents types de climats méditerranéens.

En d'autres termes, le quotient pluviométrique d'Emberger permet de connaître l'étage bioclimatique d'une région. De ce fait, il lie les deux facteurs essentiels qui définissent le climat à savoir les températures et les précipitations. Il est donné par la formule suivante:

$$Q2 = \frac{3.43 \times P}{M - m}$$

- ✓ P : pluviométrie annuelle en mm.
- ✓ M : température moyenne du mois le plus chaud.
- ✓ m : température moyenne du mois le plus froid.

Tableau n°2: Quotient pluviométrique et étages bioclimatiques des deux wilayas.

	M(C°)	m(C°)	P (mm)	Q	Etage bioclimatique	Variante
Boumerdés	28.5	5.9	661	110.43	Sub Humide	Doux
Bouira	30.53	4.1	579.5	78.36	Semi aride	Doux

IV-1- Résultats de l'étude symptomatologique du feu bactérien

L'étude symptomatologique sur terrain dans les deux wilayas Bouira et Boumerdés a montré que l'incidence de la maladie sur la plante hôte de poirier de la variété Santa Maria est plus importante que les autres *Maloideae* comme le pommier, néflier. Cette variété est plus répandue et la plus sensible dans les deux régions d'études et même à l'échelle nationale.

Cette étude symptomatologique a été réalisée dans huit vergers de poiriers pendant le repos végétatif à la wilaya de Bouira (Ait el Aziz, EL-Hachimia, Ain bessem) et la wilaya de Boumerdés (Tidjelabine, Boudouaou). Cette étude a montré la présence de chancres au niveau des rameaux et les troncs avec des dimensions qui varient d'un arbre à un autre. Ces symptômes typiques de la maladie du feu bactérien, constituent la caractéristique la plus répondeuse d'*Erwinia amylovora* qui hiverne et se conserve à la base de l'arbre au niveau des troncs et rameaux pendant la saison difficile et lorsque les conditions climatiques deviennent défavorables. (Figure 15).



Figure n° 15: chancre de feu bactérien sur le poirier.

D'autres symptômes caractéristiques du feu bactérien observés dans les huit vergers des deux wilayas, la présence de fruits momifiés de la saison précédente qui restent attachés aux arbres atteints par la bactérie *Erwinia amylovora* (Figure 16).



Figure n°16: les fruits momifiés sur poirier.

IV-2-Evaluation des symptômes du feu bactérien au repos végétatif

Nous avons établi une relation entre les nombres de chancres provoqués par la bactérie et l'état de l'arbre. Ce diagnostic a permis de déceler la maladie en amont de l'apparition des symptômes des huit vergers dans les deux wilayas.

Les tableaux d'échelle d'évaluation des symptômes dont le nombre et la taille des chancres de feu bactérien (**Tableaux n°3-4-5-6**) permettent tout d'abord d'apprécier la dépendance entre les caractères : le nombre de chancres sur les troncs et les rameaux dans les deux wilayas et l'état de l'arbre et la taille (largeurs et longueur) de chancres sur le tronc et le rameaux.

IV-2-1-Evaluation du nombre de chancres

Le nombre de chancres dans les huit vergers est classé en quatre classes (**Lamine et al., 2011**).

Les résultats indiquent que lorsqu'il n'y a pas de symptômes, aucun chancre n'a été détecté.

Dans les cas d'observation des symptômes, la présence de chancres a été détectée dans les deux wilayas et les huit vergers, mais l'état de l'arbre dépend de la gravité de chancres par arbre. A partir des tableaux d'évaluation de nombre des chancres, nous avons enregistré 133 chancres sur le tronc et 112 sur les rameaux pour le niveau 1 qui représente un nombre très élevé de chancres. Dans ce cas l'état de l'arbre est sévèrement attaqué par le feu bactérien. Cependant, le niveau 4 constitue le nombre de chancres faible dont deux chancres observés sur le tronc et trois chancres sur les rameaux. Ces résultats sont observés dans la région de Bouira.

Chapitre IV: Résultats et discussion

Toutefois, l'évaluation de nombre des chancres de feu bactérien dans les vergers de Boumerdés, nous a permis de noter un grand nombre de chancres pour le niveau 2 dont 71 chancres sur le tronc et 56 chancres sur les rameaux. Contrairement au niveau 4 avec 3 chancres sur le tronc et 12 sur les rameaux

Ces résultats ont montré que la situation de la maladie est très grave dans la région de Boumerdés. Ceci est dû au fait que les bactéries sont décelées beaucoup plus dans la wilaya de Boumerdés en présentant des grands nombres de chancres dans les dernières classes lorsque les arbres sont fortement atteints. Cela se traduit par une forte incidence de la maladie sur les vergers de poiriers de Boumerdès.

Tableau n°3: Evaluation de nombre de chancres de feu bactérien **des vergers de Bouira.**

Classes	Chancres /troncs	Chancres/rameaux	description de l'état de l'arbre et symptômes
0	0	0	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de chancres, • Arbre sain
1	1-4 (133 chancres)	1-2 (112 chancres)	<ul style="list-style-type: none"> • Le nombre de chancres de 1-4 sur les troncs et sur les rameaux 1-2 est élevée. • Arbre peu attaqué par le chancre dans la classe 1.
2	5-8 (60 chancres)	3-4 (69 chancres)	<ul style="list-style-type: none"> • Le nombre de chancres de 4-8 sur les troncs et sur les rameaux 3-4 est plus élevé. • Arbre attaqué par le chancre dans la classe 2
3	9-12 (5 chancres)	5-6 (16 chancres)	<ul style="list-style-type: none"> • Le nombre de chancres de 9-12 sur les troncs et sur les rameaux 5-6 est moins élevé. • Arbre plus attaqué par le chancre dans la classe 3.
4	13-15 (2 chancres)	7-11 (3 chancres)	<ul style="list-style-type: none"> • Le nombre de chancres de 13-15 sur les troncs et sur les rameaux 7-11 est moindre. • Arbre sévèrement attaqué par le chancre dans la classe 4.

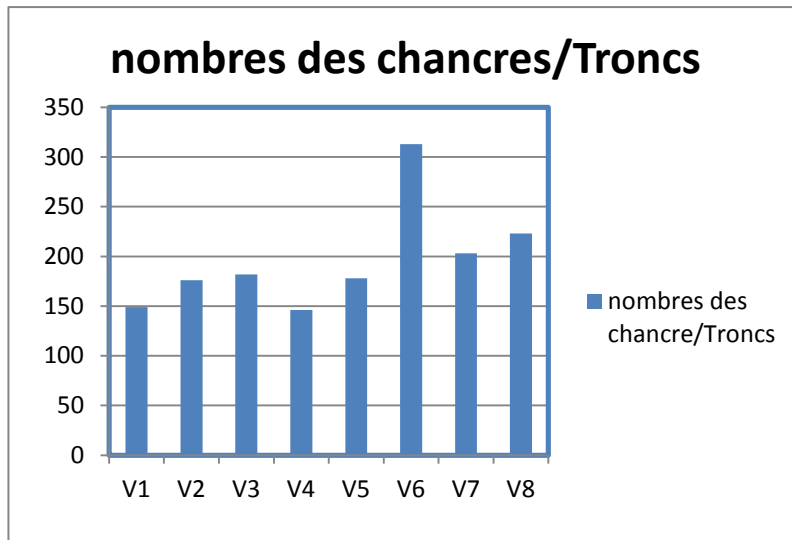
Chapitre IV: Résultats et discussion

Tableau n°4 : Evaluation de nombre des chancres de feu bactérien **des vergers de Boumerdés.**

Classes	Chancres /troncs	Chancres/rameaux	Description de l'état de l'arbre et symptômes
0	0	0	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de chancres, • Arbre sain.
1	1-4 (31 chancres)	1-2 (32 chancres)	<ul style="list-style-type: none"> • Le nombre de chancres de 1-4 sur les troncs et sur les rameaux 1-2 est élevée. • Arbre peu attaqué par le chancre dans la classe 1.
2	5-8 (71 chancres)	3-4 (56 chancres)	<ul style="list-style-type: none"> • Le nombre de chancres de 4-8 sur les troncs et sur les rameaux 3-4 est plus élevé. • Arbre attaqué par le chancre dans la classe 2.
3	9-12 (15 chancres)	5-6 (20 chancres)	<ul style="list-style-type: none"> • Le nombre de chancres de 9-12 sur les troncs et sur les rameaux 5-6 est moins élevé. • Arbre plus attaqué par le chancre dans la classe 3.
4	13-15 (3 chancres)	7-11 (12 chancres)	<ul style="list-style-type: none"> • Le nombre de chancres de 13-15 sur les troncs et sur les rameaux 7-11 est moindre. • Arbre sévèrement attaqué par le chancre dans la classe 4.

Concernant le nombre de chancres sur le tronc, nous avons noté une grande progression pour les vergers V6, V7, V8 situés dans les communes de Boumerdés (Tidjelabine, Boudouao) dont le nombre de chancres entre 320 et 230 par contre les vergers de Bouira (V1, V2, V3, V4, V5) présentent un nombre de chancres qui varie entre 140 à 180. **(Figure 17).**

le nombre de chancres sur les rameaux nous avons noté pour les vergers de Bouira le nombre le plus élevé V4 de 150 nombre de chancres et le plus bas V1 de 90 nombre a l'inverse les vergers de Boumerdés le nombre de chancres plus élevé surtout V6 de 170 nombre par rameaux. **(Figure 18).**



V1 : verger de Ait l'Aziz, V2+V3+V4 : verger de El-Hachimia, V5 : verger de Ain bessem (les vergers de wilaya de Bouira).

V6 : verger de Boudouao, V7 +V8 : verger de Tidjelabine (les vergers de wilaya de Boumerdés).

Figure n°17:le nombre de chancre par les troncs.

