

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

N° série:

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

Université Echahid Hamma Lakhdar –El- OUED

كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم العلوم الفلاحية

Département de sciences Agronomiques



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE



En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences Agronomiques

Spécialité : Production végétale

THEME

**Identification et caractérisation des maladies fongiques de
pomme de terre et essai de lutte biologique par les extraits
végétaux dans la région d'EL-Oued.**

Soutenue le : /10/2020

Présenté et soutenu par :

Saighi Imane

Ben Hamdi Merièm

Devant le jury:

Président :	Babaou I Mahfoud	Maitre-Assistant B	Université d'El Oued.
Promoteur :	Zouioueche F Zahra	Maitre-Assistant A	Université d'El Oued.
Examineur :	Guehef Z Hadda	Maitre-Assistant B	Université d'El Oued.

Promotion: 2019 – 2020

Remerciements

Avant tout nous remercions «ALLAH» tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et la patience pour terminer ce mémoire.

A l'issue de ce travail, nous tenons tout particulièrement à remercier.



*nous tiens à remercier sincèrement madame **Zouieche Fatima Zahra***

Docteur à l'université Echahid Hamma Lakhdar –El- OUED, qui en tant que directeur de mémoire, s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.



*Nos vifs remerciements s'adressent aussi à Melle **Guehef Zahra Hadda**, qui a accepté d'examiner notre travail avec bienveillances et nous en sommes très honoré.*



*Nos vifs remerciements à Monsieur **Babaou Ismail Mahfoud** Docteur à l'université Echahid Hamma Lakhdar –El- OUED qui nous a fait l'honneur d'accepter de présider ce travail.*

Merci aussi à mes professeurs à qui J'exprime tout mon respect Et profonde gratitude.

A mes chères amies et mes sœurs. Nous les remercions beaucoup d'avoir été présentes toutes les fois où nous les avons sollicitées, nous les remercions pour leurs aides, encouragements et le soutien moral.

Nous remercions aussi tous mes amis et collègues du département agronomie.

Enfin, nous terminons nos remerciements à toute personne qui a donné un coup de main de près ou de loin à ce travail.



Dédicaces

Je dédie ce travail actuel en premier lieu aux personnes les plus chères du monde: ma mère, «Yasmina». Quoi que je fasse, je ne pourrais pas lui rendre ce que j'ai fait pour moi, si j'y suis arrivé, c'est grâce à elle, que Dieu la bénisse, protège et lui accorde longue sa vie.

A ma chère sœur «Ines»

A mes chers frères «Hamza», «Ayoub».

A ma deuxième maman «Halima», «Rachida»

Et bien sûr je dédie ce travail à mes oncles « Abdelmalek», «Ibrahim»

A mes très chères copines

A toute ma famille et tous mes amis

Toutes les sources de bonté, de joie et de sourire

Toutes mes amis d'enfance et du long parcours scolaire et universitaire



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

*A ma chère Mère « **Fatiha** »*

*A mon Père « **Amara** »*

Mes estimes pour eux sont immenses, je vous remercie pour tout ce que vous avez fait pour moi.

Que dieu vous préserve une longue vie heureuse.

A toutes mes Sœurs

A tous mes chers frères

Bien sûr , je dédie ce travail à mes oncles et tantes

*A toute ma Famille « **Ben Hamdi , Haggui et Machana** »*

*À mon mari «**Seif Elislem** »*

A mes très chères copines

Toutes mes amis d'enfance et du long parcours scolaire et universitaire.

A tous ceux que j'aime



Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des Figures	
Liste des Tableaux	
Liste Des Graphes	
Liste Des Abréviations	
Introduction	2

Première Partie: Revue Bibliographique

Chapitre I: Généralité sur la pomme de terre	4
1.Origine de la pomme de terre.....	4
2.Culture de la pomme de terre.....	4
2.1.Dans le monde.....	4
2.2.Situation en Algérie.....	5
3.Différents types de Culture de la pomme de terre en Algérie.....	6
3.1.La culture de primeur.....	6
3.2.La culture de saison.....	6
3.3.La culture d'arrière-saison.....	6
4.Régions productrices de la pomme de terre en Algérie.....	7
4.1.L'Ouest.....	7
4.2.Le Centre.....	7
4.3.L'Est.....	7
4.4.Le Sud du pays.....	7
5.Différentes variétés de pomme de terre cultivées.....	7
6.Evolutions des superficies et production-Rendement de la pomme de terre dans la région d'El-Oued.....	8
7.Description botanique de la plante.....	9
7.1.Taxonomie.....	9
7.2.Morphologie.....	10

Sommaire

7.2.1.Partie aérienne.....	10
7.2.1.1.Tiges.....	10
7.2.1.2.Feuilles.....	11
7.2.1.3.Fleurs.....	11
7.2.1.4.Fruits.....	11
7.2.2.Partie souterraine.....	11
7.2.2.1.Racines.....	11
7.2.2.2.Stolons.....	11
7.2.2.3.Tubercule.....	12
8.Cycle végétatif de la pomme de terre.....	13
9.Exigences culturales de la pomme de terre.....	14
9.1.Exigences climatiques.....	14
9.2.Exigences édaphiques.....	14
10.Techniques culturales de la pomme de terre.....	15
10.1.Préparation des plants.....	15
10.2.Préparation du sol.....	15
10.3.Densité de plantation.....	15
10.4.Plantation.....	16
10.5.Irrigation.....	16
10.6.Fertilisation.....	16
10.7.Buttage.....	17
10.8.Binage.....	17
10.9.Défanage.....	17
10.10.Récolte.....	17
10.11.Conservation.....	17
11.La valeur nutritionnelle de la pomme de terre.....	18
12.Métabolites secondaires.....	19
12.1.Définition des métabolites secondaires.....	19
12.2.Les classes des métabolites secondaires.....	19
13.Aspect phytosanitaire de la pomme de terre en Algérie.....	20
Chapitre II: Généralité sur les maladies cryptogamique de pomme de terre...	23
A. <i>Phytophthora infestans</i>	23
1.Origine et migrations du <i>phytophthora infestans</i>	23

Sommaire

2. Description de l'agent causal (<i>phytophthora infestans</i>).....	24
2.1. Description morphologique.....	24
2.2. Position taxonomique.....	25
2.3. Gamme d'hôtes.....	25
2.4. Facteurs affectant l'évolution de la maladie.....	25
a. Facteurs climatiques.....	26
b. Facteurs du sol.....	26
c. Prédisposition de l'hôte.....	26
d. Exigences trophiques.....	26
2.5. Cycle biologique.....	27
2.6. Symptômes de la maladie.....	30
3. Moyens de lutte.....	32
3.1. Lutte prophylactique.....	32
3.2. Lutte biologique.....	32
3.3. Lutte génétique.....	33
3.4. Lutte chimique.....	34
B. <i>Alternaria</i>	34
1. Historique du genre <i>Alternaria</i>	34
2. Description de l'agent causal.....	35
2.1. Description morphologique.....	35
2.2. Position taxonomique.....	37
2.3. Gamme d'hôtes.....	37
2.4. Ecologie de la maladie.....	37
2.5. Cycle biologique.....	38
a. Conservation.....	38
b. Pénétration et invasion.....	38
c. Sporulation et dissémination.....	38
2.6. Symptomatologie.....	39
✓ Sur feuille.....	40
✓ Sur tige.....	40
✓ Sur tubercule.....	41
3. Moyens de lutte.....	41
3.1. Pratiques culturales.....	41
3.2. Lutte biologique.....	42

Sommaire

3.3.Lutte génétique.....	43
3.4.Lutte chimique.....	43
C. <i>Fusarium sp</i>	43
1.Généralité sur le genre <i>Fusarium</i>	43
2.Description du <i>Fusarium oxysporum</i>	44
2.1.Description morphologique.....	45
2.2.Taxonomie du <i>Fusarium oxysporum</i>	46
2.3.Gamme d'hôtes.....	46
2.4.Ecologie de la maladie.....	46
2.5.Cycle de vie.....	47
2.6.Symptômes de la maladie.....	48
3.Moyens de lutte.....	49
3.1.Lutte culturale.....	49
3.2.Lutte physique.....	49
3.3.Lutte biologique.....	50
3.4.La lutte génétique.....	50
3.5.Lutte chimique.....	50
D. <i>Phoma glomerata</i>	51
1.Généralité sur genre <i>phoma</i>	51
2.Description morphologique.....	51
3.Position taxonomique.....	52
4.Gamme d'hôtes.....	52
5.Exigences de croissance.....	52
6.Cycle biologique du <i>Phoma glomerata</i>	53
7.Symptômes de la maladie.....	53
8.Moyens de lutte.....	53
Chapitre III: Généralité sur la lutte biologique et les plantes utilisés.....	55
1.Historique.....	55
a.Dans le monde.....	55
b.En Algérie.....	56
2.Définition de la lutte biologique.....	57
3.Lutte biologique par les extraits des végétaux.....	58
3.1.Historique.....	58
3.2.Définition.....	58

