

UNIVERSITE DE BLIDA 1

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Biotechnologies

MEMOIRE DE MAGISTER

Spécialité : Phytopathologie

**LE DEPERISSEMENT DES AGRUMES:
ETUDE ETIOLOGIQUE ET EPIDEMIOLOGIQUE**

Par

Mme YAHOU Souad

Devant le jury composé de :

BELKAHLA. Hadjira	Professeur	U. Blida 1	Présidente
BOUTEKRABT. Amar	Professeur	U. Blida 1	Examineur
RIBA. Amar	Professeur	UMBB, Boumerdes	Examineur
BENCHABANE. Messaoud	Professeur	U. Blida 1	Promoteur

Blida, Mai 2015

Résumé

Le dépérissement des agrumes : étude étiologique et épidémiologique

Suite aux graves dépérissements signalés dans les vergers agrumicoles situés dans la région de la Mitidja, notre étude a essayé d'apporter une contribution pour l'identification des causes de cette affection. A cet effet, notre travail consiste en la réalisation d'un diagnostic symptomatologique en traitant les aspects étiologiques et épidémiologiques de certains cas de dépérissement. Nous avons assuré le suivi dans dix vergers agrumicoles situés en grande partie dans la wilaya de Blida (Oued El-Alleug, Chiffa, Mouzaia et El-Affroun) et un verger situé dans la wilaya de Tipaza (Koléa), durant la campagne 2013-2014. Le diagnostic symptomatologique mis en évidence l'existence de cinq classes symptomatologiques (0 à 4). Nous avons noté un taux de propagation voisin de 50% : 17% de dépérissement de la classe «1», 15% de classe «2», 6% de la classe «3» et 23% de la classe «4». La valeur moyenne de la gravité du dépérissement est de 1,64. Les opérations d'isolements fongiques effectuées sur des échantillons de sol ont permis d'isoler les principaux genres fongiques suivants : *Fusarium* (52,68%), *Cladosporium* (25%), *Phytophthora* (5,36%) et *Alternaria* (3,13%). Les isolements à partir des racines ont montré aussi la dominance de la flore fusarienne (58,47%), et l'existence de populations fongiques similaires à celle isolées du sol à des fréquences allant de 0,85% à 7,20%. D'autres genres ont été retrouvés associés aux racines, à l'exemple de *Botriospheria spp* (6,78%), *Fomitoporia* (2,12 %), *Eutypa spp* (1,27%), *Rosillinia* (1,69%) et *Verticillium* (0,85%). Il en ressort que quelque soit le verger, et l'origine des isolements (sol, ou racines), la flore fusarienne reste très dominante dans nos isolements, notamment *Fusarium solani*.

Mots clés : Dépérissement, Agrumes, épidémiologie, étiologie, Flore fongiques

Summary

Decline of Citrus: etiological and epidemiological studies

Following the severe decline reported in citrus orchards located in the region of Mitidja, our study is aimed to contribute to identify the causes of this affection. Objective of our work involves the realization of a symptomatic diagnosis by treating the etiological and epidemiological aspects of some causes of citrus decline. We monitored then citrus orchards, located largely in the Blida province (Oued El-Alleug, Chiffa, Mouzaia and El-Affroun) and an orchard located in the Tipaza province (Kolea) during agricultural seasons 2013-2014. The symptomatic diagnosis revealed the existence of five symptomatological levels (0 to 4). We noted propagation rate near to 50%: 17% for the decline of the level «1», 15% level «2», 6% level «3» and 23% for the level «4». We recorded an average level of the decline of 1,64. The operations of fungal isolation performed on samples of soil have isolated the following main fungal genera: *Fusarium* (52,68%), *Cladosporium* (25%), *Phytophthora* (5,36%), *Alternaria* (3,13%). The isolates from roots also showed the dominance of *Fusarium* (58,47%), and the existence of a fungus population similar to the one isolated from soil with frequencies going from 0,85% to 7,20%. We found that other genera were related to roots such as *Botriospheria* spp (6,78%), *Fomitoporia* (2,12%), *Verticilium* (0,85%), *Rosillinia* (1,69%), *Eutypa* spp (1,27%). Following our results, we conclude that however the orchard and the isolate origin (soil or roots) the fusarium flora remain dominant in our isolates, especially *Fusarium solani*.

Keywords: Decline, Citrus, epidemiology, etiology, fungal flora

ملخص

بيوس الحمضيات : دراسة اتبولوجية و ابيديميولوجية.

تبعاً لظهور بعض حالات البيوس الخطيرة للأشجار في بساتين الحمضيات الواقعة في منطقة متيجة، هدف عملنا هذا المساهمة في تشخيص أسباب هذا المرض ولتحقيق ذلك عملنا على تشخيص أعراض هذه الافة وذلك بمعالجة الجوانب المسببة والوبائية لبعض حالات البيوس، حيث شملت دراستنا عشرة بساتين من الحمضيات والتي يقع العدد الكبير منها في ولاية البليدة (وادي العلايق، موزاية، شفة و العفرون) وبستان واحد في ولاية تيبازة و بالتحديد في منطقة القليعة، وهذا في موسم 2013-2014. الكشف التشخيصي للأعراض حدد وجود خمسة درجات عرضية (0 الى 4) سجلنا معدل الانتشار الذي يقارب 50٪، 17٪ بيوس من الدرجة "1" ، 15٪ بيوس من الدرجة "2"، 6٪ بيوس من الدرجة "3" ، و 23٪ بيوس من الدرجة "4" ، كما سجلنا متوسط خطورة البيوس ب 1.64 عملية عزل الفطريات التي أجريت على عينات من التربة، أظهرت وجود الأنواع الفطرية الرئيسية التالية : *Fusarium* (52,68%)، *Cladosporium* (25%) ، *Phytophthora* (5,34%) ، *Alternaria* (3,13%) . العزل انطلقا من الجذور، بينت سيطرة فطر *Fusarium* ووجود فصائل فطرية متشابهة للفصائل المعزولة من التربة و هذا بترددات تتراوح من 0,85% الى 7.20%. تم وجود أصناف اخرى مرتبطة بالجذور، مثل *Botriospheria spp* (6,78%)، *Fomitoporia* (2,12%) ، *Eutypa spp* (1,27%) ، *Rosillinia* (1,69%) . نستنتج ان اصناف فصيلة *Fusarium* مسيطرة. في العزلات وخصوصاً *Fusarium solani* وهذا بغض النظر عن الحقول ومصدر العزل (تربة او جذور).

الكلمات المفتاحية : البيوس، الحمضيات، ابيديميولوجيا، اتبولوجيا، مجموعة فطريات.

Remerciements

Tout d'abord, je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, la force et la volonté pour bien mener ce travail.

*Je tiens à exprimer ma gratitude et mes sincères remerciements à mon promoteur Mr Pr. **BENCHABANE M.** qui m'a aidée, guidée et suivie attentivement la progression de mon travail, pour ses précieux conseils, sa générosité et sa patience. Mes vifs remerciements et sincères reconnaissances aux membres de jury : la présidente Madame Pr **BELKAHLA Hadjira** Professeur à l'université de Blida 1 pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury.*

*Je tiens aussi à exprimer mes vifs remerciements aux examinateurs Mr **BOUTEKRABT A.** Professeur à l'université de Blida 1 et Mr **RIBA.A,** Professeur à l'université de UMBB de Boumerdes d'avoir accepté d'examiner mon modeste travail.*

Ma grande gratitude ira également à Melle Fadil, Dj ingénieur du laboratoire de mycologie pour son aide et sa patience, sans oublier mes collègues de l'ingéniorat Lamine Salim et Guettache Toufik; Mes sincères remerciements vont à tous les propriétaires des vergers agrumicoles où j'ai effectuée mes prospections, surtout la famille HADJI d'Oued El-Alleug. Je tiens également à remercier tous les membres administratifs de la DSA de Blida et de la DSA de Kolea en particulier Mr Lachmout. A, sans oublier mon beau père Mustapha, mon frère Arabe et mon cher Mari Rafik qui m'ont aidé dans les prospections. Je tiens à remercier également : Ma belle mère qui m'a beaucoup aidée sans oublier, Hadjira, Yasmina, Ghania, Ahlem, Hakima, ainsi que tout mes amis de magister : Meriem, Imen, Khedoudja, Kader, Houcem pour leurs encouragements ; Je ne saurais terminer sans remercier tous les enseignants ayant participé à notre formation de l'école primaire jusqu'à l'université.

DEDICACES

Avec un très grand honneur que je dédie ce modeste travail aux personnes qui me sont les plus chères au monde. Ma très chère mère *Roza*, et mon chère papa *Hocine* pour leur amour et leurs sacrifices.

A mes beaux parents *Mustapha* et *Zahoua* à qui je dois beaucoup.

A mon mari *Rafik* pour sa patience et son soutien

A mes deux Anges *Rayane* et *Ghiles*

A mes frères, mes sœurs, mes nièces, et mes neveux

A mes beaux-frères, mes belles-sœurs, et sans oublier ma chère *Amel* et toute sa famille

A la famille BENRABAH, SAOUDI, YAHOU

A la mémoire de ma grande mère Yamina, et mes cousins Rachid, et Sekoura

TABLE DES MATIERES

RESUME	
REMERCIEMENTS	
DEDICADES	
TABLE DES MATIERES	
LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX	
INTRODUCTION.....	12
1. GENERALITE SUR LES AGRUMES.....	14
1.1 Origine et répartition des agrumes.....	14
1.2 Importance de l'agrumiculture.....	14
1.2.1 Dans le monde.....	15
1.2.2 En Algérie.....	17
1.3. Exigences climatiques.....	19
1.4. Exigences édaphiques.....	19
1.5. Les principaux Porte- greffe utilisé en Algérie	20
2. LES PRINCIPALES MALADIES DES AGRUMES.....	23
2.1 Maladies des agrumes.....	23
2.2. Maladies des dépérissements	23
2.2.1 Maladies virales et Phytoplasme	23
2.2.1.1 La Tristeza « <i>Citrus Tristeza Virus</i> ».....	23
2.2.1.2 Les Psorose	24
2.2.1.3. Les léprose des agrumes (CILV)	25
2.2.1.4. L'Exocortis.....	25
2.2.1.5. Xyloporose (cachexie)	25
2.2.1.6. Stobborn.....	25
2.2.2. Les maladies bactériennes.....	26
2.2.2.1. Le dépérissement bactérien.....	26
2.2.2.2. Le Huang long bing (HLB) ou Greening des citrus.....	26
2.2.2.3. La Chlorose Variéguée des Agrumes «CVA».....	27
2.2.2.4. Le chancre bactérien des agrumes.....	27
2.2.3. Les maladies fongiques.....	28
2.2.3.1. La Gombose Parasitaire	28
2.2.3.2. Pourridiés.....	29
2.2.3.3 Pourritures.....	31
2.2.3.4. Mal secco.....	35
2.2.3.5 Citrus Blight	37
3. MATERIEL ET METHODES.....	39
3.1. Données sur les vergers agrumicoles étudiés.....	39
3.1.1. Localisation	39
3.1.2 Historique	42
3.1.3 Conduite culturale.....	43
3.1.3.1. Techniques Culturelles	43
3.1.3.2. Traitements phytosanitaires et fertilisation.....	45
3.2. Etude des dépérissements.....	45
3.2.1. Diagnostic symptomatologique.....	46
3.2.2. Etude épidémiologique du dépérissement.....	47
3.2.2.1 Taux d'infection (Diffusion de la maladie).....	47

3.2.2.2 Gravité de la maladie.....	47
3.3. Méthodologie d'échantillonnage.....	47
3.3.1. Prélèvement des échantillons de bois.....	48
3.3.2. Prélèvement des échantillons de sols.....	49
3.4. Diagnostic au laboratoire	50
3.4.1. Milieux de culture.....	50
3.4.2. Techniques d'isolement direct	50
3.4.3. Technique des suspensions dilutions (dilutions plates).....	51
3.5. Isolement et purification.....	52
3.6. Caractérisation et identification.....	52
4. RESULTATS ET DISCUSSION.....	54
4.1. Evolution des dépérissements sur terrain.....	54
4.1.1. Diagnostic symptomatologique	54
4.1.2. Répartition spatiale des arbres dépéris.....	58
4.1.3. Taux de dépérissement	58
4.1.4. Evolution du dépérissement dans les vergers d'Oued El- Alleug.....	60
4.1.5. Discussion	65
4.2. Etude étiologique.....	66
4.2.1. Etudes quantitative et qualitative	66
4.2.1.1. <i>Fusarium</i> spp.....	67
4.2.1.2. <i>Fusarium oxysporum</i>	67
4.2.1.3. <i>Fusarium solani</i>	68
4.2.1.4. <i>Botrytis</i> sp	71
4.2.1.5. <i>Alternaria</i> sp	71
4.2.1.6. <i>Cladosporium</i> sp	72
4.2.1.7. <i>Geotrichum</i> sp	73
4.2.1.8. <i>Phytophthora</i> sp	73
4.2.1.9. <i>Verticillium</i> sp	74
4.2.1.10. <i>Ulocladium</i> sp	74
4.2.1.11. <i>Helminthosporium</i> sp	75
4.2.1.12. <i>Paecilomyces</i>	76
4.2.1.13. <i>Graphium</i> spp.	76
4.2.1.14. <i>Gliocladium</i> sp.....	77
4.2.1.15. <i>Botriosphéria</i> spp.....	78
4.2.1.16. <i>Rosillinia</i> spp.....	78
4.2.1.17. <i>Fomitiporia</i> spp.....	79
4.2.1.18. <i>Eutypa</i> spp	79
4.2.1.19. <i>Dyplodia</i> spp	80
4.2.2. DISCUSSION	81
CONCLUSION	84
APPENDICES.....	87
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	103

LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Figure 1.1	Structure variétale de la production des agrumes campagne 2010-2011.	18
Figure 2.1	Symptômes de la gommose ; [A] : Exsudations de gomme sur le tronc ; [B] : Chancre sur le tronc ; [C] : Branches avec le chancre de suie ; [D]:Lésion typique de la gommose cause par <i>Phytophthora nicotiana</i>	30
Figure 2.2	Les champignons macroscopiques observé en hiver a basse des arbres attaqués par <i>Armellaria mellea</i>	30
Figure 2.3	Symptômes de la pourriture Sèche, [A] flétrissement puis le dépérissement brutal, [B] brunissement de la partie basale du tronc, [C] la coloration marron du bois affecté par cette pourriture	32
Figure 2.4	Symptômes de la pourriture fibreuse de racines causée par <i>Phytophthora</i> spp ; [A] jaunissement des replantations, [B] symptôme typique sur les racines de nutrition.	33
Figure 2.5	Symptômes de la pourriture à <i>Rosellinia</i> , plaques blanchâtres sur racines	34
Figure 2.6	Symptômes du Mal secco A : décoloration orange-rougeâtre sur branche d'un mandarinier B : le rougissement typique du bois C : défoliation des brindilles apicale D : le dessèchement typique E : coupe tangentielle montrant les pycnides de <i>Phoma tracheiphila</i>	37
Figure 3.1	Localisation géographique des différentes zones d'études.	40
Figure 4.1	Les différents types de dépérissements : [A] ; [C] ; [E] dépérissement total de l'arbre ; [B] dépérissement uni latéral [D] dépérissement total dans le cas d'arrachage ; [F] : jaunissement léger généralisé sur l'arbre.	55
Figure 4.2	Symptômes sur les différentes parties aérienne ; [A] Hyperplasie et hypoplasie ; [B] Enroulement et orientation des feuilles vers le haut, [C] Retard dans la maturité et la croissance des fruits et chute des fruits avant maturité, [D] : dépérissement type 02 avec la coupure d'une branche complètement dépérisse dans le verger El Affroun ; [E] : dépérissement type 01 dans le verger de Kolea, [F] : dépérissement uni latéral avec suivie de la production de l'arbre dans le verger Mouzaia et Chiffa.	56
Figure 4.3	Symptômes sur le tronc et branches charpentières ; [A] Craquelure de l'écorce ; [B] Pourriture du tronc suite à un chancre, [C] La destruction des vaisseaux conducteurs ; [D] : Décoloration du bois ; [E] : décoloration du système conducteur principale et présence de champignon au tour du tronc, [F] : décoloration sectoriel du tronc et durcissement de racines principales.	57
Figure 4.4	Situation générale des dix vergers agrumicoles selon les différentes classes du dépérissement.	59

Figure 4.5	Illustration globale du taux de dépérissement dans les dix vergers agrumicoles selon les différentes classes symptomatologiques.	62
Figure 4.6	Illustration globale de l'évolution du dépérissement au niveau de la commune de « Oued El-Alleug » pendant quatre années.	64
Figure 4.7	[A] le <i>Fusarium</i> sous microscope G: 10x40, [B] Forme macroscopique	67
Figure 4.8	Forme macroscopique (A) et microscopique (10X40) (B) de <i>Fusarium oxysporum</i>	68
Figure 4.9	Forme macroscopique (A) et microscopique (10X40) (B) de <i>Fusarium solani</i> .	68
Figure 4.10	[B] La forme macroscopique de <i>Botrytis sp</i> , <i>Botrytis</i> sous microscope G: 40X10 [A]	71
Figure 4.11	La forme macroscopique d' <i>Alternaria sp</i> . <i>Alternaria</i> sous microscope G: 40X10.	72
Figure 4.12	La forme macroscopique de <i>Cladosporium sp</i> , <i>Cladosporium</i> sous microscope G : 40X10	72
Figure 4.13	[A] La forme macroscopique de <i>Geotrichum sp</i> ; [B] <i>Geotrichum</i> sous microscope G: 40X10.	73
Figure 4.14	[A] <i>Phytophthora sp</i> cultivé sur le milieu spécifique (pois chiche) ; [B] <i>Phytophthora sp</i> sous microscope G : 40X10.	73
Figure 4.15	[A] La forme macroscopique de <i>Vérticillium sp</i> ; [B] <i>Verticilium</i> sous microscope G : 40X10	74
Figure 4.16	[A] La forme macroscopique de <i>Ulocladium sp</i> ; [B] <i>Ulocladium</i> sous microscope G : 40X10	75
Figure 4.17	[A] La forme macroscopique de <i>Helminthosporium sp</i> ; [B] <i>Helminthosporium sp</i> sous microscope G: 40X10	75
Figure 4.18	[A] La forme macroscopique de <i>Paecilomyces sp</i> ; [B] <i>Paecilomyces sp</i> sous microscope G : 40X10	76
Figure 4.19	[A] La forme macroscopique de <i>Graphium sp</i> ; [B] <i>Graphium</i> sous microscope G : 60X10	77
Figure 4.20	[A] La forme macroscopique de <i>Gliocladium sp</i> ; [B] <i>Gliocladium</i> sous microscope G : 40X10	77
Figure 4.21	[A] La forme macroscopique de <i>Botriospheria sp</i>	78
Figure 4.22	[A] La forme macroscopique de <i>Rosillinia sp</i>	79
Figure 4.23	La forme macroscopique de <i>Fomitiporia spp</i>	79
Figure 4.24	La forme macroscopique d' <i>Eutypa spp</i>	80
Figure 4.25	La forme macroscopique de <i>Dyplodia</i>	80

Tableau 1.1	Les principales espèces d'agrumes cultivés en Méditerranée	16
Tableau 1.2	Production mondiale des agrumes (million de tonnes)	17
Tableau 1.3	Evolution du rendement; des superficies et de la production agrumicole dans la région de Blida	18
Tableau 1.4	Caractéristiques et comportement des principaux portes greffes utilisés dans le monde vis-à-vis certains facteurs biotiques et abiotiques	21
Tableau 2.1	Type de psorose	24
Tableau 3.1	Porte-greffes utilisés dans les différents vergers agrumicoles	43
Tableau 3.2	Superficie, nombre d'arbres et variétés de différents vergers	44
Tableau 3.3	Echelle d'évaluation des symptômes du dépérissement	48
Tableau 4.1	Taux d'infection, et de Gravité et incidence dans les dix vergers agrumicoles	59
Tableau 4.2	Taux de dépérissement dans les dix vergers prospectés en 2014	61
Tableau 4.3	Evolution des taux de dépérissement entre 2007 et 2014 à Oued El Alleug	63
Tableau 4.4	Détails de l'évolution du dépérissement pendant quatre ans (2007, 2008, 2009 et 2014).	64
Tableau 4.5	Fréquences d'isolement des champignons à partir du sol	69
Tableau 4.6	Fréquences d'isolement des champignons à partir de la racine	70

INTRODUCTION

L'agrumiculture est considérée parmi les cultures les plus importantes dans le monde. En 2013, la production mondiale d'agrumes frais a atteint 116 millions de tonnes, soit deux millions de tonnes de moins qu'en 2012 [1, 2]. Les argumeraies sont souvent cultivées par les Citrus : Orangers, Clémentiniers, Mandariniers, Citronniers et les Pomelos [3]. En Algérie, l'agrumiculture est d'un grand intérêt économique, principalement dans la Mitidja où les superficies occupées par cette culture sont les plus importantes, soit 27% du verger total national. La Mitidja est considérée comme une zone agrumicole potentielle, et assure une production qui dépasse 4 000 000 qx, soit 34% de la production nationale [4]. En 2013, la production nationale a été estimée à 12 048 510 qx.

Selon les données de la direction des services agricoles (Wilaya de Blida), le secteur a connu des fluctuations caractérisées par une régression et une faiblesse dans le renouvellement et la création de nouveaux vergers. La faiblesse des rendements, accompagnée d'une qualité souvent inappropriée aux exigences du marché que ce soit national ou international, sont parmi les facteurs qui influencent négativement le développement de cette vocation. Ceci est dû principalement à l'inadéquation des techniques culturales, perturbation des conditions climatiques, du vieillissement des vergers qui sont en grand partie d'époque coloniale, ainsi que l'action déprédatrice de ravageurs et la présence des maladies parasitaires.

Le secteur a connu des attaques de dépérissements foudroyants et inquiétants. Cette situation reste toujours d'actualité un peu partout dans l'ensemble des argumeraies de la Mitidja et ne cesse de s'empirer, malgré les remplacements opérés et le recours à certaines méthodes de lutte. Après avoir réalisé des visites sur site, nous avons constaté la gravité de la situation, et que le nombre des arbres dépéris est en accroissement d'année en année. Une telle situation peut mettre en péril l'ensemble des vergers agrumicoles de la région.

Dans ce contexte, nous avons réalisé une première étude durant la campagne (2006/2007), dans six vergers de la commune de Oued EL –Alleug [5]. L'objectif étant de réaliser un diagnostic symptomatologique pour retracer l'historique de ces affections ainsi que leur évolution. Les résultats de cette campagne montrent que les agents fongiques d'origine telluriques sont les plus soupçonnés dans ce dépérissement. D'autres travaux ont signalé la même situation dans ces régions [6, 7].

Dans la continuité de nos investigations scientifiques sur ce problème de dépérissement, notre travail consiste à compléter nos études précédentes et d'actualiser nos données. A cet effet, durant la campagne (2013/2014), nous avons réalisé un diagnostic de terrain et des prélèvements d'échantillons (sol, végétal) afin d'identifier la flore fongique associée. En plus des six vergers d'Oued El-Alleug, nous avons élargi nos prospections à d'autres vergers dans les communes de Chiffa, Mouzaia, El-Affroun (W. Blida) et de Koléa (W. Tipaza).

Le travail a été effectué en deux parties : (1) La première au niveau des vergers agrumicoles en question qui concerne la réalisation d'un diagnostic symptomatologique et la description de quelques paramètres pouvant expliquer les aspects étiologiques et épidémiologiques des dépérissements, (2) la deuxième partie a été réalisée au laboratoire dans le but de rechercher d'éventuels agents fongiques associés aux dépérissements et leur identification.

CHAPITRE 1

GENERALITES SUR LES AGRUMES

1.1. Origine et répartition des agrumes

Le mot « Agrume », d'origine Italienne ; est un mot collectif qui désigne les fruits comestible, appartenant au genre *Citrus*. Les agrumes sont des angiospermes dont le nombre de chromosomes de base est de 9, appartiennent à la tribu des Citreae et à la famille des *Rutaceae*, renferme principalement les trois genres: *Poncirus* ; *Fortunela* ; *Citrus*.

Les principaux agrumes cultivés pour la production de fruits sont : les orangers, les mandariniers, les clémentiniers, les citronniers et les pomelos (nom commercial appartient aux pauplourmousses) [8].

Les agrumes sont originaires des régions tropicales et sub- tropicales du sud-est asiatique ; c'est à partir du bassin méditerranéen que cette culture s'est diffusée à travers le monde [9].

Selon Loussert, [10] l'air de culture des agrumes se divise en trois zones caractérisées par des vocations agrumicoles différentes :

- ✓ Zone intertropicale (alternance de saison humide et sèche) ;
- ✓ Zone semi tropicale ;
- ✓ Zone comprises entre 30°- 40° Nord et Sud (été chaud, hiver froid et humide).

1.2. Importance de l'agrumiculture

Les agrumes représentent la première catégorie fruitière en termes de valeur en commerce international; cette importance est justifiée par leur [2]:

- ✓ Consommation comme des produits frais ou après leur transformations (jus; sirop etc);

- ✓ Grande qualité nutritive riche, en vitamine C, B₆, et constituent source de fibres, acide ascorbique et folique, potassium et du calcium ;
- ✓ Effet bénéfique sur la santé en contribuant dans la diminution des risques de maladies cardio-vasculaires et d'autres maladies.

1.2.1. Dans le monde

Les agrumes présentent un intérêt économique pour un nombre de pays à travers le monde, la production annuelle totale d'agrumes a atteint 116 millions de tonnes. Les oranges constituent la majeure partie de la production d'agrumes avec plus de 58% [1].

Selon la FAO, en 2011 plus de 140 pays produisaient des agrumes dont les principaux producteurs sont : les Etats-Unis (USA) avec 22.940 tonnes, la Chine avec 22.704 tonnes, et le Brésil avec 22.441 tonne, [11]. Les pays du bassin méditerranéen constituent la première région productrice en fruits frais avec 22.441 tonnes. Les principaux producteurs d'agrumes dans le bassin méditerranée par ordre décroissant sont: l'Espagne a elle seul assure approximativement 25% de la production mondiale, l'Italie, l'Egypte, la Turquie, le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, Chypre, Liban et Portugal. Les oranges constituent la majeure partie de la production avec plus de la moitié (70 688 millions de tonnes), suivis de Tangerines de 25 556 MT, de citrons, de limes avec 12 887 MT, et de pamplemousse 6 385 MT [12] (Appendice A). En méditerranée ce sont les espèces à caractère commercial, qui dominent les vergers agrumicoles. Nous retrouvons principalement les espèces de trois principaux genres : *Poncirus*, *Fortunella* et *Citrus*. Ce dernier est plus dominant à travers le nombre d'espèces cultivées (Tableau 1.1).

Les propriétés recherchées dans un porte-greffe [13, 14, 15] :

- ✓ Tolérance aux pathogènes du sol (*Phytophthora*, *Fusarium*)
- ✓ Tolérance aux virus et viroïdes (tristeza, exocortis)
- ✓ Tolérance au pH du sol
- ✓ Tolérance à la salinité du sol
- ✓ Tolérance au froid

- ✓ Taille de l'arbre et la qualité du fruit
- ✓ Meilleure compatibilité avec le greffon.

Tableau 1.1: Les principales espèces d'agrumes cultivés en Méditerranée [10].

Genres	Espèces	Sous-espèce groupes et variétés d'intérêt commercial
<i>Poncirus</i>	<i>P. trifoliata</i>	A donner de nombreux hybrides utilisés comme porte greffe (citranges, citrumelos)
<i>Fortunella</i>	<i>F. margarita japonica</i>	les kumquats ont donné de nombreux hybrides (limequats, citrangequats, etc.)
<i>Citrus</i>	<i>C. aurantium-</i>	Le bigaradier (utilisé comme porte-greffe) Les oranges navels : Washington – Thomson (précoce que Washington) Navelina* (plus petit et moins vigoureux) Navelate Les oranges blondes : Salustiana* -hamlin-shamouti- Valencia late (adaptative et tardive) -Cadenera Les oranges demi sanguines : Double fineaméliorée* Maltaisedemi-sanguine Les oranges sanguines: Sanguinelli Nigra-Moro-Tarocco
	<i>C. sinensis</i>	Les mandariniers satsuma : résiste au froid en particulier s'ils sont greffés sur le <i>Poncirus trifoliata</i>
	<i>C. unshiu</i>	Les mandariniers communs : précoces
	<i>C. deliciosa</i>	Les clémentiniers : les clémentines sans pépins (nombreux clones)
	<i>C. clementina</i>	Les autres mandariniers : Mand.Ortanique-Mand .Murcott-Mand.Wilking
	<i>C. reticulata</i>	Les citronniers : Eureka* –lisbonne- Verna* - femminelloonale*
	<i>C. limon</i>	Les pomelos : MarshSeedless* -Duncan-Ruby-Shambar
	<i>C. paradisi</i>	Les cédratiers: Cédrat de Coese-Cédrat Diamante
	<i>C. medica</i>	Les pamplemoussiers
	<i>C. grandis</i>	

* : les principales cultures en Méditerranée.

1.2.2. En Algérie

Selon les statistiques établies par les services du Ministère de l'Agriculture et développement rural, le verger agrumicole algérien s'étendant sur une superficie de 64 771 ha [16]. Les vergers sont localisés en grande partie dans le nord du pays où les conditions édapho-climatique sont les plus favorables. Les terres utilisées pour la culture des agrumes sont parmi les plus riches du pays. Les zones de l'ouest sont rassemblées dans des périmètres irrigués. Au centre un bon pourcentage est concentré hors des périmètres irrigués, alors que pour l'Est une occupation appréciable dans les périmètres de Skikda, Annaba et Guelma. Les terres sont en général à pH élevé sauf pour les zones Est du pays supérieur à 7.5 à l'Ouest, entre 7.2 et 7.5 au centre et de 6.5 à 7 à l'Est [17]. A l'ouest les régions de Mostaganem et de Chlef ont assuré, respectivement; 10% et 9% de la production nationale, le reste (45%) est assuré par les autres régions agrumicoles à travers le pays, elle est considérée comme une zone agrumicole potentielle.

La production assurée par la wilaya de Blida représente approximativement plus de 4 000 000 qx soit 34% de la production nationale. Selon les données de la Direction des Services Agricoles Blida la production est estimée à 4 200 727 qx et un rendement de 203,26 qx /ha [4]. Le verger agrumicole algérien est constitué principalement de cinq espèces avec prédominance de l'oranger (74%) (Figure 1.1) [11] (Appendices B, et C).