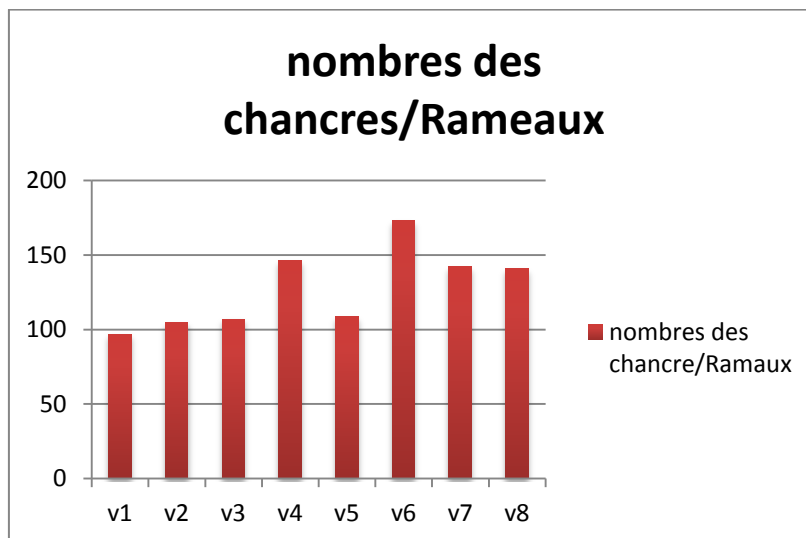


Figure n°18:nombre de chancres sur les rameaux.

IV-2-2-Evaluation la taille des chancres sur les troncs et les rameaux

Dans les huit vergers, des mesures de longueur et largeur de chancres de tronc et des rameaux ont été réalisées sur les arbres atteints par le feu bactérien de chaque verger (**Tableau 05 et 06**).A partir les résultats de la taille (longueur et largeur) de chancre dans la wilaya de Bouira présente des petites de taille dans le premier classe sur le tronc de longueur 529 chancres et la largeur de 691 chancres mais sur les rameaux pour le premiers classe la longueur de 259

Chapitre IV: Résultats et discussion

chancres et la largeur de 315 chancres pour la dernière classe la taille de chancres est grand avec la longueur de 19 chancres et la largeur de 6 chancres sur le tronc et la taille sur les rameaux la longueur 61 chancres et la largeur de 9 chancres.

la taille de chancre dans la wilaya de Boumerdés présente dans le premier classe de longueur 529 chancre et 603 chancres de largeur sur le tronc et 277 chancres de longueur avec 319 chancre de largeur sur les rameaux et dans la dernière classe sur le tronc la longueur est 26 chancre et la largeur 4 chancres mais sur les rameaux la longueur de 61 chancres plus la largeur de 13 chancres avec la comparaison entre les deux wilayas nous avons trouvé des

petite différence pour la dernière classe lorsque la taille de chancre est grand sur le tronc et les rameaux pour la wilaya de Boumerdés par rapport à région de Bouira.

Tableau n°05: Evaluation la taille de chancres (largeur et longueur) des vergers de poiriers atteints par le feu bactérien dans la wilaya de Bouira.

Cl	Troncs		Rameaux		description de l'état de l'arbre et symptômes
	Long.	Larg.	Long.	Larg.	
0	0	0	0	0	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de chancres
1	1cm-30cm (529)	1cm-8cm (691)	1cm-5cm (259)	0cm-1,5cm (315)	<ul style="list-style-type: none"> • Tronc avec chancre de longueur 529 et de largeur 691 chancre. • Rameau avec chancre de longueur 259 et de largeur 315 chancre.
2	30cm-60cm (196)	8cm-16cm (147)	5cm-10cm (148)	1,5cm-2,5cm (125)	<ul style="list-style-type: none"> • Tronc avec chancre de longueur 196 et de largeur 147 chancre. • Rameau avec chancre de longueur 148 et de largeur 125 chancre.
3	60cm-90cm (70)	16cm-24cm (22)	10cm-15cm (61)	2,5cm-3,5cm (35)	<ul style="list-style-type: none"> • Tronc avec chancre de longueur 70 et de largeur 22 chancre. • Rameau avec chancre de longueur 61 et de largeur 35 chancre.
4	90cm-120cm (19)	24cm-32cm (6)	15cm-20cm (61)	3,5cm-4,5cm (9)	<ul style="list-style-type: none"> • Tronc avec chancre de longueur 19 et de largeur 6 chancre. • Rameau avec chancre de longueur 61 et de largeur 9 chancre.

Chapitre IV: Résultats et discussion

--	--	--	--	--	--

Tableau n°06: Evaluation la taille de chancres (largeur et longueur) des vergers de poiriers atteints par le feu bactérien dans la wilaya de Boumerdés.

Cl	Troncs		Rameaux		description de l'état de l'arbre et symptômes
	Long	Larg.	Long	Larg.	
0	0	0	0	0	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de chancres
1	1cm-30cm (532)	1cm-8cm (603)	(1cm-5cm) 277	0cm-1,5cm 319	<ul style="list-style-type: none"> • Tronc avec chancre de longueur 532 et de largeur 603 chancre. • Rameau avec de largeur 277 et de largeur 319 chancre.
2	30cm-60cm (103)	8cm-16cm (101)	5cm-10cm (102)	1,5cm-2,5cm (90)	<ul style="list-style-type: none"> • Tronc avec chancre de longueur 103 et de largeur 101 chancre. • Rameau avec chancre de longueur 102 et de largeur 90 chancre.
3	60cm-90cm (49)	16cm-24cm (25)	10cm-15cm (47)	2,5cm-3,5cm (18)	<ul style="list-style-type: none"> • Tronc avec chancre de longueur 49 et de largeur 25 chancre. • Rameau avec chancre de longueur 47 et de largeur 18 chancre.
4	90cm-120cm (26)	24cm-32cm (4)	15cm-20cm (61)	3,5cm-4,5cm (13)	<ul style="list-style-type: none"> • Tronc avec chancre de longueur 26 et de largeur 4 chancre. • Rameau avec chancre de longueur 61 et de largeur 13 chancre.

IV-3-Synthèse climatique sur la zone d'étude

L'établissement d'une synthèse des facteurs climatiques à savoir la pluviométrie et la température fait appel à deux paramètres :

IV-3-1- Diagramme Ombrothermique de Gaussen

Chapitre IV: Résultats et discussion

Le diagramme ombrothermique de Gausson (Figure 19, 20) permet de déterminer les périodes sèches et humides des régions à partir de l'exploitation des données des précipitations mensuelles et des températures moyennes mensuelles (Tableau 17).

Tableau n°7: Précipitations mensuelles et températures moyennes mensuelles de Bouira et Boumerdés (2006-2015)

	Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DES
Boumerdés	T(°C)	11.38	11.04	13.73	16.12	19.15	22.67	26.05	26.68	24.27	21.08	16.01	12.44
	P(mm)	74.13	114.98	82.63	76.3	54.8	20.8	8.06	22.06	43	74.36	130.96	97.73
Bouira	T(°C)	8.74	8.46	11.61	14.91	19.22	23.8	28.17	28.3	23.91	19.88	13.48	9.82
	P(mm)	72.83	88.00	116.66	59.63	47.6	15.76	5.8	11.4	49	46.93	62.76	68.36

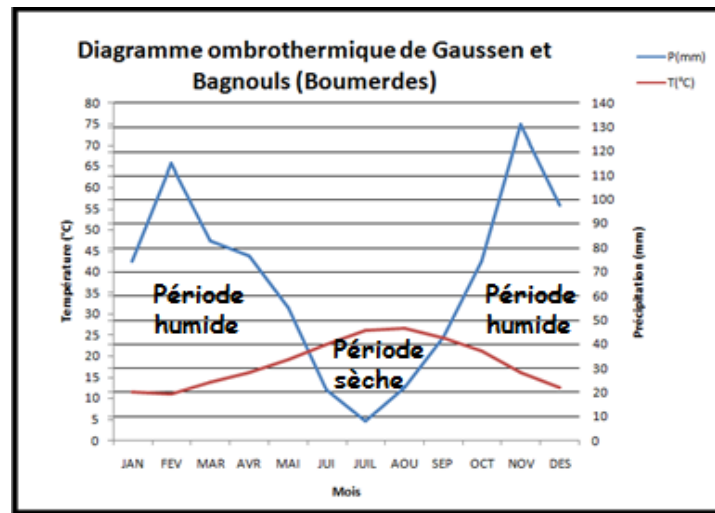


Figure n°19: Diagramme Ombrothermique de Boumerdés.

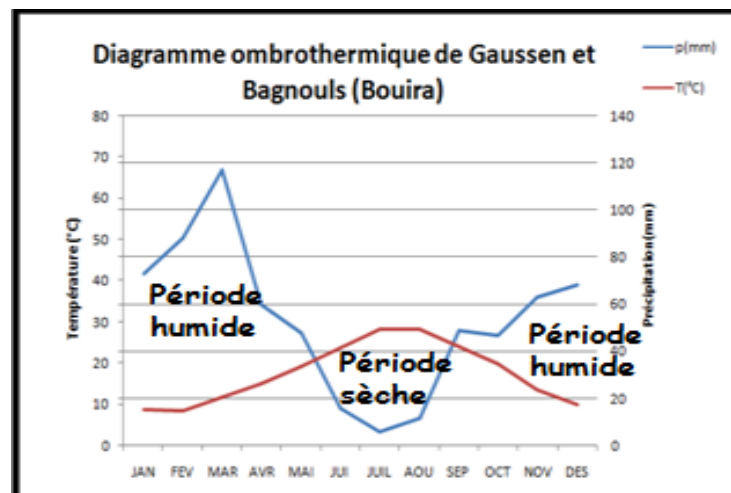


Figure n°20: Diagramme ombrothermique de Bouira.

Chapitre IV: Résultats et discussion

Ces diagrammes ombrothermiques présentent une synthèse de l'état climatique des deux wilayas qui se manifeste par deux périodes : Sec et humide. Dans la wilaya de Bouira la période sèche est comprise entre la fin du mois de mai et début de mois de septembre, et la période humide débute le mois de septembre au début du mois de mai.

Pour la wilaya de Boumerdès, la période sèche s'étend du début du mois de juin au début du mois de septembre, la période humide débute le mois de septembre à fin mai.

A partir de ces diagrammes ombrothermiques le taux de précipitation pour la wilaya de Boumerdès très élevé dans la période de l'hiver qui débute de mois de septembre jusqu'à la fin de décembre, en comparant avec même période pour la région de Bouira le taux de précipitation très diminue donc le développement de la maladie très fréquent pour la région de Boumerdès.

IV-3-2 Climagramme pluviométrique d'Emberger

Après la calcul le quotient pluviométrique d'Emberger on obtenue les étages bioclimatique pour chaque wilaya (**Figure 21**). Nous trouvés que l'étage bioclimatique de la wilaya de Boumerdès étage Sub humide pour la wilaya de Bouira l'étage bioclimatique Semi aride.