Sommaire

3.2.1.Huiles essentielles.....	59
I.Définition.....	59
II.Composition chimique des huiles essentielles.....	59
✓Terpènes.....	60
✓Composés aromatiques.....	60
✓Composés d'origine diverse.....	60
III.Procédés d'extraction des huiles essentielles.....	60
a.L'entraînement à la vapeur d'eau.....	61
b.Hydro distillation.....	61
c.Distillation à la vapeur saturée.....	62
d.Enfleurage.....	62
e.Extraction par les solvants volatils.....	63
f.Hydro diffusion ou Percolation.....	63
g.Extraction par micro-onde.....	64
h.Extraction par des gaz supercritiques.....	65
IV.Conservation des huiles essentielles.....	65
V.Caractérisations des huiles essentielles.....	66
1)Caractéristiques organoleptiques.....	66
a.Odeur.....	66
b.Couleur.....	66
c.Aspect.....	66
2)Propriétés physiques.....	66
VI.Fonctions biologiques des huiles essentielles.....	67
VII.Domaines d'utilisation des huiles essentielles.....	67
1)En agriculture.....	67
2)En cosmétologie.....	67
3)En agroalimentaire.....	67
4)En médecine et pharmacie.....	67
3.2.2.Les Extraits aqueux.....	68
I.Définition.....	68
3.3.Utilisation des plantes en protection des végétaux.....	68
3.4.Activités biologiques des extraits.....	69
3.4.1.Activité antifongique.....	69
3.4.2.Activité antibactérienne.....	69

Sommaire

3.4.3.Activité antivirale.....	69
3.4.4.Activité insecticide.....	70
3.4.5.Activité antioxydant.....	70
3.5.Modes d'action des plantes à effets pesticides.....	70
3.5.1.Sur les insectes.....	70
a.Effet répulsif.....	70
b.Effet insecticide.....	70
c.Effet sur le comportement sexuel.....	70
3.5.2.Sur les maladies.....	70
3.6.Avantages et importance économique de la lutte biologique par les extraits des végétaux.....	71
4.Les Plantes étudiées.....	71
4.1.La <i>menthe poivrée</i>	71
A.Description morphologique.....	72
B.Systématique botanique.....	73
C.Principaux composants chimiques.....	73
D.Utilisation.....	74
4.2. <i>Allium sativum</i>	75
A.Description morphologique.....	75
B.Systématique botanique.....	75
C.Principaux composants chimiques.....	76
D.Utilisation.....	77
4.3. <i>Nicotiana rustica</i>	78
A.Description morphologique.....	78
B.systématique botanique.....	79
C.Principaux composants chimiques.....	79
D.Utilisation.....	80

Deuxième Partie: Etude Expérimentale

1.Objectifs du travail.....	81
2.Localisation de la zone d'étude.....	81
I.Situation géographique.....	81
IIContexte écologique de la région d'étude.....	83

Sommaire

A.Facteurs abiotiques.....	83
a.Relief.....	83
b.Facteurs hydrogéologiques.....	84
❖Nappe phréatique.....	84
❖Nappe du Complexe Terminal (CT).....	84
❖Nappe du Continental Intercalaire (CI).....	84
c.Sol.....	84
d.Climat.....	84
❖Température.....	85
❖Précipitation.....	85
❖Humidité Relative.....	85
❖Vents.....	86
e.Synthèse climatique.....	86
❖Diagramme ombrothermique de Bagnauls et Gaussen.....	86
❖Climagramme d'Emberger	87
B.Facteurs biotiques.....	88
a.Flore et végétation.....	88
b.Richesse faunistique.....	88
III.Cadre social et économique de Souf.....	89
❖Agriculture.....	89
❖Artisanat.....	90
❖Commerce.....	90
3.Matériels utilisés.....	90
3.1.Appareils et produits chimiques.....	90
3.2.les plantes étudiées.....	90
4.Méthodologie.....	91
4.1.Procédé d'extraction.....	91
a)Séchage des plantes.....	91
b)Préparation des extraits méthanoïques des plantes.....	91
❖Méthode d'extraction.....	92
c)Extraction des huiles essentielles.....	92
❖Méthode d'extraction.....	92
d)Détermination du rendement d'extraction.....	93
e)Conservation des extraits.....	93

Sommaire

4.2.Champignons phytopathogènes.....	94
a)Echantillonnage.....	94
b)Technique d'isolement des agents pathogènes sur pomme de terre.....	95
c)Identification des isolats fongiques.....	96
❖Observations microscopiques.....	96
5.Etude de l'activité antifongique des extraits des plantes.....	96
5.1.Préparation de milieu de culture.....	97
5.2.Isolement des champignons sur le milieu de culture.....	98
5.3.Purification.....	99
5.4.Lecture des colonies.....	99
✓Etude des caractères macroscopique.....	99
✓Etude des caractères microscopique.....	99
5.5.Etape de confrontation.....	100
✓Préparation des milieux de culture avec les extraits végétaux obtenu.....	100
✓Préparation des disques mycéliens.....	101
✓Dépôt des disques dans les boîte de Pétri contant milieu petits pois et les extraits testés.....	101
✓Incubation.....	102
✓Lecture des colonies.....	102
5.6.Evaluation de l'activité antifongique des extraits.....	102
5.6.1.Taux d'inhibition (T%).....	102
5.6.2.Vitesse de croissance (VC).....	103
Troisième Partie: Résultats Et Discussions	
A.Résultats.....	104
I.Caractéristiques organoleptiques des extraits obtenus.....	104
II.Rendements d'extraction.....	104
III.Identification de quelques souches causant des maladies cryptogamiques sur pomme de terre dans la région d'El Oued.....	105
IV.Résultats des essais antifongiques de la croissance mycélienne d' <i>Alternaria alternaria</i>	107
1.Isolements et purification d' <i>Alternaria alternaria</i> sur milieu de culture.....	107
2.Caractérisation des isolats.....	108
2.1.Caractérisation macroscopique.....	108

Sommaire

2.2.Caractérisation microscopique.....	108
3.Résultats de l'activité antifongique.....	108
3.1.Evaluation de la croissance mycélienne.....	109
3.2.Effet des extraits végétaux sur la cinétique de croissance mycélienne d' <i>Alternaria alternaria</i> et leurs taux d'inhibition.....	109
3.3.Détermination de la vitesse de croissance mycélienne (VC).....	112
3.4.Effet des différents extraits sur l'aspect et la couleur du mycelium d' <i>Alternaria alternaria</i>	114
✓Effet d'huile de <i>Mentha piperita</i> sur <i>Alternaria alternaria</i>	114
✓Effet d'huile d' <i>Allium sativum</i> sur <i>Alternaria alternaria</i>	115
✓Effet d'huile de <i>Nicotiana rustica</i> sur <i>Alternaria alternaria</i>	116
B.Discussions.....	117
Conclusion et perspective.....	120
Références Bibliographiques.....	123
Annexes.....	153
Résumé.....	154

Liste des Figures

Figure 01: Production en tonnes de la pomme de terre des principaux pays producteurs en 2014.....	5
Figure 02: Production de la pomme de terre au niveau national.	7
Figure 03: Champs de la pomme de terre.....	9
Figure 04 : Caractéristiques morphologique de la pomme de terre	10
Figure 05: Tige de la pomme de terre.....	12
Figure 0 6: Feuilles de la pomme de terre.....	12
Figure 07: Fleur de la pomme de terre.....	12
Figure 08 : Système racinaire.	12
Figure 09: Tubercules de la pomme de terre.	12
Figure 10 : Principaux organes extérieurs du tubercule de pomme de terre.....	12
Figure 11 : Coupe longitudinale du tubercule de pomme de terre.....	12
Figure 12: Cycle végétatif de la pomme de terre.....	13
Figure 13: Valeurs nutritives pour 100g de pomme de terre cuites et épluchées avant consommation	18
Figure 14: Cycle de développement de <i>p. infestans</i> en fonction des saisons	27
Figure 15: Caractères morphologiques du <i>p. infestans</i>	28
Figure16 : Symptômes sur les différents organes du plant de pomme de terre.	31
Figure17 : Schéma explicatif du champignon <i>Alternaria alternaria</i>	36
Figure18 : 1) Conidies et 2) Conidiphores de la souche <i>A. Solani</i> représentative E.G.S. 44098.....	37
Figure 19: Cycle de l'alternariose	39
Figure 20: Alternariose de pomme de terre	39
Figure 21: Symptômes sur feuille.....	40
Figure 22: Symptômes sur tige.	40
Figure 23: Symptômes sur tubercule.	41
Figure 24 : Morphologie de <i>Fusarium oxysporum</i>	45
Figure 25: Cycle de <i>Fusarium spp</i>	48
Figure 26: Symptômes de <i>Fusarium</i> sur tubercules de pomme de terre	49
Figure 27 : Schéma explicatif du champignon <i>Phoma glomerata</i>	52
Figure 28: Symptômes de <i>Phoma glomerata</i> sur tubercule.....	53
Figure 29 : Montage de l'entraînement à la vapeur d'eau	61
Figure 30 : Appareillage utilisé pour l'hydro distillation de l'huile	62
Figure 31: Montage d'extraction par solvant.	63
Figure 32: Montage d'hydro diffusion.	64
Figure 33: Hydro distillation assistée par micro-ondes	64
Figure 34: Système d'extraction par les fluides supercritiques	65
Figure 35: La menthe poivrée ou <i>mentha piperita</i>	72
Figure 36 : Présentation de la plante d' <i>Allium sativum</i>	75