Tableau 1.2 : Production mondiale des agrumes (million de tonnes) [11].

Pays	Productions	
	2009-2010	2010-2011
Pays méditerranéés	21 112	22 441
Brésil	21 112	22 441
Chine	17 483	22 704
Etats Unis	23 850	22 940
Mexique	9 978	10 445
Total	792 16	852 74

Tableau 1.3: Evolution du rendement; des superficies et de la production agrumicole dans la région de Blida [4].

Années	Superficies plantées ha	Superficies en rapport ha	Production qx	Rendement qx/ha
2007	16 421	12 730	2 298 146	180,53
2008	16 836	13 781	2 006 381	145,59
2009	16 583	13 259	2 660 519	200,66
2010	16 970	14 520	2 148 350	147,96
2011	17 087	14 585	3 500 641	240,02
2012	18 168	15 999	3 251 746	203.24
2013	18 168	15 999	4 103 414	203.25
2014	17 429	16 461	4 200 727	203.26

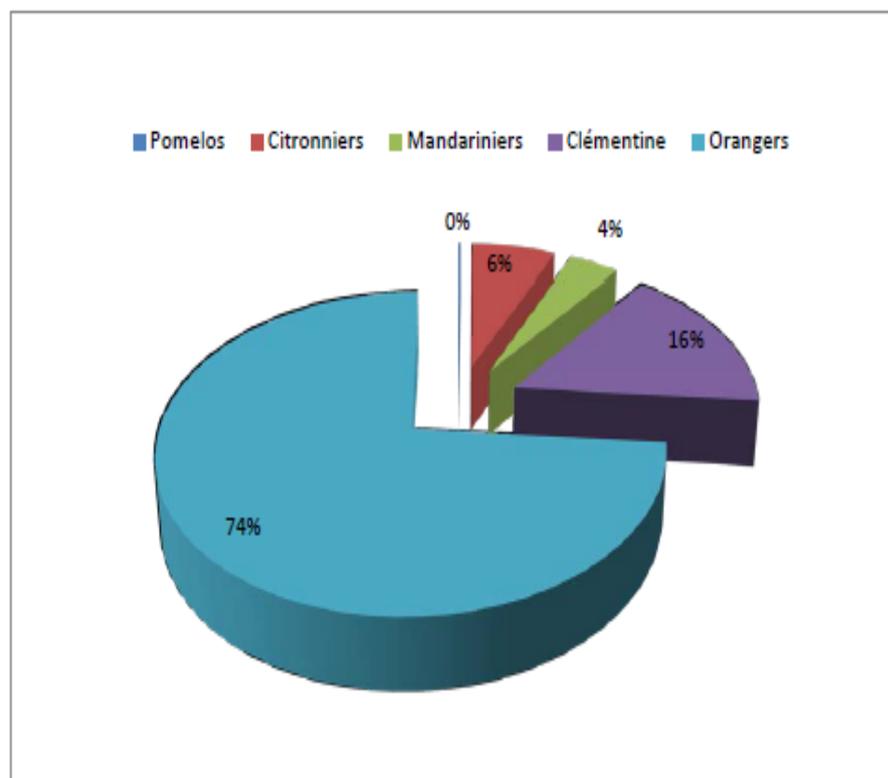


Figure 1.1 : Structure variétale de la production des agrumes campagne 2010-2011[11].

1.3. Exigences climatiques

Les températures favorables à la culture des agrumes sont de l'ordre de 10 à 20 C° pour l'hiver, et 20 à 24C° pour l'été, selon Loussert [18], les basses températures hivernales et printanières sont souvent un facteur limitant l'extension de la culture, car à des températures inférieures à zéro degré la culture reste exposée aux dégâts de gel. Les températures élevées provoquent également de sérieux dégâts particulièrement au moment de la floraison. La température optimale de végétation est comprise entre 22°C et 26°C. Une température supérieure à 36°C ou inférieure à 12°C provoque un arrêt de la végétation. Selon Praloran [19], les agrumes sont originaires de régions où la pluviosité atteint ou dépasse 1200 mm/an (Tchaotcheou, sud de Chine, 1396 mm). L'expérience montre que cette pluviométrie globale annuelle représente la quantité d'eau au-dessous de laquelle la culture des agrumes exige le recours à l'irrigation, cette hauteur globale de pluie ne peut être considérée comme suffisante sous tous les climats, trois facteurs au moins interviennent pour la modifier se sont :

- ✓ La répartition des chutes des pluies au cours de l'année ;
- ✓ L'intensité de chute aux différentes saisons ;
- ✓ L'intensité de l'évapotranspiration potentielle.

1.4. Exigences édaphiques

L'obtention de bons rendements est fonction en grande partie de la nature du sol, tous les autres facteurs étant évidemment remplis. La qualité physique du sol est prépondérante, la perméabilité se classe en tête donc les terres légères sont mieux productrices. L'Algérie est défavorisée à cet égard, hormis quelques zones littorales (Alger, Mostaganem et Annaba). Les autres régions présentent des terres dont la quantité constitue souvent un frein au parfait développement de cette culture. Selon Loussert [8], une bonne qualité physico-chimique du sol se résume comme suit :

- ✓ Un sol favorable à l'installation d'un bon système racinaire des arbres, doit être homogène jusqu'à une profondeur minimum de 0.80 mètre. La terre

doit présenter une bonne perméabilité à l'eau, car les agrumes craignent les excès d'humidité du sol (asphyxie racinaire). Ce sont en général les terres à texture équilibrée qui conviennent le mieux.

- ✓ Le taux de calcaire actif supporté par les **Citrus** est assez élevé (30-40%), mais les meilleurs résultats sont obtenus lorsque le taux de cet élément est compris entre 5 et 10 ‰. La présence d'une nappe phréatique à faible profondeur constitue ; par ses variations lors des pluies et irrigation, un danger constant pour les agrumes. De nombreuses orangeries algériennes des plaines intérieures en Mitidja et à Annaba reposent sur des terres ayant un plan d'eau, donc le drainage reste un élément important pour réussir cette culture.
- ✓ La teneur en calcaire actif du sol et son pH sont deux données importantes à connaître pour guider l'agriculteur pour le choix du porte-greffe. Rappelons que *Poncirus trifoliata* et ses hybrides du *Citrange*, présentent une faible résistance au calcaire actif du sol et au pH élevé (chlorose et carence en certains micro-éléments). Enfin, la teneur en sel dissous dans la solution du sol, en particulier en chlorure ne doit pas dépasser un certain seuil (seuil fixé au voisinage de 1 g/litre), si non il y aura risque de phytotoxicité.
- ✓ Un sol permissif à la culture d'agrumes doit présenter les caractéristiques suivantes:
 - Une teneur satisfaisante en matière organique; en P_2O_5 et K_2O assimilable par les racines ;
 - Un pH neutre ou légèrement acide ;
 - Une faible teneur en calcaire actif ;
 - Absence ou teneur minimale en sel dissous.

1.5. Les principaux Porte –greffes utilisés en Algérie

Il est bien connu que le porte-greffe joue un rôle primordial dans toutes les activités de l'arbre greffé ; il peut modifier la relation sol-variété greffée, le

comportement vis-à-vis des maladies, la physiologie, l'adaptation au milieu et la qualité des fruits (Tableau 1.4). A toutes ces considérations, il s'ajout des problèmes d'ordre génétique, car la multiplication des Citrus par semis est difficile sinon impossible à cause de l'aspermie et de l'hétérogénéité [19].

- ✓ Bigaradier : *Citrus aurantium*
- ✓ Citranges : *Citrango carrizo* et *Citrangetroyer*
- ✓ Mandarinier : *Citrus resnhort*
- ✓ *Poncirus trifoliata*
- ✓ *Citrus volkamériana*

Tableau 1.4 : Caractéristiques et comportement des principaux portes-greffes utilisés dans le monde vis-à-vis certains facteurs biotiques et abiotiques [13, 14, 15,20]

Porte-greffes	Caractéristiques & Comportement
► Bigaradier ¹ Sour orange ² <i>Citrus aurantium</i> ³	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Phytophthora</i>.....Excellent • TristezaSensible • Viroïdes.....Sans Symptômes • Salinité.....Bien • Tolérance au froidMoyen • Qualité des fruits.....Excellent • Taille de l'arbre.....Large
► Poncirus ¹ Trifoliata orange ² <i>Poncirus trifoliata</i> ³	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Phytophthora</i>.....Excellent • TristezaExcellent • Viroïdes.....Très Susceptible • Salinité.....Très Sensible • Tolérance au froidExcellent • Qualité des fruits.....Excellent • Taille de l'arbre.....Petit
► Citrange ¹ Troyer trifoliata hybrid ou Carrizo trifoliata hybrid ²	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Phytophthora</i>.....Excellent • TristezaTrès Bien • Viroïdes.....Susceptible • Salinité.....Faible • Tolérance au froidBien • Qualité des fruits.....Très Bien • Taille de l'arbre.....Large
► Volkamer lemon ² <i>Citrus volkameriana</i> ³	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Phytophthora</i>.....Faible • TristezaExcellent • Viroïdes.....Sans Symptômes • Salinité.....? • Tolérance au froidfaible • Qualité des fruits.....très mauvais • Taille de l'arbre.....très large

Tableau 1.4 : Caractéristiques et comportement des principaux portes –greffes utilisés dans le monde vis-à-vis certains facteurs biotiques et abiotiques [13, 14, 15, 20] (Suite)

<p>► <i>Citrus macrophylla</i>³</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Phytophthora</i>.....Excellent • TristezaTrès Sensible • Viroïdes.....Susceptible Pour Cachexie • Salinité.....Excellent • Tolérance au froidFaible • Qualité des fruits.....Faible • Taille de l'arbre.....Très Large
<p>► Swingle citrumelo²</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Phytophthora</i>.....Excellent • TristezaExcellent • Viroïdes.....Susceptible Pour Exocortis • Salinité.....OK • Tolérance au froid? • Qualité des fruits.....OK • Taille de l'arbre.....Large
<p>► L'oranger doux¹ Sweet orange² <i>Citrus sinensis</i>³</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Phytophthora</i>.....Très Susceptible • TristezaExcellent • Viroïdes.....Sans Symptômes • Salinité.....? • Tolérance au froidOK • Qualité des fruits.....Excellent • Taille de l'arbre.....large
<p>► Mandarine Cléopâtre ¹ Cleopatra mandarin²</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Phytophthora</i>.....OK • TristezaExcellent • Viroïdes.....Susceptible pour cachexie • Salinité.....Très bien • Tolérance au froidOK • Qualité des fruits.....OK • Taille de l'arbre.....large

¹ : le nom commun français

² : le nom commun Anglais

³ : le nom scientifique

CHAPITRE 2

LES PRINCIPALES MALADIES DES AGRUMES

2.1. Maladies des agrumes

Les maladies des agrumes sont nombreuses et diversifiées, causées par des agents phytopathogènes appartenant aux principales catégories parasitaires: virus, viroïdes, phytoplasmes, bactéries et champignons. Certains parasites provoquent des affections très graves sous forme de dépérissement, alors que d'autres sont de moindre gravité. Nous désignons par maladies de dépérissement des affections variables par leur nature, mais caractérisées par une évolution généralement lente, aboutissant le plus souvent à la mort de la plante entière [21].

2.2. Maladies des dépérissements

2.2.1. Les Maladies virales et à Phytoplasmes

Les maladies à virus sont considérées parmi les plus graves infections qui peuvent affecter les agrumes; leur action néfaste provoque le dépérissement complet, soit sur des arbres, ou sur de plantations entières [17, 19,22].

2.2.1.1 Tristeza «Citrus Tristeza Virus» « CTV »

La Tristeza est responsable de la mort de plus de 8 millions d'arbres, particulièrement dans la région de Valence. Elle peut être transmise par plusieurs types de pucerons et affecte presque exclusivement tous les agrumes ayant comme porte-greffe le bigaradier. Bien que la présence de la Tristiza reste limitée à une partie de l'orangerie espagnole et que les pucerons présents sur agrumes en méditerranée sont peu actifs pour la transmettre, le risque existe de voir la Tristiza se propager dans l'ensemble des orangeries méditerranéennes, d'autant plus que 90% de celles-ci dont les agrumes sont greffés sur bigaradier [21]. CTV

est un Clostero virus à poids moléculaire de 27 000 à 28000 da. La particule contient un ARN monocaténaire d'environ 6,5 x 10⁶ da [22]. Il existe trois souches de Tristeza induisant respectivement divers symptômes au champ :

- ✓ La souche 1 qui correspond au CTV dépérissement rapide (*quick decline*) : cette souche entraîne la mort de l'arbre suite à un greffage de certaines variétés d'agrumes [23].
- ✓ La souche 2 qui correspond au bois strié CTV-SP (Tristisa, *stem pitting*) est considéré comme étant une souche sévère, causant des striures ou cannelures dans le bois. Sur pamplemoussier et oranger doux sans tenir compte du porte greffe, cette souche cause une diminution de la productivité de l'arbre [23].
- ✓ La souche 3 qui correspond au jaunissement du semis CTV-SY (Tristisa, *seedling-yellow*) qui est une souche sévère induisant une chlorose pouvant amener à un fort dépérissement et même à la mort de l'oranger doux, du pamplemoussier et mandarinier greffés sur bigaradier [23].

2.2.1.2 Les Psoroses

Les psoroses sont causées par des virus désignés sous le nom de *Citriovirus psorosis* dont il existe plusieurs variétés, chacune étant responsable d'une forme de psorose. Selon Klotzet Fawcett [24], il a été recensé six types de psoroses affectant les Citrus. Les formes les plus graves sont incontestablement, les psoroses A et Bencore appelées 'Scalybark' en Californie, et Gummosis en Floride. Les Floridiens désignent sous le nom de (Scalybark) la léprose dont l'agent pathogène est mal connu, on pense ce pendant qu'il s'agirait de virus (Tableau 2.1).

Tableau 2.1: Types des psoroses [24].

Type de psorose	Agent causal
Psorose A	<i>Citrus psorosis virus</i>
Psorose B	
Gommose alvéolaire	<i>Citriovirus psorosis var concavum</i>
Gommose en poches	<i>Citriovirus psorosis var alvatum</i>
Psorose frisolée	Non identifiée
Panachure infectieuse	

2.2.1.3 Léprose des agrumes (CILV)

La léprose des agrumes (CILV), causée par une forme de rhabdo-virus non caractérisée, les virions du CILV sont de forme ovale et n'ont pas d'enveloppe. Le virus n'est pas systémique. On trouve généralement les virions dans le noyau des cellules infectées. Les corps d'inclusion présents dans le cytoplasme des cellules infectées apparaissent sous la forme de viro-plasme et ne contiennent pas de virions. Les lésions présentes sur les rameaux s'élargissent progressivement et cernent le rameau qui finit par dépérir. La CILV tue l'arbre si on ne lutte pas contre les acariens [25].

2.2.1.4 Exocortis

L'affection se manifeste par un fort écaillage de l'écorce sur le porte-greffe qui se craquelle en bandes étroites et se divise en écailles qui restent soulevées ; ces desquamations atteignent également la partie supérieure des racines ou apparaissent d'ailleurs les premiers symptômes. On observe aussi souvent une mauvaise affinité greffon/porte-greffe qui se manifeste par un fort épaulement au point de greffe [26].

2.2.1.5 Xyloporose (Cachexie)

La maladie entraîne un affaiblissement de l'arbre sur lequel une forme de dégénérescence est observée, la frondaison prend un aspect rabougri, clairsemé, ses feuilles sont chétives et localisées surtout vers les extrémités des rameaux, les feuilles jaunissent et tombent progressivement. Les arbres fortement atteints périssent plus ou moins rapidement en enlevant l'écorce au niveau du greffon et du porte-greffe [25].

2.2.1.6 Le stubborn

Le stubborn des agrumes causé par *Spiroplasma citri* représente l'une des plus importantes maladies dans le bassin méditerranéen oriental et proche oriental. L'existence de stubborn en Algérie a été signalée par Bové et Blondel

[27], et en 2004 par M'CHOURI [28] par détection biologique sur des plantes indicatrices. Le nom a été attribué par Saligo [29]. Il a été isolé et cultivé tôt à partir des agrumes, qu'à partir de la pervenche (*Catharanthus roseus*). Ce microorganisme a été caractérisé comme étant un mollicute, ayant une morphologie en hélice et une motilité. *Spiroplasma citri* est transmis par les cicadelles selon le mode persistant circulant propagatif non multipliant, la période d'acquisition est longue de 24 à 48 heures, la période d'incubation de 8 à 9 jours, la période de rétention dure pendant toute la vie de l'insecte. La symptomatologie de cette virose est assez variable sur l'ensemble des parties de l'arbre.

2.2.2 Les maladies bactériennes

Les principales bactérioses recensées sur agrumes sont:

2.2.2.1 Le dépérissement bactérien

Cette maladie est causée par une *Pseudomonas syringae* qui à la faveur des pluies automnales et des blessures provoquées sur les rameaux, contamine les arbres. Les premiers symptômes apparaissent sur le pétiole des feuilles où se développe une tâche noirâtre qui s'agrandit rapidement jusqu'à provoquer le noircissement de l'œil situé à l'aisselle de la feuille. La nécrose gagne ensuite l'ensemble du rameau ; le limbe de la feuille se dessèche, ainsi que toute la partie du rameau située au-dessus du point d'attaque [8].

2.2.2.2 Huang long bin (HLB)

Les principales synonymes de la maladie du "dragon jaune" ou Huang long bin (HLB): verdissement des agrumes, tige jaune, marbrure des feuilles et dégénérescence des tubes criblés du phloème. Cette maladie est due à une bactérie située exclusivement dans les tubes criblés du phloème des plantes atteintes, il existe deux formes de HLB qui s'attaquent à une gamme de plantes

identiques mais se distinguent par la température à laquelle leurs symptômes sont les plus virulents [25].

2.2.2.3 Chlorose variéguée des agrumes (CVA)

La chlorose variéguée des agrumes ou en anglais «Citrus Variegated Chlorosis» (CVC) causée par le premier agent phytopathogène complètement séquencé *Xylella fastidiosa*, est une bactérie fastidieuse Gram-négative confinée au xylème, en forme de bâtonnet avec des parois cellulaires ondulées caractéristiques. Elle n'est pas flagellée, ne forme pas de spores et mesure 0,1 à 0,5 µm x 1 à 5 µm. *X. fastidiosa* ne prolifère que dans les vaisseaux du xylème des racines, tiges et feuilles. Les vaisseaux sont finalement bloqués par des agrégats bactériens et par des gommes produits par la plante. Le génome de cette bactérie est composé d'un ADN chromosomique circulaire de 2 679 305 Pb et deux plasmides 51 158 Pb et 1 285 Pb [19, 30, 31, 32].

2.2.2.4 Le chancre des agrumes

Le chancre des agrumes est une maladie causée par *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*, (synonymes: *Pseudomonas citri*, *Xanthomonas campestris* pvcitri). Plusieurs pathotypes de chancre des agrumes ont été décrits, le pathotype le plus destructeur est

- le type « A » ou chancre asiatique des agrumes. Le pomelo, la lime acide, l'orange trifoliée sont extrêmement sensibles au chancre « A ». L'orange douce, l'orange amère et le citron y sont modérément sensibles, les mandarines étant les moins sensibles. Parmi les autres pathotypes, citons
- le type « B », qui infecte principalement le citron, la lime acide, l'orange amère et le pamplemousse,
- le type « C », qui attaque essentiellement la lime acide, et la « maladie bactérienne de la tache sur les feuilles », causée par *Xanthomonas campestris* pv. *aurantifolii*, qui produit des tâches sur les feuilles des plantes trifoliées cultivées en pépinières [25].

2.2.3 Les maladies fongiques

Les maladies d'origine cryptogamique qui s'attaquent aux agrumes sont assez nombreuses, certaines sont économiquement très importantes, comme la gommose parasitaire, le pourridié, la moisissure verte et la fumagine. Elles s'attaquent aux différents organes végétatifs des citrus (racines, tronc, branches et rameaux, organes floraux, feuilles et fruits).

Plusieurs autres maladies cryptogamiques peuvent être rencontrées sur les agrumes : anthracnose, septoriose, alternariose, fonte et pourriture, infections florales, pourriture pédonculaires et tâches grasseuses. Ces maladies ont une importance secondaire ; elles se manifestent sporadiquement, causant dans la plupart des cas de faibles dégâts [33; 34]

2.2.3.1 La gommose parasitaire

La gommose est l'une des maladies les plus redoutables; rencontrée dans l'ensemble des régions où les agrumes sont cultivés, elle présente des appellations différentes selon les régions, les principaux synonymes sont [35]:

- ✓ En France on la désigne sous les noms mildiou des agrumes, Gommose parasitaire, Chancre du collet, Pourriture du collet ;
- ✓ En Italie en l'appelle Mal di Gomma ;
- ✓ Dans les pays anglophones elle est désignée par Gummosis ;
- ✓ En Argentine est appelée Gommosis deltronco.

Cette grave maladie est due à un champignon appartenant à l'ordre des Péronosporales, du genre *Phytophthora*, qui renferme diverses espèces parasites d'agrumes [36;18]. Selon Nadel [35] et Stephan et al [36]. La distribution et la virulence des différentes espèces de *Phytophthora*, aussi bien dans l'espace que dans le temps, sont fonctions de la température et de l'humidité pour :

- ✓ *Phytophthora citrophthora* (Sm.) Leonian, la température optimal in vitro, est de 25°C, la croissance est rapide entre 15 et 30°C ;

- ✓ *P. parasitica* Dastur, l'optimum est de 32°C. (*in vitro*). Quand la température devient inférieure à 15°C, la croissance du champignon est arrêtée.
- ✓ *P. hibernalis* Carne s'accommode à des températures relativement basses avec un optimum voisin de 20°C. On a, d'autre part, observer une certaine relation entre la pluviosité et la quantité de pourriture des fruits, causée par les différentes espèces de *Phytophthora* [37]

On distingue deux type de gommose : La Gommose localisée : qui apparaît sur des parties de l'arbre n'ayant pas été submergées par l'eau et La Gommose extensive à récidive : beaucoup plus grave que la précédente, elle s'attaque surtout au collet et aux grosses racines. Selon (Wyss [37] ; Stephen et al, [36]), la transmission de la maladie peut se faire par:

- ✓ *Les zoospores biflagellées*, très mobiles;
- ✓ *Les filaments mycéliens* qui restent dans le sol pendant de nombreuses années, même en l'absence totale de *Citrus*.

La présence de cils chez les zoospores leur procure une vie strictement aquatique. Les eaux d'irrigation et de pluie leur servent de véhicules et causent de nouvelles infestations. Le champignon pénètre à la faveur d'un point de moindre résistance, telles que les blessures, les cicatrices mal fermées, les craquelures de l'écorce, etc. ..., il se loge entre l'écorce et le liber, et ne tarde pas à encercler tout le tronc (Fig.2.2).

2.2.3.2 Pourridiés

De nombreux champignons sont à l'origine de ces pourritures, parmi lesquels on incrimine pour les agrumes trois différentes espèces : *Armillaria mellea* ; *Dematophora nectarix* et *Clytocibe tabescens* [40]. La pénétration de ces champignons en profondeur provoque [39, 26]:

- ✓ un envahissement des parties enterrées du tronc et à la base des grosses racines ;
- ✓ un jaunissement puis chute des feuilles ;
- ✓ un dépérissement brutal avec dessèchement des feuilles et des rameaux ou la mort de l'arbre lorsque les dégâts souterrains sont plus importants.



Figure 2.1 : Symptômes de la gommose ; [A] : Exsudations de gomme sur le tronc ; [B] : Chancre sur pieds du tronc [36] ; [C] : Branches avec le chancre de suie ; [D]: Lésion typique de la gommose cause par *Phytophthora nicotianae* [21, 38 ,39].



Figure 2.2 : Les champignons macroscopiques observés en hiver à basse des arbres attaqués par *Armillaria mellea* (Photo by Jack Kelly Clark.) [41].

Armillaria mellea est responsable d'une maladie chez les plantes sensibles qui provoque la pourriture du système racinaire ainsi que les pieds du tronc, ce qui tue la plante, en l'empêchant d'absorber l'eau et les nutriments du sol. Les parties aériennes de la plante touchées n'hébergent pas le pathogène (Fig.2.2).

2.2.3.3 Pourritures

a) Pourriture fusarienne ou Pourriture sèche de racines

La pourriture sèche de racines (Dry root rot) est une maladie fongique d'origine tellurique, elle est causée par *Fusarium solani*, c'est un champignon qui attaque plus de 66 familles de plantes, il est distribué dans le monde entier, ce champignon est inévitable au niveau du sol des plantations d'agrumes [42, 43].

On a constaté que certaines espèces de *Fusarium* sont toujours associées à ce type d'infection (Dry root-rot). L'écorce de la racine est désagrégé et le bois attaqué au-dessous du collet de l'arbre. L'écorce est d'abord molle, puis elle devient dure. Les feuilles se dessèchent plus ou moins rapidement et tombent. Si l'arbre malade est abandonné à lui-même, la mort ne tardera pas à venir. Les orangers doux aussi bien que les bigaradiers sont atteints [44].

En effet il y a deux types de syndromes dans les quels *Fusarium solani* est impliqué qui sont ;

- La pourriture sèche de racines (Dry root rot) qui peut causer le dépérissement brutal de l'arbre et
- La pourriture chronique des racines de nutrition (Chronic feeder root rot) qui induit le dépérissement progressif de l'arbre (Figure 2.3) [45].

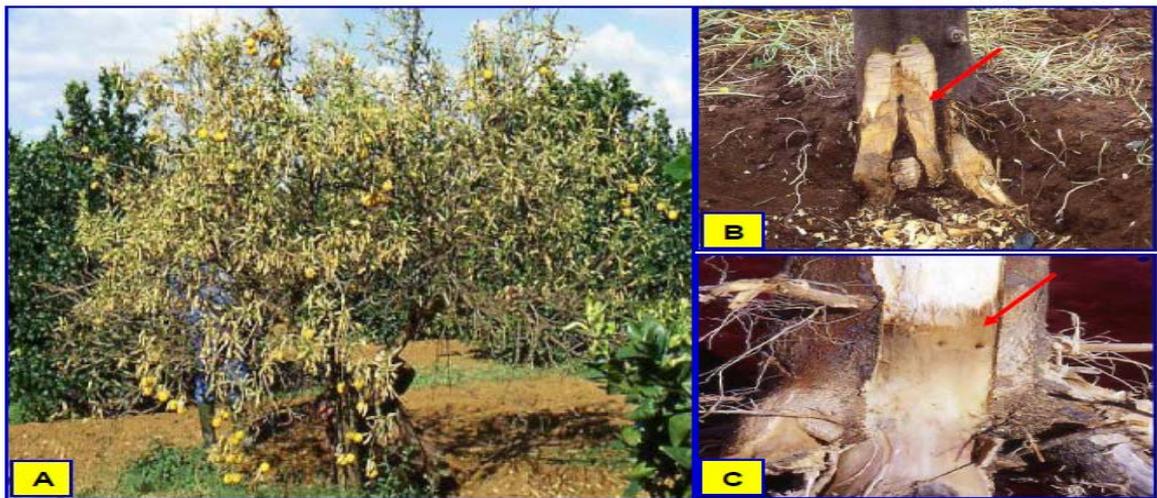


Figure 2.3 : Symptômes de la pourriture Sèche,[A] flétrissement puis le dépérissement brutal,[B] brunissement de la partie basale du tronc,[C] la coloration marron du bois affecté par cette pourriture[45].

b) Pourriture fibreuse de racines : La pourriture fibreuse de racines (Fibrous root rot ou *Phytophthora* root rot), Cette maladie cause la destruction du cortex des racines de nutrition, en laissant la partie centrale de racine intacte (fibres), plusieurs espèces de *Phytophthora spp* sont associées à cette pourriture, les espèces isolées sont [45].

- ✓ *Phytophthora nicotianae*
- ✓ *Phytophthora citrophthora*
- ✓ *Phytophthora syringae*
- ✓ *Phytophthora hibernalis*
- ✓ *Phytophthora palmivora*
- ✓ *Phytophthora citricola*
- ✓ *Phytophthora megasperma*
- ✓ *Phytophthora cactorum*
- ✓ *Phytophthora cinnamomi*

Les deux premières espèces sont fortement impliquées dans la cause de cette pourriture, les symptômes spécifiques pour cette affection se manifestent par un

jaunissement généralisé de la frondaison, chute du feuillage, dépérissement des rameaux et développement de petits bourgeons sur les rameaux, faible développement et abondance de la floraison et les transplants n'arrivent pas à se développer (Figure 2.4) [45].

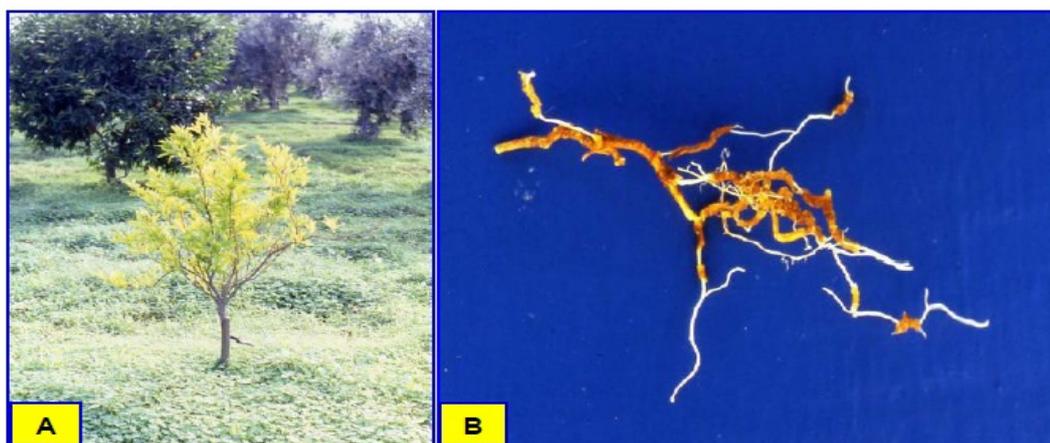


Figure 2.4 : Symptômes de la pourriture fibreuse de racines causée par *Phytophthora* spp ; [A] jaunissement des replantations, [B] symptôme typique sur les racines de nutrition [46, 47].

c) Pourriture racinaire à *Rosellinia* « *Rosellinia* root rot » : Deux espèces pathogènes du genre *Rosellinia* (*Sphaeriales*, *Xylariacées*) sont responsables de cette pourriture *Rosellinia pepo* Pat. et *R. bunodes* Sacc [45]. Elles se rencontrent en Guadeloupe, Dominique, Martinique, Saint-Lucien, Saint-Vincent, Grenade. La majorité des plantes fruitières cultivées sont susceptibles d'être parasitées, particulièrement les *Citrus*.