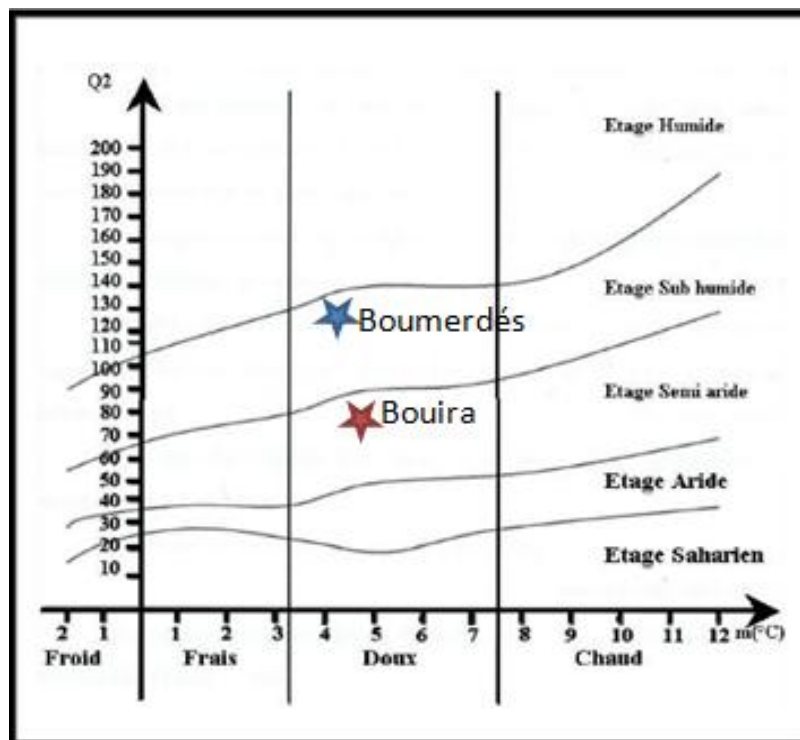


Figure n° 21: Localisation des régions d'étude sur le diagramme d'Emberger.

Chapitre IV: Résultats et discussion

La wilaya de Boumerdès caractérisé par une forte de humidité ce facteur très important et parmi les conditions favorable pour le développent et la propagation de feu bactérien par rapport ou région de Bouira.

IV-4- Etude épidémiologique du feu bactérien

IV-4-1-Diffusion de la maladie ou Taux d'infection

C'est l'expression du pourcentage (%) des arbres présentant un chancre, en connaissent le nombre total des arbres malades (classe 1, 2, 3, et 4). Le taux de diffusion de feu bactérien est calculé par la formule suivante

$$D(\%) = \frac{\sum ni}{N} \times 100$$

- ✓ ni : le nombre d'arbre recevant malade la note i (i=1 à 4)
- ✓ N : le nombre total des arbres e verger

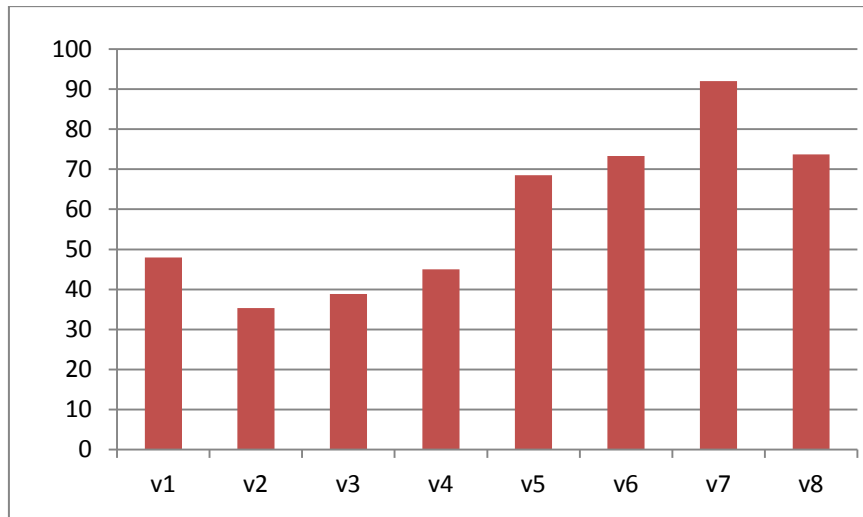
Tableau n°8 : Le taux d'infection de feu bactérien dans les deux wilayas et les huit vergers.

Vergers	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
D(%)	48	35.33	38.88	45	68.55	73.33	92	73.68

Le taux d'infection présente des valeurs différentes pour les huit vergers mais un peu décelé dans la région de Bouira a par V5, le taux d'infection pour les vergers V6, V7, V8 très élevé dont le pourcentage atteint presque 100%. (**Figure 22**)

On peu dire que l'infection des vergers de poiriers par le feu bactérien dans la wilaya de Boumerdés est plus importante par rapport à la wilaya de bouira.

Cette hypothèse est confirmée par le pourcentage de diffusion de la maladie dans la wilaya de Boumerdés qui obtenue dans les trois vergers de 73.33% Boudouao, 92 % Tedjelabine, 73.68 % Tedjelabine 2.



V1 : verger de Ait l'Aziz, V2+V3+V4 : verger de El-Hachimia, V5 : verger de Ain bessem (les vergers de wilaya de Bouira).

V6 : verger de Boudouao, V7 +V8 : verger de Tidjelabine (les vergers de wilaya de Boumerdés).

Figure n°22 : Le taux d'infection de feu bactérien dans les huit vergers.

IV-4-2- Gravité de la maladie

Pour savoir la valeur moyenne de la classe du feu bactérien, elle estimée par la formule suivante

$$G = \frac{\sum(n_i \cdot i)}{n}$$

- ✓ G : gravité de la maladie
- ✓ ni : étant le nombre d'arbres maladie i (i=1à4)
- ✓ n : le nombre des arbres affectés par le feu bactérien

Tableau n°9 : La gravité de feu bactérien dans les deux wilayas et les huit vergers.

Verger	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
G	1.81	1.83	1.71	2.25	1.78	2.31	2.34	2.41

On peu dire que l'infection des vergers de poiriers par le feu bactérien dans la wilaya de Boumerdés est plus importante par rapport à la wilaya de Bouira.

Concernant La gravité de la maladie, nous avons obtenu des valeurs maximales pour les vergers V4, V6, V7, V8 (**Tableau 9**).

Chapitre IV: Résultats et discussion

La gravité est un peu élevée pour les vergers de Bouira est variée entre 1.71 à 1.83 et par V4 est présente de 2.25 mais la gravité pour les vergers V6, V7, V8 est élevée et similaire entre eux qui varie entre 2.31 et 2.41 par rapport aux autres vergers (**Figure 23**).

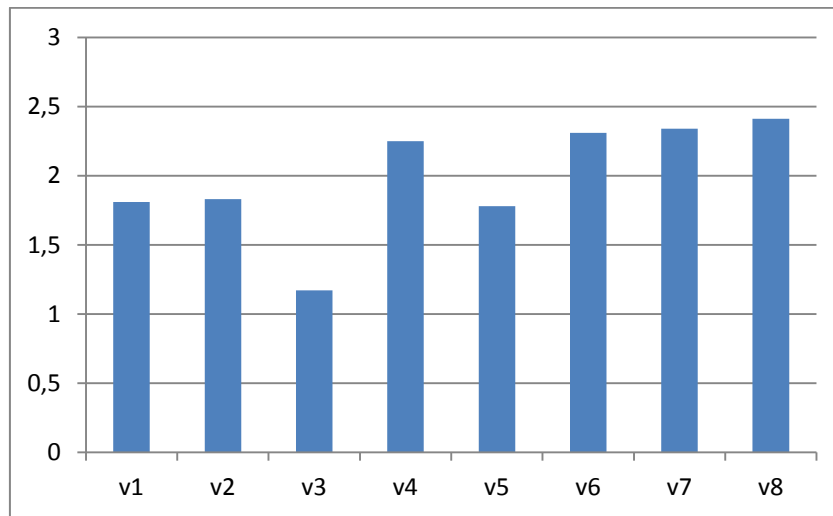


Figure n°23 : La gravité de feu bactérien dans les huit vergers de poirier.

IV-4-3- Intensité moyenne de la maladie << Indice de Mckinney >>

L'incidence du feu bactérien est calculée par l'indice **de Mckinney**, il permet d'évaluer l'altération globale du potentiel de la production d'un verger de poiriers ; il est calculé selon la formule suivante

$$I(\%) = \frac{\sum(n_i \cdot i)}{N \cdot v} \times 100$$

- ✓ I : indice de Mckinney << Incidence de feu bactérien >>
- ✓ n_i : étant le nombre d'arbres malades i ($i=1$ à 4)
- ✓ N : le nombre total des arbres du verger
- ✓ v : la valeur la plus élevée de l'échelle d'évaluation

Tableau n°10 : L'intensité moyenne de feu bactérien dans les deux wilayas et les huit vergers

Vergers	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
I(%)	21.75	16.66	16.66	25.37	33.75	49.16	54	44.47

Les résultats montrent que l'intensité moyenne de la maladie pour la wilaya de Bouira est élevée pour les vergers V1 à 21.75% et V4 à 25.37% , V5 à 33.75% et le pourcentage le plus bas est 16.66% pour V2, V3 ; En comparant ces résultats avec ceux de la wilaya de

Chapitre IV: Résultats et discussion

Boumerdés en particulier les vergers V6 de 49.16 % et V7 de 54% c'est le pourcentage de l'intensité le plus élevé et le pourcentage le plus faible a été obtenu pour le V8 de 44.47 % alors les vergers de la wilaya de Boumerdés présentent des intensités de maladie très importantes en dépassant 50% (**Figure 24**).

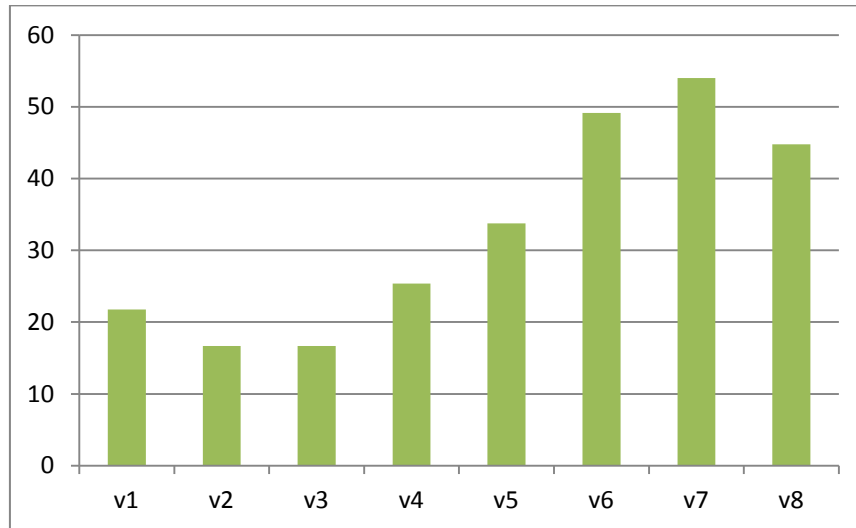


Figure n°24 : l'intensité moyenne de maladie dans les huit vergers.