Figure 37 : Coupe transversale d'un bulbe d' <i>Allium sativum</i>	75
Figure 38: <i>Nicotiana rustica</i>	79
Figure 39: Situation géographique de la zone d'étude (extension de l'Erg Oriental au sud).....	82
Figure 40: Situation géographique de la zone d'étude selon le découpage administratif	83
Figure 41: Localisation de l'étage bioclimatique de souf sur le climagramme d'Emberger.....	88
Figure 42 : Extraction par soxhlet.....	92
Figure 43 : Extraction d'huile essentielle de <i>Mentha piperita</i> - Appareil Clevenger-	93
Figure 44 : Extraction d'huile essentielle d' <i>Allium sativum</i>	93
Figure 45 : Conservation des extraits	94
Figure 46: Différents sites d'échantillonnage	95
Figure 47: Ogranes de pomme de terre infectés	95
Figure 48 : Isolement des champignons.	96
Figure 49: Schéma de protocole expérimental de l'évaluation de l'activité anti fongique des plantes (<i>Mentha piperita</i> , <i>Allium sativum</i> , <i>Nicotiana rustica</i>).	97
Figure 50 : Méthode de préparation du milieu de culture petits pois.	98
Figure 51: Méthode d'isolement.	98
Figure 52: Méthode de contact directe.	100
Figure 53: Boîtes de traitement.....	101
Figure 54: Boite de pétri des disques mycéliens préparés.	101
Figure 55: Test antifongique.....	102
Figure 56: Rendement des différents extraits des plantes étudiées.	105
Figure 57: Isolement du champignon d' <i>Alternaria alternaria</i> à partir des feuilles infectées.	107
Figure 58: Culture pure d' <i>Alternaria alternaria</i> après le repiquage.	107
Figure 59: Aspects macroscopiques d' <i>Alternaria alternaria</i>	108
Figure 60 : Conidie d' <i>Alternaria alternaria</i> (Gr 40X10).....	108
Figure 61: Croissance mycélienne (cm) d' <i>Alternaria alternaria</i> en fonction de la dose d'extraits des plantes.	109
Figure 62: vitesse de la croissance mycélienne sous l'effet de différents concentrations en huile essentielle de <i>Mentha pipeita</i>	114
Figure 63: itesse de la croissance mycélienne sous l'effet de différents concentrations en huile essentielle de <i>Allium sativum</i>	113
Figure 64: itesse de la croissance mycélienne sous l'effet de différents concentrations en huile essentielle de <i>Nicotina rustica</i>	113
Figure 65: Témoin (A: après 3 jours; B: après 15 jours d'incubation).	114
Figure 66: Résultats après 3 jours d'incubation (recto).	114
Figure 67: Résultats après 11 jours d'incubation (recto).	115
Figure 68: Résultats après 15 jours d'incubation (recto).	115
Figure 69: Résultats après 3 jours d'incubation (recto).	115
Figure 70: Résultats après 6 jours d'incubation (recto).....	115
Figure 71: Résultats après 15 jours d'incubation (verso).....	116

Figure 72: Résultats après 3 jours d'incubation (recto).	116
Figure 73: Résultats après 6 jours d'incubation (recto).	116
Figure 74: Résultat après 15 jours d'incubation (verso).	116

Liste des Tableaux

Tableau 01: Evolution de la culture de pomme de terre en Algérie durant la période 2003-2013 (Superficie et production).....	6
Tableau 02: Classification du pomme de terre.	9
Tableau 03: Prélèvement en éléments majeurs en Kg/t.....	15
Tableau 04: Aspect phytosanitaire de la pomme de terre en Algérie.....	20
Tableau 05: Classification du <i>p. infestans</i> (KIRK <i>et al.</i> , 2008).....	25
Tableau 06: Classification d' <i>Alternaria</i>	37
Tableau 07: Classification du <i>Fusarium</i>	46
Tableau 08: Classification du <i>phoma glomerata</i>	52
Tableau 09: Classification du <i>menthe poivrée</i>	73
Tableau 10: Classification d' <i>Allium sativum</i>	76
Tableau 11: Classification du <i>Nicotiana rustica</i>	79
Tableau 12: Températures moyennes mensuelles (2008-2019).....	85
Tableau 13: Précipitations moyennes mensuelles (2008-2019).	85
Tableau 14: Humidités moyennes mensuelles (2008-2019).....	86
Tableau 15: Vitesses moyennes des vents mensuelles (2008-2019).....	86
Tableau 16: Source et partie utilisée de plante.	91
Tableau 17: Les concentrations utilisées.	100
Tableau 18: Caractéristiques organoleptiques des extraits obtenus.	104
Tableau 19: Rendement des extraits obtenus.	104
Tableau 20: Observation macroscopique et microscopique des souches fongiques.....	105
Tableau 21: Taux d'inhibition des différents extraits végétaux sur l' <i>Alternaria alternaria</i>	111
Tableau 22: Effet des différentes traitements sur le mycélium d' <i>Alternaria alternaria</i> après 15 jours.	114

Liste des Graphes

Graphe 01 : Evolution de la superficie de la culture de pomme de terre dans la wilaya d'EL-Oued (2009-2019) (D.S.A, 2020).	8
Graphe 02 : Evolution de la production de pomme de terre dans la région d'EL-Oued (2009-2019) (D.S.A, 2020).	8
Graphe 03 : Evolution du rendement de pomme de terre dans la région d'EL-Oued (2009-2019) (D.S.A, 2020).	9
Graphe 4 : Diagramme ombrothermique de "Bagnouls et Gaussen" de la région du Souf (2008-2019).	87
Graphe 05: La croissance mycélienne d' <i>Alternaria alternaria</i> en fonction du temps et des différentes concentrations de <i>Mentha piperita</i>	110
Graphe 06: La croissance mycélienne d' <i>Alternaria alternaria</i> en fonction du temps et des différents concentrations d' <i>Allium sativum</i>	111
Graphe 07: La croissance mycélienne d' <i>Alternaria alternaria</i> en fonction du temps et des différentes concentrations de <i>Nicotiana rustica</i>	111

Liste Des Abréviations

- **ha:** Hectare
- **%:** pourcentage
- **t:** tonnes
- **qx:** Quintaux
- **JC:** jésus- christ
- **m:** mètre
- **C°:** Degré Celsius
- **g:** gramme
- **m³ :** Mètres cubes
- **PH:** Potentiel d'ionisation
- **NaCl:** Chlorure de sodium
- **Germicopa:** Premier créateur de variétés de pommes de terre en France
- **an:** année
- **Kg:** Kilogramme
- **mm:** Millimètre
- **cm:** centimètre
- **N:** Azote
- **P:** Phosphore
- **K:**Potassium
- **m²:** Mètres carrés
- **CO₂ :** dioxyde de carbone
- **µg:** microgramme
- **INPV:** Institut National de la Protection des Végétaux
- **USA:** États-Unis d'Amérique
- ***p. infestans:*** *phytophthora infestans*
- **µm :**Micromètres
- **S:** *solanum*
- **MilPV:**Mail PassView
- **A:** Alternaria
- **F:** *Fusarium*
- **P:** *P. glomerata*
- **OILB:** organisation internationale de lutte biologique

- **M:** *Mentha*
- **Bt** :Bacillus thuringiensis
- **HEs** :Huile(s) essentielle(s)
- **A.F.N.O.R** :Association Française de Normalisation
- **I.S.O**: Organisation internationale de normalisation
- **T**: Température
- ROS: Reactive Oxygen Species
- **S**: Soufre
- **Zn**: Zinc
- **Ca**: Calcium
- **Cu**: Cuivre
- **Mg**: Magnésium
- **km²**: Kilomètre carré
- **Km**: kilometer
- **S**: Seconde
- **L**:Litre
- **ml**: milliliter
- **µl**: Microlitre

Introduction

Introduction

Les cultures maraichères représentent une composante indispensable dans les systèmes de cultures des pays du bassin méditerranéen, principalement en Algérie où elles occupent une place considérable avec une superficie de 372096 ha et un rendement de 15,93 tonnes/ha (OMARI, 2011).

La pomme de terre est originaire de l'Amérique du sud, elle est apparue sur les hauts plateaux des Andes péruviennes et colombiennes, en suite elle arrivé en Europe en sixième siècle, elle a été cultivé en Algérie en dix-neuvième siècle (MINISTERE DU COMMERCE AGENCE NATIONALE DE PROMOTION DU COMMERCE EXTERIEUR, 2013). Elle est classée au quatrième rang, en importance, dans le monde après le riz, le maïs et le blé qui passe la mauvaise saison sous forme de tubercule ou tiges souterraines. Elle est largement répandue dans le monde (DJEBBOUR, 2015).