La forme conidienne de ces champignons se rapporte au genre *Dematophora* (*Rosellinia pepo*). A la surface de la racine, se forment des trames plus ou moins condensées de mycéliums gris devenant noir en vieillissant ; d'abord superficiel, il pénètre ensuite à l'intérieur de l'écorce dans la région cambiale en suivant le trajet des rayons médullaires, possède une forme imparfaite conidienne qui apparaît, d'ailleurs, avant les périthèces (*Rosellinia bunodes*) Sacc. Le mycélium envahit la racine qui devient verdâtre à cause des dégâts mycéliens. Ce mycélium forme

d'abord des plages, puis ne tarde pas à combler les vides, en formant des manchons sous forme de rhizomorphes dont la pénétration profonde jusqu'au cambium [14] (Fig.2.5).

❖ Classification du genre *Rosellinia*[14]

- ✓ Kingdom : Fungi
- ✓ Phylum : Ascomycota
- ✓ Classe : *Ascomycètes*
- ✓ Ordre : *Xilariales*
- ✓ Famille : *Xilariaceae*
- ✓ Genre : *Rosellinia*
- ✓ Espèce : *Rosellinia necatrix*

Ce champignon phytopathogène n'a pas une hôte spécialisée, il survit dans le sol en l'absence de l'hôte, il attaque tous les racines et se localise dans l'écorce et la moelle sans affecter les tissus du bois. Le principal moyen de dissémination c'est par le mycélium et chevelu mycélien, le mycélium se développe bien en conditions de haute humidité et de matière organique et un pH entre 5 et 7 [14].



Figure 2.5 : Symptômes de la pourriture à *Rosellinia*, plaques blanchâtres sur racines [48].

d) Pourriture à *Sclerotinia* : Le genre *Heliotales*, de la famille des *Héliotacées* est caractérisé par des apothécies longuement pédicellées. Deux espèces sont particulièrement pathogènes sur les racines des **Citrus** : *Sclerotinia sclerotiorum* et *S. gummosis* qui attaquent le tronc, les rameaux des arbres dont

ils déterminent le flétrissement. Ces champignons causent également la pourriture des racines et des fruits (pourriture cotonneuse des fruits) [44].

e) Pourriture à Clitocybe : L'agent de cette pourriture est *Clitocybe tabescens*, de position systématique très voisine de celle de l'Armillaire. Ce Champignon n'est pas spécifique des *Citrus*; de nombreux arbres fruitiers et forestiers sont sujets à ses attaques. C'est seulement en Floride qu'il a été observé sur les *Citrus* et, plus particulièrement, sur le porte-greffe (*Rough lemon*) et l'oranger. Il semble que le bigaradier résiste à cette maladie [44].

f) Pourriture cotonneuse des racines : Cette maladie porte le nom de (Texas root-rot) au Texas où elle a été observée pour la première fois. Elle est due à *Phymatotrichum omnivoruni* (Shear), encore appelée *Ozonium omnivorum* Shear et *Ozonium auricomum* [40]. Il présente une vaste répartition géographique, rencontré au Texas, en Arizona, Oklahoma, Sud de la Californie, Mexique, aux îles Hawaï où il a été signalé pour la première fois par [49]. Le parasite est remarquable par sa polyphagie qui ne cesse de s'étendre sur de nouvelles plantes. Aussi peut-on dire que presque toutes les espèces dicotylédones sont attaquées. Les monocotylédones renferment des substances inhibitrices, et seul le maïs est atteint par cette affection [40].

2.2.3.4 Mal secco

Appellation d'origine italienne désignant les affections des agrumes causés par un champignon *Deuterophoma tracheiphila*, Se développe sur les agrumes, principalement sur citronnier mais aussi bigaradier, cédratier, bergamotier, *Citrus jambhiri* et limenttier. La plus part des cultivars d'oranger, de mandarinier, de clémentinier et da pamplemoussier ne sont qu'occasionnellement affectés [50]. Cette maladie est causé par *Deuterophoma tracheiphila* [51], leur Synonymes: *Phoma tracheiphila* (Petri) Kantschaveli & Gikashvili *Bakerophomatra cheiphila* (Petri) Ciferri [52]

Maladie cryptogamique qui touche les tissus conducteurs et entrave la circulation de la sève. La maladie pénètre dans la plante au niveau des blessures

(probablement pas par les stomates) [53]. L'infection se fait par des conidies produites notamment par des pycnides au niveau des brindilles flétries. Ces conidies sont véhiculées par l'eau. L'infection aurait lieu à des températures comprises entre 14 et 28°C. La croissance du champignon dans la plante et l'expression des symptômes ont lieu à des températures optimales comprises entre 20 et 25°C. Au delà de 30°C, le mycélium cesse de se développer. Dans la région méditerranéenne, les périodes d'infection dépendent des conditions climatiques, en Sicile les infections se déclarent généralement entre septembre et avril. Le champignon peut survivre au sol dans les bois de taille pendant plus de 4 mois [54]. Les symptômes apparaissent sur un secteur de l'arbre.

- ✓ **Sur feuilles** : Les premiers symptômes apparaissent au printemps, on observe tout d'abord une chlorose des feuilles et des pousses puis un dépérissement des brindilles et des branches. Les feuilles desséchées tombent ensuite [55, 56, 57,58] (Fig. 2.6).
- ✓ **Sur rameaux** : Les brindilles et branches infestées présentent de zones grise plomb à gris cendré. Sur ces zones apparaissent des petits points noirs : les pycnides. Une coupe au niveau des zones infestées montre un bois rose saumon ou orange rouge et une production de gomme au niveau du xylème. Les brindilles et petits rameaux atteints meurent. Cette maladie s'étend ensuite vers le bas et atteint les grosses branches. Mal secco entraîne aussi un développement de bourgeons à la base des zones infectées et le développement de rejets sur le porte-greffe. Au départ, seule une partie de l'arbre est touchée au niveau des extrémités puis peu à peu la maladie s'étend vers le bas et atteint les grosses branches. Le dépérissement de l'arbre survient en un ou deux ans. Il existe deux autres formes de la maladie : le « mal fulminant » qui entraîne une mort rapide de l'arbre, après infection du système racinaire et le « mal nero » qui est une infection chronique du bois [59, 60,61] (Fig. 2.6)

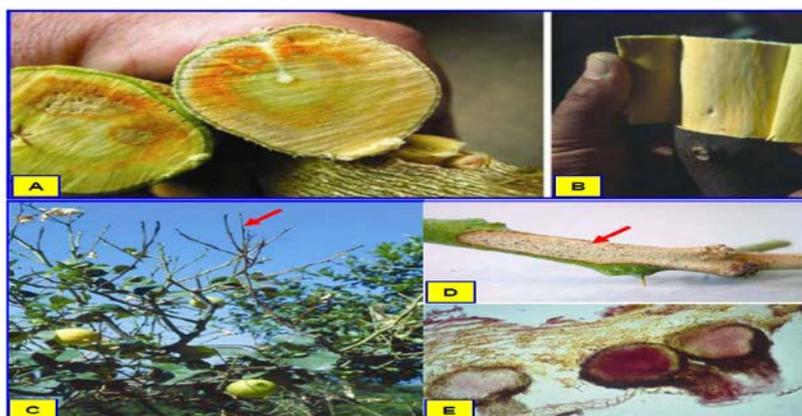


Figure 2.6 : symptômes du Mal secco ; [A] : décoloration orange-rougeâtre sur branche d'un mandarinier ; [B] : le rougissement typique du bois ;[C] : défoliation des brindilles apicales ;[D] : le dessèchement typique ;[E] : coupe tangentielle montrant les pycnides de *Phoma tracheiphila* [56].

2.2.3.5 Citrus Blight

Cette maladie est connue sous le nom de Citrus Blight disease et le classement taxonomique: inconnu. Le Blight affecte surtout le pamplemoussier (*Citrus paradisi*) et l'oranger (*C. sinensis*), son incidence est moindre sur citronnier (*C. limon*) et sur mandarinier (*C. reticulata*). Les agrumes greffés sur *Citrus jambhiri*, *C. nobiliset Poncirus trifoliata* sont très sensibles. Les agrumes greffés sur *Citrus macrophylla*, *C. volkameriana* et *Citroncirusx webberi* sont sensibles eux aussi, mais ceux greffés sur *Citrus aurantium* et *C. reshni* sont tolérants et ceux greffés sur *C. sinensis* très résistants [62]. La maladie est plus marquée dans les plantations recevant beaucoup de soins (pratiques culturales supérieures à la norme). Les premiers symptômes n'apparaissent que sur des arbres adultes arrivants à 4-6 ans. La maladie n'affecte en général que les arbres productifs. Une fois qu'un arbre est atteint, il ne guérit pas. Le citrus blight entraîne un déclin général du feuillage avec flétrissement, défoliation, dépérissement des rameaux et faiblesse des nouvelles pousses. Seul un secteur de l'arbre peut être atteint [63 ,64]. Les symptômes du citrus blight peuvent être confondus avec ceux d'autres maladies à l'exemple du greening (en Afrique du Sud; [65], Tristeza [66] ou le (spreading decline) provoqué par des nématodes mineurs (*Radophilus citrophilus*) (en Floride; [67]. La situation est encore compliquée par le fait que le

citrus blight se rencontre en même temps que d'autres facteurs provoquant un déclin (nématodes, cucurlionides ou scolytides des racines, virus, pourritures racinaires bactériennes et fongiques) [68,69,70]. Les vaisseaux du xylème du tronc, des branches principales et des racines sont bloqués par des bouchons amorphes jaune-clair, ou par des bouchons filamenteux marron-foncé. La déficience du transport de l'eau semble être attribuable à ces bouchons amorphes, et les symptômes semblent être dus à l'absence de transport d'eau vers le feuillage. Alors que les feuilles présentent souvent des symptômes de carence en zinc, le zinc s'accumule dans l'écorce et le xylème externe du tronc, en général avant la formation des bouchons ou le développement de symptômes visibles. La signification de ces niveaux de zinc élevés n'est pas connue. L'analyse de la teneur en zinc est aussi utile pour la diagnose [71, 72].

CHAPITRE 3

MATERIEL ET METHODES

3.1. Données sur les vergers agrumicoles étudiés (données climatiques)

Notre étude relative aux cas des dépérissements observés au niveau de quelques vergers agrumicoles (W. Blida) (09 vergers) et à Koléa (W-Tipaza) (01 verger) a été effectuée en deux étapes :

- La première au niveau des vergers agrumicoles en questions qui concerne la réalisation d'un diagnostic symptomatologique et la description de quelques paramètres pouvant expliquer les aspects étiologiques et épidémiologiques des dépérissements.
- La deuxième partie a été réalisée au laboratoire dans le but de rechercher d'éventuels agents fongiques phytopathogènes associés.

3.1.1. Localisation

L'exploitation agricole, où nous avons réalisé notre étude, se situe dans la commune d'Oued El - Alleug Willaya de Blida, située au centre de la Mitidja connue par sa vocation agrumicole. Elle est limitée au nord par Koléa (Willaya de Tipaza); à l'est par Boufarik (Willaya de Blida), à l'ouest par Mouzaia, et du côté sud par Beni Tamou (Willaya de Blida).(Figure 3 .1).

- Les six vergers **d'Oued El Alleug**, objet de notre étude, occupent une superficie totale de 12.4 ha ; les superficies individuelles varient de 0.9 ha à 3 ha. Avec la même densité de plantation (5x5m), le nombre d'arbre par verger est compris entre 333 à 996 soit un total de 4 198 arbres (Tableau N°4.1).

Ces vergers sont plantés principalement avec des orangers (Thomson navel) avec un taux de couverture de 70 à 100% dans les vergers 1, 2 et 4.



Figure 3.1 : Localisation géographique de différentes zones d'étude

Le Clémentinier occupe 10 à 30% dans les vergers 1, 2 et 3. Le verger 3 contient aussi 50% de portugaise et 30% de mandariniers.

La grande partie des arbres datent de la première plantation, soit plus de 57 ans, à l'exception des sujets plantés depuis trois ou quatre années en remplacement des sujets arrachés (dépéris).

La délimitation des vergers est comme suit:

- ✓ A l'est par des vergers agrumicoles;
 - ✓ A l'ouest par des arbres de Casuarina comme brise vent, et des vergers de pommiers;
 - ✓ Au nord par une ferme d'élevage;
 - ✓ Au sud par la route nationale numéro 4 (RN 4), des cultures fourragères, en plus d'une petite ferme.
- La commune de Chiffa est située à l'ouest de la wilaya de Blida, à environ 10 km à l'ouest de Blida et à environ 55 km au sud-ouest d'Alger. Elle est limitée au nord par Oued-El-Alleug et Mouzaia, à l'est par Bouarfa, à l'ouest par Ain Romana, au sud par la Wilaya de Médéa.

Avec une superficie totale de 1,38 ha, et densité de plantation de 5x5m, le nombre d'arbres dans ce verger est de 505 arbres.

- La commune de Mouzaïa est située à l'ouest de la wilaya de Blida, à environ 15 km à l'ouest de Blida et à environ 60 km au sud-ouest d'Alger. Elle est limitée au nord par la Wilaya de Tipaza, à l'est par Oued El-Alleug et Chiffa à l'ouest par El-Affroun, et du côté sud par Ain-Romana.

Avec une superficie totale de 3,51 ha, et densité de plantation de 5x5m, le nombre d'arbres dans ce verger est de 1 404 arbres.

- ✓ La commune d'El Affroun est située à l'ouest de la wilaya de Blida, à environ 18 km à l'ouest de Blida et à environ 69 km au sud-ouest d'Alger. Elle est limitée au nord par Attatba, à l'est par Mouzaia, à l'ouest par Oued jar, au sud par Ain Romana.

La superficie totale de 2,03 ha, une densité de plantation de 5x5m, le nombre d'arbres est de 814.

- ✓ La commune de Koléa est située au nord-est de la wilaya de Tipaza, à environ 33 km au sud-ouest d'Alger, 32 km à l'est de Tipaza et 20 km au nord de Blida. Elle se situe à la fois dans le prolongement Ouest de l'aire métropolitaine d'Alger, à la croisée des chemins entre Alger, Blida et Tipaza, donnant à la fois sur la Mitidja et sur la mer. Elle est limitée au nord par Fouka, à l'est par Mahelma (Willaya Alger), à l'ouest par Chaiba, au sud par Oued-El-Alleug (ben khellil W-Blida).

Avec une superficie totale de 3,96 ha, une densité de plantation de 5x5m, le nombre d'arbre dans ce verger est de 1581 arbres.

3.1.2. Historique

Selon le propriétaire des vergers de Oued El Alleug, les précédents culturaux des différentes parcelles d'agrumes étaient des cultures annuelles (blé; légumes; tabac) durant la période coloniale. En 1950 ces vergers ont été plantés par différentes espèces d'agrumes (Oranger, Mandarinier, Clémentinier, Citronnier). Cette exploitation est composée de 6 vergers agrumicoles dont 2 sont à l'abandon (héritage) (Appendices D).

Pour les vergers de Mouzaia et Chiffa date de l'époque coloniale, composé principalement d'Oranger, Clémentinier. Thomson navel.

Pour celui de Koléa et El-Affroun sont des jeunes plantations constitué de l'Oranger, Citronnier ; Clémentinier. Thomson navel.

Tableau N°3.1 : Porte-greffes utilisés dans les différents vergers agrumicoles [6]

Vergers	Porte-greffes
Les six vergers de « Oued El-Alleug » (V 1, V 2, V 3, V 4, V 5*, V 6*)	Bigaradier
Le verger de Chiffa (7)	Bigaradier
Le verger de Mozaia (08)	Bigaradier
Le verger d'El-Affroun (9)	Bigaradier
Le verger de Koléa (10)	Bigaradier

*. Verger abandonné.

3.1.3. Conduite culturale

3.1.3.1 Techniques culturales

Parmi les techniques culturales pratiquées régulièrement chaque année, nous notons particulièrement :

- ✓ Labour léger au début du mois d'avril ;
- ✓ Un discage dans la période hivernale et printanière pour éliminer les mauvaises herbes ;
- ✓ Utilisation de la sous-soleuse chaque 7 à 8 ans (2 ans Nord –Sud, et 2 ans Est-ouest) pour couper les racines et permettre ainsi le renouvellement du système racinaire.

L'irrigation est assurée par les pluies à l'exception des périodes estivales où elle se réalise 4 à 5 fois par an pour les adultes, et pour les jeunes plantations à raisons de 8 irrigations par an par système de rigoles. Des tailles périodiques se réalisent selon les espèces:

- ✓ Clémentinier : avant la fin février ;
- ✓ Thomson : avant la fin mars ;
- ✓ Mandarinier : avant la fin février.

Tableau N° 3.2 : Superficie, nombre d'arbres et variétés de différents vergers [6]

Commune	Vergers	Superficie (m ²)	Nbre d'arbres	Variétés	Le % occupé	
Oued EI Alleug	V 01	20 826	603	Thomson	70%	
				Clémentinier	30%	
	V 02	29 406	1028	Thomson	90%	
				Clémentinier	10%	
	V 03	23 616	845	Portugaise	50%	
				Mandarinier	30%	
	V 04	27 251	829	Thomson	100%	
	V 05	8 925	333	Thomson	80%	
				Mandarinier	20%	
	V 06	14000	563	Mandarinier	70%	
				Clémentinier	10%	
	Chiffa	V 07	13800	550	Thomson	100%
	Mozaia	V 08	35100	1404	Thomson	100%
	EI-Affroun	V 09	20300	814	Thomson	70%
Clémentinier					30%	
Koléa	V 10	39600	1581	Washington Naval	100%	
TOTAL	10	232 824	8550			

En plus des opérations d'éclaircissage; des coupes de nettoyage des frondaisons sur les rameaux dépéris ou cassés sont réalisées. La récolte est généralement échelonnée selon la maturité des différentes espèces et les prix du marché.

- ✓ Clémentine : début Octobre/ début Novembre à la fin de Janvier ;
- ✓ Mandarine : début Février jusqu'à la fin Mars ;
- ✓ Thomson : variété lisse début Novembre jusqu'à la fin Décembre ;
- ✓ Variété Washington navel début Janvier jusqu'à la fin Avril ;
- ✓ Citronnier : 4 saisons (Mai, Juin, décembre).

3.1.3.2. Traitements phytosanitaires et fertilisation

Les traitements apportés sont surtout préventifs contre:

- ✓ Les pucerons avec l'ultracide 40 D6 (Mithidation) ;
- ✓ La mineuse en utilisant la muspulant (Acétamitride) à partir de la fin juin jusqu'à la fin de septembre, chaque 15 jours pour garder la végétation intacte ;
- ✓ La fumagine avec l'huile blanche (huile) et des insecticides en mois d'août ;
- ✓ La gommose en utilisant l'ailette flache (Fansityle d'aluminium) (3 fois / an).

Les principaux fertilisants, utilisés pour améliorer la production ou pour corriger les carences en un ou plusieurs éléments nutritifs sont :

- ✓ Utilisation de deux types d'engrais, le type 20-25 durant la période comprise entre le mois de décembre jusqu'au mois de janvier, c'est un engrais de fond, utilisé à raison de 8-10 qx /ha pour les arbres adultes et 4qx /ha pour les arbres moyens, le traitement se fait par semis ;
- ✓ Le traitement avec Gazmare (Algues marins) au stade floraison pour avancer le développement des feuilles ;
- ✓ Utilisation de Fer quand il y a une carence de cet élément ;
- ✓ Les fumures organiques sont utilisées, une fois tous les 3 ans.

Il est a noté que l'application des traitements phytosanitaires s'arrête avant 15 à 20jours de la récolte.

3.2. Etude des dépérissements

En raison de l'ignorance des origines des cas de dépérissement observés dans cette région, notre travail à titre préliminaire est basé surtout sur la réalisation d'un diagnostic sympômathologique, tout en orientant le travail de laboratoire pour la recherche d'éventuels agents fongiques d'origine tellurique.

3.2.1. Diagnostic symptomatologique

Le diagnostic symptomatologique a pour objectif de retracer l'historique d'apparition de ces cas de dépérissement et d'établir des observations sur l'apparition et le développement des symptômes. Durant la période avril – Juillet 2014, nous avons effectué plusieurs visites dans les vergers pour recueillir le maximum d'informations relatives à l'objet de notre étude. A cet effet nous avons établi un questionnaire résumant les éléments de réponses pouvant nous aider directement ou indirectement dans la compréhension des situations de dépérissement étudiées.

Les éléments de notre enquête, réalisés avec la collaboration des propriétaires des vergers, ont porté surtout sur :

- ✓ les conditions de développement et d'évolution de la maladie ;
- ✓ les agents pathogènes impliqués ;
- ✓ Fréquences d'apparition.

Le diagnostic symptomatologique a concerné les observations sur les cas de dépérissement partiel ou total, ainsi que les symptômes associées et observées sur la partie aérienne de chaque cas. Au niveau de chaque verger, nous avons évalué les dégâts causés par le dépérissement, exprimés par le taux de sujets présentant cette affection par rapport au nombre total d'arbres. L'arbre est considéré comme dépéri s'il présente soit un dépérissement total ou partiel. Les sujets arrachés suite à leur dépérissement sont comptabilisés dans l'estimation du taux d'infection. Ce diagnostic consiste à localiser les sujets affectés par un dépérissement partiel ou entier et décrire les symptômes apparentés.

Sur la base de ces observations ponctuelles, et les prospections effectuées, nous avons classé les symptômes en quatre classes selon la gravité des symptômes du dépérissement. Et nous avons établi une échelle d'évaluation,

pour estimer le taux de dépérissement, et la gravité du dépérissement dans chaque verger (Tableau N°3.3).

3.2.2. Etude épidémiologique du dépérissement

3.2.2.1. Taux d'infection

Il s'agit de l'expression du pourcentage (%) des arbres présentant un dépérissement, en connaissant le nombre total des arbres examinés (N), et le nombre des arbres malades (Classe 1, 2, 3, et 4). Le taux du dépérissement est calculé par la formule suivante [73, 74, 75] :

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

- ✓ **ni** : étant le nombre d'arbres recevant la note i (i = 1 à 4)
- ✓ **N** : le nombre total des arbres du verger.

3.2.2.2. Gravité de la maladie

La valeur moyenne de la classe du dépérissement, est estimée par la formule suivante [73, 74, 75] :

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

- ✓ **G** : gravité de la maladie
- ✓ **ni** : étant le nombre d'arbres recevant la note i (i = 1 à 4)
- ✓ **n** : le nombre des arbres affectés par le dépérissement

3.3. Méthodologie d'échantillonnage

En vue de réaliser une étude étiologique et épidémiologique basée sur la recherche d'éventuels agents fongiques susceptibles de provoquer des états de

dépérissement, nous avons réalisé un échantillonnage ciblé. Nos échantillons ont été prélevés à partir des différentes classes symptomatologiques.

Tableau N°3.3 : Echelle d'évaluation des symptômes du dépérissement [73, 74, 75]

Classe	Etat de l'arbre et symptômes
« 0 »	➤ Sain
« 1 »	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dépérissement total de l'arbre ➤ Durcissement des rameaux ➤ Présence de chancre important en forme de flamme ➤ Ecaillage accompagné avec des suintements gommeux ➤ Nécrose interne sur le tronc et les branches charpentières variable en coloration (brune, rouge, noire) ➤ Dépérissement foudroyant (la mort subite ou Apoplexie) ➤ Dessèchement et Pourriture de racines
« 2 »	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dépérissement unilatérale (Partiel) Dessèchement du feuillage ➤ Ecaillage du tronc ➤ Présence de chancre occupant une portion du tronc ou localisé sur une branche charpentière ➤ Rabougrissement ➤ brunissement de grandes racines
« 3 »	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dépérissement des extrémités des rameaux ➤ Jaunissement léger généralisé ➤ Enroulement des feuilles et orientation vers le haut ➤ Présence de lésions nécrotiques ➤ Brunissement central de racines ➤ Mort de certaines racines
« 4 »	➤ Arbre mort, coupé, arraché ou remplacé (Mort irréversible)

3.3.1. Prélèvement des échantillons de bois

Nous avons prélevé des échantillons d'écailles, de rameaux, et de racines à partir d'arbre complètement dépéris (Classe 1), d'arbres partiellement dépéris

(Classe 2), d'arbre légèrement dépéris (Classe 3) et d'arbre sains (Classe 0). Les opérations de prélèvement des échantillons ont été répétées trois fois.

Les prélèvements ont été effectués dans des conditions aussi stériles que possible. Les sécateurs et les scies ont été désinfectés par flambage après trempage dans l'alcool 90°. Les rameaux sont découpés à la limite des zones de dépérissement. Pour les racines, à l'aide d'une pioche nous avons déterré le système racinaire à une profondeur variant de 50 à 100 cm avant de découper des fragments racinaires.

Chaque échantillon a été mis, individuellement, dans des sachets en papier portant toutes les indications (verger, variété, type de fragment, la profondeur, la date et le type de symptômes...). Ces échantillons ont été conservés au laboratoire pendant 24 à 48 h au maximum avant d'entamer les opérations d'isolement.

3.3.2. Prélèvement des échantillons de sols

Dans notre étude nous nous sommes limités à rechercher d'éventuels agents fongiques telluriques qui peuvent être associés aux situations de dépérissement étudiés.

Nous avons prélevé des échantillons de sol à partir d'arbres sains sans aucun signe de dépérissement, et des situations variables du dépérissement :

- ✓ Dépérissement total ;
- ✓ Dépérissement, présentant des symptômes soit généralisés, soit unilatéral, touchant plus de la moitié de la frondaison ;
- ✓ Dépérissement présentant de symptômes légers, un ou quelques rameaux dépéris ;

Les échantillons de sols sont prélevés après avoir déterré les racines sur une profondeur de 0.8 à 1m, nous avons réalisé les prélèvements de sol à partir du :

- ✓ Sol adhérent aux racines considérées comme zone rhizosphérique.
- ✓ Sol entourant le système racinaire, considéré comme rhizoplan.

Généralement les champignons du sol se trouvent au niveau de l'horizon de 30 à 40 cm correspondant à la couche arable qui est caractérisée par sa fertilité et colonisée par le chevelu racinaire des plantes cultivées [75].

Chaque échantillon de sol (200 à 500 g), est récupéré dans un sachet en papier tout en mentionnant les informations nécessaires, telles que le nom du verger, type de dépérissement observé, type d'échantillon (sol loin de racine, collé à la racine), la date du prélèvement, et la variété...etc. Les prélèvements ont été faits au niveau des vergers d'Oued El Alleug à raison de trois répétitions par prélèvement et un seul prélèvement a été réalisé dans les vergers de Chiffa, Mouzaia, El-Affroune et Koléa. Les échantillons sont transportés par la suite au laboratoire pour des analyses ultérieures.

3.4. Diagnostic au laboratoire

3.4.1. Milieux de culture

Le principal milieu de culture utilisé durant le travail au laboratoire, c'est le milieu PDA (potatos dextrose agar). Différents auteurs, RAPPILLY, BOOTH, TUIT [75] utilisent divers milieux pour un isolement spécifique. Mais pour un recensement global, le milieu le plus utilisé est le PDA. Ce milieu favorise le développement d'un grand nombre de champignons, il permet d'obtenir une bonne croissance et une bonne fructification de ces espèces (Appendice F).

Pour améliorer les conditions des isolements, nous avons utilisé le milieu spécifique au petit pois.

3.4.2. Techniques d'isolement direct

Les techniques d'isolement à partir du bois (racines, tronc et rameaux) sont variées; elles dépendent notamment de la taille des fragments du bois, de leur degré de dépérissement et sa localisation (en surface ou interne) [75].

- ✓ La technique d'isolement que nous avons adopté consiste en :
- ✓ Stérilisation superficielle des organes malades (racine, rameaux, écailles) dans une solution d'hypochlorite (2%) pendant 5 minutes.
- ✓ Après rinçage abondant à l'eau distillée stérile, les fragments ont été séchés entre deux feuilles de papier buvard stérile.
- ✓ Déposer de 4 à 5 petits fragments dans des boîtes de Pétri contenant le milieu PDA.
- ✓ Incubation à l'étuve à 25°C pendant 4 à 5 jours.
- ✓ Deux types d'isolement ont été adoptés :
 - Isolement direct à partir des fragments; il consiste à isoler directement à partir des fragments de racines, de rameaux ou d'écailles. Nous avons découpé des petits fragments de 3 à 5 mm, à l'aide d'un scalpel en les déposant immédiatement sur milieu PDA en boîte de Pétri.
 - Dans une deuxième situation les échantillons ont séjourné dans des dessiccateurs pendant 5 à 7 jours, pour favoriser l'extériorisation des agents fongiques. Chaque dessiccateur contient dans sa partie inférieure une quantité d'eau stérile pour humidifier les échantillons.

3.4.3. Technique des suspensions dilutions sur milieu gelosé

Avant d'entamer les opérations de recherche des agents fongiques, chaque échantillon de sol est étalé à l'air libre pendant 2 jours. Après élimination des éléments grossiers et des débris végétaux, nous avons réalisé des pesées de 10 g de sol en 3 répétitions pour chaque échantillon [75].

La technique adoptée est celle des suspensions dilutions (dilution plates) [75], elle consiste à mettre le sol en suspension dans de l'eau stérile, puis à

incorporer les différentes dilutions de cette suspension dans le milieu d'isolement. La préparation des dilutions consiste à ajouter 10 g de sol à 90 ml d'eau stérile, laissé en agitations pendant 30 mn, ce qui constitue la dilution 10^{-1} . Des prélèvements individuels d'un volume de 1ml à partir de chaque suspension à additionner successivement dans des tubes contenant 9 ml d'eau stérile, pour avoir les dilutions suivantes : 10^{-2} , 10^{-3} , ...jusqu'à 10^{-8} . Rappelons que pour réaliser ces différents prélèvements, il est primordial d'utiliser des pipettes stériles pour chaque dilution.