Tous les résultats qui sont obtenues dans notre étude manquent l'existence et la propagation de la maladie présente dans les vergers de la wilaya Boumerdés très évolué par rapport les vergers de la région de Bouira.

V- Discussion

L'objectif principal de ce travail était de pouvoir établir une comparaison entre deux wilayas Bouira et Boumerdés avec des paramètres de base climatiques, symptomatologiques, et incidence de la maladie du feu bactérien dans les vergers de poiriers, en hiver pendant la période de repos végétatif de la plante hôte,

La bactérie responsable du feu bactérien *Erwinia amylovora* se conserve durant l'hiver dans les chancres de l'année précédente et reprend son activité lors de la poussée de sève.

(Pusey et Curry, 2004). Quand le stade de débourrement des poiriers intervient, la population résidente sur les chancres augmente graduellement, et ce jusqu'à la floraison, période avant laquelle il y a peu de risque d'infection des arbres. Les bactéries peuvent alors être disséminées dans le verger, voire dans les vergers alentours (Thomson, 2000). La bactérie se propage à l'arbre et les symptômes les plus typiques sont alors visibles sur les jeunes rameaux en pleine croissance (Thomson et Gouk, 2003), qui une fois atteints se flétrissent et se courbent en forme de crosse caractéristique à leur extrémité. Ces symptômes caractéristiques de la maladie ont été observés sur tous les vergers étudiés.

Une infection par le feu bactérien peut aller jusqu'à la destruction complète d'un verger ce qui a été observé dans les vergers (V6, V7, V8) dans la wilaya de Boumerdés présentant 80 à 90% d'attaque par contre dans la région de Bouira, l'incidence de la maladie est de 30 à 40 %.

Selon Todd *et al.*, 2017 Il est important de noter que l'estimation des chancres provoqués par le feu bactérien au repos végétatif est importante et ceci après introduction de la bactérie à la phase de croissance estivale et même temps provoquant des symptômes hivernales.

En effet, les infections hivernales causées par le feu bactérien sur les poiriers ont été évaluées par des mesures du nombre et la taille (longueur et largeur) des chancres sur les vergers atteints par le feu bactérien dans les deux wilayas, dans cette étude ont été évalué le nombre et la taille de chancres et nous avons trouvé dans la wilaya de Bouira, le nombre de chancres sur le tronc qui varie entre 140 pour le verger V4, et 180 chancres pour le V3 .

en revanche, dans la wilaya de Boumerdés, la valeur la plus grande de chancres a été obtenu dans le V6 avec 320 et aussi 230 chancres ont été observés. et sur les rameaux le nombre des chancres varie entre 97 pour V1 170 pour V6. Alors les arbres de poiriers de Boumerdés se révèlent plus touchés par la maladie.

L'estimation de la taille (longueur+largeur) sur le tronc et les rameaux plus bas pour les premières classes mais la taille de chancre très élevé pour les dernières classes et en comparant entre les deux wilayas, nous avons enregistré la taille de chancre soit largeur ou la

Chapitre IV: Résultats et discussion

longueur plus grand dans les dernier classe pour la wilaya de Boumerdés. Donc les attaques des arbres par le feu bactérien est très grave dans cette wilaya.

D'après **Johnson et al., 2004** Il a été difficile d'estimer un valeur commune pour les symptômes hivernales telle qu'il a été marqué pour le cas de l'analyse du taux de croissance bactérienne pour *Erwinia amylovora*. Dans cette étude, 40 arbres atteints ont été choisis pour réaliser les analyses statistiques des résultats de chaque verger.

Il a été montré que l'allongement des chancres au repos végétatif est plus fréquent dans les communes de la wilaya Boumerdés.

D'autre part, les facteurs climatiques à savoir la température et la pluviométrie (**Dajoz, 2003**), ont permis d'établir le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson et le climagramme d'Emberger pour la comparaison entre les deux wilayas étudiées.

À partir de l'exploitation des données des précipitations mensuelles et des températures moyennes mensuelles. (**Faurie et al., 2006**). Nous avons conclu que la présence des chancres de feu bactérien au repos végétatif dans la wilaya de Boumerdés dépend des précipitations entre le mois de septembre, jusqu'à février qui varient entre 75 mm et 130 mm. Avec une diminution de température de 10C°.

Pour la région de Bouira les résultats montrent que la précipitation pendant l'hiver surtout entre le mois de septembre, jusqu'au mois de février. 50 mm et 119 mm, Avec une diminution de température pendant l'hiver de 8C°.

Selon **Chouinard, 2014** lorsque les conditions climatiques sont favorables (Température 15 C° et la pluviométrie 100 mm) en présence de l'inoculum d'*Erwinia amylovora* dans la plante hôte s'avéraient à la multiplication et le développement de la maladie au repos végétatif. Néanmoins, des travaux menés par **Johnson et al., 2000**, sur les symptômes de poiriers et pommiers indiquent que la précipitation et la température jouent de rôles dans l'établissement des foyers d'infection de la bactérie et leur colonisation sur l'arbre. Les résultats indiquent que la multiplication de la bactérie dans la wilaya de Boumerdés est plus importante par rapport la région de Bouira.

Le deuxième paramètre Le climagramme d'Emberger permet la classification des différents types de climats méditerranéens (**Faurie et al., 2006**) à partir des données climatiques et en se basant sur le quotient pluviométrique d'Emberger nous avons obtenu l'étage bioclimatique des régions d'étude (**Stewart, 1969**).

Ces résultats montrent que l'étage bioclimatique pour la wilaya de Boumerdés sub humide et région de bouira dans l'étage semi aride, cet indice permet d'observer la différence de

Chapitre IV: Résultats et discussion

facteurs climatiques entre les deux wilayas dans le maintien et la conservation de la bactérie au repos végétatif au sein des deux régions dans les différents vergers.

Selon **Mohammadi, 2010** La maladie évolue en hiver lorsque des températures relativement élevées à partir 10 C° à une forte humidité.

Le feu bactérien est une maladie qui se dissémine très rapidement et se manifeste donc d'une manière totalement et irrégulièrement les vergers des *Rosaceae* lorsque la bactérie est répandue sur les arbres (**Chouinard et al., 2013**).

A partir de nos résultats sur l'étude épidémiologique du feu bactérien au repos végétatif du poirier, le taux d'infection de la population de bactérie ont été détecté dans tous les huit vergers de deux wilaya mais à des pourcentages différents et relativement élevés qui peuvent atteindre jusqu'à 100 % dans les communes de la région de Boumerdés. Le taux d'infection détecté est plus prononcé dans la région de Boumerdés.

En outre, la gravité et l'intensité moyenne de la maladie au repos végétatif et de détection ont été adoptées des travaux réalisés par (**Voegele et al., 2010**). Ces derniers effectuent l'étude épidémiologique de la maladie sur des plusieurs vergers. Notre étude effectuée sur huit vergers a pu optimiser le diagnostic réalisé sur les chances dans le but d'évaluation de l'incidence du feu bactérien.

Les résultats obtenus par les calculs de deux paramètres le pourcentage de l'incidence de la maladie ont révélé et confirmé que les trois vergers de poiriers situés dans les communes de la région de Boumerdés sont fortement atteints par la maladie par rapport à ceux des cinq vergers dans les commune de la région de Bouira dont l'incidence est moins importante vue que la propagation de la maladie n'a pas touché la totalité des arbres des vergers comme la région de Boumerdés.

Au cours de notre conduite d'étude nous avons trouvé la variété le plus répandue de poirier Santa maria pour tous les vergers et dans deux wilayas, cette variété est la plus répandue à l'échelle nationale.

Conclusion

Conclusion

Le feu bactérien représente l'une des maladies les plus dangereuses des arbres fruitiers particulièrement les poiriers, les pommiers et quelques autres espèces de *Maloideae*. L'agent causal de cette maladie est la bactérie *Erwinia amylovora*. Les premiers et grands dégâts ont été enregistrés dans les grands pays producteurs de pommes et de poires à savoir l'Europe et l'Amérique. L'Algérie a été longtemps épargnée par ce fléau, avant d'être rattrapé à la fin des années 2010.

L'étude symptomatologique et l'incidence de feu bactérien sont essentielles pour établir une comparaison entre deux wilayas de Bouira et Boumerdés.

Pour cela, une étude sur terrain a été réalisée en se basant sur la mesure de nombre et la taille (longueur et largeur) des chancres dus au feu bactérien sur les arbres atteints. Un total de huit vergers des poiriers variété Santa Maria a été étudié, répartis sur deux wilayas ; Bouira (Ait El AZIZ, Ain bessem, El Hachimia) et Boumerdés (Tidjelabine, Boudouao), pour établir une étude épidémiologique.

Cette méthode d'évaluation, a permis de conclure que les symptômes d'*Erwinia amylovora* plus prononcés dans les vergers de la wilaya de Boumerdés par rapport aux poiriers de Bouira.

De même, l'exploitation des données climatiques (température et la précipitation) des deux régions, nous a permis de constater que la wilaya de Boumerdés se caractérise par un climat subhumide et favorable permettant le développement et la multiplication de la maladie par rapport à la région de Bouira dont le climat est Semi aride.

Concernant l'estimation la taille et le nombre de chancre par le tronc et les rameaux nous avons noté une grande progression pour les vergers de Boumerdés (Tidjelabine, Boudouaou) par rapport les vergers de Bouira sont manqué que une faible de progression de la maladie.

D'autre part, l'étude épidémiologique à partir du taux d'infection de la maladie, la gravité, et l'intensité moyenne a confirmé les résultats obtenus. En effet, le taux d'infection obtenu dans les trois vergers de Boumerdès a atteint des pourcentages très élevés jusqu'à 92% à Boudouao, 73.33% à Tedjelabine et 73.68 % à Tedjelabine 2. Les résultats de la gravité sont aussi élevés et qui varient entre 2.31 et 2.41 par rapport à ceux de Bouira la gravité varie entre 1.71 à 1.83 aussi les résultats de l'intensité moyenne de la maladie a atteint 54% en comparant avec la région de Bouira le pourcentage de l'intensité moyenne le plus élevé est 33.75%. Nous avons pu conclure que la région de Boumerdés est plus touchée par le feu bactérien par rapport à Bouira.