En Afrique, cette culture occupe un rang moins important qu'en Europe, mais elle est devenue un produit important pour la consommation locale, et elle est devenue de plus en plus importante dans le régime alimentaire. En 2013 environ 30 millions de tonnes y ont été produites, ce qui représentait 7% de la production mondiale (FAOSTAT, 2013).

En Algérie, la pomme de terre représente l'une des principales cultures maraichères. Elle occupe 25 à 30 % des superficies réservées aux maraichages. Celle-ci a évolué de 28400 ha avec une production de 232650 t en 1965 à 153313ha avec une production de 4673516 t. En effet, l'Algérie a occupé la deuxième place, après l'Égypte, dans la production de la pomme de terre en Afrique du Nord en 2014(FAOSTAT, 2016).

La région d'El-Oued offre une production de 8624000 qx sur une surface de 26950 ha (arrière-saison) (D.S.A d'El-Oued, 2020). L'extension de la superficie agricole utilisable (SAU) et l'adaptation de culture aux régions (climat, sol, eau etc.) permet d'obtenir plus de rendements pour cette culture.

Cette culture est soumise à la pression d'une multitude de bio-agresseurs (champignons, bactéries, virus, nématodes et insectes) pouvant soit occasionner des pertes sévères en rendement, soit altérer la qualité des productions de tubercules ou de

plants (semence) qui se traduisent par un déclassement, voire une non-commercialisation.

Dans la région d'El-Oued, les maladies fongiques de pomme de terre présentent une situation très négligeable par les agriculteurs ainsi les structures agronomiques (DSA). Parmi ces maladies, on trouve celles causées par l'*Alternaria*, les symptômes causés par ces pathogènes se présentent généralement sous formes de taches brunes à noirâtre sur les Solanacées (MICHEL, 1991).

L'utilisation de beaucoup de produits chimiques, bien qu'ils soient efficaces, mais en raison des problèmes de résidus, de phytotoxicité, du développement des résistances dans l'organisme cible, du coût élevé, de la non disponibilité et du danger pour l'homme et pour l'environnement, les méthodes de lutte alternatives sont de plus en plus envisagées. Actuellement, des efforts considérables sont orientés vers l'exploration des extraits des plantes comme sources alternatives ou complémentaires aux fongicides synthétiques. Les extraits des plantes ont l'avantage d'être non seulement disponibles à moindre coût pour les paysans, mais aussi non toxiques et facilement biodégradables et donc sains pour l'environnement (OKIGBO et OMDAMIRO, 2006).

C'est dans ce contexte que nous nous sommes proposé, dont notre objectif consiste à établir un inventaire fongique sur la culture de pomme de terre pour mettre en évidence les maladies potentielles qui peuvent se prononcer sur cette culture dans cette région et l'étude de l'activité antifongique sur l'espèce la plus dominante en testant des substances d'origine botanique (*Mentha piperita* L,1753, *Allium sativum* L,1753, *Nicotiana rustica* L,1753) pour remédier aux effets négatifs et les risques des pesticides chimiques.

De ce fait, notre travail sera divisé en trois parties, la 1 ère partie est consacrée à une synthèse bibliographique sur la pomme de terre et ses principales maladies fongiques, suivies par une description morphologique, La systématique botanique et les principaux composants chimiques et leurs utilisations des plantes sélectionnées pour la présente étude. La deuxième partie décrit le matériel et les méthodes utilisés dans les différentes manipulations. Enfin, la troisième partie présentera les résultats obtenus accompagnés de leur discussion. Une conclusion et quelques perspectives viendront à clôturer notre travail.

Chapitre I: Généralité sur la pomme de terre

1. Origine de la pomme de terre

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) est une plante cultivée pour ses organes de réserve (tubercules) riche en substances nutritives, majoritairement glucidiques (amidon). Elle est originaire des Andes, plus particulièrement près de Littoral du Pérou, 8000 à 9000 ans avant JC. Les Incas l'ont cultivé sous le nom de Papa et elle porte toujours ce nom en Amérique latine. Les zones les plus riches en espèces sont le centre du Mexique. L'habitat s'étage de 0 à 4000 m et regroupe des zones de type arbustifs et prairials (ANONYME, 2000). Les explorateurs les ont ramenées des Andes en Europe via l'Espagne au milieu du XVIème siècle (POITRINEAU, 2001). En Afrique, la pomme de terre a été introduite à la fin du 19ème siècle par le colonisateur européen. Aujourd'hui, on la rencontre très fréquemment en zones arides où elle alimente le marché des produits agricoles. La production est très importante dans certains pays dont l'Egypte; le Malawi; l'Afrique du Sud; l'Algérie; Nigéria ... (LAHOUEL, 2015). En Algérie, la pomme de terre a probablement, été introduite une première fois au XVIème siècle par les Maures Andalous qui ont propagé les autres cultures dans la région : tomate, poivron, maïs, tabac puis elle est tombée dans l'oubli n'ayant pas suscité d'intérêt. Dans la deuxième moitié du XIXème siècle, les colons vont la cultiver pour leur usage, car les algériens y sont réticents malgré les disettes successives. C'est la dernière grande famine des années 30/40 qui viendra à bout de cette opposition (MEZIANE, 1991).

2. Culture de la pomme de terre

2.1. Dans le monde

Cultivée dans plus de 150 pays, la pomme de terre joue un rôle clé dans le système alimentaire mondial. C'est la principale denrée alimentaire non céréalière du monde; elle vient en quatrième position après le blé, le riz et le maïs qui constituent la base de l'alimentation humaine (FAOSTAT, 2016). L'Europe produit 107 millions de tonnes sur environ six millions d'hectares. Autres zones de production de la pomme de terre: l'Amérique du nord et du sud 14 millions de tonnes sont produites sur 9 millions d'hectares, en 2010 et l'Afrique avec 1,8 millions ha. La production de la pomme de terre en 2014 dans les principaux pays producteurs est représentée dans la **Figure N° 01 (FAOSTAT, 2016)**.

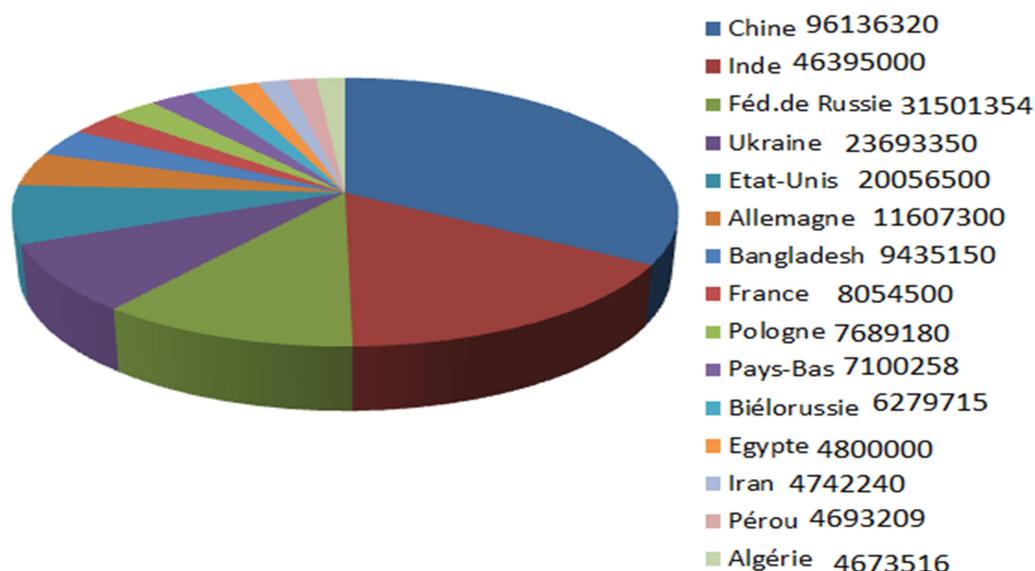


Figure 01: Production en tonnes de la pomme de terres des principaux pays producteurs en 2014 (FAOSTAT, 2016).

2.2. Situation en Algérie

La pomme de terre est l'un des produits les plus importants pour l'alimentation de la population algérienne, elle occupe la deuxième place après le blé (KECHID, 2005).

La production nationale durant la dernière décennie (2003-2014) a augmenté de 1879918 tonnes en 2003 à 4673516 tonnes en 2014 pour une augmentation de la surface cultivée de 88660 hectares en 2003 à 153313 hectares en 2014. L'accroissement du rendement est aussi très significatif, de 21,20 tonnes par hectare en 2003 à 30,48 tonnes par hectare en 2014, c'est en dehors de la production de semences qui montre une nette augmentation durant cette période (FAOSTAT, 2016).

Tableau 01: Evolution de la culture de pomme de terre en Algérie durant la période 2003-2013 (Superficie et production).