3.5. Isolement et purification

Selon la technique décrite par Davet [75], nous avons prélevé 0,1ml de chaque dilution que l'on ensemence dans des boites de Pétri contenant le milieu PDA (potato dextrose agar), étalé à l'aide d'un étaioire. Les opérations d'isolement ont été effectuées avec les dilutions 10^{-3} , 10^{-5} , 10^{-6} et 10^{-8} en trois répétitions pour chaque dilution. L'incubation a été réalisée à la température de 25°C entre 24 à 96 heures est parfois jusqu'à plus d'une semaine.

En raison du développement d'une multitude de flores fongique et bactériennes, après incubation, nous avons procédé à la purification des cultures mycéliennes qui semblent intéressantes, en évitant les contaminants et les saprophytes connus habituellement (*Penicillium*, *Mucor*, *Aspergillus*, *Rhizopus...etc*).

La purification consiste à découper des petits fragments de disque mycélien de 5 mm d'agar et les repiquer sur de nouvelles boites de Pétri contenant le même milieu. Ces opérations de repiquages sont répétées autant de fois que nécessaire jusqu'à l'obtention de cultures homogènes et unis, synonyme de pureté, tout en la vérifiant par des observations microscopiques.

3.6. Caractérisation et identification

Les cultures purifiées ont été laissées en incubation de 15 à 20 jours, après leur purification pour obtenir une croissance optimale. Dès que le développement est

apparent; des observations quotidiennes sont effectuées pour détecter d'éventuels caractères culturels spécifiques aux agents fongiques ; l'identification s'est basée sur les caractères macroscopiques suivants :

- la couleur des colonies,
- l'aspect des colonies,
- la forme des colonies,
- la vitesse de développement,
- la production de pigments.

Des observations microscopiques ont été réalisées pour la description de :

- ✓ L'aspect, la forme, la couleur du mycélium;
- ✓ La présence ou l'absence de fructifications, en leur modalités de regroupement (solitaire ou en grappes) et les conidiospores (couleur, la ramification, groupé, solitaire).

Pour chaque culture, nous avons consigné un tableau descriptif de ces caractères, parfois pris en photos afin de procéder à son identification en utilisant les critères de la clé de Barnett [76,77].

Cette clé de classification fongique décrite dans la clé de Barnett, prend en considération le système Sacardo, qui s'illustre par une méthode de classification appliquée même aux champignons imparfaits (Deuteromycètes).

Les éléments de base de ce système sont la morphologie de structure de sporulation ; telle que la morphologie et la couleur des conidies.

CHAPITRE 4

RESULTATS ET DISCUSSION

4.1.Evolution des dépérissements sur terrain

4.1.1. Diagnostic symptomatologique

Les différentes observations effectuées sur site, ont permis l'observation des principaux symptômes suivants dans l'ensemble des vergers étudiés.

Par considération aux situations de dépérissement les plus graves sont : (Fig.4.1)

- ✓ Dépérissement total de l'arbre (mort brutal).
- ✓ Dépérissement unilatéral.
- ✓ Rabougrissement de la souche.
- ✓ Un jaunissement léger généralisé.
- ✓ Sécrétion de gomme (la gommose).
- ✓ Écaillement du tronc (les écailles sont épaisses).
- ✓ Lésions nécrotiques sur les feuilles.
- ✓ Hyperplasie et hypoplasie des feuilles de nouveaux rameaux (Fig.4.2).

Secondairement, nous avons noté la présence massive d'autres types de symptôme qui sont essentiellement (Fig.4.3).

- ✓ Chancre sur le tronc et les branches charpentières.
- ✓ Noircissement sur la face inférieure de la feuille.
- ✓ Retard dans la maturité et la croissance des fruits.
- ✓ Enroulement des feuilles provoqué par la mineuse

Nous avons aussi observé des tâches marrons à travers une coupe transversal réalisé sur les branches, et les rameaux des arbres atteints leur couleur allant du marron à noir, ils n'ont pas de forme spéciale, ainsi que la présence de champignons adhérents au du tronc (Fig.4.3).



Figure.4.1 : Les différents types de dépérissements : [A] ; [C] ; [E] Dépérissement total de l'arbre ; [B] dépérissement uni latéral [D] dépérissement total dans le cas d'arrachage ; [F] : jaunissement léger généralisé sur l'arbre. Personnel.

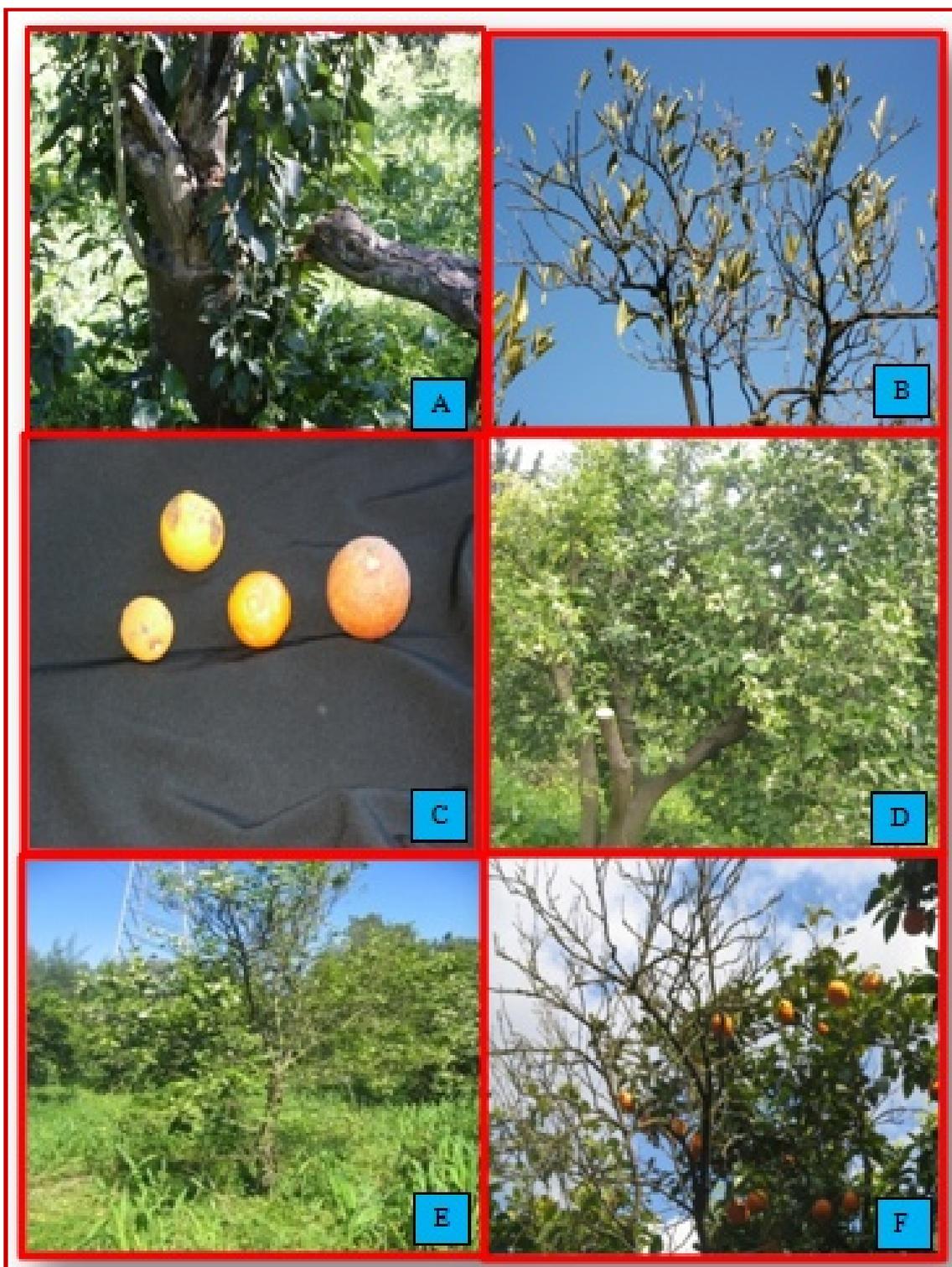


Figure 4.2 : Symptômes sur les différentes parties aérienne ; **[A]** Hyperplasie et hypoplasie ; **[B]** Enroulement et orientation des feuilles vers le haut, **[C]** Retard dans la maturité et la croissance des fruits et chute des fruits avant maturité, **[D]** : dépérissement type 02 avec la coupure d'une branche complètement dépérisse dans le verger El Affroun ; **[E]** : dépérissement type 01 dans le verger de Kolea, **[F]** : dépérissement uni latéral avec suivie de la production de l'arbre dans le verger Mouzaia et Chiffa. Personnel.



Figure 4.3 : Symptômes sur le tronc et branches charpentières ; **[A]** Craquelure de l'écorce ; **[B]** Pourriture du tronc suite à un chancre, **[C]** La destruction des vaisseaux conducteurs ; **[D]** : Décoloration du bois ; **[E]** : décoloration du système conducteur principale et présence de champignon au tour du tronc, **[F]** : décoloration sectoriel du tronc et durcissement de racines principales. Personnel.

4.1.2 Répartition spatiale des arbres dépéris

En fonction de la gravité et de l'ampleur des affections, nous avons classé les cas de dépérissement en trois catégories :

- ✓ Classe 1 : le dépérissement est total ou touchant plus de 3/4 de l'arbre, qui correspond à un sujet improductif totalement.
- ✓ Classe 2 : le dépérissement est partiel ou touchant au moins la moitié de la frondaison.
- ✓ Classe 3 : le dépérissement est partiel, touchant un ou plusieurs rameaux.

Dans les deux derniers cas (Classe 2 et 3) l'arbre continue à produire des fruits. Nous avons constaté que la répartition des symptômes diffère d'un verger à l'autre, selon l'âge et l'état physiologique de l'arbre.

4.1.3. Taux de dépérissement

Nos prospections sur les différents sites ont été réalisées sur un total de 6 793 arbres, figurant dans les dix vergers agrumicoles et occupant une superficie d'environ total de 25 ha. 61% des arbres sont atteints de dépérissement, ce qui correspond à 3 878 arbres dépéris, dont 17% représentant la classe « 1 » soit 1021 arbres, 15% de la classe « 2 » soit 958 arbres, 6% de la classe « 3 » soit 433 arbres et 23% de la classe «4 » pour 1466 arbres (Tableau 4.2, Fig.4.4).

Notre étude nous a permis de noter des taux d'infestation allant de 2% jusqu'au 80% (Tableau 4.1). Globalement le taux moyen de dépérissement est de 51,23% dans les vergers travaillés, par contre dans les vergers abandonnés est de 45,47%. Comparativement aux jeunes vergers ou le taux de dépérissement est de 31% pour verger EL Affroun, et 2% à Koléa, les vieux vergers les taux d'infection les plus élevés en été enregistré au niveaux de Chiffa et Mouzaia avec 78%, et 80% respectivement.

En analysant, les taux de dépérissement observés, nous soulignons que l'ensemble des localités étudiées sont atteintes par cette maladie, que ce soit au niveau de la plaine de la Mitidja (Oued El Alleug, Chiffa, Mouzaia, El Affroune) ou dans la zone du littoral (Koléa).

Tableau 4.1:Taux d'infection, et de Gravité dans les dix vergers agrumicoles.

Commune	Vergers	Taux d'infection % (dépérissement/Diffusion)	Gravité (Classe moyenne)
Oued El-Alloug	V 01	54,26	1,98
	V 02	64,42	1,94
	V 03	73,93	2,85
	V 04	12,34	1,81
	V 05*	45,03	2,2
	V 06*	45,92	2,16
Moyenne 1		49,32%	2,16
Chiffa	V 07	78	1,13
Mozaia	V 08	80	1,67
El-Affroun	V 09	31	0,46
Koléa	V 10	2	1,21
Moyenne 2		47,75	1,12
Moyenne générale		48,54%	1,64

*Vergers abandonnés.

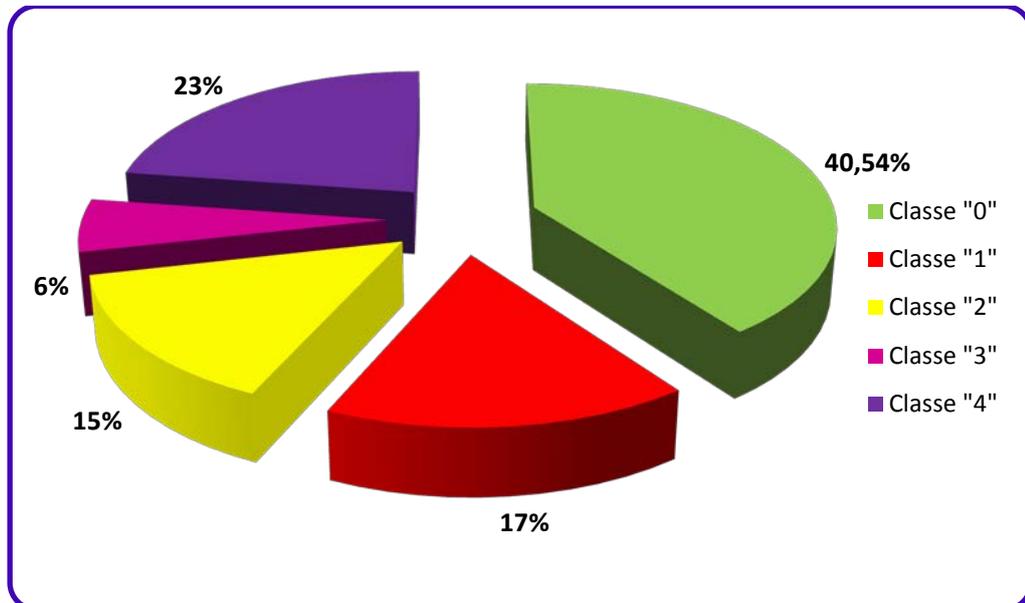


Figure.4.4: situation générale des dix vergers agrumicoles selon les différentes classes du dépérissement.

- ✓ Le dépérissement de la classe « 1 » : pour les six vergers d'Oued El-Alleug , 12,63%, un taux plus élevé à été enregistré au niveau du verger de Chiffa « V07 » 42,44%, suivie de 30,56% pour le verger de Mouzaia « V08 », puis le verger El-Affroun « V09 » 4,31%, et faible taux de 0,08% au niveau Koléa « V10 » (Tableau 4.2, Fig.4.4).
- ✓ Le dépérissement de la classe « 2 » : nous avons noté un taux moyen de 17,92% pour Oued El-Alleug, un taux plus élevé de 19,75% à été signalé au niveau de Chiffa, suivie de Mouzaia 13,06% puis 7,14% au niveau de El-Affroun, un faible taux de 0,92% pour Koléa (Tableau 4.2, Fig.4.4).
- ✓ Le dépérissement de la classe « 3 » : un taux moyen de 7,95% le plus élevé à été signalé au niveau des six vergers OEA, puis verger Chiffa de 6,93%, et de 4,19% à Mouzaia, puis 3,94% au niveau du verger de El-Affroun, et le plus faible taux de 0,59% au niveau de Koléa (Tableau 5.2, Fig.4.4).
- ✓ Le dépérissement de la classe « 4 » : représenté par le taux d'arrachage, nous avons noté un taux très élevé pour les vergers de Mouzaia avec 31,61%, suivit par 31,01% pour Oued El-Alleug, 15,64% pour le verger de El-Affroun et 8,82% pour le verger de Chiffa, et un faible taux 0,34% à « Koléa » (Tableau 4.2, Fig.4.4)

4.1.4 Evolution du dépérissement dans les vergers d'Oued El-Alleug

Nos résultats, notées en 2014 ont fait l'objet d'une étude comparative par apport aux situations des dépérissements observés durant les trois années consécutives (2007, 2008 et 2009) [5, 6,7] (Tableaux 4.3, et 4.4).

- ✓ Le verger V 01 : nous avons noté une évolution considérable pour les différentes classes de dépérissement. Le taux d'arrachage est passé de 4,64% en 2007 à plus de 8 % en 2009, pour atteindre 100% en 2014 dans le verger N°06 (Tableaux 4.3 ; 4.4).
- ✓ Le verger V02 : une évolution notable a été enregistrée pour la classe « 3 ». Le taux a été évolué de 21,98% en 2007 à environ 30% en 2009, et une diminution jusqu'au 8,33% en 2014 (Tableaux 4.3).
- ✓ Le verger V03 : nous avons noté une grande gravité concernant le taux des arbres arrachés, représenté par la Classe « 4 », ce taux a évolué de 0,12% en 2007 à plus de 48% en 2008 puis à 51,83% en 2009. Le propriétaire a

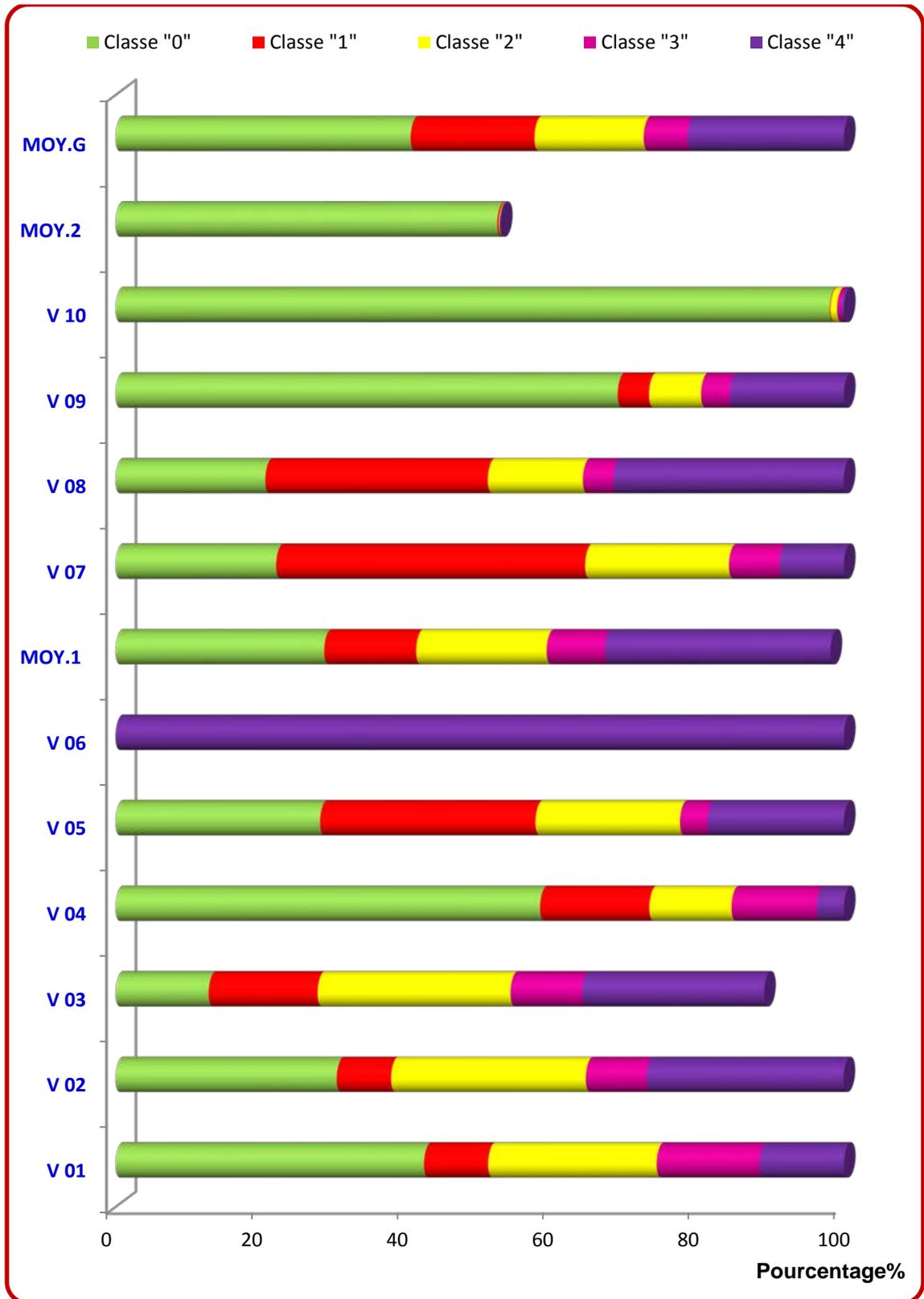
envisagé un arrachage de la moitié de ce verger dans le but de le transformer en verger de pommier (Tableaux 4.3 et 4.4).

- ✓ Le verger V 04 : Le taux de dépérissement de la classe « 1 » est en progression allant de 0,12% jusqu'au 15,01 % en 2014 (Tableaux 4.3 et 4.4).
- ✓ Les deux vergers abandonnés V 05 et V 06 : Nous avons noté une diminution du pourcentage des arbres sains avec plus de 30%, qui est expliquée par une évolution de plus de 21% pour le dépérissement de la classe «1» (Tableaux 4.3 et 4.4).

Tableau 4.2: Taux de dépérissement dans les dix vergers prospectés en 2014.

Vergers	Nbre d'arbres	Classe "0" %	Classe "1" %	Classe "2" %	Classe "3" %	Classe "4" %
V 01	432	42,37	8,8	23,15	14,12	11,57
V 02	912	30,38	7,46	26,75	8,33	27,03
V 03	468	12,79	14,96	26,5	9,83	25
V 04	993	58,31	15,01	11,28	11,68	3,73
V 05*	267	28,09	29,59	19,85	3,75	18,73
V 06*	0	0	0	0	0	100
MOY %	3072	28,66	12,63	17,92	7,95	31,01
V 07	476	22,06	42,44	19,75	6,93	8,82
V 08	1240	20,57	30,56	13,06	4,19	31,61
V 09	812	68,97	4,31	7,14	3,94	15,64
V 10	1193	98,08	0,08	0,92	0,59	0,34
MOY %	3721	52,42	20%	11%	4%	15%
TOTAL %	6 793	40,54%	17%	15%	6%	23%

*Verger abandonné.



MOY.1 : moyenne de V1 à V 06. **MOY.2** : moyenne de V07 et V10. **MOY.G** : moyenne générale.

Figure 4.5: Illustration globale du taux de dépérissement dans les dix vergers agrumicoles selon les différentes classes symptomatologiques.

Tableau 4.3: Evolution des taux de dépérissement entre 2007 et 2014 à Oued El Alleug.

Vergers	Année	Classe "0" %	Classe "1" %	Classe "2" %	Classe "3" %	Classe "4" %
V 01	2007	57,38	14,26	8,45	15,25	4,64
	2008	38,48	6,14	11,27	36,31	7,79
	2009	45,11	10,12	7,96	28,69	8,13
	2014	42,37	8,8	23,15	14,12	11,57
V 02	2007	47,76	12,55	11,67	21,98	6,03
	2008	23,93	7,98	19,75	35,41	12,94
	2009	40,66	8,66	8,46	29,67	12,55
	2014	30,38	7,46	26,75	8,33	27,03
V 03	2007	58,46	18,22	9,94	13,25	0,12
	2008	16,57	5,21	10,3	18,25	48,99
	2009	17,28	5,33	6,98	18,58	51,83
	2014	12,79	14,96	26,5	9,83	25
V 04	2007	99,88	0,12	0	0	0
	2008	98,55	0,36	0	1,08	0
	2009	94,21	0,72	0,36	4,1	0,6
	2014	58,31	15,01	11,28	11,68	3,73
MOYENNE 1 %		48,89	8,5	11,43	16,66	13,81
V 05*	2007	84,98	4,5	0,3	2,4	7,8
	2008	51,95	10,51	4,5	24,62	8,4
	2014	28,09	29,59	19,85	3,75	18,73
V 06*	2007	71,58	9,41	1,95	9,95	7,1
	2008	36,59	12,26	15,45	31,44	4,26
	2014	0	0	0	0	100
MOYENNE 2 %		45,54	11,05	7,01	12,03	24,39
MOYENNE GENERALE %		47,22%	9,78%	9,22%	14,35%	19,10%

*Vergers abandonnés.

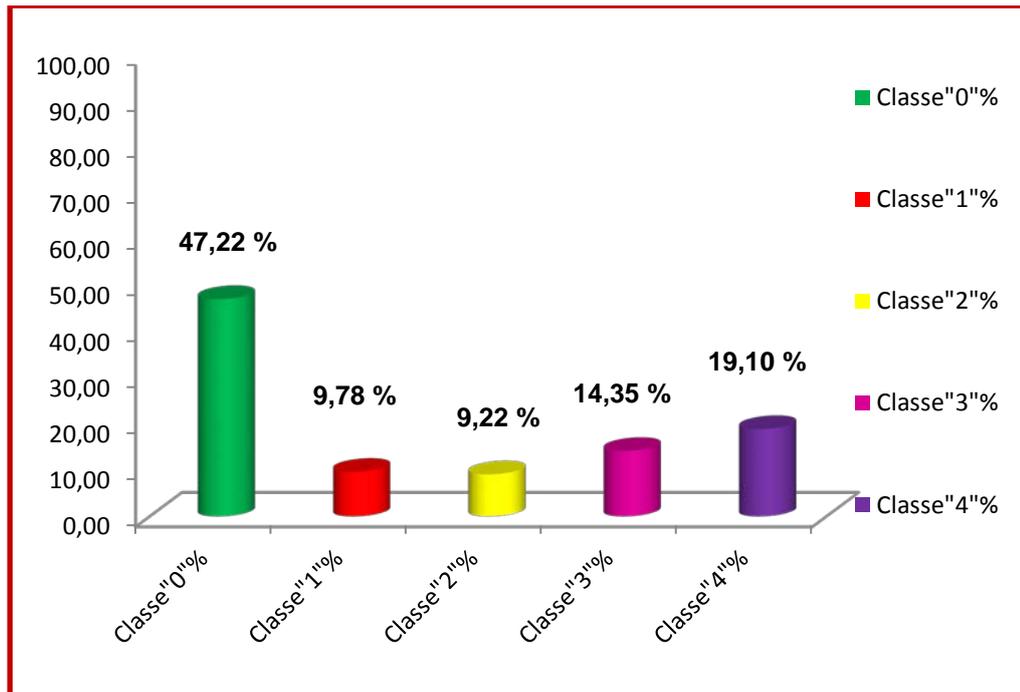


Figure 4.6: Illustration globale de l'évolution du dépérissement au niveau de la commune de « Oued El-Alleug » pendant quatre années.

Tableau 4.4: Détails de l'évolution du dépérissement pendant quatre ans (2007, 2008, 2009 et 2014).

Vergers	Taux d'évolution	Classe "0" %	Classe "1" %	Classe "2" %	Classe "3" %	Classe "4" %
V01	1	-18,91	-8,12	2,82	21,06	3,15
	2	6,64	3,98	-3,31	-7,62	0,34
	3	-2,74	-1,32	15,19	-14,57	3,44
V 02	1	-23,83	13,43	8,08	-4,57	6,91
	2	16,73	-5,74	-11,29	0,68	-0,39
	3	-10,28	-1,2	18,29	-21,34	14,48
V 03	1	-41,89	5,68	0,36	-13,01	48,87
	2	0,71	-0,35	-3,32	0,12	2,84
	3	-4,49	9,63	19,52	-8,75	-26,83
V 04	1	-1,33	1,09	0	0,24	0
	2	-4,34	3,01	0,36	0,36	0,6
	3	-35,9	14,29	10,92	7,58	3,13
V 05	1	-33,03	6,01	4,2	22,22	0,6
	4	-23,86	19,08	15,35	-20,87	10,33
V 06	1	-34,99	2,85	13,5	21,49	-2,84
	4	-36,59	-12,26	-15,45	-31,44	-4,26

1. Différence du taux de dépérissement entre 2007 et 2008 [85]
2. Différence du taux de dépérissement entre 2008 et 2009 [5]
3. Différence du taux de dépérissement entre 2009 et 2014
4. Différence du taux de dépérissement entre 2008 et 2014

4.1.5 Discussion

A partir de nos nombreuses discussions avec le propriétaire des vergers, il apparaît que les situations de dépérissement apparaissent et évoluent selon deux cas :

- ✓ La première situation, considérée comme foudroyante, l'arbre passe d'un état sain sans aucun symptôme à une situation de dépérissement total en l'espace de quelques mois. Au début, les signes symptomatologiques annonciateurs de dépérissement sont selon les propriétaires des vergers, des symptômes foliaires touchant les extrémités des rameaux, accompagnés d'enroulements vers le haut en forme de balai de sorcière. Les feuilles changent de coloration au début, du vert foncé au vert pale ou carrément jaunâtre, donnant un aspect d'une végétation desséchée et chétive. Cette situation évolue durant la même saison en dépérissement partiel (unilatéral) ou total et généralisé, dans de telles situations jusqu'à l'arrachage.
- ✓ La deuxième situation où le dépérissement évolue partiellement et lentement, durant quelques années (2-5 ans) ; dans ce cas, il a été noté des dépérissements unilatéraux touchants uniquement une partie de l'arbre ou atteignent partiellement un ou plusieurs rameaux.

Sur les arbres atteints, soit de dépérissement total ou partiel, nous avons souvent observé des écailllements au niveau du tronc et des rameaux, des chancres de différentes dimensions sur les troncs et les rameaux. Sur l'arbre en voie de dépérissement, nous notons l'obscurité des vaisseaux conducteurs de la sève brute et élaborée par fois des suintements gommeux. Des lésions nécrotiques sur les feuilles, Hyperplasie et hypoplasie des feuilles de nouveaux rameaux, un retard dans la maturité et la croissance des fruits, et l'enroulement des feuilles.

La gravité des dépérissements s'empire d'année en année, selon les propriétaires des vergers prospectés. La distribution spatiale des cas de dépérissement et leur évolution, mis en évidence l'effet de la conduite cultural. En effet, dans quelques vergers où l'orientation des lignes d'irrigation est souvent corrélée à l'apparition d'autres arbres malades, ceci dénote l'implication de l'irrigation dans la propagation de la maladie.

Globalement, nous avons noté la présence des trois catégories symptomatologiques (classe1, classe2, et classe3) dans la quasi-totalité des vergers étudiés. La distribution des arbres atteints est variable selon les vergers, d'une manière globale, nous avons observé le regroupement des arbres dépéris au centre du verger et la propagation vers les périphériques (Appendice G, Fig.4.5), parfois sous forme de plages éparpillées, et dans certains vergers une répartition dans tous les sens (Appendice H, Appendice J, Appendice M, Appendice N, Appendice O, Appendice P).