Conclusion

Le feu bactérien est une maladie bactérienne hautement contagieuse et extrêmement dangereuse dévastatrice. Ce travail constitue une étude préliminaire de l'incidence du feu bactérien et l'épidémiologie de cette maladie en se basant sur l'évaluation des chancre. Dans la future, il serait intéressant de passer à l'isolement et l'identification des souches *d'Erwinia amylovora* responsables de la maladie du feu bactérien (travail en cours de réalisation au laboratoire du département d'agronomie, Université de Bouira).

Il ya Diverses mesures de lutte et de régulation ont été envisagées et appliquées en vue de réduire les infestations de cet organisme de quarantaine et de protéger les vergers des infections.

Les prochaines recherches sur l'étude des populations *d'Erwinia amylovora* sont souhaitables en se basant sur des prospections et étude symptomatologique sur terrain, évaluation de l'incidence de la maladie sur d'autres vergers des wilayas étudiées (Bouira et Boumerdès) ainsi que d'autres régions d'Algérie pour établir une étude plus profonde à l'échelle régionale et nationale.

Il serait intéressant de développer les méthodes de lutte contre la maladie du feu bactérien efficaces et respectueuses à l'environnement se basant sur la combinaisons des moyens de lutte biologiques, culturales, génétique....., dans le cadre d'une lutte intégrée afin de limiter la propagation de cette maladie sur d'autres plantes hôtes et d'autres régions saines.

Références bibliographiques

- Abajo, P.M. (2006).** Development of molecular monitoring methods and assessment of the environmental fate of the biological control agent of fire blight *Erwinia amylovora* EPS62e. UDG, Doctorat Thesis.
- Abdelguerfi, A. (2003).** Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture. Projet ALG/97/g31.
- Agence nationale de développement de l'investissement (ANDI).** la situation géographique de Bouira. 2015.20p. <http://www.andi.dz/index.php/fr/>. Consulter le (09/05/2017).
- Aldwinckle, H., Gustafson, H. (1993).** Hot water treatment for eradication of *Erwinia amylovora* from propagating wood. Acta Hort. 309-338.
- Al-Karablieh, N., Weingart, H., Ullrich, M. S. (2009).** The outer membrane protein TolC is required for phytoalexin resistance and virulence of the fire blight pathogen *Erwinia amylovora*. Microb Biotechnol 2, 465–475.
- Amara, H. (2017).** Stratégie de lutte contre le Feu Bactérien et intérêt de la défoliation des AF, profert, 2/03/2017, 7p.
- Bami, R. (2010).** Le Feu bactérien s'attaque aux rosacées à pépins dans plusieurs régions du pays. Journal Le Matain du 29 Septembre 2010.
- Barionovi, D., Giorgi, S., Stoeger, A., Ruppitsch, W., Scortichini, M (2006).** Characterization of *Erwinia amylovora* strains from different host plants using repetitive-sequences PCR analysis, and restriction fragment length polymorphism and short-sequence DNA repeats of plasmid pEA29. J Appl Microbiol 100, 1084-1094.
- Bassene, E., Mahamat, B., Lom., Boye, C.S, Faye B. (1995).** Comparaison de l'activité antibactérienne de trois Combretaceae : *C. micranthum*, *Guierasenegalensis* et *Terminalia avicennioides*. Fitoterapia, 66(1), 86-87.
- Berger, N. (2008):** Fiche Poire de bouche, 1 P.
- Bertrand, B. (2015).** Expert national arboriculture fruitière DGAL / SDQPV. Problématique pour le commerce des pommes, Organismes nuisibles de qualité et quarantaine, Mardi 12 mai 2015, Villenave d'Ornon, 43p.
- Blázquez, M. A. (2000).** Flower development pathways. Journal of Cell Science, 113(20), 3, 47-3548.
- Bocsanczy, A. M., Nissinen, S., Beer, S. V. (2008).** HrpN of *Erwinia amylovora* functions in the translocation of DspA/E into plant cells. Mol Plant Pathol 9, 425–434.

Références bibliographiques

- Bogs, J., Richter, K., Kim, WS., Jock, S., Geider, K. (2004)** .Alternative methods to describe virulence of *Erwinia amylovora* and host plant resistance against fire blight. *Plant Pathol* 53, 80 -89.
- Boukhari, M. A., Tahiri, A. (2013)**. « Contribution à l'étude de la diversité génétique d'*Erwinia amylovora* (burri, 1883), agent responsable de la maladie du feu bactérien et essais de lutte biologique », Mémoire de fin d'étude, Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès, 80p.
- Boureau, T., El Maarouf-Bouteau, H., Garnier, A., Brisset, M. N., Perino, C., Pucheu, I., Barny, M. A. (2006)**. DspA/E, a type III effector essential for *Erwinia amylovora* pathogenicity and growth in planta, induces cell death in host apple and nonhost tobacco plants. *Mol Plant Microbe Interact* 19, 16–24.
- Brisset, MN., Cesbron, S., Thomson, SV., Paulin, JP. (2000)**. Acibenzolar-S-methyl induces the accumulation of defense-related enzymes in apple and protects from fire blight. *Eur J Plant Pathol* 106,529-536.
- Buban, T., Földes, L., Kormany, A., Hauptmann, S., Stammler, G., Rademacher, W. (2003)**. Prohexadione-Ca in apple trees: control of shoot growth and reduction of fire blight incidence in blossoms and shoots. *J Appl Botany* 77, 95-102. **Burrill, F.J. (1883)**. New species of *Micrococcus* (Bacteria). *Am Naturalist* 17, 319-320.
- Burse, A., Weingart, H., Ullrich, M. S. (2004)**. The phytoalexin inducible multidrug efflux pump AcrAB contributes to virulence in the fire blight pathogen, *Erwinia amylovora*. *Mol Plant Microbe Interact* 17, 43–54.
- Charest, J., Phillion, V. (2004)**. Stratégies d'intervention contre la brûlure bactérienne. *Bulletin d'information du réseau d'avertissement phytosanitaire*, No 03 – 16 avril 2004. <http://www.agrireseau.qc.ca/Rap/documents/b03pom04.pdf> (consulté le 17/04/2017).
- Chouinard, G. (2014)**. Guide de référence en production fruitière intégrée à l'intention des producteurs de pommes du Québec. Institut de recherche et de développement en Agroenvironnement, Québec, QC.
- Cornelis, GR. (2006)** . The type III secretion injectisome. *Nature Reviews Microbiology*, 811-825.
- Da Cunha, L., Sreerekha, MV., Mackey, D., (2007)**. Defense suppression by virulence effectors of bacterial phytopathogens. *Current Opinion in Plant Biology*, 349-357.
- Dajoz, R. 2003**. Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris. 615p.

Références bibliographiques

- Delaunay, S. (2009).** Interaction entre des mutants *hrp* d'*Erwinia amylovora*, agent du feu bactérien, le parent pathogène et la plante hôte : recherche de mécanismes modulant la compatibilité. Thèse de Doctorat. Spécialité : Biologie cellulaire et moléculaire végétale. Ecole Doctorale d'Angers. *Mol Plant Microbe Interact* 19, 16–24.
- Donat, V., Biosca, EG., Rico, A., Penalver, J., Borrueal, M., Berra, D., Basterretxea, T., Murillo, J., Lopez, MM. (2005).** *Erwinia amylovora* strains from outbreaks of fire blight in Spain: phenotypic characteristics. *Annals of Applied Biology*, 146 (1), 105-114.
- Donat, V., Bosca, EG. Penalver, J., Lopez, MM. (2007).** Exploring diversity among Spanish strains of *Erwinia amylovora* and possible infection sources. *J Appl Microbiol* 103, 1639-1649.
- Élisabeth, Jérôme Jullien, (2014).** *Cultiver Et Soigner Les Fruitières*, Sang de la Terre et Groupe Eyrolles, 2014 ISBN 978-2-212-14068-2.
- Expert, D., Dellagi, A., Kachadourian, R. (2000).** Iron and fire blight: role in pathogenicity of desferrioxamineE, the main siderophore of *Erwinia amylovora*. In: Vanneste J (ed) *Fire blight: the disease and its causative agent, Erwinia amylovora*. CABI Publishing, Oxon, 179-195.
- FAO,(2007).** Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.faostat.fao.org>. Accessed 2013.
- Faurie, C., Ferra, C., Médori, P., Dévaux, J. et Hemptinne, J. L. (2006)** .*Ecologie approche scientifique et pratique*. Edition. Doc (Lavoisier), Paris. 405p.
- Genini, M. (2012).** Feu bactérien en Valais: le point de la situation à fin 2012, Service cantonal de l'Agriculture, 10 p.
- Ghennai, K., Ghennai, H. (2015).** Identification de la bactérie (*Erwinia amylovora*) et étude de l'activité antibactérienne des extraits végétaux d'une gamme de plantes contre cet agent phytopathogène. Master En Biologie : Biotechnologie Microbienne. M'hamed Bougara – Boumerdès : Université M'hamed Bougara –Boumerdès, 115p.
- Gill, J.J., Svircev, A.M., Smith, R., Castle, A.J. (2003):** Bacteriophages of *Erwinia amylovora*. *Appl Environ Microbiol* 69, 2133-2138.
- Gottsberger, R.A. (2010).** Development and evaluation of a real-time PCR assay targeting chromosomal DNA of *Erwinia amylovora*. *Applied Microbiology*, 51, 285-292.
- Harborne, J.B., Williams, C.A. (2000).** Advances in flavonoid research since *Phytochemistry*. 55, 481-504.