ANNEES	SUPERFICIES (ha)	PRODUCTION (tonnes)
2003	88660	1879918
2004	93144	1896270
2005	99717	2156550
2006	98825	2180961
2007	79339	1506859
2008	91841	2171058
2009	105121	2636057
2010	121996	3300312
2011	131903	3862194
2012	138666	4219476
2013	140000	4400000
2014	153313	4673516

3. Différents types de culture de la pomme de terre en Algérie

La diversité des agrosystèmes en Algérie permet la culture de la pomme de terre durant presque toute l'année. Néanmoins, certaines périodes correspondent à des périodes de culture représentant les principales productions (**TRIA et CHEHAT, 2013**) à savoir:

3.1. La culture de primeur: elle représente 4 % seulement de la production nationale et se localise sur le littoral et dans certaines régions du sud (EL Oued, Adrar), occupent une place mineure avec moins de 4500 ha (**AMRAR, 2013**). La plantation s'effectue en Octobre- Novembre et la récolte en février- mars.

3.2. La culture de saison: qui se pratique en plain champs dans toutes les régions du pays, avec près de 67800 ha de superficies (**AMRAR, 2013**). La plantation est effectuée à partir du 15 mars et la récolte en mai-juin.

3.3. La culture d'arrière-saison: qui se pratique essentiellement dans les régions du littoral centre et littoral ouest, occupent la seconde place avec 50000 ha, soit plus du tiers des superficies (**AMRAR, 2013**). La plantation est effectuée du 15 juillet au 15 Aout, les récoltes en octobre-décembre.

4. Régions productrices de la pomme de terre en Algérie

En raison de sa grande demande sur le marché national, la pomme de terre est cultivée sur tout le territoire. On distingue quatre zones géographiques de production (MADR, 2013):

4.1. **L'Ouest:** représenté par les wilayat de Tlemcen, Mostaganem, Chlef, Tiaret, Mascara avec une superficie de plus de 45000 ha (soit 32,45% des superficies).

4.2. **Le Centre:** dans les wilayets de Bouira, Ain Defla, Tipaza, Alger, Boumerdes, et Tizi- Ouzou avec une superficie de 38314 ha (soit 27,63% des superficies).

4.3. **L'Est:** principalement dans Skikda, Guelma, Sétif, Mila et Batna avec 20488 ha (soit 14,77% des superficies).

4.4. **Le Sud du pays:** est représenté principalement par l'oasis d'El Oued où la culture de pomme de terre était introduite durant les années 90 et n'a cessé de se développer avec une superficie de 34864 ha/an (25,14%).

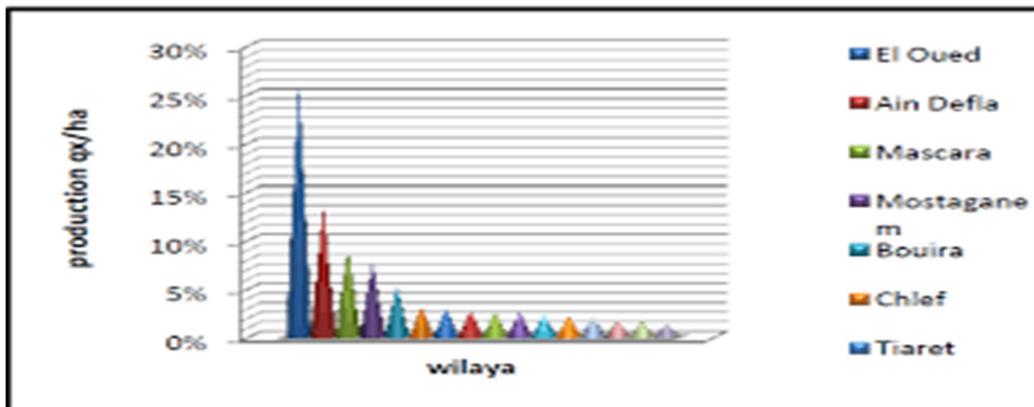


Figure 02: Production de la pomme de terre au niveau national (DSA, 2015).

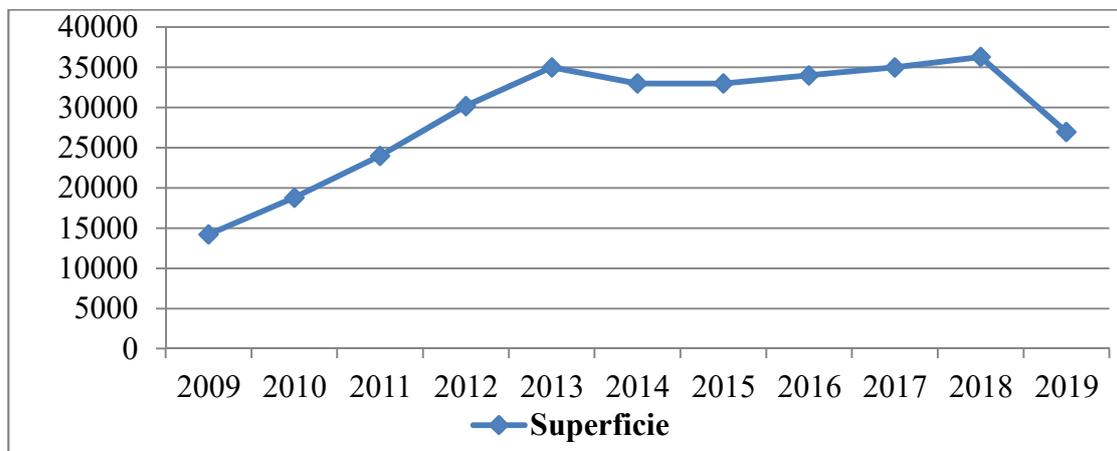
5. Différentes variétés de pomme de terre cultivées

En Algérie, il existe plus de 130 variétés de pomme de terre homologuées, mais une vingtaine seulement sont cultivées dont les plus importants sont: Bartina, Kondor, Désirée (variétés à peau rouge) et Spunta (variétés à peau blanche) (CNCC, 2010). Selon les statistiques de Germicopa en 2008, cette dernière variété représente 40% des volumes importés, les autres variétés occupent la deuxième place avec 35% du marché.

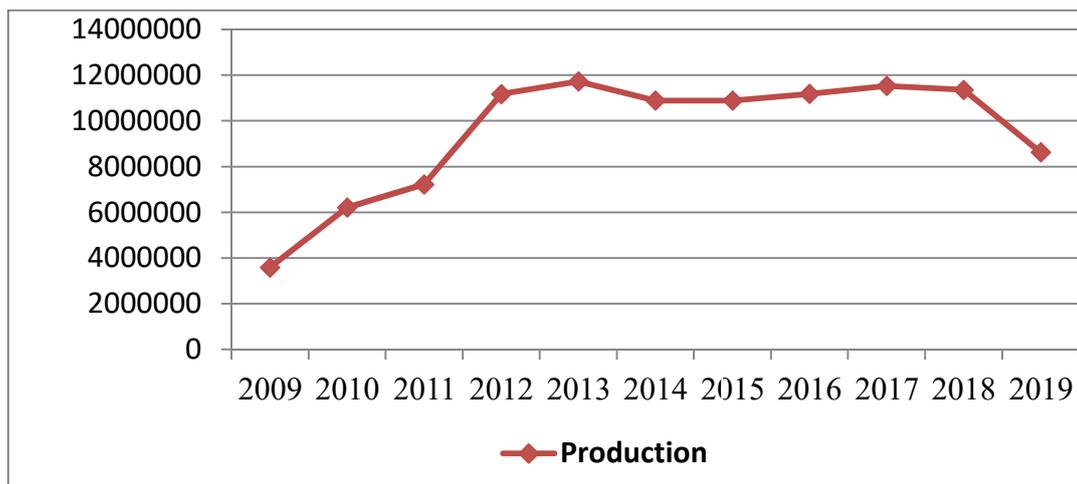
6. Evolutions des superficies et production-Rendement de la pomme de terre dans la région d'El-Oued

La pomme de terre représente la principale culture maraichère de point du vue superficie et production dans la wilaya d'El Oued. La production de cette culture a enregistré une évolution considérable durant la dernière décennie. Elle est passée de 3588962 (qx) en 2009 à 8624000 (qx) sur une superficie de 26950 hectares en 2019 (DSA, 2020).

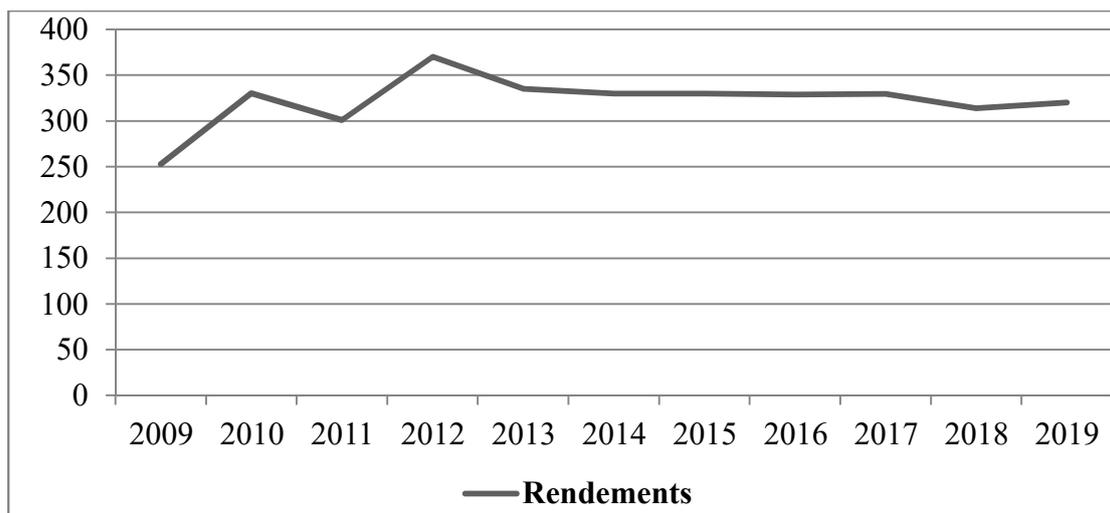
Elle se compose de 07 régions les plus productrices sont: Hassi Khalifa, Reguiba, Ourmes, Trifaoui, Magrane, Guemar, et Taghzout avec une production totale de 5472000 qx et une superficie cultivée 17100 ha (DSA, 2019).