Dans les vergers 2, 5, 6 et en raison de la forte manifestation du dépérissement, les agrumiculteurs ont procédé à l'arrachage de l'ensemble des vergers et leur remplacement avec des plantations de pommier cas V2, et pour V6 qui est laissé sans aucune plantation (Appendice L).

Les travaux d'entretien, telles que la taille et la fertilisation sont aussi impliqués dans la progression et le développement de la maladie. En effet, en comparant les vergers travaillés à ceux qui sont abandonnés, la répartition des sujets malades est plus accentuée dans les vergers travaillés.

Ce genre de propagation implique la présence de cause biotique, la transmission par l'eau d'irrigation et les techniques culturales, par la taille. L'âge des vergers, le climat de la Mitidja avec son humidité excessive, et la présence des sols lourds, sont autant des conditions qui favorisent le déclenchement des affections fongiques d'origine tellurique.

4.2. Etude étiologique

4.2.1. Etudes quantitative et qualitative

Les observations portées sur les caractères macroscopiques et microscopiques ont permis d'établir les caractérisations permettant l'utilisation des critères de classification [76]. A cet effet, nous avons noté pour chaque type fongique les caractères correspondants :

4.2.1.1 Genre : *Fusarium*

- ✓ **Caractères macroscopiques:**
 - Couleur : blanche ; rose ; jaune clair ; violet ; orange ; grisâtre.
 - Aspect : cotonneux ; ras ; aérien.
 - Forme : régulière ; colonie arrondies régulière.
- ✓ **Caractères microscopiques:** [78, 79]
 - Conidies : sont hyalines et variables ; les macros conidies ont pluri cellulaires, légèrement courbées aux extrémités ; les micros conidies sont unicellulaires d'une forme ovoïde.
 - Microconidies, la forme et la position des chlamydozoospores sont des critères importants de détermination de *Fusarium*.
 - Conidiospores : ramifiés chaque ramification se termine par une phialide.
 - Mycélium: cloisonné; ramifié; hyalin.

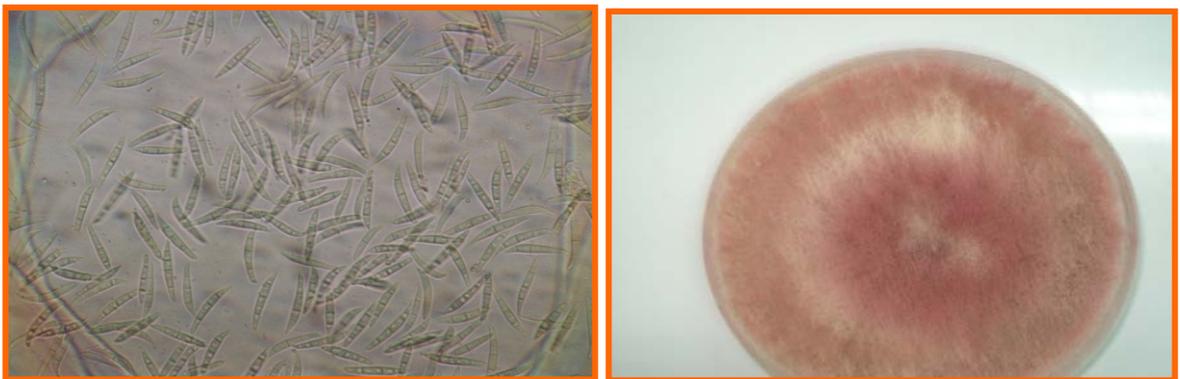


Figure.4.7: [A] le *Fusarium spp* sous microscope G: 10x40,[B] Forme macroscopique

4.2.1.2.Espece : *Fusarium oxysporum*

- ✓ **Caractères macroscopiques :**
 - Couleur : blanc au centre et violet aux revers, rose, rouge violacé.
 - Aspect : ras, aérien, subaérien, cotonneux.
 - Forme : régulière [77].
- ✓ **Caractères microscopiques:**
 - Mycélium : mycélium septe de 3 à 4 μm de diamètre.
 - Conidiophores : courts et plus ou moins ramifiés
 - Conidies : Le nombre des microconidies (5 à 12 μm) est plus important que macroconidies (25 à 55) μm les [77].

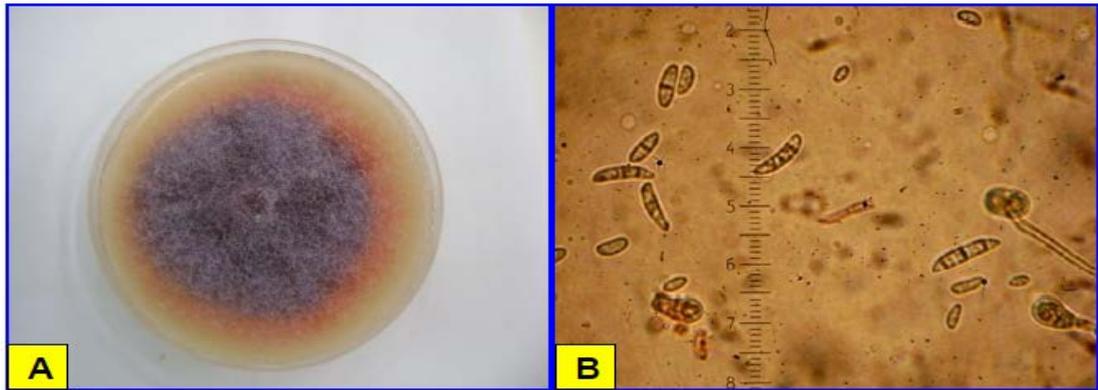


Figure 4.8 : [A] Forme macroscopique de *Fusarium oxysporum*, [B] Forme microscopique G : 10X40 de *Fusarium oxysporum*

4.2.1.3. *Fusarium*

✓ **Caractères macroscopiques :**

- Couleur : crème à brunâtre avec des tâches verdâtres, alternance entre le blanc et le noir.
- Aspect : aérien, sub- aérien et ras Forme : régulière ou irrégulière [77].

✓ **Caractères microscopiques:**

- Mycélium: Mycélium septé, 3 à 4 μm de diamètre.
- Conidiophores : se terminent parfois par des phialides, peuvent être très longs mais sont généralement peu ramifiés.
- Conidies : Présence des microconidies (8 à 15 μm) et des macroconidies (25 à 50), arquées présentant 1 à 8 logettes [77].

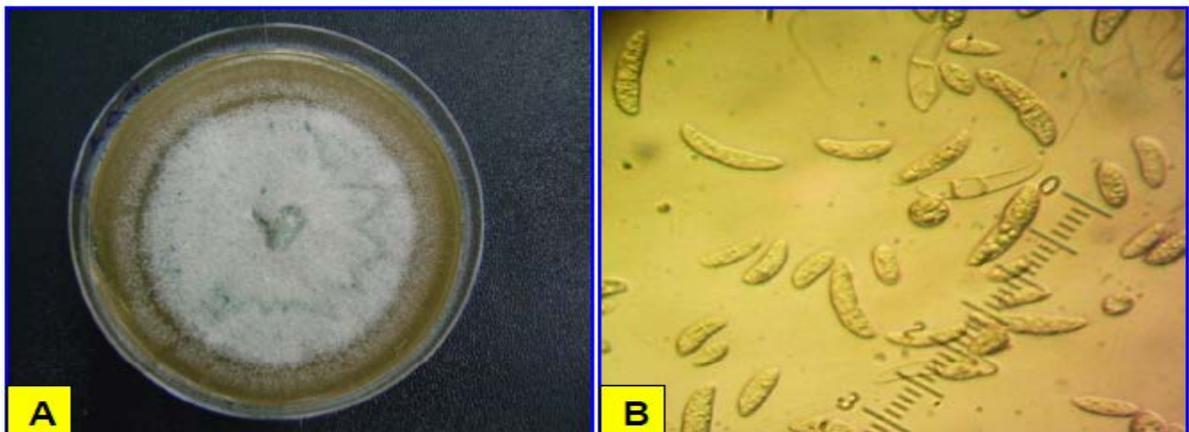


Figure 4.9 : [A] Forme macroscopique de *Fusarium solani*, [B] Forme microscopique G : 40X10 de *Fusarium solani*.

Tableau N°4.5 :Fréquences d'isolement des champignons à partir du Sol

Type de milieu	Milieu PDA										Milieu spécifique										Total %	
	E.O.A		KOLEA		CHIFFA		MOZAIA		EL-AFFROUN		E.O.A		KOLEA		CHIFFA		MOZAIA		EL-AFFROUN			
<i>Fusarium</i>	2	0,89	5	2,23	11	4,91	1	0,45	1	0,45	42	18,8	10	4,5	20	8,9	15	6,7	11	4,91	52,68	
<i>Cladosporium</i>	5	2,23	12	5,36	15	6,70	8	3,57	16	7,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	25,00
<i>Phytophthora</i>	1	0,45	0	0,00	7	3,13	1	0,45	0	0,00	2	0,89	0	0	1	0,4	0	0	0	0	0,00	5,36
<i>Botrytis</i>	0	0,00	0	0,00	2	0,89	1	0,45	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	1,34
<i>Altmaria</i>	2	0,89	3	1,34	0	0,00	2	0,89	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	3,13
<i>Trichoderma</i>	2	0,89	0	0,00	1	0,45	2	0,89	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	2,23
<i>Paecelomycete</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,45	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,45
<i>Helmintosporium</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,45	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,45
<i>Graphium</i>	1	0,45	2	0,89	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	1,34
<i>Inconnus</i>	2	0,89	2	0,89	6	2,68	3	1,34	1	0,45	1	0,45	2	0,9	0	0	0	0	1	0,45	8,04	
Total	15	6,70	24	10,71	42	18,75	20	8,93	18	8,04	45	20,1	12	5,4	21	9,4	15	6,7	12	5,36	224***	
																					100%	

*.Nombre d'isolats

**.Fréquence d'isolement

***.Nombre total d'isolats

O.E.A:Oued El Alleug

Tableau N°4.6: Fréquence d'isolement des champignons à partir de la racine

Type de milieu	Milieu PDA										Milieu spécifique										TOTAL %
	E.O.A		KOLEA		CHIFFA		MOUZAIA		EL-AFFROUN		E.O.A		KOLEA		CHIFFA		MOUZAIA		EL-AFFROUN		
Agents Fongiques																					
<i>Fusarium</i>	13	5,51	10	4,24	12	5,08	12	5,08	11	4,66	30	12,7	11	4,66	16	6,78	13	5,51	10	4,24	58,47
<i>Cladosporium</i>	1	0,42	1	0,42	3	1,27	4	1,69	2	0,85	1	0,42	2	0,85	1	0,42	1	0,42	1	0,42	7,20
<i>Phytophthora</i>	0	0,00	3	1,27	1	0,42	0	0	0	0,00	1	0,42	0	0	1	0,42	0	0	0	0,00	2,54
<i>Botrytis</i>	2	0,85	0	0,00	0	0,00	1	0,42	0	0,00	1	0,42	1	0,42	1	0,42	0	0	0	0,00	2,54
<i>Altrnaria</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0	0	0,00	0	0	1	0,42	0	0	1	0,42	0	0,00	0,85
<i>Trichoderma</i>	2	0,85	1	0,42	0	0,00	2	0,85	2	0,85	0	0	0	0	0	0	1	0,42	2	0,85	4,24
<i>Paecelomycete</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	0,85	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,85
<i>Helmintosporium</i>	0	0,00	1	0,42	0	0,00	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,42
<i>Graphium</i>	0	0,00	1	0,42	1	0,42	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,85
<i>Verticillium</i>	0	0,00	0	0,00	1	0,42	0	0	0	0,00	0	0	0	0	1	0,42	0	0	0	0,00	0,85
<i>Rosilinia</i>	0	0,00	0	0,00	1	0,42	3	1,27	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	1,69
<i>Eutypa</i>	0	0,00	1	0,42	1	0,42	0	0	0	0,00	0	0	1	0,42	0	0	0	0	0	0,00	1,27
<i>Botriospheria</i>	5	2,12	0	0,00	6	2,54	0	0	0	0,00	0	0	0	0	5	2,12	0	0	0	0,00	6,78
<i>Phomitoporia</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0	0	0,00	1	0,42	4	1,69	0	0	0	0	0	0,00	2,12
<i>Inconnus</i>	8	3,39	0	0,00	3	1,27	1	0,42	0	0,00	1	0,42	4	1,69	1	0,42	3	1,27	1	0,42	9,32
	31	13,14	18	7,63	29	12,29	25	10,6	15	6,36	35	14,8	24	10,2	26	11	19	8,05	14	5,93	236***
																					100%

*.Nombre d'isolats

**.Fréquence d'isolement

***.Nombre total d'isolats

O.E.A:Oued El Alleug

4.2. 1.4 Genre: *Botrytis*

✓ **Caractères macroscopiques**

- Feutrage aérien, irrégulier recouvrant la surface de la boîte d'une couleur vert grisâtre [76]

✓ **Caractères microscopiques:**

- Conidies : les cellules apicales sont arrondies et large portant de grappes de conidies (blastoconidie) globuleuses sur des stigmates
- Conidiophores : sont dressés ou flexueux, lisses, marron, ramifiés.
- Mycélium : grimpant, ramifié, cloisonné, coloré [76]

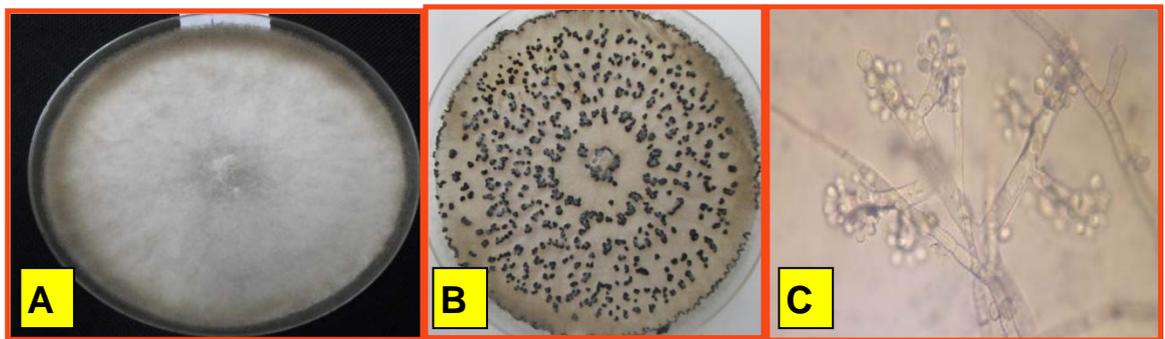


Figure.4.10 : [A] La forme macroscopique de *Botrytis*, [B] La forme de conservation (chlamydospores), [C] forme de *Botrytis* sous microscope G: 40X10

4.2. 1.5 Genre : *Alternaria*

✓ **Caractères macroscopiques:**

- Présente des colonies, arrondies ; régulières d'un aspect cotonneux d'une couleur verdâtre à noirâtre. [76, 80, 81,82]

✓ **Caractères microscopiques:**

- Conidies : solitaires ou groupées ovoïdes, cylindriques ou piriformes ; arrondies à la base ; lise, verruqueuses atténuées à leur sommet, elles sont muriformes.
- Conidiophores : sont solitaires ou fascicules, portant une chaîne simple ou ramifiée de conidies. Mycélium : sombre, ramifié, cloisonné [76, 80, 81,82]

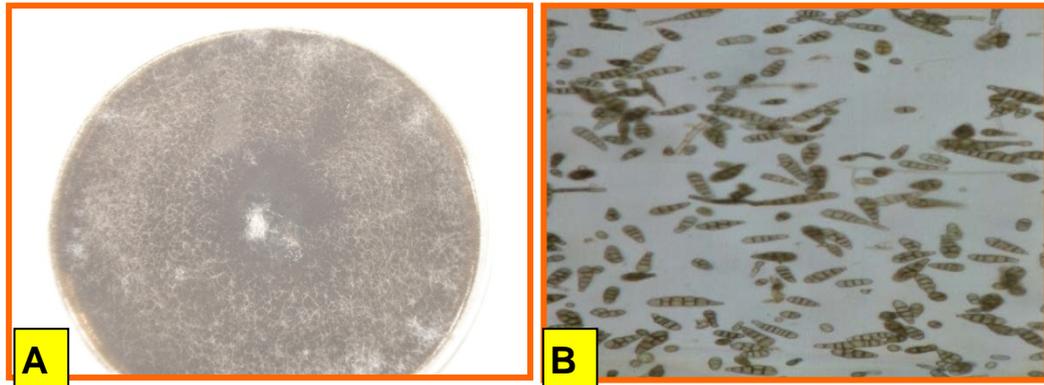


Figure.4.11: [A] La forme macroscopique *Alternaria* sp, [B] *Alternaria* sous microscope G: 40X10.

4.2.1.6 Genre : *Cladosporium*

✓ **Caractères macroscopiques:**

- Les colonies irrégulières d'une couleur vert olivâtre
- d'un aspect poudreux mamelonné [76, 83]

✓ **Caractères microscopiques:**

- Conidies : (blastoconidie) solitaires ou en chaînes, ramifiées ; uni ou pluricellulaires .elles sont sombres d'une forme et taille variantes ; ovoïdes à cylindriques et irrégulières.
- Conidiophores : ne présentent pas de ramification, ils sont longs, sombres droits ; groupés ou solitaires. Mycélium: grimpant, cloisonné, moins coloré [76, 83].

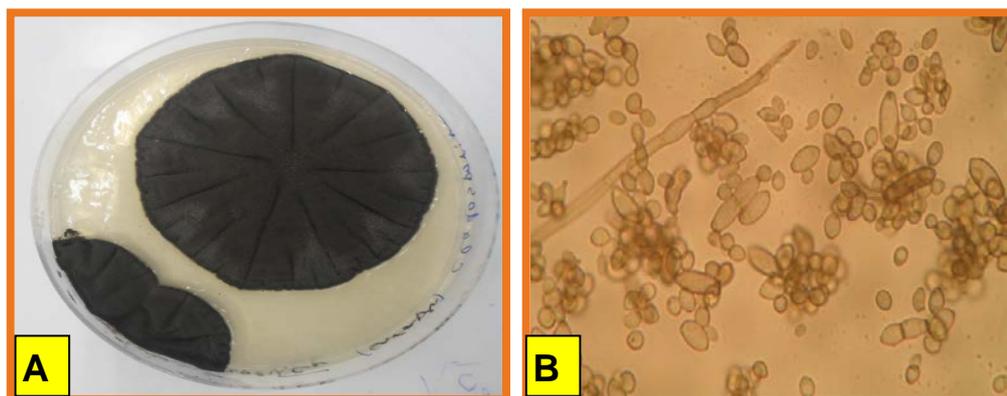


Figure.4.12: [A] La forme macroscopique de *Cladosporium* sp, [B] *Cladosporium* sous microscope G : 40X10

4.2.1.7 Genre : *Geotrichum*.

✓ **Caractères macroscopiques:**

- Colonies arrondies, régulières
- d'aspect poudreux crémeux, ras d'une couleur blanchâtre [76, 84].

✓ **Caractères microscopiques:**

- Conidies : hyalines unicellulaires cylindrique.
- Conidiophores : sont absents Mycélium: hyaline, cloisonné [76, 84].

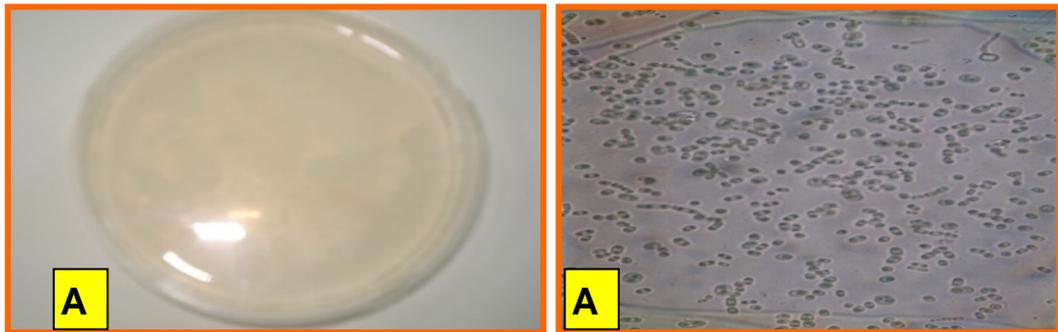


Figure 4.13: [A] La forme macroscopique de *Geotrichum sp* ; [B] *Geotrichum sp* sous microscope G: 40X10.

4.2.1.8 Genre: *Phytophthora*

Caractères macroscopiques:

- Couleur blanchâtre
- aspect cotonneux dense ; sub-aérien [76, 85].

✓ **Caractères microscopiques:**

- Mycélium: hyalin; hyphes ramifié.
- Sporocyste: ovoïdes à pyriforme, présence ou absence d'une papille hémisphérique [76, 85]



Figure.4.14 : [A] *Phytophthora sp* forme macroscopique ; [B] *Phytophthora sp* sous microscope G : 40X10 ; [C] *Phytophthora sp* sous microscope G : 100X10

4.2. 1.9 Genre : *Verticillium*

- ✓ **Caractères macroscopiques :**
 - Couleur : blanchâtre.
 - Aspect : cotonneux ; subaérien.
 - Forme : régulière [76,86, 87, 88,89].
- ✓ **Caractères microscopiques :**
 - Mycélium : cloisonné; ramifié; hyalin.
 - Conidiophores : verticillés.
 - Conidies : ovoïdes ou cylindriques [76,86, 87, 88,89].

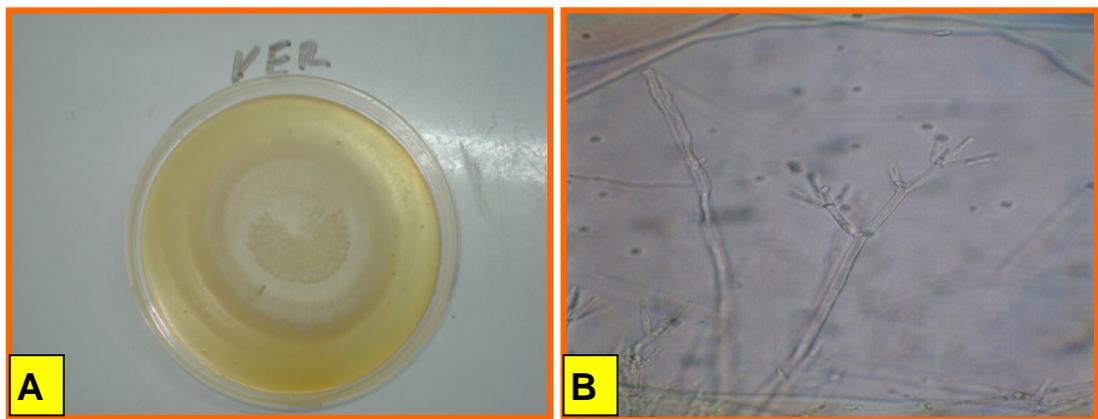


Figure 4.15: [A] La forme macroscopique de *Verticillium sp* ; [B] *Verticillium* sous microscope G : 40X10.

4.2.1.10 Genre: *Ulocladium*

- ✓ **Caractères macroscopiques:**
 - Conidies régulières
 - Couleur noirâtre
 - Aspect cotonneux [76, 82]
- ✓ **Caractères microscopiques:**
 - Les conidies: sont sombres globuleuses réticulées.
 - Conidiophores: sombres; flexueux; ramifiés.
 - Mycélium: grim pant; étendu; ramifié [76, 82]

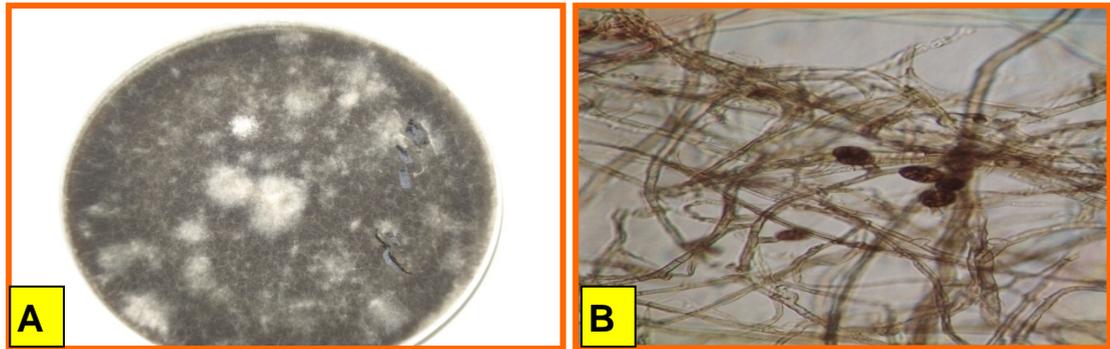


Figure 4.16: [A] La forme macroscopique de *Ulocladium sp* ; [B] *Ulocladium* sous microscope G : 40X10

4.2. 1.11 Genre : *Helminthosporium*.

✓ **Caractères macroscopiques:**

- La couleur : vert à noirâtre,
- L'aspect : dense régulièrement velouté,
- La forme : Présente des colonies régulières [76, 90, 91,92, 93, 94,95].

✓ **Caractères microscopiques :**

- Conidies: allongées ou cylindriques; lisses; la majorité présentent les 2 extrémités arrondies ou parfois pointues
- Conidiophores: groupés; dressés et droits; parfois étendus; cloisonnés; de couleur marron verdâtre.
- Mycélium: le mycélium sombre, cloisonné [76, 90, 91,92, 93, 94,95].



Figure 4.17: [A] La forme macroscopique de *Helminthosporium sp* ; [B] *Helminthosporium sp* sous microscope G: 40X10

4.2. 1.12 Genre : *Paecilomyces*.

✓ **Caractères macroscopiques:**

- Couleur : rosâtre
- L'aspect : aérien à cotonneux
- La forme : régulière [76, 96, 97,98].

✓ **Caractères microscopiques:**

- Les conidiophores ramifié
- Les conidies où phialospores sont basé pétale en chaîne.
- La cellule elle est ovoïde hyaline ; agent saprophyte [76, 96, 97,98].