Références bibliographiques

- Heyens, K., Valcke, R. (2006).** Fluorescence imaging of the infection pattern of apple leaves with *Erwinia amylovora*. *Acta Hort.* 704, 69–74.
- Hueck, C. (1998).** Type III protein secretion systems in bacterial pathogens of animals and plants. *Microbiol Mol Biol Rev*, 379-433.
- Hummer, K., Janick, J. (2009).** Rosaceae: taxonomy, economic importance, genomics. In: Foltá KM, Gardiner (Eds) *Genetics and genomics of Rosaceae*. Series plant Genetics and Genomics: Crops and models, vol 6, Springer, New York, pp 1-17. Hutchinson J (1964) the genera of flowering plants Vol 1 Dicotyledons Clarendon.
- Ishimaru, C., Klos, E.J. (1984).** New Medium for Detecting *Erwinia amylovora* and Its Use in Epidemiological Studies. *Phytopathology*, 74, 1342-1345.
- Jérôme, J. (2015).** Bactérie phytopathogènes : biologie, épidémiologie, diagnostic, nuisibilité. Gestion des parasites émergents en cultures spécialisée, Expert national en surveillance biologique du territoire –DGAL- SDQPV-, jeudi 26 novembre 2015, 68p.
- Judd, WS., Campbell, CS., Kellogg, EA., Stevens, PF. (1999).** *Plant Systematics: A phylogenetic approach*. Sinauer Associates Inc Sunderland MA. 290–306.
- Johnson, K. B., Stockwell, V. O., Sawyer, T. L., Sugar, D. (2000).** Assessment of environmental factors influencing growth and spread of *Pantoea agglomerans* on and among blossoms of pear and apple. *Phytopathology*, 90(11), 1285-1294.
- Johnson, K.B., Stockwell, V.O., Sawyer, T.L., (2004).** Adaptation of fire blight forecasting to optimize the use of biological controls. *Plant Dis.* 88, 41–48.
- Jurgens, A. G., Babadoost, M. (2013).** Sensitivity of *Erwinia amylovora* in Illinois apple orchards to streptomycin, oxytetracycline, kasugamycin, and copper. *Plant Dis.* 97:1484-1490.
- Kachadourian, R., Dellagi, A., Laurent J, Bricard L, Kunesch G, Expert D. (1996).** Desferrioxamine-dependent iron transport in *Erwinia amylovora* CFBP1430: cloning of the gene encoding the ferrioxamine receptor FoxR. *Biometals* 9(10) 143-150.
- Karafach, A. (2015).** Isolement et identification de bactéries antagonistes contre *Erwinia amylovora*, agent causal du feu bactérien des rosacés pépins. Mémoire d'étude : biotechnologie microbienne : Tizi Ouzou : Université de sidi Mohamed ben Abellah, 55 p.
- Keck, M; Chartier, R.; Zislavsky, W.; Lecomte, P. and Paulin, J.P. (1995).** Heat treatment of plant propagation material for the control of fire blight. *Plant Pathol.* 44,124-129.

Références bibliographiques

- Kilian, M., Steiner, U., Krebs, B., Junge, H., Schmiedeknecht, G., Hain, R. (2000).** TZB24® *Bacillus subtilis* - mode of action of a microbial agent enhancing plant vitality. Pflanzenschutz-nachrichten Bayer, Applied and Environmental Microbiology.
- Laala, S., Manceau, C., Valentini, F., Kerkoud, M., Kheddami, M. (2012).** Fireblight survey and first characterization of *Erwinia amylovora* isolates from Algeria. Journal of plant pathology 10.4454/JPP.FA.2012.068.
- Lamant T., Lévêque L. (2005).** Pommier et poiriers sauvages : comment les reconnaître ? Les rendez-vous techniques n°8, Office national des forêts.
- Lamine, S., Fadil, D., Benchabane, M. (2008).** “Diagnostic du dépérissement des agrumes dans la Mitidja (Algérie)”. Séminaire national sur Les interactions faune-Flore et impact des changements globaux, 02 et 03 décembre 2008, Blida, Algérie.
- Lamine, S. (2011).** “Impact du Dépérissement des Agrumes dans la Mitidja (Algérie): Etude Etiologique et Epidémiologique». Thèse de Magister, Juin 2011, Université de Blida, 191p.
- Llop, P., Barbé, S., Lopze, MM. (2011).** Function and origin of plasmids in *Erwinia* species that are pathogenic to or epiphytically associated with pome fruit trees. Trees 10.1007/s00468-011-0630-2.
- Mabberley, D. J. (1987).** The Plant-Book. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. pp. 506–507.
- Makoi, J.H.J.R., Ndakidemi, P.A. (2007).** Biological, ecological and agronomic significance of plant phenolic compounds in rhizosphere of the symbiotic legumes. African Journal of Biotechnology, 6(12), 1358-1368.
- Maxson-Stein, K., He SY, Hammerschmidt, R., Jones, A. (2002).** Effect of treating apple trees with acibenzolar-S-methyl on fire blight and expression of pathogenesis-related protein genes. Plant Dis 86:785-790
- Meczker, K., Domotor, D., Vass, J., Rakhely, G., Schneider, G., Kovacs, T. (2014):** The genome of the *Erwinia amylovora* phage PhiEaH1 reveals greater diversity and broadens the applicability of phages for the treatment of fire blight. *FEMS Microbiol Lett* 350: 25-27.
- Mohammadi, M. (2010).** Enhanced colonization and pathogenicity of *Erwinia amylovora* strains transformed with the near-ubiquitous pEA29 plasmid on pear and apple. *Plant Pathol* 59, 252–261.

Références bibliographiques

- Molina, L., Rezzonico, F., De´ fago, G., Duffy, B. (2005).** Auto induction in *Erwinia amylovora*: evidence of an acyl-homoserine lactone signal in the fire blight pathogen. *J Bacteriol* 187, 3206– 3213. Mudgett, M. B.
- Momol, M. T., Aldwinckle, H. S. (2000).** Genetic diversity and host range of *Erwinia amylovora* (pp. 55-72). Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Moulai, Y. (2017).** Prospection sur la présence du mildiou de la pomme de terre dans la wilaya de Bouira, 5p.
- Norelli, JL., Jones, AL., Aldwinckle, HS. (2003).** Fire blight management in the twenty-first century, using new technologies that enhance host resistance in apple. *Plant Dis* 87:756-765.
- Organization européenne et méditerranéenne pour la protection de plante (OEPP), (2011).** Premier signalement d'*Erwinia amylovora* en Algérie. No 6 Paris 01 Juin 2011.
- Organization européenne et méditerranéenne pour la protection de plante (EPPO), (2006).** Bulletin 34: 1596171
- Palacio-Bielsa, A., Rosello, M., Liop, P., Lopez, MM. (2011).***Erwinia spp.* From fruit trees: similarities and differences among pathogenic and non-pathogenic species. *Trees*10.1007/s00468-011-0644-9.
- Parkhill, J., Wren ,BW., Thomson, NR., Titball, RW., Holden, MT., Prentice, MB., Sebaihia,M., James, KD., Churcher, C., Mungall, KL., Baker, S., Basham,D., Bentley, SD., Brooks, K., Cerdeño-Tárraga,AM., Chillinworth, T., Cronin,A., Davies,RM., Davis,P., Dougan, G., Feltwell,T., Hamlin ,N., Holroyd,S., Jagels, K., Karlyshev, AV., Leather, S., Moule, S., Oyston, PC., Quail, M., Rutherford, K., Simmonds, M., Skelton, J., Stevens, K., Whitehead,S., Barrell,BG. (2001).** Genome sequence of *Yersinia pestis*, the causative agent of plague. *Nature* 413,523-527.
- Paulin, J.P. and Lachaud, G. (1984).** Comparison of the efficacy of some chemicals in preventing fire blight blossom infections. *Acta Hort.* 151,209-214.
- Philion V. (2014).**Le feu bactérien. In : Guide de référence en production fruitière intégrée pour les producteurs de pommes du Québec. Edition CFP, Pageau C. F. ; IRDA, Poulin D., Québec, 403-422 p.

Références bibliographiques

- Powney, R., Smits, THM., Sawbridge, T., Frey , B., Blom, J., Frey, JE., plummer, KM., Beer, SV., Lick, J., Duffy, B., Rodoni, B. (2011).** Genome sequence of an *Erwinia amylovora* strain with pathogenicity restricted to Rubus plants. *J Bacteriol* 193,785-786.
- Pusey, P. L., Smith, T. J. (2008).** Relation of apple flower age to infection of hypanthium by *Erwinia amylovora*. *Plant Dis.* 92,137-142.
- Rademacher, W. (2000).** Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 51,501-531
- Rhouma, A. (2013).** Lutte Intégrée contre la maladie de feu bactérien dans les conditions tunisiennes, Formulaire De Proposition D'une Action De Recherche (AR), Direction de la planification du suivi et de l'évaluation des programmes de recherche, 01/01/2013,9p.
- Roemmelt, S., Zimmermann, N., Rademacher, W., Treutter, D. (2003).** Formation of novel flavonoids in apple (*Malus domestica*) treated with the 2-oxoglutarate-dependent dioxygenase inhibitor prohexadione-Ca. *Phytochemistry* 64:709-716
- Saoud, H., Mniai, D. (2010)** « Gestion de la crise feu bacterien au maroc ». Journée sécurité sanitaire des produits alimentaires, p 43.
- Smits, T. H. M., Duffy, B. (2011).** Genomics of iron acquisition in the plant pathogen *Erwinia amylovora*: insights in the biosynthetic pathway of the siderophore desferrioxamine E. *Arch Microbiol* 193, 693–699.
- Solyman, B.D., G. Walker, N. Carter, G., Bonn. (2002).** Brûlure bactérienne de la pomme et de la poire en Ontario. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario, Agdex.210 p.
<http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/02-012.htm>.
- Spinelli, F., Speakman, JB., Rademacher, W., Halbwirth, H., Stich, K., Costa, G. (2005).** Luteoforol, a flavan 4-ol, is induced in pome fruits by prohexadione-calcium and shows phytoalexin-like properties against *Erwinia amylovora* and other plant pathogens. *Eur J Plant Pathol* 112,133-142
- Stewart, P. (1974).** Un nouveau climatogramme pour l'Algérie et son application au barrage vert. *Bull. Soc. Hist. Anti. Afr. Nord.* Alger, 65(1-2): 239-248.
- Stockwell, V.O., Duffy, B. (2012).** Use of antibiotics in plant agriculture. *Rev. Sci. Tech,* 31,199–210.