Graphe 01 : Evolution de la superficie de la culture de pomme de terre dans la wilaya d'EL-Oued (2009-2019) (D.S.A, 2020).



Graphe 02 : Evolution de la production de pomme de terre dans la région d'EL-Oued (2009-2019) (D.S.A, 2020).



Graph 03 : Evolution du rendement de pomme de terre dans la région d'EL-Oued (2009-2019) (D.S.A, 2020).

7. Description botanique de la plante

La pomme de terre (*Solanum tuberosum L.*) appartient à la famille des Solanacées, genre Solanum (QUEZEL et SANTA, 1963), comprend 1000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses (HAWKES, 1990; DORE *et al.*, 2006). C'est une espèce herbacée vivace par ses tubercules, mais cultivée en culture annuelle (ROUSSELLE *et al.*, 1996).



Figure 03: Champs de la pomme de terre.

7.1. Taxonomie

Selon KHEDIR et LETOUFA (2008), la position systématique de la pomme de terre est comme suite:

Tableau 02: Classification du pomme de terre.

Embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones

Sous classe	Gamopétales
Ordre	Polémoniales
Famille	Solanacées
Genre	<i>Solanum</i>
Espèce	<i>Solanum tuberosum L</i>

7.2. Morphologie

Les différentes espèces et variétés de la pomme de terre ont des caractéristiques botaniques différentes. C'est pour cela qu'il est important de bien connaître les différentes parties de la plante (ANONYME, 1999) (Fig.04).

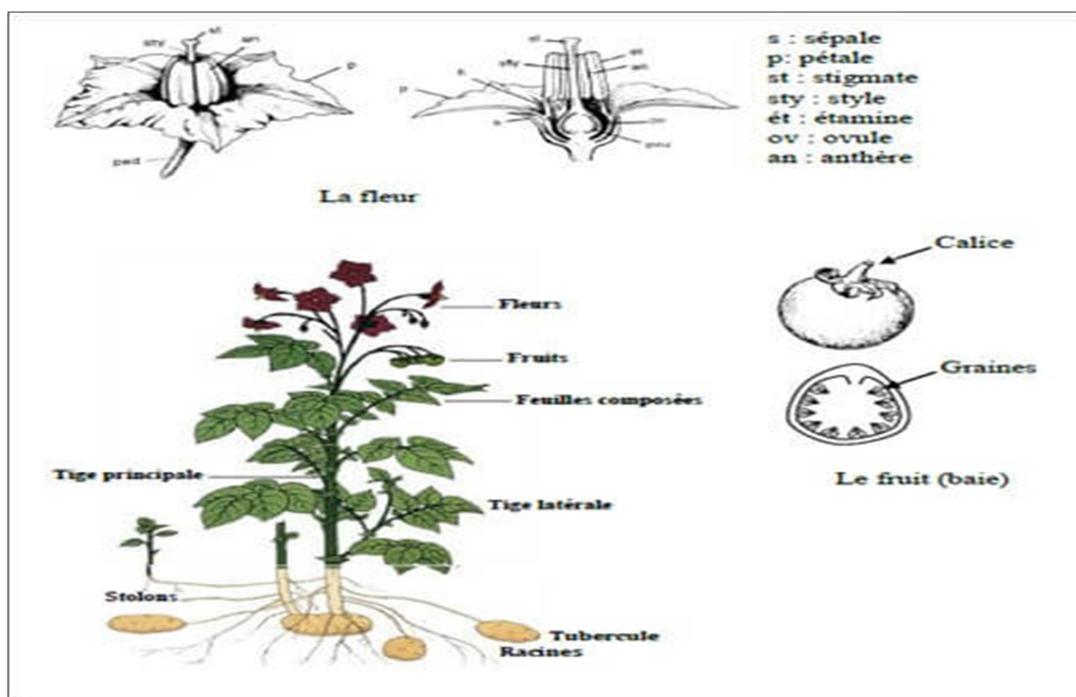


Figure 04 : Caractéristiques morphologique de la pomme de terre (BOUFARES, 2012).

7.2.1. Partie aérienne

7.2.1.1. Tiges

Selon KHEDIR et LETOUFA (2008), la pomme de terre composée des tiges aériennes (tige principale et latérales), au nombre de 2 à 10, parfois plus, et ont un port plus ou moins dressé et une section irrégulière (Fig.05).

7.2.1.2. Feuilles

Les feuilles sont alternes, disposées sur la tige en suivant une phyllotaxie spiralée avec une spirale génératrice tournant le plus souvent dans le sens senestre. Le port de la feuille, qui dépend de son angle d'insertion sur la tige, est un caractère variétal relativement stable. Dans toutes les parties vertes de la pomme de terre et principalement les feuilles, il y'a présence de glycoalcaloïde toxique comme la solanine (ROUSSELLE *et al.*, 1996) (Fig.06).

Les feuilles « composées », c'est-à-dire d'une nervure centrale « rachis » et de plusieurs folioles. Chaque rachis peut comporter plusieurs paires de folioles, plus une foliole terminale (SAWYER, 1987).

7.2.1.3. Fleurs

Sont regroupées en cyme axillaires, composées de 8 à 10 fleurs sont rarement fructifères, toutefois l'abondance de la fructification dépend de la variété. Les fleurs sont généralement de couleur blanche, rose, bleue ou violacé. En général les variétés à peau blanche ont des fleurs blanches, tandis que les variétés à peau colorée ont des fleurs colorées (NYABYENDA, 2005). La fleure est construite par 5 sépales, 5 pétales, 5 étamines (GRISON, 1983) (Fig.07).

7.2.1.4. Fruits

Sous forme de baie contenant des graines plates et blanchâtre, chaque baie peut contenir plusieurs dizaines de graines. Les graines de la pomme de terre ne sont utilisées qu'en amélioration génétique afin d'obtenir de nouvelles variétés (ANONYME, 1999).

7.2.2. Partie souterraine

7.2.2.1. Racines

De nombreuses racines adventices, fasciculées, qui naissent au niveau des nœuds enterrés des tiges feuillés, au niveau des nœuds des stolons et directement sur les tubercules au niveau des yeux (ROUSSELLE *et al.*,1996) (Fig.08).

7.2.2.2. Stolons

Des tiges souterraines diagéotropes portant éventuellement des tubercules fils dans leur région subapicale ainsi que des racines adventives (ROUSSELLE *et al.*, 1996).

7.2.2.3. Tubercule

Est une tige souterraine où se sont accumulées les réserves. à deux extrémités ; le talon est rattaché au stolon et à l'opposé se trouve l'extrémité apicale ou distale ou couronne (SAWYER, 1987). Il peut être de grosseur et de forme variable, allant de rond oblongue à long et plus au moins aplati selon les variétés (ANONYME, 1999) (Fig.09).



Figure 0 5: Tige de la pomme de terre (GHAZI et OUSDIDENE, 2017).



Figure 0 6: Feuilles de la pomme de terre (GHAZI et OUSDIDENE, 2017)



Figure 07: Fleur de la pomme de terre (ORIGINALE).



Figure 08 : Système racinaire (GHAZI et OUSDIDENE, 2017).



Figure 09: Tubercules de la pomme de terre (GHAZI et OUSDIDENE, 2017).

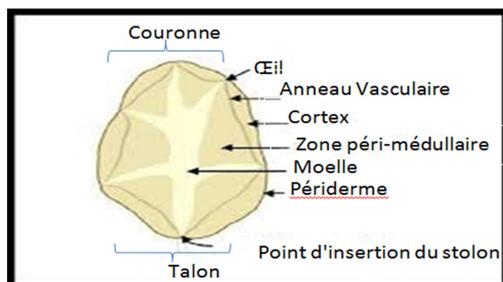


Figure 10: Coupe longitudinale du tubercule de pomme de terre (ROUSSELLE *et al.*, 1996)

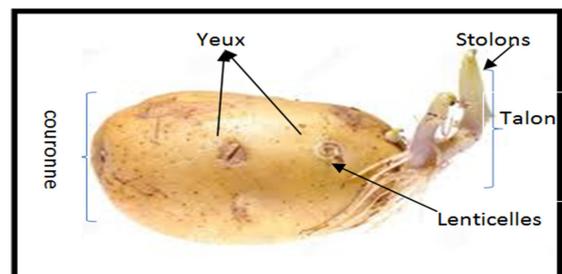


Figure 11 : Principaux organes extérieurs du tubercule de pomme de terre (KECHID, 2005).