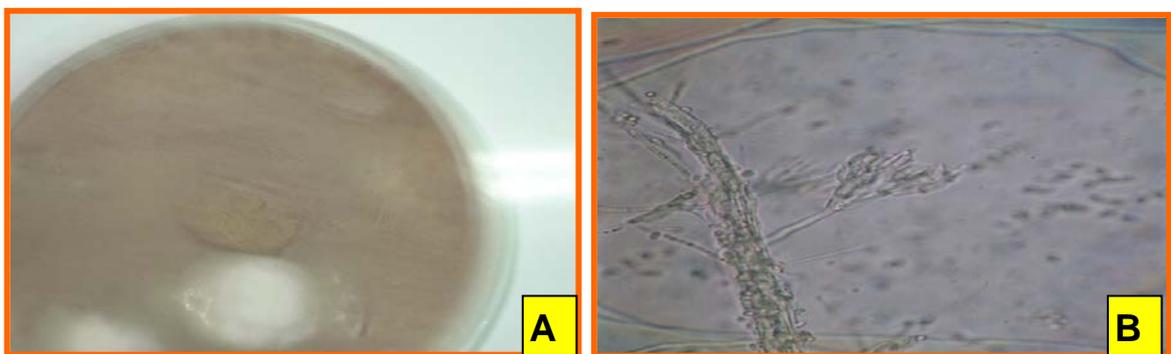


Figure 4.18: [A] La forme macroscopique de *Paecilomyces* sp ; [B] *Paecilomyces* sp sous microscope G : 40X10

4.2. 1.13 Genre : *Graphium*

✓ **Caractères macroscopiques:**

- Couleur : blanchâtre à jaunâtre qui devint jaune foncé au fil du temps.
- Aspect : Sub aérien.
- Forme : régulière [76,99]

✓ **Caractères microscopiques:**

- Thalle cloisonné coloré foncé noirâtre portant une masse terminale arrondie de conidies, disposé dans un mucus.
- Conidiophores hyaline est simple, qui produit en abondances des conidies de forme oblongue, qui se reproduit par bourgeonnement [76,99]

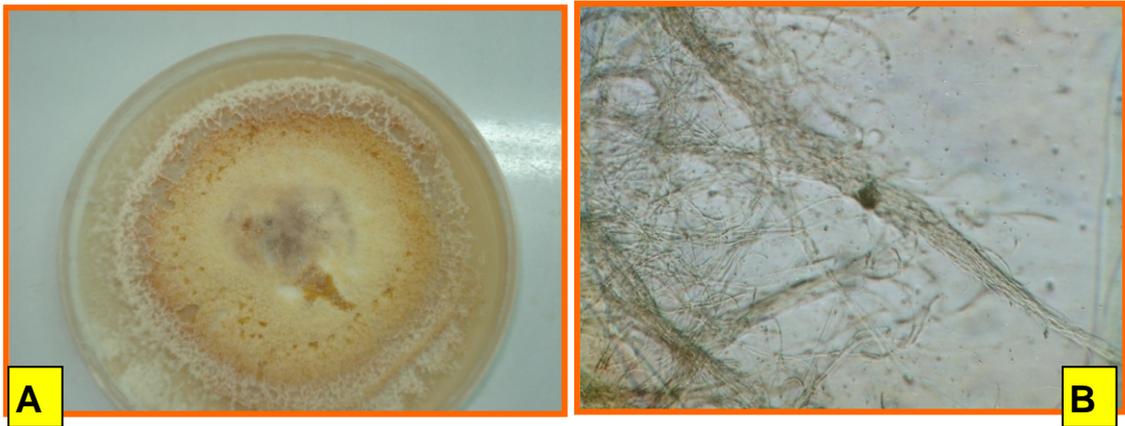


Figure 4.19: [A] La forme macroscopique de *Graphium sp* ; [B] *Graphium sp* sous microscope G : 60X10

4.2. 1.14 Genre : *Gliocladium*

✓ **Caractères macroscopiques:**

- Couleur : blanchâtre.
- Aspect : cotonneux ; aérien.
- Forme : régulière [76, 98, 100,101]

✓ **Caractères microscopiques:**

- Conidiophores hyalin, la partie apicale porte des branches verticillie qui ressemble aux pénicilliums (groupement aux extrémités).
- Les conidies sont des phialospores hyaline où colorée regroupé en masse [76, 98, 100,101]

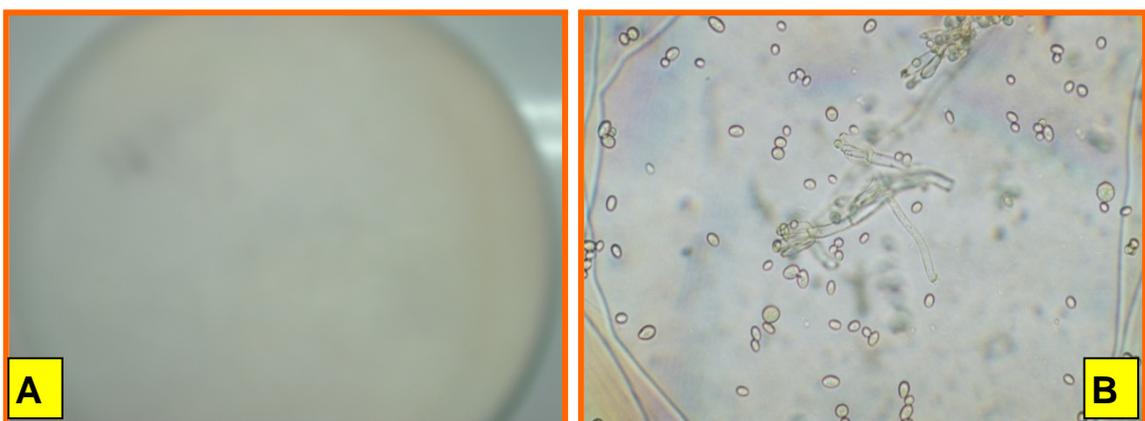


Figure 4.20: [A] La forme macroscopique de *Gliocladium sp* ; [B] *Gliocladium* sous microscope G : 40X10

4.2. 1.15 Genre : *Botriospheria*

Caractères macroscopiques:

- Couleur : blanchâtre, grisâtre.
- Aspect : cotonneux ; aérien.
- Forme : régulière [76]

✓ **Caractères microscopiques:**

- Mycélium cloisonné
- Couleur vert foncé [76]

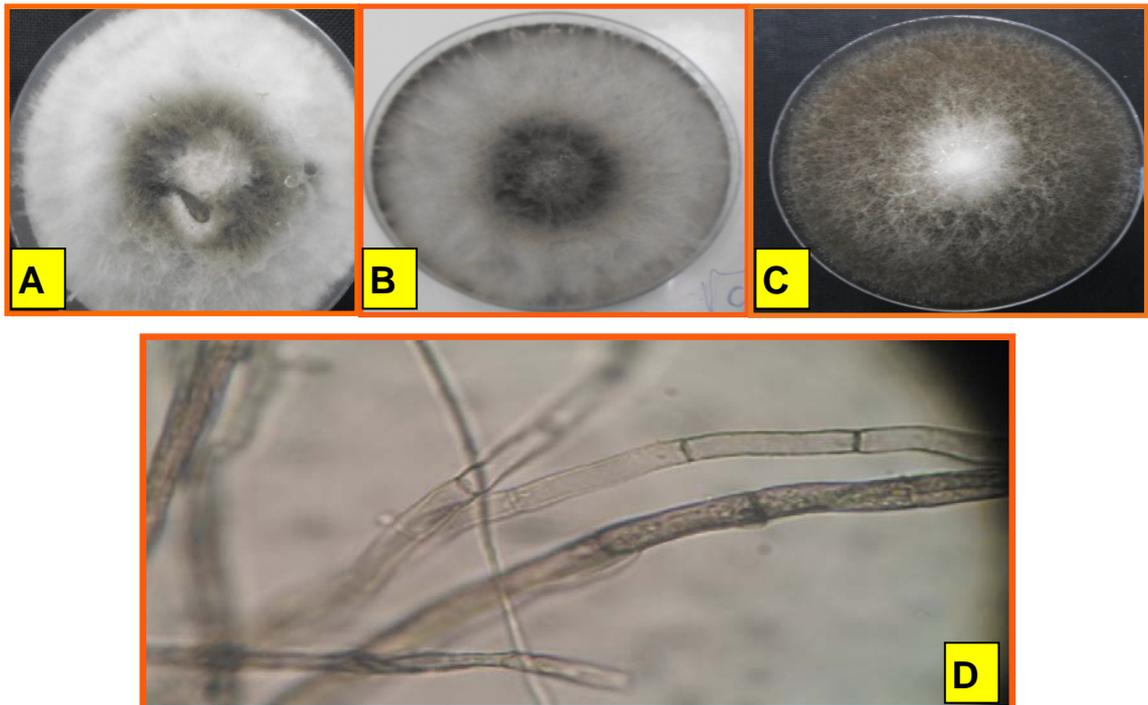


Figure.4.21: [A, B, C] La forme macroscopique de *Botriospheria* sp [D]
La forme microscopique de *Botriospheria* sp

4.2. 1.16 Genre : *Rosellinia*

✓ **Caractères macroscopiques:**

- Couleur : blanchâtre, jaunâtre.
- Aspect : cotonneux ; aérien.
- Forme : régulière [76]

✓ **Caractères microscopiques:**

- Mycélium cloisonné
- Couleur marron [76]

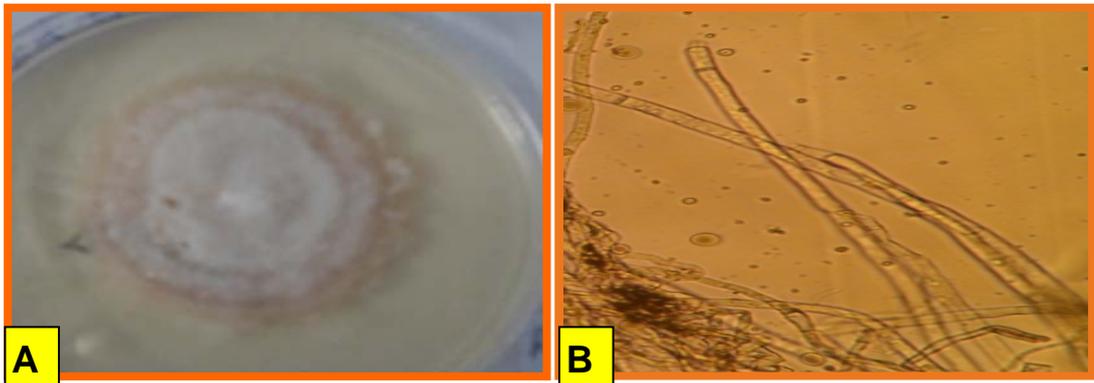


Figure.4.22: [A] La forme macroscopique de *Rosellinia sp.*, [B] La forme microscopique de *Rosellinia sp.*

4.2.1.17 Genre : *Fomitiporia*

✓ **Caractères macroscopiques:**

- Couleur : Marron, jaunâtre. La culture sur PDA est blanche au début, devient très rapidement jaune à ocre.
- Aspect : cotonneux ; aérien, velouté.
- Forme : régulière [102,103]

✓ **Caractères microscopiques:**

- Mycélium cloisonné à croissance rapide [102,103]



Figure.4.23: [A] La forme macroscopique de *Fomitiporia spp.*, [B] La forme microscopique de *Fomitiporia spp.*

4.2. 1.18 Genre : *Eutypa*

✓ **Caractères macroscopiques:**

- Couleur : blanchâtre, jaunâtre.
- Aspect : cotonneux ; aérien.
- Forme : régulière [104,105, 106]

✓ **Caractères microscopique :**

- Se caractérisent par un mycélium blanc cotonneux à croissance rapide. Il développe des pycnides [104, 105,106]



Figure.4.24: La forme macroscopique d'*Eutypa* spp

4.2. 1.19 Genre : *Dyplodia*

✓ **Caractères macroscopiques:**

- Couleur : blanchâtre.
- Aspect : cotonneux ; aérien.
- Forme : régulière [76]



Figure.4.25: La forme macroscopique de *Dyplodia* spp

4.2.2. Discussion

Pour mieux comprendre le phénomène de dépérissement des agrumes dans les vergers de la Mitidja, notre étude a été initiée en 2007 par des isolements à partir de différentes organes de l'arbre (rameaux, tronc, racines) et à partir du sol. Les résultats obtenus dans cette première étape ont montré que la grande partie de la flore fongique isolée est d'origine tellurique. A partir de ces résultats [5] une autre étude réalisée durant la campagne 2008 et 2009 [6]. Sur la partie souterraine, en faisant des isolements à partir du sol et de racines des arbres dépéris et sains. Il en ressort que les principaux genres fongiques isolés sont : *Fusarium*, *Verticillium*, *Phytophthora*, *Geotrichum*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Botrytis*, *Rhizoctonia*. Globalement, nous avons noté dans la totalité de nos isolements, la forte dominance des isolats du genre *Fusarium*.

En comparant les résultats des isolements effectués à partir du sol par rapport à ceux des racines des arbres atteints, il apparaît clairement une différence quantitative et qualitative au niveau de la flore fongique isolée. Nous avons noté la présence de différents groupes de champignons phytopathogènes ou saprophytes : *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Helminthosporium*, *Botrytis*, *Graphium*, *Geotrichum*, *Phytophthora*, *Verticillium*, *Ulocladium*, *Paleomyces*, *Gliocladium*, *Eutypa*, *Botriospheria*, *Diplodia* et quelques espèces affiliées aux basidiomycètes (Tableaux.4.5 et 4.6).

En ce qui concerne les dépérissements d'origine fongique, il y a en premier lieu de citer les agents de pourriture. Selon Fawcett [44], ils se rencontrent dans les conditions d'humidité excessive et les sols mal aérés, sont dangereux, parce qu'ils préparent le terrain à toute une foule de saprophytes qui se trouvent dans le sol, tels que les genres : *Alternaria*, *Botrytis*, *Colletotrichum*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus* et bien d'autres. Les champignons parasites s'installent en premier, tuent les tissus de la racine dont la décomposition est alors achevée par les saprophytes du sol. Selon la même source, les symptômes typiques de pourriture et ceux de la partie aérienne sont presque similaires à ceux observés dans nos vergers. Les feuilles jaunissent (chlorose), flétrissent et tombent entraînent un

dépérissement progressif de l'arbre. Cependant, dans les cas grave la chute des feuilles est brusque et la mort de l'arbre survient rapidement. Etant donné l'analogie des symptômes aériens qui affectent l'arbre, un diagnostic sûr ne peut être établi que sur le système racinaire. Pour la gommose causée par le genre de *Phytophthora*, les symptômes caractéristiques de cette maladie sont : La sécrétion de gommose avec odeur acide qui détermine un arrêt de la circulation de la sève, elle est d'une évolution rapide particulièrement dans les sols lourds et argileux. D'après les propriétaires, les dernières années il y a eu une forte attaque de la gommose. Selon les résultats de nos isollements nous avons isolé le *Phytophthora* sp, et même nous avons observé sous microscope des caractéristiques similaires a celles décrits par décrites par Barnard [85].

Le tableau symptomatologique observé dénote clairement l'absence de symptômes typiques qui peuvent avoir lien avec ces dépérissements, tel que le cas de mal secco, la Tristiza, le Stubborn, l'Exocortis, (H.L.B), et la Xyloporose.

Pour le citrus blight, les symptômes sont assez semblables à ceux des maladies de dépérissement vasculaire, et la mise en cause des champignons de dépérissement vasculaire serrait en accord avec le concept d'un agent systémique transmis par le sol. Selon Nemec et al [107], le citrus blight était associé à une pourriture des racines secondaire ou nécrose des racines principales provoquées par *Fusarium solani*. Graham et al [108, 109, 110] ont trouvé que *Fusarium solani* n'infectait les racines principales que des arbres déjà dépéris, ce qui suggère que la nécrose racinaire est plus une conséquence qu'une cause du citrus blight. Nemec et al [111]; Janse, Labuschagne, et Nemec [112] ont détecté des toxines (naphthazarines) produites par *Fusarium solani* dans les racines et les branches d'arbres présentant des symptômes de citrus blight, ce qui suggère un mécanisme par lequel la pourriture fusarienne pourrait provoquer le citrus blight. Cependant on trouve aussi des lésions racinaires provoquées par *Fusarium solani* sur des arbres ne présentant pas le citrus blight ou affectés par d'autres organismes nuisibles (nématodes), et les toxines peuvent aussi être trouvées dans ces arbres. L'infection des racines d'agrumes par *F. solani* pourrait donc ne pas être une cause suffisante du citrus blight et d'autres facteurs doivent être simultanément mis en cause (sol peu profond, nutrition, mauvais drainage). Les symptômes de déclin ou dépérissement observé dans les vergers, indiquent clairement la gravité de la

situation. Vu que le dépérissement a été très étudié dans le monde, est-il n'est pas spécifique aux agrumes, mais il touche toutes les essences ligneuses. Après identification au laboratoire on a pu isoler une flore d'origine tellurique assez diversifiée, au moins 17 espèces fongiques différentes. Nous avons aussi isolé quelques champignons qui demeurent inconnus (insuffisance des éléments de classification). En comparant les différents isolements, on constate que quelque soit le site, la fréquence de *Fusarium* domine les autres agents (52,68%), puis *Phytophthora* (5,36%) (Tableau.4.5)

La flore *fusarienne* dominée surtout par *Fusarium solani*, et la présence d'humidité (eaux d'irrigations), sols lourds, et le vieillissement des vergers, sont des conditions très favorables pour le déclenchement de la maladie. Selon Nemeček et al [111]; Janse, Labuschagne, et Nemeček, [112], *Fusarium* synthétise des toxines qui peuvent réagir avec d'autres espèces que ce soit des saprophytes ou des agents obligatoires pour engendrer des dégâts. Selon l'étude de Dandurand et Menge, [113], il a été montré l'influence de *Fusarium solani* sur la densité des populations de *Phytophthora* dans la rhizosphère. Quand *Fusarium solani* colonise la rhizosphère, il réduit la densité de *Phytophthora parasitica* jusqu'à 53%. Ainsi il a un effet sur le développement de la coiffe racinaire.

CONCLUSION

Notre travail apporte une contribution à la question encore posée du phénomène de dépérissement des agrumes dans la région de la Mitidja. Les résultats obtenus dans cette étude indiquent que le problème du dépérissement est en progression continue, en diminuant considérablement le potentiel de la production et en augmentant la possibilité pour d'autres maladies de s'installer facilement. L'estimation globale de la situation de dépérissement dans les dix vergers étudiés, nous a permis d'enregistrer une moyenne générale du taux d'infection de 48,54%, représentant un indice de gravité de 1,64. Nous avons mis en évidence l'existence d'une relation proportionnelle entre le mode de conduite (notamment la taille et l'irrigation) et la diffusion des foyers du dépérissement. Cette hypothèse est confirmée par le grand pourcentage de diffusion enregistré dans les quatre vergers en production à Oued El-Alleug, avec 51,24%, face à 45,38% pour les vergers abandonnés (sans conduite culturale).

Le diagnostic symptomatologique réalisé sur un total de 6793 arbres, figurant dans les dix vergers agrumicoles et occupant une superficie d'environ plus de 25 ha, a montré que 61% sont atteints par le dépérissement, ce qui correspond à 3 878 arbre dépéris : 17% par le dépérissement de la classe «1», 15% de la classe «2», 450 arbres 6% de la classe «3» et 758 arbres 23% de la classe «4 ».

Les opérations d'isolements fongiques effectuées avec des échantillons de sol et de bois (rameaux et racines) ont permis d'isoler une population fongique très diversifiée, représentée principalement par les genres fongiques suivants : *Fusarium* (52,68%), *Phytophthora* (5,36%), pour l'isolement a partir du sol .Et l'isolement à partie de la racine : *Fusarium* (58,47%), *Cladosporium* (7,20%), *Botriospheria spp* (6,78%), *Phytophthora* (2,54%), *Botrytis* (2,54%), *Fomitoporia* (2,12%), *Rosillinia* (1,69%), *Eutypa spp* (1,27%), *Verticilium* (0,85%), *Alternaria* (0,85%).

A l'issue de notre travail, il se dégage que le dépérissement des agrumes est en effet un problème complexe qui ne trouve pas son origine dans une cause unique, mais plutôt la conjugaison de plusieurs facteurs biotiques (causes directes). Les résultats épidémiologiques et étiologiques obtenus, confirment que les causes directes fortement impliquées dans le dépérissement des agrumes au niveau des vergers prospectés, sont des causes biotiques représentées principalement par des agents fongiques d'origines telluriques notamment : *Fusarium solani*, et *Phytophthora*. L'affirmation de l'origine exacte de cette maladie, ne pourra être vérifiée que par des études beaucoup plus détaillées de chaque facteur présumé stimulant ou ayant un rôle direct ou indirect dans l'apparition et la propagation de cette grave affection.

Cette étude nécessite d'être poursuivie par d'autres travaux qui incluraient l'élargissement des prospections à toutes les zones agrumicoles du pays, en suivant notre échelle d'évaluation dans la classification des symptômes du dépérissement et l'approfondissement dans la recherche de la causalité par des méthodes plus rapides et plus précises (sérologique, moléculaires, et pathogénécité).

En fin, pour prévenir le risque de la présence de ce genre d'affections épidémiques dans nos vergers et assurer une bonne production agrumicole, nous recommandons d'établir des études pédologiques qui peuvent influencer la gamme d'agents fongiques telluriques mise en évidence par notre étude, notamment la flore Fusarienne, qui semble la plus mise en cause.

Appendices

Appendice A

LISTE DES SYMBOLES ET ABREVIATIONS

ADN : Acide désoxyribonucléique

APS : la société Américaine de phytopathologie

ARN : Acide ribonucléique

C°: Degré Celsius

CcaVd: *Citrus cachexiaviroid*

CEVd: *Citrus exocortisviroid*

CPsV: *Citrus psorosis virus*

CTV: *Citrus tristeza virus*

CVA : Chlorose Variéguée des Agrumes

DAS-ELISA: Double antibody sandwich ELISA

ELISA: Enzyme-linked Immunosorbent assay

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

HLB : Huanglongbing (Greening)

INRA : Institut national de la recherche agronomique

IOCV: l'organisation internationale des virologistes de citrus

Mt : millions de tonnes

OEPP: l'organisation européenne et méditerranéenne de la protection des plantes

Qx : Quintaux

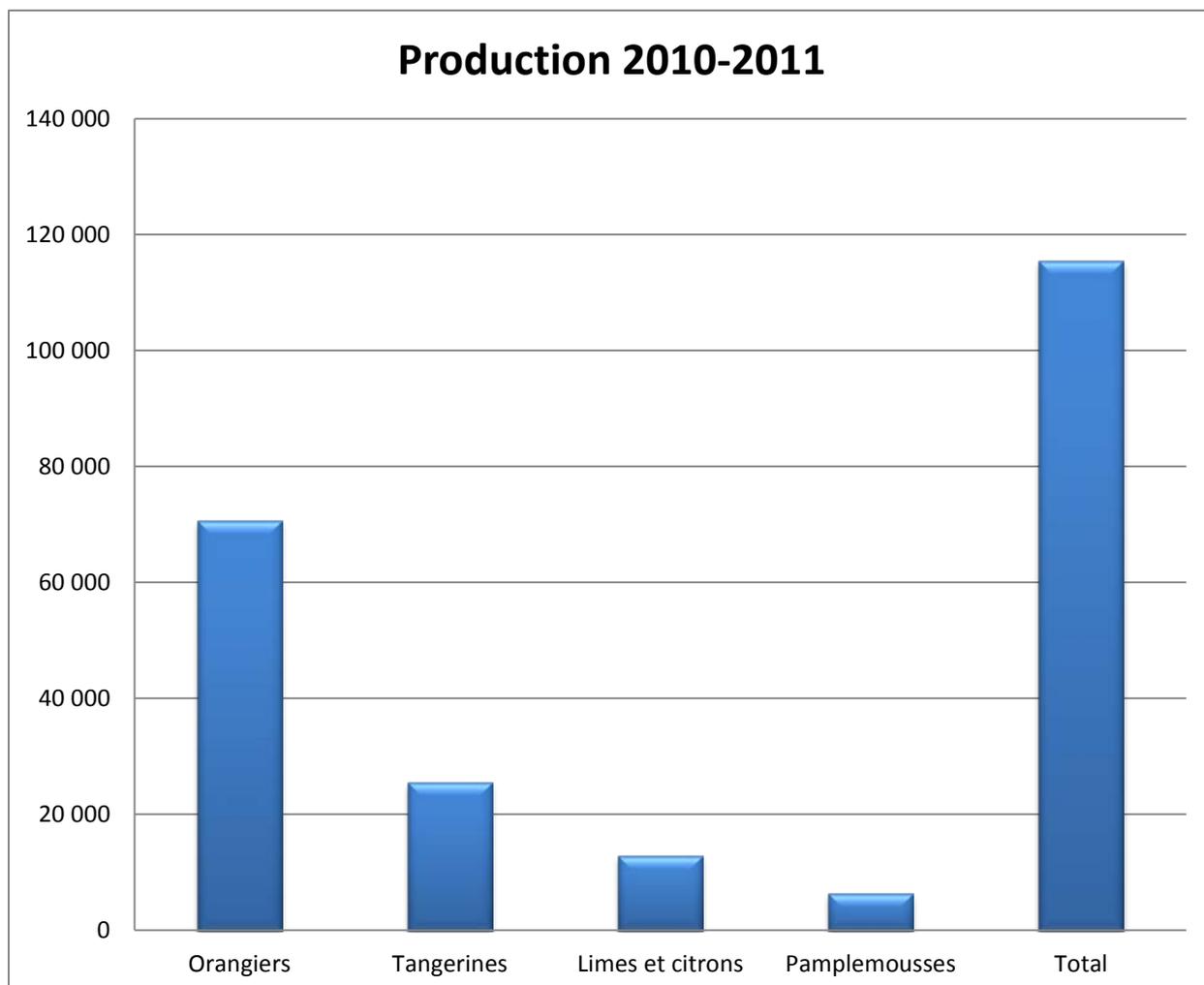
RT-PCR: real time polymerase chaine reaction

S-PAGE : sequential-Polyacrylamide gel electrophoresis

TAS-ELISA: Triple Antibody Sandwich ELISA

Appendice B

Production mondiale des principales espèces d'agrumes (milliers de tonnes)



Appendice C

Bilan de la production agrumicole 2012/2013

WILAYA	Sup T(ha)	Sup en rapp (ha)	Prod (qx)	Rdt (qx/ha)
BLIDA	16 997	15 658	4 103 414	262,1
TIPAZA	4 067	3 583	870 299	243
ALGER	5 190	4 303	848 905	197,3
MEDEA	49	36	3 282	91,2
CHLEF	5 710	5 241	1 035 450	197,6
AIN-DEFLA	1 708	1 440	211 460	146,8
BOUMERDES	2 115	1 876	390 464	208,1
TIZI-OUZOU	1 410	1 217	281 063	230,9
BOUIRA	432	381	37 530	98,5
BEJAIA	2 075	1 792	209 084	116,7
TOTAL CENTRE	39 753	35 527	7 990 951	1792,1
JIJEL	365	296	29 465	99,5
ANNABA	564	467	65 570	140,4
EL-TARF	2 133	1 803	355 000	196,9
SKIKDA	2 627	2 339	554 430	237
GUELMA	914	703	126 525	180
SOUK-AHRAS	8	6	300	50
TOTAL EST	6611	5614	1 131 290	903,8
TLEMCEN	2 530	2 030	244 700	120,5
ORAN	224	206	19 970	96,8
A.TEMOUCHENT	394	394	29 964	76,1
MASCARA	4 440	4 100	360 700	88
MOSTAGANEM	4 703	3 929	1 118 300	284,6
RELIZANE	4 584	4 530	1 075 100	273,3
S.B.ABBES	5	5	500	0
TOTAL OUEST	16 880	15 194	2 849 234	939,3
GHARDAIA	985	690	60 498	87,7
EL-OUED	43	43	1 130	26,3
TAMANRASSET	199	199	4 800	24,1
BECHAR	46	32	2 220	69,4
BISKRA	94	82	2 765	33,7
ILLIZI	123	69	4 093	59,3
LAGHOUAT	15	15	764	50,9
OUARGLA	20	12	635	52,9
NAAMA	2	2	130	65
TOTAL SUD	1527	1144	77 035	469,3
TOTAL ALGERIE	63 244	57 479	12 048 510	4104,5

Appendice D

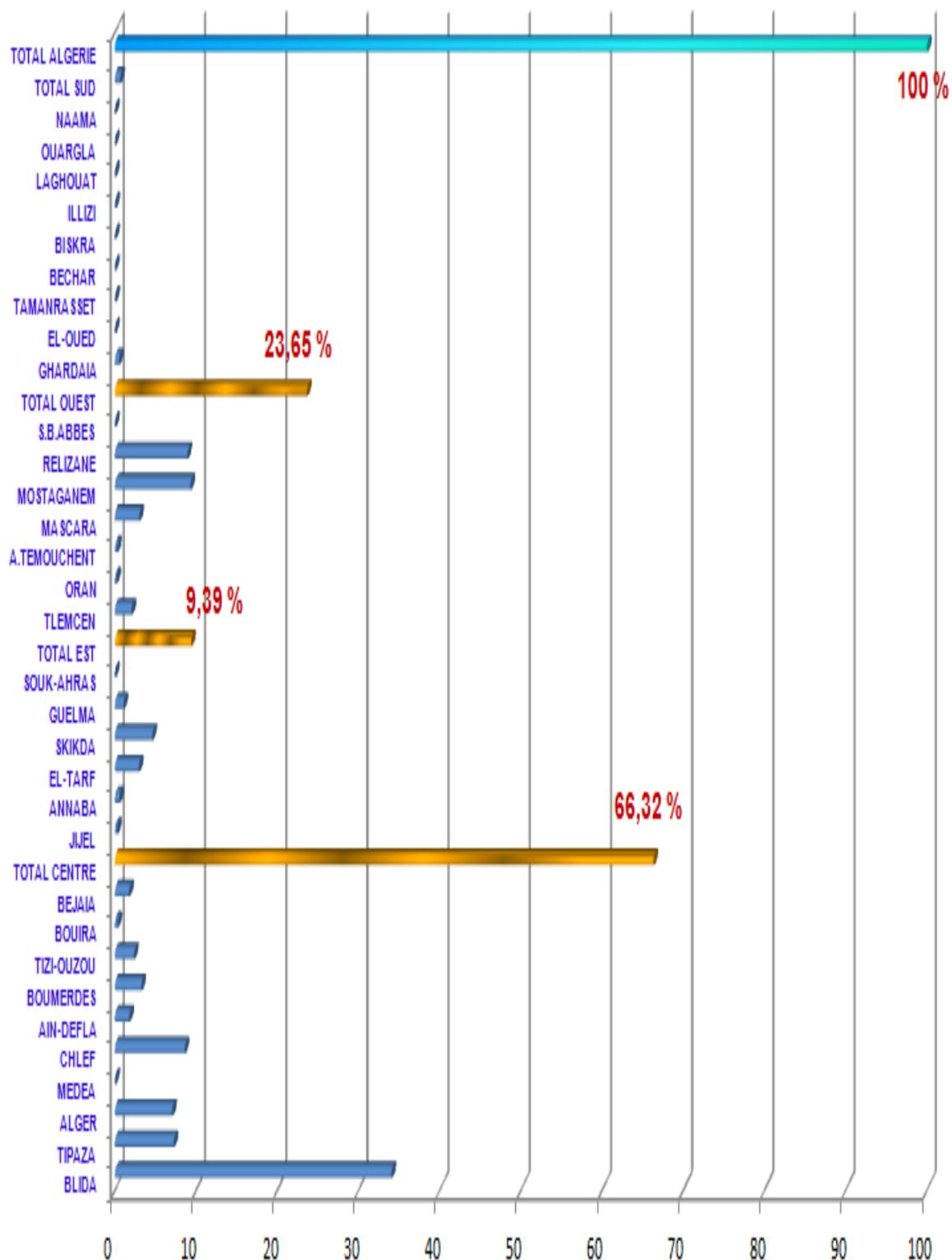


Illustration de la production agrumicole par Wilaya en Algérie en 2012/2013

Appendice E

Le questionnaire Enquête sur le dépérissement des agrumes

- ✓ Date :.....
- ✓ Verger exploité par :
- ✓ Localisation géographique du verger :.....
- ✓ Précédent cultural :
- ✓ Année de plantation :.....
- ✓ Porte-greffe utilisé :.....
- ✓ Variétés :.....
- ✓ Ecartement entre les rangs :.....
- ✓ Ecartement sur les rangs :.....
- ✓ Mode de conduite :.....
- ✓ Date habituelle de la taille :.....
- ✓ La parcelle a-t-elle subit un changement du mode de conduite :.....

Appendice F

Milieu de culture PDA (Potato Dextrose Agar) (Rapilly, 1968) [75]

Composition du milieu :

- ✓ Pomme de terre 200g
- ✓ Dextrose 20g
- ✓ Agar (sigma) 20g
- ✓ Eau distillée 1000ml
- ✓ pH 6,8 et Autoclavage pendant 20 minutes à 120°C.