Références bibliographiques

- Tang, X., Xiao, Y., Zhou, JM. (2006).** Regulation of the type III secretion system in phytopathogènes bacteria. *Mol Plant Microbe Interact* 8 (19), 1159-1166.
- Thomson, S.V. (2000).** Epidemiology of fire blight. Pp. 9-36. In: Vanneste, J.L. (Ed.). *Fire Blight. The Disease and its Causative Agent, Erwinia amylovora*. CABI Publishing. Wallingford. UK.
- Thomson, S. V., Gouk, S. C. (2003).** Influence of age of apple flowers on growth of *Erwinia amylovora* and biological control agents. *Plant Dis.* 87,502-509.
- Tireche, S. (2006).** Contribution et l'évaluation de la pollution au profit des collectivités locale. Application d'un système d'évaluation de la qualité. Mémoire de magister : Génie de procédé. Département de génie de procédé chimique et pharmaceutique. Université Mohamed Bougera-Boumerdès, 139p.
- Todd N. Temple, Virginia O. Stockwell, P. Lawrence Pusey, and Kenneth B. Johnson. (2007).** Evaluation of Likelihood of Co-Occurrence of *Erwinia amylovora* with Mature Fruit of winter 97:1263-1273.
- Vanneste, JL., Lex, S., Vermeulen, M., Berger, F. (2002).** Isolation of *Erwinia amolovora* from blighted plums (*Prunus demestica*) and potato roses (*Rosa rugosa*). *Acta Hort* 590, 89-94.
- Van der Zwet, T. (2002).** « Present world-wide distribution of fire blight». *Acta Horticulturae* 590, 33-34.
- Van der Zwet, T., Orolaza-Halbrendt, N., Zeller, W. (2012).** Fire Blight, History, Biology, and Management. *Journal of Phytopathology*, 83-91.
- Vöegele, R. T., Kunz, S., Olbrecht, L., Hinze, M., Weißhaupt, S., Schmid, A., Mendgen, K. (2010).** Monitoring *Erwinia amylovora* using real time PCR. In 14th International Conference on cultivation technique and phytopathological problems in organic fruit-growing. FÖKO eV Weinsberg, FÖKO eV 110-117p.
- Zerka, S., Achit, F. (2015).** Etude de l'effet des variations climatiques sur la phénologie d'une variété de poirier (*Pyrus communis*), *Santa maria* dans la zone de Bouzaher, Ain Defla. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master : Gestion Qualitative des Productions Agricoles. Faculté Des Science De la Nature Et De La Vie Et Science De La Terre : Université Djilali Bounaama Khemis Miliana, 102p.

Références bibliographiques

Zhang, Y. Jock S, Geider, K . (2000). Genes of *Erwinia amylovora* involved in yellow color formation and release of a low-molecular-weight compound during growth in the presence of copper ions. *Mol Gen Genet* 264,233–240.

Zhao, Y., Blumer, SE., Sundin, GW. (2005). Identification of *Erwinia amylovora* genes induced during infection of immature pear tissue. *J Bacteriol* 187:8088-8103.

Zhao, Y. F., Wang, D. P., Nakka, S., Sundin, G. W., Korban, S. S. (2009). Systems level analysis of two-component signal transduction systems in *Erwinia amylovora*: role in virulence, regulation of amylovoran biosynthesis and swarming motility. *BMC Genomics* 245 p.

Ziad, A. (2011). Algérie: Le feu bactérien a affecté des centaines d'hectares. *Journal La Tribune* du 29 Août, 2011.

ANNEXE

Tableau n°01 : Présentations des mesures des chancres (commune de cheikh EL-Hachimia wilaya de Bouira).

Arbres	Nombres des chancres		Les mesures des chancres			
	Troncs	Rameaux	Troncs		Rameaux	
			Long (cm)	Larg (cm)	Long (cm)	Larg (cm)
A1	6	4	56	11	11	0.5
			13	8	16	0.9
			7	2	9.5	1.5
			11	1.5	3	0.5
			19	1.5		
			28	3		
A2	5	2	39	11	12	2
			23	6	19	1
			16	2.2		
			17.8	4		
			32	3		
A3	6	4	8	5	10	2.5
			53	18	9	2
			15	1	10	0.5
			7	0.5	4	0.5
			7	1.5		
			4	0.8		
A4	4	3	35.5	6	20	3
			63.5	14	14	1.9
			18	2.5	7	0.5
			29	7		
A5	3	3	40	8	13	2
			29	4	16.5	3
			13	1	4	0.5
A6	4	1	30	5	12	0.5
			21	2		
			18	2.5		
			27	1.5		
A7	4	2	29	5	14	1.5
			10	1.5	11	1
			14	3		
			9	1.5		
A8	2	5	33	8	15	2
			49	11	8	2
					12	1
					6	1
					19.5	2
A9	2	1	25	3.5	14	2

			37	7		
A10	4	1	54 42 18 12	19 7 2.5 1	20	1
A11	6	4	13 6 33 13 7 28	5 1 3.5 0.5 0.5 9	6 9 5.5 6	1 2 2 1
A12	4	2	13 6 44 13	1.9 1 16 3	17 10	2.4 2
A13	2	1	28 10	9 4	11	1
A14	1	4	61	20	18.5 5 16 20	2 0.5 1 2
A15	3	1	28 10 49	6 3 9	6	0.5
A16	3	5	41 5 7	16 0.9 0.5	19 9 13.5 7 3	3 1 3 1 0.5
A17	4	2	32 10 34 17	14 1.5 4 2	15 4	7 1
A18	2	4	110 39	12 7	12 21 8 6.5	1.5 3.2 1 1
A19	5	1	71 43 27 12 7	16 9 3 2 0.8	18	2
A20	3	5	33 12 72	5 4 16	10 17 6 6.5	1 3 0.5 0.9

					9	2
A21	7	2	57 10 9 27 12 7 9	13 6 0.5 3 0.5 0.4 0.9	20 14	4 1.9
A22	5	3	71 10 16 20 47	23 12 2 9 8	19 12 5	2.9 2 0.8
A23	2	3	80 22	13 2	12 5 7.5	2 1 1
A24	4	2	67 18 15 9	16 4 3 1	8 6	1.5 1
A25	3	2	34 9 31	9 1 4	9 12	1 3.5
A26	3	1	17 28 14	2 3 2.5	8	2.3
A27	4	1	44 37.6 9 27	7 5 1 3	18	2.5
A28	2	2	69 37	16 6	17 4	2 0.5
A29	6	1	12 41 32.3 12 16 4	3 17 4 2 2 0.4	9	1
A30	6	2	57 8 16.5 6 9 11	11 1 2 1 1 1	14 4	2 0.6
A31	6	1	25 17.2	3.3 2	9	1

			61 7 4 4	14 1 0.5 0.5		
A32	3	4	6 15 26	1 2 4	12 6 4 9	2 0.3 0.5 1
A33	2	1	18 71	2 13.7	2	0.5
A34	4	1	52 5.7 12 7	12 1 1 1	7	1
A35	3	2	22 6 6	2.9 0.5 0.5	6 7	1 1
A36	3	1	14 35 7	3.6 6 1	7	1
A37	2	1	73 43	18 6	7	3.1
A38	4	3	23 17 47 8	3 3 11 1	13 4 7	2 0.5 1
A39	3	7	44 19 9	9 2 2	20 4 7.6 11 3 3 6	2 1 1 2 0.4 0.5 1
A40	4	2	14 27 34 9	2 3.8 5 1	12 2	2 0.4

Tableau n°06 : Présentations des mesures des chancre (La commune de Boudouaou wilaya de Boumerdés).

Arbres	Nombre des chancre		Les mesures des chancre			
	Troncs	Rameaux	Troncs		Rameaux	
			Long (cm)	Larg (cm)	Long (cm)	Larg (cm)
A1	8	6	15	2	12	2
			20	2.3	20	2
			70	9	16	1
			36	4	3	0.5
			56	12	4	0.5
			6	1	4	1
			33	4		
			12	2		
A2	9	5	71	10	18	2.3
			10.5	1	20	2
			60.2	4	12	1
			15.4	1	12	1.8
			25	3	4	1
			14	1.4		
			9	1		
			29	2		
6	1					
A3	2	1	20	2	5	2
			35.5	4.2		
A4	7	2	50	7.5	6	1
			22	2	10	1.6
			14	2		
			4	1		
			4	0.5		
			8	1		
17	2.2					
A5	8	7	15	2	20	2
			75	14	14	1
			30	1.5	11	1
			69	3	11	1
			8	2	2	0.1
			5	0.3	6	1
			4	0.5	5	0.7
7	1					
A6	1	2	120	19	7	1
					11	1.6
A7	3	1	16	3	4.9	1
			14	1		
			27	3.4		
A8	9	3	47	8	7	1.5

			9	1	3	0.5
			30	4	3	0.5
			90	10		
			35.5	2		
			27	3.3		
			34.3	4		
			85	7.2		
			4	0.4		
A9	5	2	19.9	3	8	1
			20.1	2.5	11	1.8
			8	1		
			10.1	2		
			15	2.2		
A10	6	1	118	17	12	1
			16	2		
			6	1		
			3	0.2		
			3	0.3		
			8	1		
A12	5	4	39	4.2	8	2
			14	2	2	0.5
			21	4	5.5	1
			5	0.6	3	1
			8	2		
A13	8	5	15	3	6	1.7
			20.1	2.2	4	1
			35.5	3	2	1
			11	2	2.6	
			7	1	1	0.6
			6.7	1.8		
			3	1		
			1.2	1		
A14	10	2	50.5	21.4	3.5	1
			43	12	8	2.4
			21	3		
			23	3.5		
			12.5	1		
			10	2		
			8	2		
			8	1.5		
			6	1		
			2.8	1		
A15	7	4	109	22.5	14	3
			25.5	3	5	1
			19	2	7	0.5
			11	1	3	1

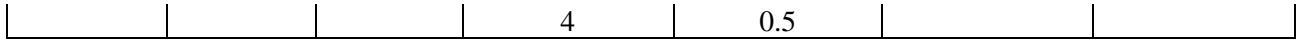
			11	2		
			7	1.5		
			2	1		
A16	12	4	60.5	19	14	2
			39	4	11	2
			31	3	4	0.7
			18	3.1	1	0.5
			14.5	3		
			17	2		
			11	2		
			9	1.5		
			4	1		
			2	1		
			2.6	1		
			1.8	0.5		
A17	4	2	115	22	2.5	1
			23	4	3	1
			17.5	2		
			15	2.3		
A18	6	3	6.5	1	7	2.5
			13.5	1.9	6.5	1
			49	11	2	1
			7.7	2.3		
			6	1		
			12	2		
A19	12	8	15.7	2.3	3	0.4
			19	2	3	1
			51	10	11	2
			10	2	7.8	1
			7	1	4	1
			7	1.4	2	
			4	1	1	0.3
			2	0.5	1.4	0.5
			2	1		
			17	2		
			22	3		
			13	2.5		
A20	7	2	122	13.5	12	2.5
			90.5	8	2.8	1
			17	2		
			24	3		
			12	2.8		
			4	1		
			12	2		
A21	13	6	70	12	13	2
			41	10	7	2