8. Cycle végétatif de la pomme de terre

La pomme de terre est, dans les conditions les plus fréquentes, une espèce à multiplication végétative, sa reproduction est alors assurée par un tubercule, organe de réserve riche en eau et en substances nutritives. Son cycle annuel est très court (trois à quatre mois), il se déroule en trois phases principales: phase de croissance, tubérisation et repos végétatif (SOLTNER, 1999).

a. Lorsqu'un tubercule germé est planté en terre, ses germes se transforment en tiges feuillées qui donnent, au-dessus du sol, des rameaux, et, au-dessous des stolons (MADEC, 1966), c'est la phase de croissance.

b. La phase de tubérisation, c'est un processus physiologique à développement complexe, qui commence par une inhibition de croissance longitudinale (le stolon aérien), suivi d'une croissance du tubercule. Le stolon souterrain une fois différencié, les cellules et les tissus augmentent de volume en emmagasinant des substances de réserves (TRINDALE, 2004).

c. Les tubercules se trouvent dans un état de repos végétatif après la récolte. Durant cette phase, même placés dans des conditions optimales de température et d'humidité, leurs bourgeons sont incapables de croître pour produire des germes (MADEC, 1966). Quand cet état de dormance est levé, les tubercules vont germer: c'est la germination qui annonce le début d'un autre cycle végétatif.

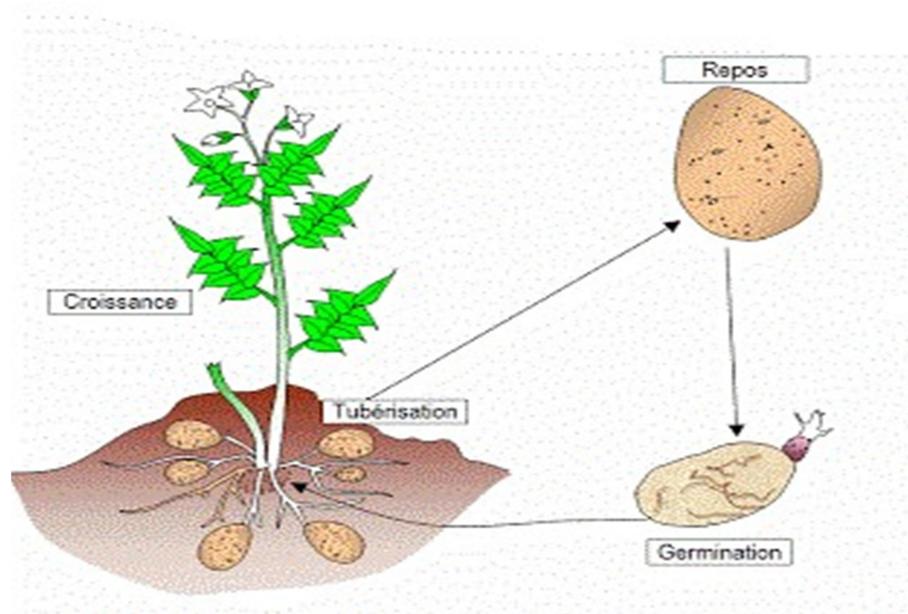


Figure 12: Cycle végétatif de la pomme de terre (SOLTNER, 2005).

9. Exigences culturales de la pomme de terre

9.1. Exigences climatiques

La pomme de terre est cultivée avec succès à une altitude de 1000 m. On peut dire que son aire d'adaptation va des régions subtropicales aux régions plus froides, elle résiste le mieux sous les climats tempérés, humides et brumeux (LAUMONNIER, 1979). Le zéro de végétation est compris entre 6 et 8°C. Les températures optimales de croissance des tubercules se situent aux alentours de 18°C durant le jour et 12°C la nuit. Une température du sol supérieure à 25°C est défavorable à la tubérisation (ANONYME, 1999). La température de stockage de la récolte devra être inférieure à 6°C (MOULE, 1972).

Les besoins en eau de la pomme de terre varient au cours du cycle végétatif. Ils sont surtout importants au moment de l'initiation des tubercules. Un stress hydrique se manifestant à ce stade peut entraîner une réduction du nombre d'ébauches formées par plante, consécutive à une réduction du nombre de stolons formés par tige (ROUSSELLE *et al.*, 1996). La plante évapore beaucoup et par conséquent elle a besoin de grandes quantités d'eau. Dans les meilleures conditions, elle utilise 300 g d'eau pour former 1g de matière sèche. Par ailleurs, ses besoins sont constants pendant toute la durée de végétation. En période de forte tubérisation c'est jusqu'à 80 m³ d'eau par hectare et par jour qui peut lui être nécessaire (MOULE, 1972).

La pomme de terre est une plante héliophile. Ses besoins en lumière sont importants surtout pendant la phase de croissance. Ce facteur est déterminant pour la photosynthèse et la richesse en fécule des tubercules (MOULE, 1972).

9.2. Exigences édaphiques

La pomme de terre préfère les sols siliceux ou silico-argileux, légers, assez frais et profonds. Elle s'accommode à des terres acides dont le pH est assez bas ; 5,5 à 6. Il n'y a que les terrains très argileux, froids et humides au printemps et en automne, secs et compacts en été, ou trop calcaires qui ne lui conviennent pas (GAUTHIER, 1991).

La pomme de terre est relativement tolérante à la salinité par rapport aux autres cultures maraîchères. Cependant, un taux de salinité élevé peut bloquer l'absorption de l'eau par le système racinaire. La présence de 4 g de NaCl par litre d'eau peut engendrer une réduction de la production allant jusqu'à 50%. On peut réduire la salinité d'un sol en le lessivant avec une eau d'irrigation douce (ANONYME, 1999).

La pomme de terre se classe parmi les plantes très exigeantes en azote, phosphore et potassium. L'azote est le facteur déterminant du rendement de la culture. Il favorise dans un premier temps le développement du feuillage, puis la formation et le grossissement des tubercules. L'acide phosphorique est un facteur de précocité et favorise le développement racinaire. Elle est sensible à une carence en magnésium qui se manifeste par un jaunissement entre les nervures des feuilles (**ROUSSELLE et al., 1996**).

Tableau 03: Prélèvement en éléments majeurs en Kg/t.

ELEMENTS	TUBERCULES	PLANTE ENTIERE
Azote	3,2	3 à 4,5
Acide phosphorique	1,6	0.8 à 1,7
Potassium	6	4 à 8,5

10. Techniques culturales de la pomme de terre

10.1. Préparation des plants

Les plants doivent être mis en pré-germination avant la plantation, l'utilisation de plants non germés induit un retard de culture, une durée plus longue sur terrain et par la suite un rendement faible. En cas où le premier germe a démarré il faut le supprimer afin d'accélérer les germes latéraux; les plants sont disposés dans un local bien aéré et éclairé afin d'obtenir des germes trapus, verdâtre, ne dépassant pas 10 mm, facile à manipuler lors de la plantation (**REGUIE, 2008**).

10.2. Préparation du sol

Un labour à 20-25 cm de profondeur est indispensable suivi des façons superficielles afin de bien ameublir le sol; l'apport de la fumure minérale se fera pendant cette préparation selon la dose moyenne : N (30) P (150) K (180), il faut aussi prévoir 30t/ha de fumure organique enfouie au cours de cette préparation (**REGUIE, 2008**).

10.3. Densité de plantation

Généralement, 4 plants/m² sont placés avec une distance de 70 cm entre lignes et 30 cm entre plants, on a besoin de 2000 à 2500 kg de semences par hectare. Un

plant de calibre 35-55 mm pré germé produit approximativement 5 à 6 tiges principales (BAMOUEH, 1999).

10.4. Plantation

Les tubercules seront disposés en rangs, espacés de 70 à 75 cm et placés tous les 30 cm sur le rang, à 10 cm de profondeur; utilisant des tubercules germés de 28-35 mm, en effet, un hectare de culture nécessite environ 2000 à 2400 Kg de semences (REGUIE, 2008).

10.5. Irrigation

La pomme de terre est une plante exigeante en eau. Les besoins en eau vont principalement avec la profondeur du système racinaire et varient selon la période de plantation. Ils se situent aux environs de 3 à 4 mm d'eau /jour avant la tubérisation et de 5 à 6 mm/jour dès la formation des tubercules. Les besoins totaux atteignent environ 455 mm (PAVIS et PATRICE, 2003).

10.6. Fertilisation

La fertilisation organique joue un rôle capital par l'action favorable sur la structure du sol. Elle accroît la capacité de rétention en eau du sol, régularise la nutrition des plantes et aide l'absorption des éléments fertilisants (ITCMI, 2002). La quantité à épandre varie en fonction de la richesse du sol en matière organique et du précédent cultural dont, 25 à 30 t/ha pour un sol riche en matière organique, 20 à 35 t/ha pour un sol normalement pourvu.