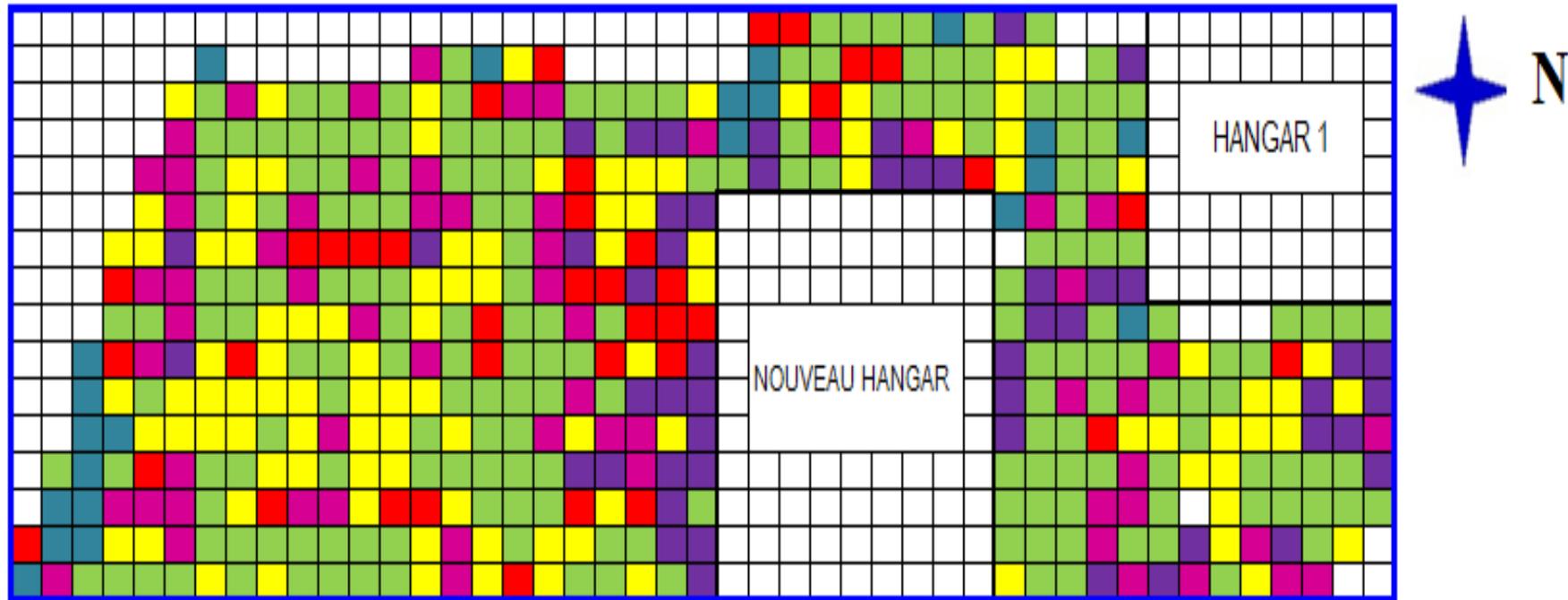
BNPRA-HMI selon Masagoet *al*, [75] Milieu de culture sélectif pour l'isolement de *Phytophthora Citrophthora* & *Phytophthora Nicotianae*

Composition du milieu Sélectif :

- ✓ Petit Pois 200g
- ✓ Dextrose 20g
- ✓ Agar (sigma) 20g
- ✓ Eau distillée 1000ml
- ✓ pH 6,8 et Autoclavage pendant 20 minutes à 120°C.

Autoclaver 1 l de milieu, et ajouter au milieu tiède :

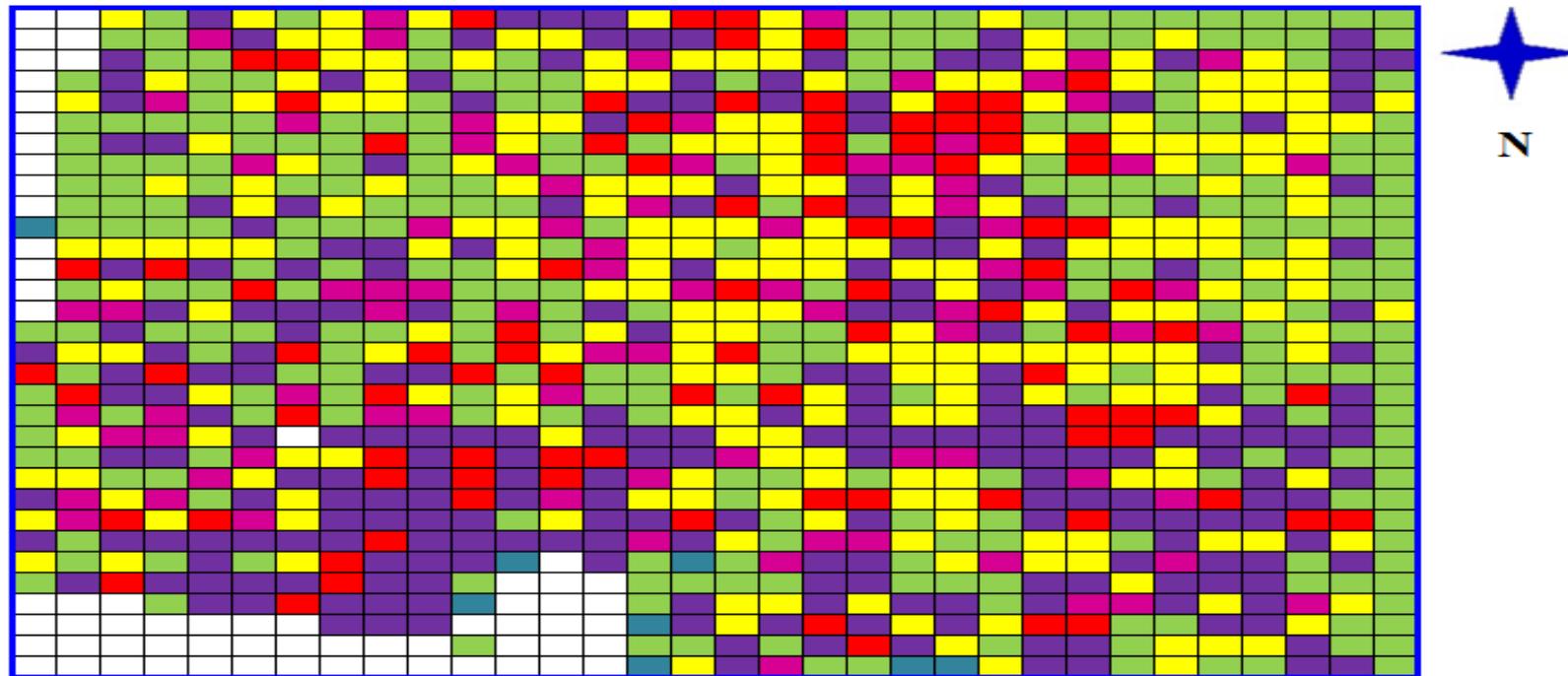
- | | |
|---------------|------------|
| ✓ Bénomyl | 10 mg |
| ✓ Quintozène | 25 mg |
| ✓ Nystatine | 25 mg |
| ✓ Rifampicine | 10 mg |
| ✓ Ampicilline | 500 mg |
| ✓ Hymexazol | 25 à 50 mg |



	Arbre sain
	Dépérissement total
	Dépérissement unilatéral
	Dépérissement léger
	Arbre arraché-remplacé
	Arbre de citronnier (sain)
	Sans plantation

Verger N°1 /432 Arbres				
Année	2007	2008	2009	2014
Classe "0"	346	232	272	183
Classe "1"	86	37	61	38
Classe "2"	92	219	173	100
Classe "3"	51	68	48	61
Classe "4"	28	47	49	50

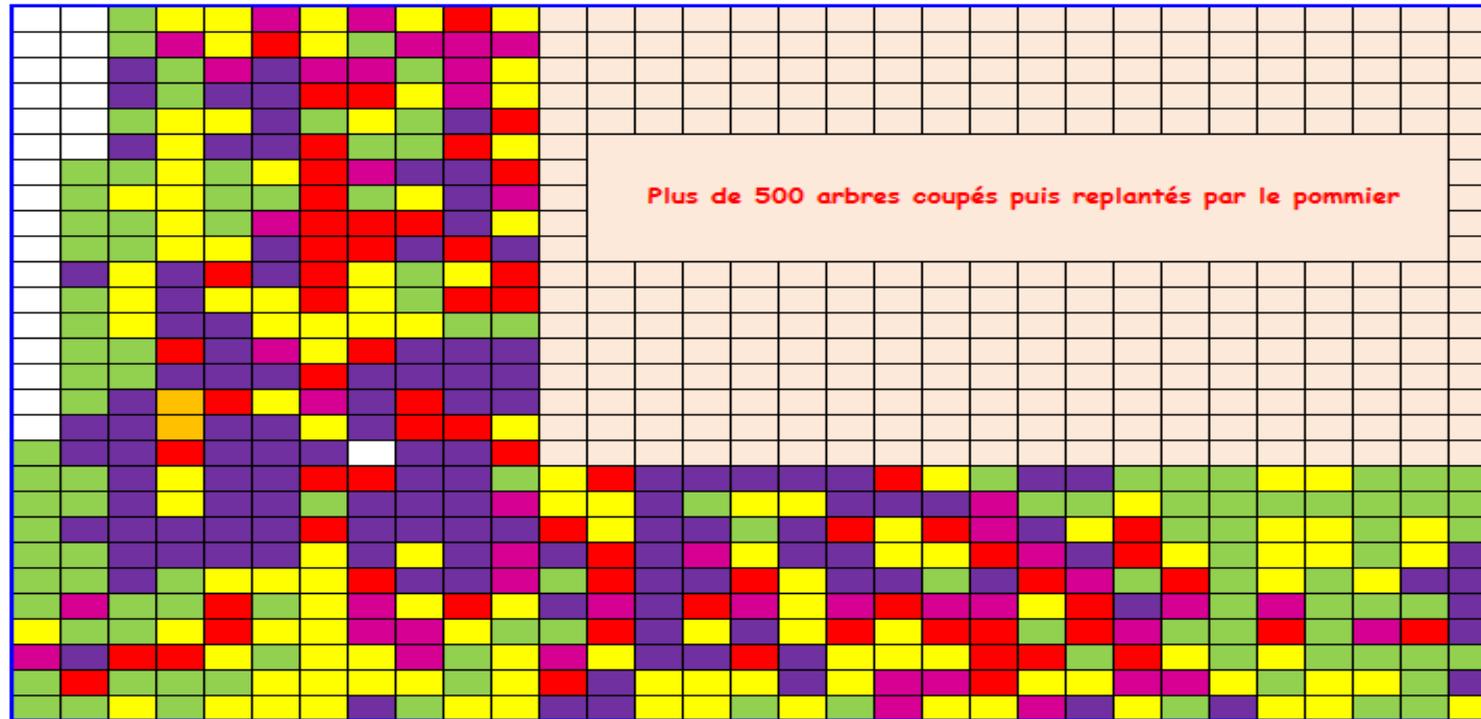
Appendice G : Répartition géographique de différentes classes symptomatologiques dans le Verger N° 1 en 2014.



	Arbre sain
	Dépérissement total
	Dépérissement unilatéral
	Dépérissement léger
	Arbre arraché-remplacé
	Arbre de citronnier (sain)
	Sans plantation

Verger N°2 /912 Arbres				
Année	2007	2008	2009	2014
Classe "0"	491	246	418	277
Classe "1"	129	82	89	68
Classe "2"	120	203	87	244
Classe "3"	226	364	305	76
Classe "4"	62	133	129	247

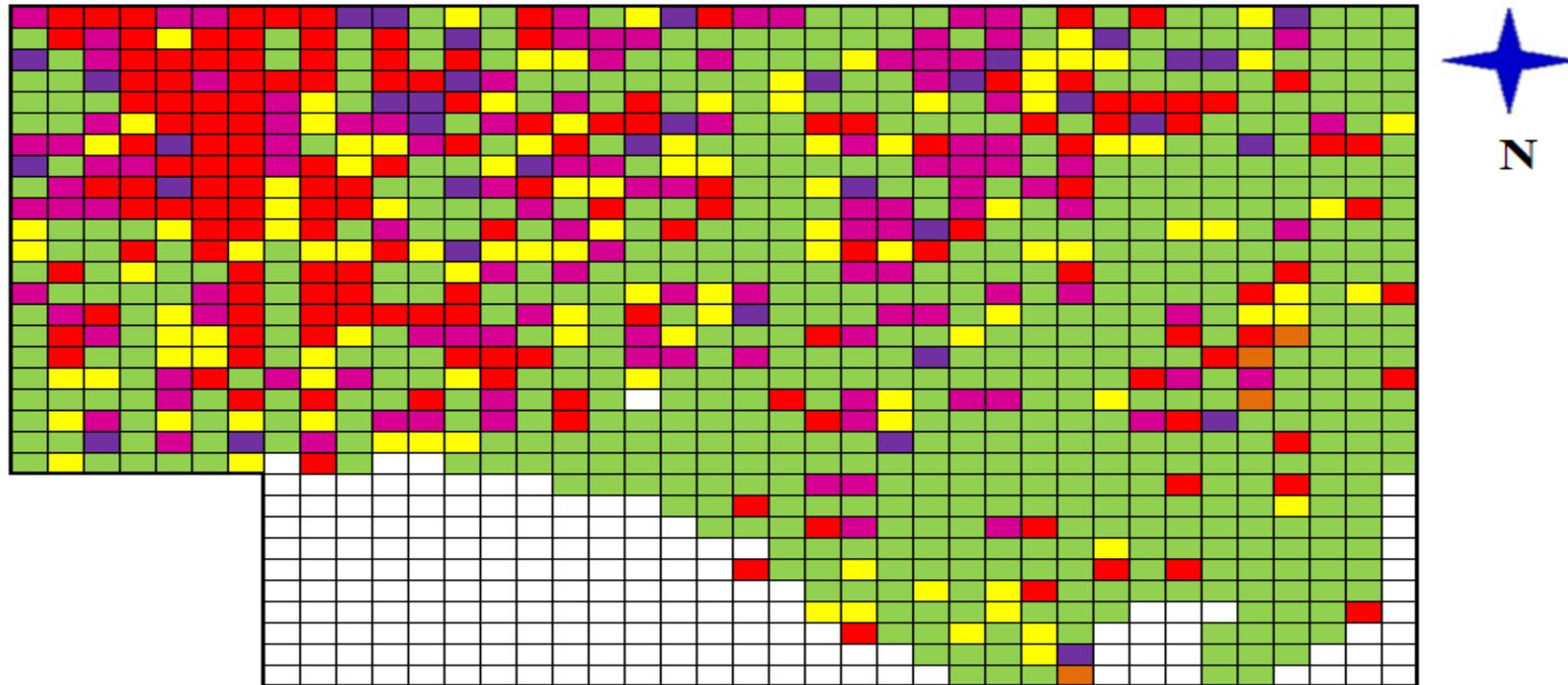
Appendice H : Répartition géographique de différentes classes symptomatologiques dans le Verger N° 2 en 2014.



	Arbre sain
	Dépérissement total
	Dépérissement unilatéral
	Dépérissement léger
	Arbre arraché-replacé
	Arbre de citronnier (sain)
	Sans plantation

Verger N°3 /868 Arbres				
Année	2007	2008	2009	2014
Classe "0"	494	140	146	111
Classe "1"	154	44	45	70
Classe "2"	84	87	59	124
Classe "3"	112	160	157	46
Classe "4"	1	133	129	517

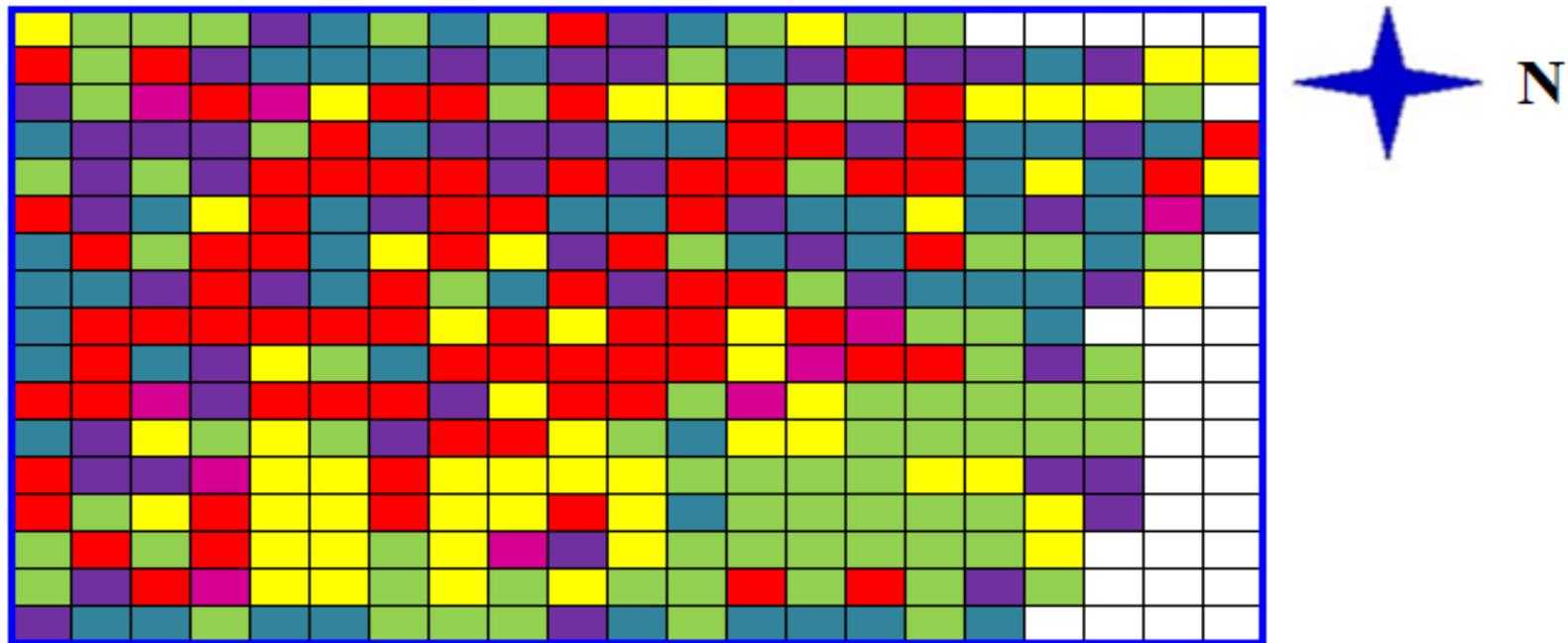
Appendice I : Répartition géographique de différentes classes symptomatologiques dans le Verger N° 3 en 2014.



	Arbre sain
	Dépérissement total
	Dépérissement unilatéral
	Dépérissement léger
	Arbre arraché-remplacé
	Arbre de citronnier (sain)
	Sans plantation
	Neflier

Verger N°4 / 993 Arbres				
Année	2007	2008	2009	2014
Classe "0"	828	817	781	579
Classe "1"	1	3	6	149
Classe "2"	0	0	3	112
Classe "3"	0	9	34	116
Classe "4"	0	0	5	37

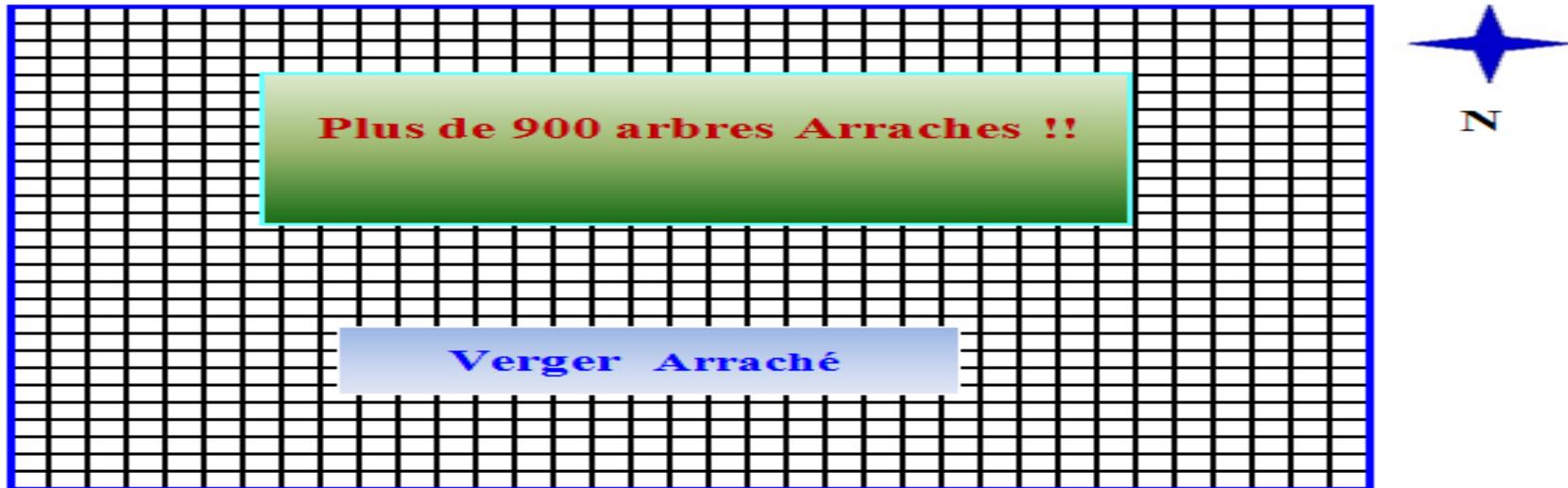
Appendice J : Répartition géographique de différentes classes symptomatologiques dans le Verger N° 4 en 2014.



Verger N°5 / 267 Arbres			
Année / Classe	2007	2008	2014
Classe "0"	283	173	75
Classe "1"	15	35	79
Classe "2"	1	15	53
Classe "3"	8	82	10
Classe "4"	26	28	50

	Arbre sain
	Dépérissement total
	Dépérissement unilatéral
	Dépérissement léger
	Arbre arraché-remplacé
	Arbre de citronnier (sain)
	Sans plantation

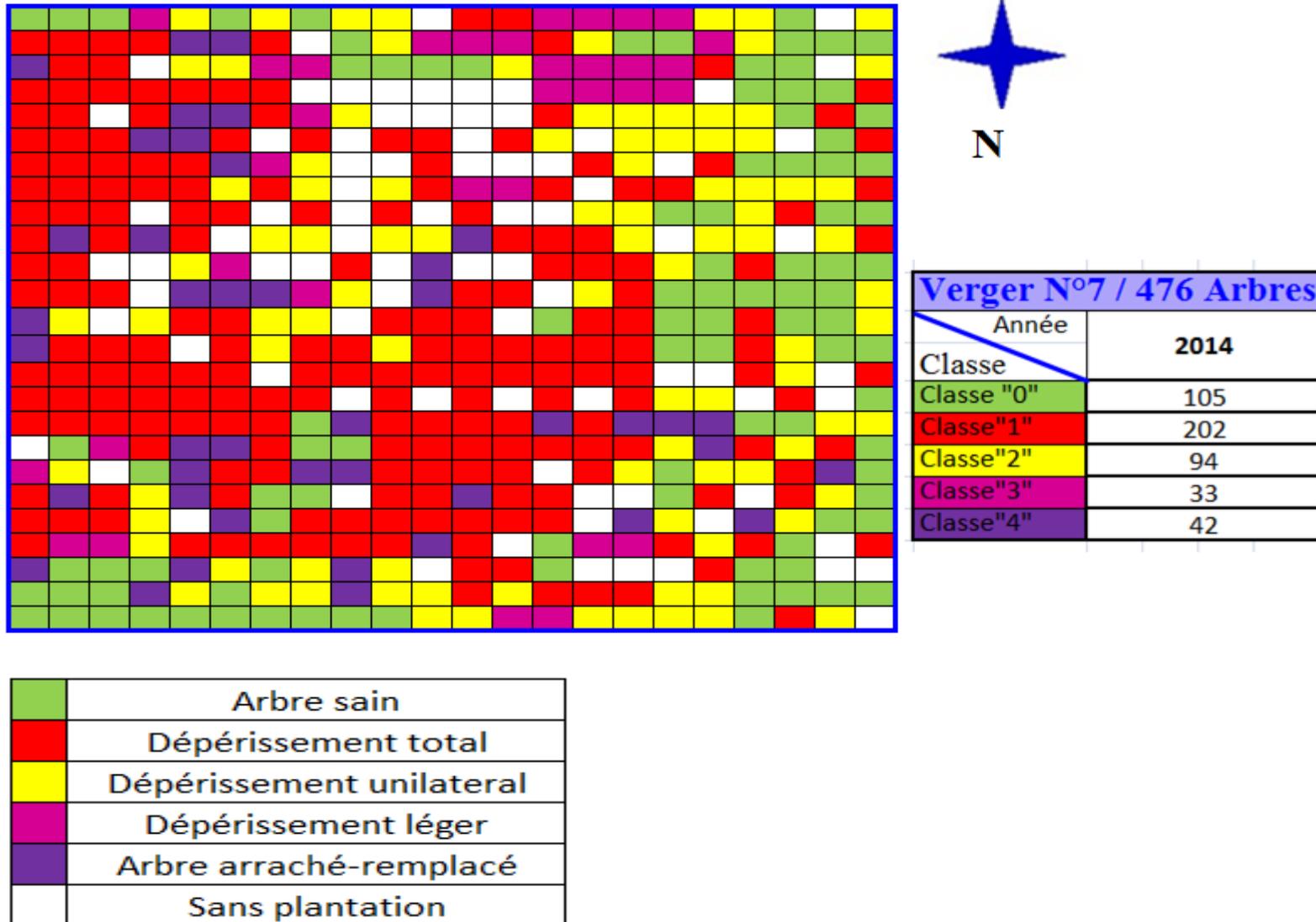
Appendice K : Répartition géographique de différentes classes symptomatologiques dans le Verger N° 5 en 2014.



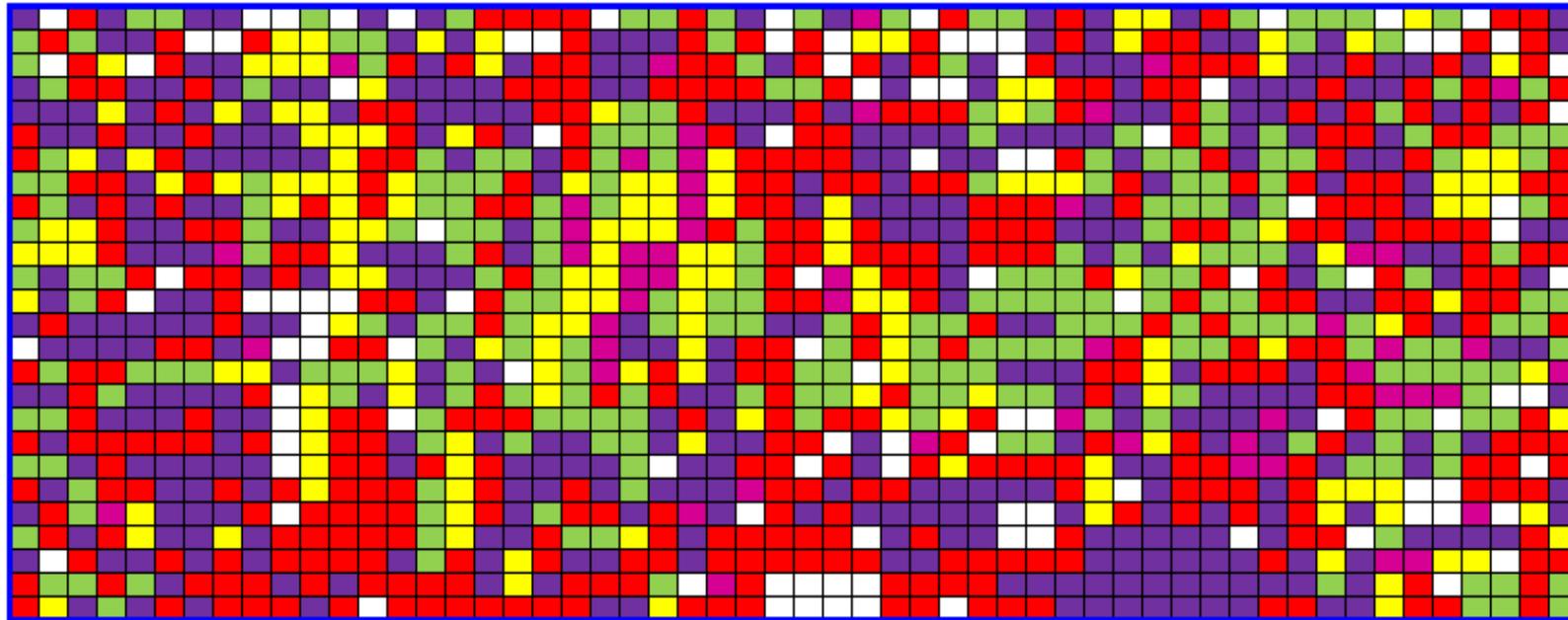
	Arbre sain
	Dépérissement total
	Dépérissement unilatéral
	Dépérissement léger
	Arbre arraché-remplacé
	Arbre de citronnier (sain)
	Sans plantation

Verger N°6 / 980 Arbres		
Année	2007	2008
Classe "0"	403	206
Classe "1"	53	69
Classe "2"	11	87
Classe "3"	56	177
Classe "4"	40	24

Appendice L : Répartition géographique du Verger N° 6 complètement arrachée 2014.



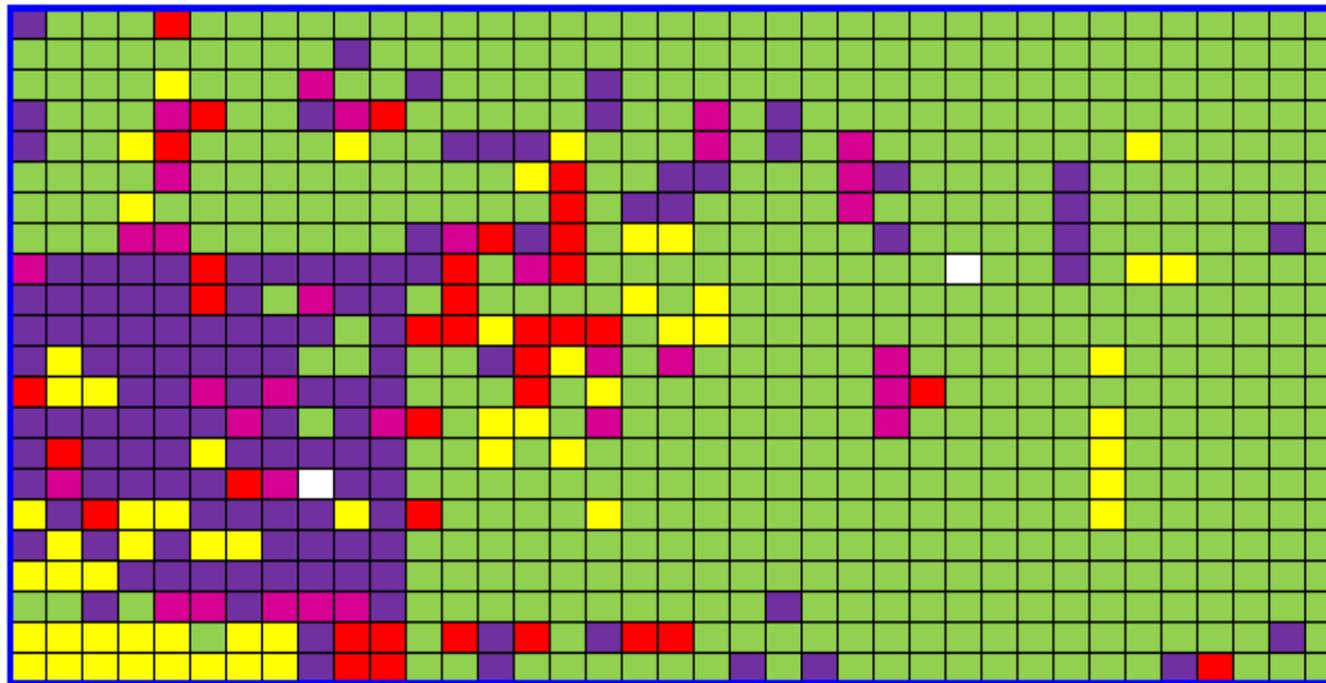
Appendice M : Répartition géographique de différentes classes symptomatologiques dans le Verger N° 7 en 2014.