			26	3	3	1
			28.7	3	3	
			15	2	1.6	0.5
			18	2.5	1.5	0.5
			11	2		
			6	1		
			9	2		
			6	1		
			3	0.5		
			1	0.3		
			1	0.5		
A22	3	1	11	2	2	0.4
			13	2.8		
			39	5		
A23	11	6	102	30	17	2.5
			33	15,5	20	3
			27	11.1	3	0.3
			22	6.5	7	1
			22.6	5	14	1
			8.6	2	2	0.5
			4.5	1.5		
			4	2		
			3	1.5		
			2	0.2		
			2.7	1.5		
A24	8	5	86	14	13	2
			38	7	6	2
			13	3	1	0.3
			11	1	9	1
			8.5	2	2.8	
			4	0.5	4	1
			5	1		
			2	0.6		
A25	15	9	53	12	20	1
			27	4	15	1.8
			22	3.5	2	0.4
			29	3	2	1
			11.6	2	3	1
			19	3	1	0.2
			11	1	4.5	1
			2	0.3	3	0.5
			7	1	1.8	0.5
			9.5	2		
			14.5	2.4		
			4	0.5		
			5	0.5		

			2	0.3		
			2	1		
A26	6	2	44	11	3	1
			12	2.5	11	2
			27.5	3.5		
			14	2		
			5	1		
			8	2		
A27	14	11	119	21	19	3
			81	14	12	2
			43	7	20	2.8
			49	11	7	1
			30.5	4	7	1.5
			21	3.3	4	1
			28	3	4	0.3
			13	1	4.6	0.5
			17.4	2	2	0.3
			17	2	2	0.3
			15	3	3	0.5
			9	1		
			5	1.5		
			5.8	1		
A28	8	5	3	0.4	11	2
			91	15	4	0.5
			68	8	10	1
			19.5	2	16	2.4
			16	3	13	1
			7	1		
			2	0.4		
			9	1		
A29	11	9	59	4	20	2
			23	3	20	3
			28	3.5	13	1.7
			22.5	3	4	1
			29	4	7.9	1
			17	2	4	0.3
			12	5	2	0.3
			11	2	1	0.2
			7	1	5	1
			7	2.5		
			9	2		
A30	8	11	119	6	19	2
			17	2	12	1
			40	9	12	1
			11	2	15	2
			9	1	5	1

			9 4 1	1.6 0.5 0.2	5 9 4.6 2 3 4	0.5 1 0.5 0.3 0.3 1
A31	11	6	60 25.7 29 31 18 12 19 12 8 8.5 2	8 2 2 2.5 3 1 2 2 1 1 0.4	12 5 5.5 4 8 2	2 1 0.5 1 1 0.4
A32	5	2	64 44 13 6 18.5	12 3 2 1 2.8	20 4.5	2 0.5
A33	12	2	93 57 29 24.5 21 24 18 13 13.5 11 4 2	10 4 2 2 2 2. 2.4 1 1.3 1 0.3 0.5	8.5 12	1 2.2
A34	6	5	73 38 30 26 6 9	5 3 3.6 2 1 1.5	14 9 9.7 3 5	2 1 2.1 0.5 1
A35	12	5	85 47 33 41 23 20	4 2 2 3 2.8 2	11 20 9 4 15	2 2.5 1 1 1.7

			17	1.6		
			16.6	2		
			4	1		
			7	1		
			7	1.4		
			2	0.4		
A36	6	3	85	11	20	2
			74	8	7	1
			41	3.5	2	1
			23	2		
			16	1		
			9	1		
A37	7	4	67	4	17.9	2
			45.8	2	2	0.5
			26	3	4	1
			18	2.5	5.7	1
			18.5	2		
			3	0.3		
			5	1		
A38	12	9	98	7	11	2.5
			40	5	9	3.2
			29	3	15	4
			26.8	3.5	7.6	3.3
			27	2	9	2.5
			16	2	18	4.5
			12	1	4	4.2
			12	2.3	3.5	1.2
			7	1	3	0.5
			5	1		
			5	1		
			2	0.4		
A39	6	1	66	12.5	14	2
			53	6		
			34	2		
			15	3		
			8	1		
			4	0.3		
A40	10	8	103	11	12	1
			72	4	18	2.5
			29	2	14	1
			22	3.4	7	1
			10	2	9.6	1
			11	1	3	0.4
			19.5	2	3	0.5
			8	1	2	0.5
			7	0.5		



Symptomatologie et incidence du feu bactérien sur les vergers de poiriers au repos végétatif dans deux wilayas Bouira et Boumerdés

Résumé

Ce présent travail a pour objectif de réaliser une étude symptomatologique des vergers de poiriers en période d'hiver durant le repos végétatif de la plante hôte, soupçonnés d'être atteints de la maladie du feu bactérien causée par *Erwinia amylovora* dans. Cette étude a été effectuée sur un total de huit vergers de poiriers variété Santa Maria dont cinq vergers situés dans trois communes de la wilaya de Bouira Ait l'Aziz, Ain bessem, El Hachimia et trois vergers à Boumerdés situés à Tidjelabine et Boudouao. L'évaluation de l'incidence de la maladie est basée sur une étude comparative entre les deux régions par la mesure de nombre et la taille des chancres sur les rameaux et troncs de poiriers. Les résultats obtenus de taux d'infection dans les trois vergers de Boumerdès ont montré des pourcentages très élevés allant jusqu'à 92 % Tedjelabine 1, 73.33% Boudouao et 73.68 % Tedjelabine 2. De même, la gravité de la maladie est élevée qui varie entre 2.31 et 2.41. Ainsi, l'intensité moyenne du feu bactérien pour les vergers de Boumerdès présente des pourcentages très élevés 49.16 % Boudouao et 54 % dans la commune de Tidjelabine 1 et 44.47 % à Tidjelabine 2. Ceci révèle que l'incidence de la maladie est plus importante dans les vergers de la wilaya de Boumerdés. Les vergers de Bouira présentent des taux d'infection entre 35.33% et 68.55 % et la gravité varie entre 1.71 à 1.83 et l'intensité moyenne avec un pourcentage le plus élevé 33.75% sont relativement faibles en comparaison avec ceux de Boumerdès. Le climat s'est révélé plus favorable au développement du feu bactérien pour la wilaya de Boumerdés qui se caractérise par climat sub humide par rapport à la région de Bouira dont le climat est semi aride. Les résultats obtenus confirment que la wilaya de Boumerdés est la plus touchée par la maladie du feu bactérien par rapport à Bouira.

Mots clés : feu bactérien, chancre, poirier, *Erwinia amylovora*.

Symptomatological and incidence of fire blight on pear orchards at vegetative rest in two wilaya Bouira and Boumerdés

Summary

This work aims to carry out a symptomatological study of pear orchards during the winter period during the vegetative rest of the host plant, suspected of having the fire blight disease caused by *Erwinia amylovora*. This study was carried out on a total of eight orchards of Santa Maria variety including five orchards located in three communes of the wilaya of Bouira Ait L'Aziz, Aïn bessem, El Hachimia and three orchards in Boumerdés located in Tidjelabine and Boudouao. The assessment of the incidence of the disease is based on a comparative study between the two regions by the number and size of cankers on the shoots and trunks of pears. Results obtained from infection rates in the three

Boumerdès orchards showed very high percentages of up to 92% Tedjelabine 1, 73.33% Boudouao and 73.68% Tedjelabine 2, similarly, the severity of the disease is high, which varies between The average intensity of fire blight for Boumerdès orchards has very high percentages 49.16% Boudouao and 54% in the commune of Tidjelabine 1 and 44.47% in Tidjelabine 2. This shows that the incidence of fire Disease is more important in the orchards of the wilaya of Boumerdès. The Bouira orchards have infection rates between 35.33% and 68.55% and severity ranges from 1.71 to 1.83 and the mean intensity with a high percentage of 33.75%. These percentages are relatively low In comparison with those of Boumerdès. The favorable climate for the wilaya of Boumerdès is characterized by sub-humid climate and the region of bouira by a semi-arid climate. In the end we confirmed that the wilaya of Boumerdès is the most affected by fire blight disease.

Key words: fire blight, chancre, pear tree, *Erwinia amylovora*.

أعراض وتأثير مرض اللفحة النارية على البساتين الكثرى اثناء فترة السبات الشتوى في كل من ولاية البويرة وبومرداس

الملخص

الهدف من هذا العمل هو تحقيق دراسة أعراض البساتين الكثرى في فترة الشتاء خلال فترة السبات الشتوى في وجود اللفحة النارية و هو مرض تسببه الإيروينيا اميلوفورا. فقد أجريت هذه الدراسة على ثمانية بساتين الكثرى متنوعة ساننا ماربا خمسة بساتين في ثلاث بلديات لولاية البويرة آبت العزيرة و عين بسام و الهاشيمية واثان بلديات في ولاية بومرداس الواقعة في كل من تجلابين و بود واو. و قد اعتمدنا في تقييم هذا المرض على دراسة مقارنة بين المنطقتين و ذلك بحساب عدد وحجم القرحة على الأغصان وجذوع الكثرى. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها في بساتين و لاية بومرداس انا معدل الاصابة يبلغ نسبة عالية جدا تصل إلى 92% في تجلابين 1 و 73.33% بود واو و 73.68% تجلابين 2 و ايضا الشدة مرتفعة تتراوح بين 2.31 و 2.41 و ومتوسط كثافة اللفحة النارية في بساتين بومرداس يحتوي على نسبة عالية جدا 49.16% في بودواو 54% في بلدية تجلابين 1 و 44.47% لتجلابين 2. هذا يكشف أن الإصابة المرض هو أكثر أهمية في بساتين من ولاية بومرداس. بينما بساتين البويرة فمعدلات الإصابة تتراوح بين 35.33% و 68.55% و شدة يتراوح بين 1.71-1.83 و متوسط كثافة مع أعلى نسبة 33.75%. مقارنة مع بساتين ولاية بومرداس. ويتميز مناخ ولاية بومرداس بمناخ رطب مما يساعد على تطور و تكاثر المرض مع مقارنته بولاية البويرة فهي تتميز بمناخ شبه جاف. و في الاخير كل هذه النتائج تؤكد ولاية بومرداس هو الأكثر تأثرا للفة النارية المرض.

الكلمات المفتاحية: اللفحة النارية , الإيروينيا اميلوفورا , القرحة , الكثرى.