	Arbre sain
	Dépérissement total
	Dépérissement unilatéral
	Dépérissement léger
	Arbre arraché-remplacé
	Sans plantation

Verger N°8/ 1240 Arbres	
Année	2014
Classe "0"	255
Classe "1"	379
Classe "2"	162
Classe "3"	52
Classe "4"	392

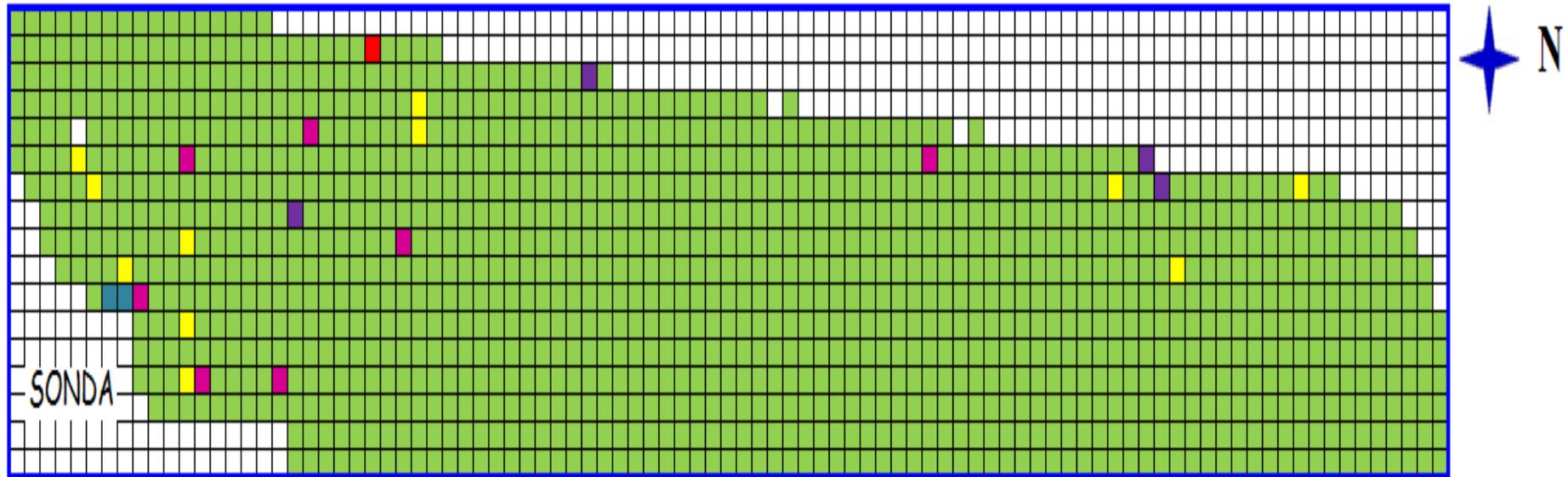
Appendice N : Répartition géographique de différentes classes symptomatologiques dans le Verger N° 8 en 2014.



	Arbre sain
	Dépérissement total
	Dépérissement unilatéral
	Dépérissement léger
	Arbre arraché-remplacé
	Sans plantation

Verger N°9/ 812 Arbres	
Année	2014
Classe "0"	560
Classe "1"	35
Classe "2"	58
Classe "3"	32
Classe "4"	127

Appendice O : Répartition géographique de différentes classes symptomatologiques dans le Verger N° 9 en 2014.



	Arbre sain
	Dépérissement total
	Dépérissement unilatéral
	Dépérissement léger
	Arbre arraché-remplacé
	Arbre de citronnier (sain)
	Sans plantation

Verger N°10/ 1193 Arbres	
Année	2014
Classe "0"	1170
Classe "1"	1
Classe "2"	11
Classe "3"	7
Classe "4"	4

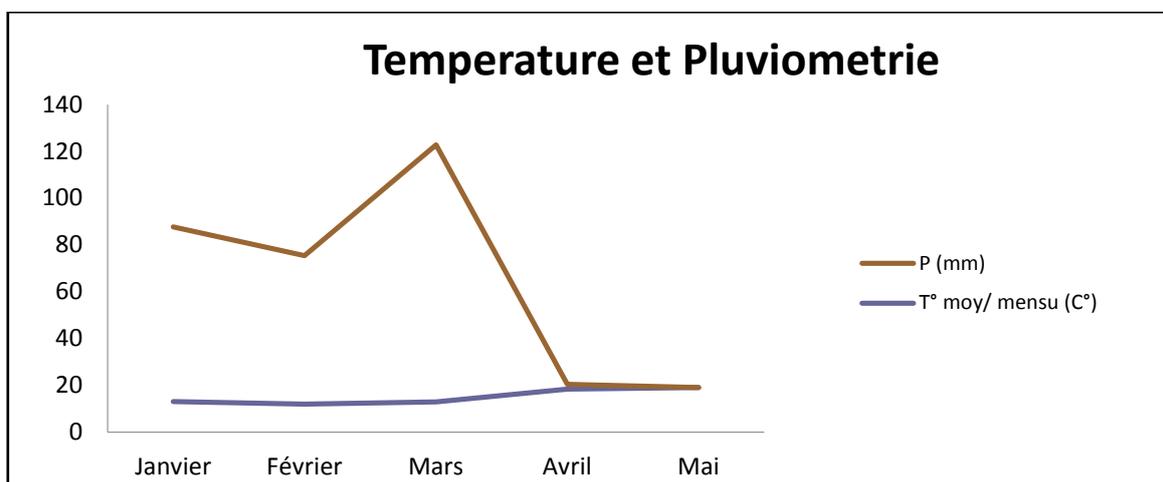
Appendice P : Répartition géographique de différentes classes symptomatologiques dans le Verger N° 10 en 2014.

Appendice Q

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril
P (mm)	74,7	63,4	109,9	2

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
T° moy/ max (C°)	17,5	16,5	18	25	26,8
T° moy/ min (C°)	9,3	7	8	12,1	12,4
T° moy/ mensu (C°)	13	12	12,9	18,4	19,1

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
T° moy/ mensu (C°)	13	12	12,9	18,4	19,1
P (mm)	74,7	63,4	109,9	2	



Références bibliographiques

1. Food and Agriculture Organisation of United Nations (FAO), principaux faits nouveaux et perspectives a court terme concernant les marches (Soixante-dixième session), CCP 14/2,20 p Rome, 7-9 octobre 2014.
2. Aubert, M et Vullin, G. « Pépinières et plantations d'agrumes ». Ed Cirad. , (1997) .168p.
3. Kresting, U, Senegon, C and Cinar, A. «Detection of *Spiroplasma citri* non Citrus host plants and their associated leafhopper vectetors in southern Turkey ». FAO.Plant Bul. (1992).Vol 40. 3p.
4. Données statistiques du service de la direction des services agricoles (DSA) ; dans la wilaya de Blida. (2014).3p.
5. Yahou.S « Etude du dépérissement des agrumes dans la région de oued el alleug (Blida) : recherche des agents fongiques telluriques » Université de Saad Dahleb de Blida. (2007).p104.
6. Benchabane, M., Fadil, D., Lamine, S., Yahou, S., Guettache, T. & Toua, D., "Etat du dépérissement des agrumes dans la région agrumicole de la Mitidja (Algérie)", Symposium Méditerranéen sur la Protection Phytosanitaire des agrumes, Rabat, Maroc, (2008), 81-91.
7. Lamine. S « Impacte du dépérissement des agrumes dans la région de Métidja : Etude Etiologique et Epidémiologique » ; Université de Saad Dahleb de Blida. (2011).p191
8. Loussert, R. « Agrumes ». Vol 1.Ed. Science.univ. (1987).109p.
9. Allaya, M, L. Pradeilles, M.N. Debabi, L. Arfa; L. " Medagri, annuaire des économies agricoles", C.I.H.E.A.M, I.A.M.M: (1995).341-346.
10. Loussert, R. « Les agrumes », production. Ed.Sci.Univ, VOL 2, Liban, (1989) 280p.

11. Bilan agricole, campagne 2012 : "Evaluation de la mise en œuvre du renouveau agricole", Réunion des cadres, Alger, (01 Juillet 2012). Ministère de l'agriculture et du développement rural : (2012) 5p.
12. Akhannouch, A. « Situation de l'agriculture marocaine », N°9. (2011).P :46-47.
13. Roistacher, C.N., "Graft-transmissible diseases of citrus Handbook for detection and diagnosis", International organization of citrus virologists & Food and Agriculture Organization of the United Nations. Eds. Rome, (1991), 286p
14. Vidhyasekaran, P., "Concise Encyclopedia of Plant Pathology", Food Products Press® and the Haworth Reference Press, New York, (2004), 619p.
15. Roistacher, C.N., "EcoPort slide shows", (2010). www.ecoport.org
16. Données statistiques du Ministère de l'agriculture et du développement rurale; Alger. (2014).3p.
17. Bellabas.A, «Etude de base sur les agrumes en Algérie ».Rapport de mission, 2011. pp 6
18. Loussert, R. 1985. Les agrumes, bailliere.ed, (1985), 135p
19. Praloran, J.C., « Les agrumes », Ed. Maisonneuve et La rose, France, (1971).565p.
20. Khan, I.A., "Citrus genetics, Breeding and Biotechnology", CAB International Head office, Wallingford, Oxfordshire, UK, (2007), 381p.
21. Mary Olsen, Milke Matheron, Milk McClure, Zhongguo Xiong.. "Diseases of citrus in Arizona" (2000), pp123.
22. Bar-Joseph, M.; Marcus, R.; Lee, R.F., "The continuous challenge of citrus tristeza virus control", *Annual Review of Phytopathology*, (1989), 27:291-316.
23. Wallace, J.M. "Virus and Virus like Disease" In: Reuther, W., Calavan, E.C., Carman, G.E., (eds), "The Citrus Industry Volume IV Crop Protection", University of California, USA, (1978), 67-184.

24. Klotzl.J.et Fawcett H.S., Les maladies des citrus traduit de l'anglais par Comelli, A et Le maître J., en coul.Soc, d'Edit. Techn. Col.(1952), 40pL, 152p.
25. Food and Agriculture Organisation of United Nations (FAO), Problèmes phytosanitaire du secteur des agrumes et politiques de lutte (Troisième section), 2003. CCP : CIO3/3.
26. "La protection phytosanitaire des agrumes en Algérie". Ed. Cibageigy.Alger (1976) ,159p.
27. Bové, J.M et Blondel, L. Maladies à virus des citrus dans les pays du bassin méditerranéen. Rev .Fruitsvol.22, 1967, N°3:125-140.
28. M'chouri, c. Biodétection de la maladie du Stubborn des Agrumes causé par le phytoplasme.*Spiroplasma citrus* au niveau de la station expérimentale de l'ITAFV deTassala el-Merdja de Boufarik.Mém. .2004.42p.
29. Saligo, P., L hospital, M., La flèche, D, Duport, G., Bové, J.M., Tully, J.G.,Frendt, and E.A.: *Spiroplasma citri* .and sp.nov: amycomplasma-like organism associated with stubborn disease of citrus.In.J.syst.Bactériol, .1973.vol23:191-204
30. Lambais, M.R., Goldman, M.H.S., Camargo, L.E.A., Goldman, G.H., "A genomic approach to the understanding of *Xylella fastidiosa* pathogenicity", Current Opinion in Microbiology, (2000), 3:459-462
31. Oliveira, A.C., Vallim, M.A., "Quantification of *Xylella fastidiosa* from citrus trees by real-time polymerase chain reaction assay", Phytopathology, (2002), 92:1048–1054.
32. Araújo, W.L., Marcon, J., Maccheroni, W., Van Elsas, J.D., Van Vuurde J.W.L., Azevedo, J.L., "Diversity of endophytic bacterial populations and their interaction with *Xylella fastidiosa* in citrus plants", Appl Environ Microbiol, (2002), 68:4909-4914.
33. Rieuffl, P. « Le mildiou des agrumes, gommose parasitaire des arbres, pourriture brune des fruits. Terres MarocainesT.XXV », 1951, P222-223.
34. Jamoussil, B.. « Les maladies de dépérissement des Agrumes », Revue de mycologie, 1955. Tome XX, n°1.

35. Nadel-Schiffman, M, « Influence de la température et de la pluviosité sur l'apparition des différentes espèces de phytophthora ». Rev. de Pat .Vég et d'Ent.Agr.1951
36. Stephan, H.Futch and James H .Graham, "Field Diagnostic and Management of phytophthora Disease", 2005.Art, H.S-1015.
37. Wyss, Dunant,. « La gommose ou les gommoses des Aurantiacées ». Rev.Franc. De l'Oranger, 1949. p165.
38. Graham, J.H and Timmer L.W, "Phytophthora Disease of Citrus", Art, (2003) 127p.
39. Stephen, H. Futchud L.W .Timmer. "A Guide for Citrus Disease Identification",Art (2001).pp7-89.
40. Mouton,A."Phymatotriclun,omvorum(shean)".Dng.Rev.deMycol.T.XVIII,Sup pl. Col.N°2, (1953) p 69-87.
41. <http://www.ipm.ucdavis.edu/index.html>.
42. Agrios, G.N., "Root Rots of Trees" In: "Plant Pathology", Fifth edition, Elsevier, University of Florida, USA, (2005), 602-611.
43. Dyakov, Y.T., Dzhavakhiya, V.G., Korpela, T., (eds), "Molecular basis of plant immunization", In: "Comprehensive and Molecular Phytopathology", Elsevier, UK, (2007), 423-438.
44. Fawcett, H.S.. "Citrus diseases and their control"; 2 ème edition Edit.Mc Graw-hill Book company.I.N.C. New-York and London, (1936) 656 p.
45. Timmer, L. W., Graham, J. H., "Fungal diseases of citrus that resemble systemic, graft-transmissible diseases", Department of Plant Pathology, UniversityofFlorida,IOCV,USA,(2006).
http://www.ivia.es/iocv/enfermedades/Fungal_diseases/verfoto.php?fichero=01
46. Ippolito, A., Nigro, F., Lima, G., "Influence of the scion on the susceptibility of sour orange rootstock to *Phytophthora gummosis* and root rot", *Phytopathologia Mediterranea*, (1997), 36:81–86.
47. International Organization of Citrus Virologists <http://www.ivia.es/iocv/>

48. Klotz, L.J. "Fungal, Bacterial, and Nonparasitic Diseases and Injuries originating in the Seedbed, Nursery and Orchard" In: Reuther, W., Calavan, E.C., Carman, G.E., (eds), "The Citrus Industry Volume IV Crop Protection", University of California, USA, (1978), 67-184.
49. Chung, H.L. The Sweet Potato in Hawaii .Hawaii Agric .Exp.Stut. (1923), Bull.T.L.20 P.
50. Gentile, A.; Tribulato, E.; Deng, Z.N.; Vardi, A.1992. Selection of "Femminello"lemon plants with tolerance to the toxin of *Phoma tracheiphila* via cell culture. *VII International Citrus Congress, Acireale, Italy, March 8-13, (1992)* (Abstract).
51. Petri, L. (Dernières recherches sur la morphologie, la biologie et le parasitisme de *Deuterophoma tracheiphila*). *Bollettino della Stazione di Patologia Vegetale* (1930) 10,191-221.
52. Petri, L. (Classement systématique des champignons parasites des citronniers atteints du mal secco). *Bollettino della Stazione di Patologia Vegetale* (1929) 9, 393-396.
53. Perrotta G; Graniti, A. « *Phoma tracheiphila*. In: *European handbook of plant diseases* Ed". by Smith, I.M.; Dunez, J.; Lelliot, R.A.; Phillips, D.H.; Archer, S.A., Blackwell Scientific Publications, Oxford, Royaume-Uni. (1988). pp.396-398.
54. De Cicco, V.; Ippolito, A; Salerno, M.. « Duration of the infective capacity of soil containing mal secco infected lemon twigs". *Proceedings of the 7th Congress of the Mediterranean Phytopathological Union, Granada, Spain, 20-26 September, (1987)*, pp. 175-176.
55. Magnano di San Lio, G; Cacciola, S.O; Pane, A.; Grasso, S,. "Relationship between xylem colonization and symptom expression in citrus mal secco disease". *VII Internatioal Citrus Congress, Acireale, Italy, (1992) March 8-13*(Abstract).
56. Migheli, Q., Cacciola, S.O., Balmas, V., Pane, A., Ezra, D., Magnano di San Lio, G., "Mal secco disease caused by *Phoma tracheiphila*: A potential threat to lemon production worldwide", *APS, Plant Disease*, (2009), 93(9):852-867.
57. EPPO/OEPP., "*Deuterophoma tracheiphila*", *Data Sheets on Quarantine Pests*, CABI and EPPO for the EU, (2007), under Contract 90/399003, 5p.

58. De Cicco, V., Paradies, M., and Salerno, M., "Behaviour of some lemon rootstocks towards Mal secco root infections: preliminary results", In: Proceedings of the International Society for Citriculture, (1984), 428–430.
59. Ippolito, A., Maurantonio, V., D'Anna, R., "Role of infected seeds of citrus rootstocks in the spread of mal secco disease", International Society of Citriculture, (1992), 2: 877-878.
60. Ippolito, A., De Cicco, V., Gallitelli, D., "Partial characterization of *Phoma tracheiphila* with properties of hypo virulence", In: Goren, R., and Mendel, K., (eds), Proceeding of the sixth international citrus congress, Middle-Est, International Society of Citriculture, Italy, (1988), 1361-1365.
61. Ippolito, A., De Cicco, V., Salerno, M., "Comportamento di eventuali portinnesti del limone verso infesione di mal secco", *Informatore Fitopatologico*, (1991), 9:23-26.
62. Young, R.H; Albrigo, L.G; Tucker, D.P.H; Williams, G.. "Incidence of citrus blight on Carrizo citrange and some other root stocks". Proceedings of the Florida state Horticultural society. (1980). 93, 14-17.
63. Bransky .R.H,Derrick. K.s, Roberts. P.D and Timmer L.W, "Florida Citrus Pest Management Guide". 2007: Blight; 2207pp-180.Greasy spot; pp-144.
64. Fermino Carlos, E., "Transcriptional profiling on trees affected by citrus blight and identification of an etiological contrast potentially associated with the disease", Phd thesis, University of Florida, (2004), 103p
65. OEPP/CABI,. Citrus greening bacterium. In: *Organismes de Quarantaine Pour l'Europe*. 2ème édition CAB International, Wallingford, Royaume-Uni. (1996a)
66. OEPP/CABI, Citrus tristeza clostero virus. In: *Organismes de Quarantaine Pour l'Europe*. 2ème édition CAB International, Wallingford, Royaume-Uni. (1996b)
67. OEPP/CABI,. *Radopholus citrophilus* and *Radopholus similis*, in: *Organismes de Quarantaine Pour l'Europe*. 2ème édition CAB International, Wallingford, Royaume-Uni. (1996c)
68. Albrigo, L.G.; Young, R.H. Citrus tree decline complex diagnostic identification of blight. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 92,(1979), 61-63
69. Timmer, L.W. 1984. Declines of unknown etiology. In: Report of citrus exotic diseases and pathogens workshop. USDA, Beltsville, Etats-Unis.

70. OEPP/EPPO., "Fiches informatives sur les organismes de quarantaine, Citrus blight disease", Bulletin préparé par le CABI et l'OEPP pour l'UE sous contrat N°90/399003, (1996). 6p
71. EPPO. "European and Mediterranean Plant Protection Organization", (2010). www.eppo.org
72. Ippolito, A., "Dannosità delle malattie", lecture presentation, Università degli Studi di Bari, (2010), 18p
73. Pollastro, S., Pichierri, A., Masiello, N., Habib, W., Carlucci, A., Lazzizzera, C., Frisullo, S., Faretra, F., "Il mal dell'esca della vite: interventi di ricerca e sperimentazione per il contenimento della malattia (Mesvit), Sud Stampa, Bari, Italia, (2007), pp.32
74. Gottwald, T.R., Bergamin-Filho, A., "Quantitative epidemiology tools: Their application and interpretation for citrus diseases", International Organization of Citrus Virologists, IOCV, (2010), 93p.
75. Davet, P; Rouxe, F., "Détection et isolement des champignons du sol", INRA, Paris, (1997), 177p
76. Barnett, H.L., Hunter, B.B., "ILLUSTRATED GENERA OF IMPERFECT FUNGI", Fourth edition, Burgess publishing company, (1996), 218p.
77. Leslie, J.F., Summerell, B.A., and Bullock, S., "Species Descriptions", In: "The *Fusarium* Laboratory Manual", Blackwell Publishing, (2006), 121-274.
78. Sherbakoff, C.D. Fusaria on potatoes. Cornell Univ.Agr.Expt.Sta.Memoir N°6, in Barnett, H et Barry Hunter, B; 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi, third edition. Burgess publishing company, (1915), 239p.
79. Toussoun, T.A and P.E. Nelson. Apictorial guide to the identification of *Fusarium*.species.Pennsylvania state University Press in Barnett, H et Barry Hunter,B; 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi, third edition. Burgess publishing company, (1968), 239p.
80. Jackson, C.R. and G.F.Weber. Morphology and taxonomy of *Alternaria cucumerina*. Mycologia 51: 401-408 in Barnett, H et Barry Hunter, B; 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi, third edition. Burgess publishing company, (1959), 239p.
81. Neergaard,P Danish species of *Alternaria* and *Stemphylium*. Taxonomy, parasitism and economic significance. Einar

- Munksgaard, Copenhagen, in Barnett, H et Barry Hunter, B; 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi, third edition. Burgess publishing company. (1945), 239p.
82. Simmons, E.G. Typification of *Alternaria*, *Stemphylium* and *Ulocladium*. *Mycologia* 59:67-92, in Barnett, H et Barry Hunter, B; 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi, third edition. Burgess publishing company. (1967), 239p.
 83. Devries, G.A. Contribution to the knowledge of the genus *Cladosporium*. *Centraalbureau voor Schimmelcultures, Baarn*, in Barnett, H et Barry Hunter, B; 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi, third edition. Burgess publishing company, (1952), 239p.
 84. Carmichael, J.W. *Geotrichum candidum*. *Mycologia* 49:820-830 in Barnett, H et Barry Hunter, B; 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi, third edition. Burgess publishing company, (1957), 239p.
 85. Bernard, B. 1979. La reproduction sexuelle chez les phytophthora. Ed. L'O.R.S.T.O.M, Paris. 188p.
 86. Buckley, P.M., T.D. Wyllie and J.E Devay. Fine structure of conidia and conidium formation in *Verticillium albo-atrum* and *V. Nigrescens*. *Mycologia* 61: 240-250, in Barnett, H et Barry Hunter, B; 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi, third edition. Burgess publishing company. (1969). 239p.
 87. Isaac, I. A further comparative study of pathogenic isolates of *Verticillium*: *V. nebulum* pethybra and *V. Tricorpus*. sp. *Nov. trans. Brit. Mycol. Soc.* 36: 180-195, in Barnett, H et Barry Hunter, B; 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi, third edition. Burgess publishing company. (1953). 239p.
 88. Isaac, I. A new hyaline species of *Verticillium*: *V. intertextum* sp. nov. *trans. Brit. Mycol. Soc.* 38: 143-156, in Barnett, H et Barry Hunter, B; 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi, third edition. Burgess publishing company. (1955). 239p.
 89. Rudolph, B.A. *Verticillium*. hydromycosis. *Hilgardia* 5:201-353, in Barnett, H et Barry Hunter, B; 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi, third edition. Burgess publishing company. (1931). 239p.
 90. Shoemaker, R.A. Nomenclature of *Drechslera* and *Bipolaris*, grass parasite separated from *Hilminthosporium*. *Can. J. Bot.* 37: 879-889, in Barnett, H et Barry Hunter, B; 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi, third edition. Burgess publishing company. (1959). 239p.

91. Luttrell, E.S. Taxonomic criteria in *Helminthosporium* *Mycologia* 55:643-674, in Barnett, H et Barry Hunter, B; 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi, third edition. Burgess publishing company. (1963). 239p.
92. Luttrell, E.S. Systematics of *Helminthosporium* and related genera. *Mycologia* 56:119-132, in Barnett, H et Barry Hunter, B; 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi, third edition. Burgess publishing company. (1964). 239p.
93. Hughes, S.J. Revisiones hyphomycetum aliquot cum appendice de nominibus rejiciendis. *Can.J.Bot.* 36:727-836 in Barnett, H et Barry Hunter, B; 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi, third edition. Burgess publishing company. (1958). 239p.
94. Ellis, M.B. Dematiaceous hyphomycetes. III. *Mycol. Papers. C.H.I* 82:1-57, in Barnett, H et Barry Hunter, B; 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi, third edition. Burgess publishing company. (1961). 239p.
95. Drechsler, C. Some graminicolous species of *Helminthosporium*. *Jour. Agr. Res.* 24: 641-740; in Barnett, H et Barry Hunter, B; 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi, third edition. Burgess publishing company. (1923). 239p.
96. Brown, A.H.S and G. Smith. The genus *Paecilomyces* Bainier and its perfect stage *Byssochlamys westling*. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 40: 17-189, in Barnett, H et Barry Hunter, B; 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi, third edition. Burgess publishing company. (1957). 239p.
97. Onions, A. H. S and G.L. Barron. Monophialidic species of *Paecilomyces*. *Mycol. Papers, C. M.T.* 107: 1-25. in Barnett, H et Barry Hunter, B; 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi, third edition. Burgess publishing company. (1967). 239p.
98. Raper, K. B and C. Thom. A manual of the penicillia. The Williams and Wilkins co, in Barnett, H et Barry Hunter, B; 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi, third edition. Burgess publishing company. (1949). 239p.
99. Morris, E.F. The synnematosous genera of the fungi imperfecti . Series in the biological. Sciences, No.3. Western Illinois University. 137p, in Barnett, H et Barry Hunter, B; 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi, third edition. Burgess publishing company. (1963). 239p.
100. Morquer, R; G. Viala; J. Rouch; J. Fayret and G. Berge. Contribution à l'étude morphologique du genre *Gliocladium*. *Bull. Soc. Mycol. Fr.* 79: 137-

- 241, in Barnett, H et Barry Hunter, B; 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi, third edition. Burgess publishing company. (1963). 239p.
101. Smalley, E. B and H. N. Hansen. The perfect stage of *Gliocladium roseum*. Mycologia 49: 529-533, in Barnett, H et Barry Hunter, B; 1972. Illustrated genera of imperfecti fungi, third edition. Burgess publishing company. (1957). 239p.
 102. Fischer, M., Edwards, J., Cunnington, J.H. and Pascoe, I.G. Basidiomycetous pathogens on grapevine: a new species from Australia – *Fomitiporia australiensis*. *Mycotaxon* 92: (2005). 85-96.
 103. Amalfi M., Yombiyeni P., and Decok D. Fomitiporia in Sub-Saharan Africa : morphology and multigenetic analysis support three new species from the Guineo- Congolian rainforest. *Mycologia* 102, 1303-1317. DOI: 10.3852/09-083. (2010). p6
 104. Carter, M. *Eutypa armeniaca* Hansf. and Carter, sp. nov. an airborne vascular pathogen of *Prunus armeniaca* L. in Southern Australia. *Australian Journal of Botany* 11: 498. (1957).
 105. Carter M.V., The Status of *Eutypa lata* as a Pathogen. Wallingford, UK, Commonwealth Agricultural Bureau, *International Mycological Institute. Phytopathological*, (1991). p 32.
 106. Trouillas, F. P., Pitt W.M., Sosnowski M.R., Huang R., Peduto F., Loschiavo A., Scott E.S. and Gubler, W. D. Taxonomy and DNA phylogeny of Diatrypaceae associated with *Vitis vinifera* and other woody plants in Australia. *Fungal Diversity*. (2011). 13225-011-0094-0.
 107. Nemeč, S.; Burnett, H.C.; Patterson, M. Observations on a citrus fibrous root rot involving *Fusarium solani* in blight-diseased groves. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings* (1978). 37p, 43-47.
 108. Graham, J.H; Timmer, L.W; Young, R.H. Necrosis of major roots in relation to citrus blight. *Plant Disease* (1983). 67p, 1273-1276.
 109. Graham, J.H., Timmer, L.W., “Phytophthora diseases of citrus”, In: Kumar, J., Chaube, H.S., Singh, U.S & Mukhopodhyay, A.N., (eds), “Plant Diseases of International Importance, Vol. III, Diseases of Fruit Crops”, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, (1992), 250-269.

110. Graham, J.H., Menge, J.A., "Root diseases", In: Timmer, L.W & Duncan, L.W., (eds), "Citrus Health Management", APS Press, Inc. St. Paul, MN, (1999), 126-135
111. Nemecc, S; Jabaji-Hare, S; Charest, P.M, ELISA and immunocyto chemical detection of *Fusarium solani*-produced naphthazarin toxins in citrus trees in Florida. *Phytopathology*, (1991). 81p, 1497-1503.
112. Janse, J.C; van rensburga; labuschagne, N and Nemecc, S, Occurrence of Fusarium-produced naphthazarins in citrus trees and sensitivity of rootstocks to isomartine in relation citrus blight, *Art, Plant Pathology*, 50, (2001). 258±265.
113. Dandurand, L.M and Menge, J.A, Influence of *Fusarium solani* on Citrus Root Growth and Population Dynamics of *Phytophthora parasitica* and *Phytophthora citrophthora*, *Art*, (1993). Vol.83, No.7, department of Plant Pathology of California.