L'azote est le facteur déterminant du rendement de la culture. Il favorise dans un premier temps le développement du feuillage, puis la formation et le grossissement des tubercules. L'acide phosphorique est un facteur de précocité et favorise le développement racinaire.

Le potassium est l'élément majeur pour la tubérisation. Il favorise le développement de la plante et augmente légèrement la résistance au froid (BAMOUEH, 1999).

10.7. Buttage

Le buttage est respectivement réalisé en une étape lors de la plantation ou en deux étapes espacées de 10 à 15 jours pour assurer une bonne nutrition de la plante et favoriser le grossissement des tubercules (**ROUSSELLE *et al.*, 1996**).

Une butte bien réalisée assure également une protection efficace contre l'attaque de la teigne et contre le mildiou (**I.T.C.M, 2002**).

10.8. Binage

Coté soin, quelques binages seront nécessaire pour éliminer les mauvaises herbes qui se développent entre les sillons, Le binage sera suivi l'apport de complément en azote (**REGUIE, 2008**).

10.9. Défanage

Il consiste à éliminer en fin de culture la partie aérienne du plant de pomme de terre afin de stopper la croissance des tubercules. La méthode la plus utilisée est le défanage chimique. Il intervient plus ou moins précocement selon le type de production. Après défanage, les tubercules sont laissés en terre pour une période de 2 à 4 semaines afin de permettre leur maturation (**DELAPLACE, 2007**).

10.10. Récolte

L'arrachage des tubercules intervenant en fin de cycle est une opération délicate qui influence la qualité de présentation et l'aptitude à la conservation des tubercules. Les arracheuses mécaniques actuelles permettent l'arrachage de tous les tubercules en limitant le risque de meurtrissures et en éliminant la terre, les mottes, les cailloux et les fanes desséchés (**DELAPLACE, 2007**). La maturité est indiquée par le jaunissement des feuilles inférieures, dessèchement des tiges et la fermeté de la peau du tubercule (**BAMOUH, 1999**).

10.11. Conservation

Pour assurer une bonne conservation, il faut un bon contrôle de l'environnement; (température et humidité relative). Ces facteurs varient selon la destination du produit (**BAMOUH, 1999**).



Température

2 à 4 °C pour la pomme de terre de semences, 4 à 8 °C pour la pomme de terre de consommation.



Humidité relative

90 à 95% tout en évitant l'accumulation du CO₂ par ventilation (BAMOUH, 1999).

11. La valeur nutritionnelle de la pomme de terre

La pomme de terre est cultivée à travers le monde pour la valeur nutritive de son tubercule, qui est riche en amidon, en vitamine C et en potassium (GAGNON *et al.*, 2007).

Le tubercule de pomme de terre est un organe de stockage contenant à maturité une moyenne de 77g d'eau. La matière sèche, exprimée en pourcentage de la matière fraîche, 1,87g de protéines, 1g de 23 cendres (majoritairement du potassium) et 0,1g de lipides. Des acides organiques (acides citrique et ascorbique entre autres), des substances phénoliques (acides chlorogénique et caféique, pigments, etc...) complètent cette composition, mais ne sont présents qu'en faible quantité dans le tubercule (OCWALDO, 2010) (Fig. 13).

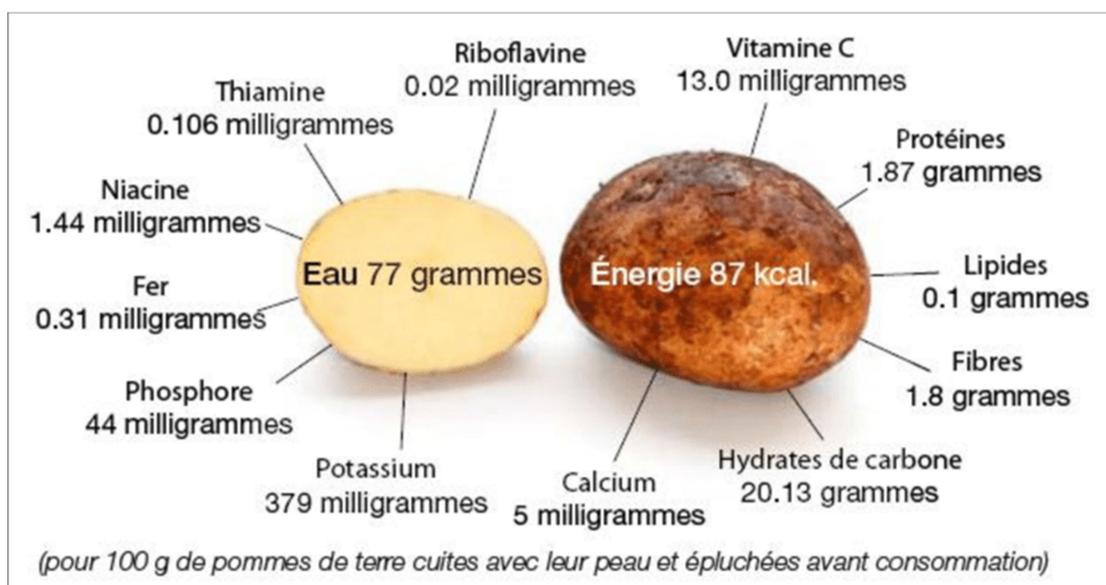


Figure 5: Valeurs nutritives pour 100g de pomme de terre cuites et épluchées avant consommation (OCWALDO, 2010).

12. Métabolites secondaires

12.1. Définition des métabolites secondaires

Le métabolisme chez les végétaux est un processus très dynamique caractérisé par une synthèse et une dégradation des molécules pour assurer un équilibre cellulaire parfait. Cependant, l'essentiel produit lors de ce métabolisme est orienté vers la synthèse de molécules vitales et impératives pour la structuration et le fonctionnement de cellules, ce sont les métabolites primaires tels que les protéines, les glucides, les lipides ainsi que les acides nucléiques (**HOPKINS, 2003**), alors que d'autres voies de biosynthèse, dérivant du métabolisme primaire, non essentiel à la survie de la plante sont connues sous le nom de métabolites secondaires (**HARTMANN, 2007**).

12.2. Les classes des métabolites secondaires

Les polyphénols comprennent plus de 8000 substances identifiées, qui peuvent être divisés en groupes en fonction de leur structure chimique, tels que les acides phénoliques, les stilbenes, coumarines, les lignines et les flavonoïdes (**ROSS et KASUM, 2002**). le contenu phénolique de pommes de terre était élevé, et variait de 530 à 1770 $\mu\text{g/g}$, et des dérivés de l'acide caféique (acide chlorogénique) sont les principaux constituants phénoliques dans les pommes de terre (**EZEKIEL *et al.*, 2011**).

Les flavonoïdes contenus dans les pommes de terre variaient de 200 à 300 $\mu\text{g/g}$ de matière fraîche (**LEWIS *et al.*, 1998**).

Les anthocyanes sont un sous-groupe des flavonoïdes et présentent en quantités importantes dans les pommes de terre à chaires pigmentées, ses niveaux sont compris entre 5,5 et 35 /100 g de matière fraîche (**BROWN, 2008**).

Les concentrations en folate dans la pomme de terre varient entre 12 et 37 $\mu\text{g}/100$ g de matière fraîche. Les antioxydants tels que l'acide ascorbique ou les composés thiols ont été détectés, leur effet est de protéger les folates contre la dégradation oxydative (**EZEKIEL *et al.*, 2011**).

les polyamines ont un rôle dans la régulation de la biosynthèse de l'amidon et de rendre les tubercules résistants aux maladies (**EZEKIEL *et al.*, 2011**).

Les pommes de terre sont une bonne source de caroténoïdes, qui sont des composés lipophiles synthétisés dans les plastides isoprénoïdes (**DELLAPENNA et POGSON, 2006**). La teneur totale en caroténoïdes dans les cultivars de pommes de

terre à chair blanches et jaune a été signalée dans l'intervalle de 50–350 µg/100 g de matière fraîche et 800– 2000 µg/100 g de matière fraîche, respectivement (**BROWN, 2008**).

13. Aspect phytosanitaire de la pomme de terre en Algérie

La pomme de terre peut contracter un ensemble de maladie fongique ou bactériennes qui effectuent la totalité ou une partie de la plante (racine, tige, feuilles, tubercules) qui cause d'importants dégâts quantitatifs et qualitatifs.

Plusieurs maladies ont été signalées par les agriculteurs ou par les organismes de la protection des végétaux (INPV) durant les campagnes des avertissements agricoles. Selon (**PHILIPPE et al., 2008**) les principales maladies et ravageurs de la pomme de terre, et leurs agents causaux, sont résumés dans le **tableau N°04**.

Tableau 04: Aspect phytosanitaire de la pomme de terre en Algérie.

MALADIES	AGENT CAUSAL	SYMPTOMES
Maladies Virales		
Le virus de la frisolée de la pomme de terre	PVY, membre –type du genre Potyvirus ce virus transmis par au moins 70 espèces de puceron	✓ Des tâches nécrotiques brunes à noires au niveau de feuilles. ✓ Altération de zones vert claire et vert foncé.
La mosaïque plane de la pomme de terre	Virus X. Ce virus transmet par frottement	✓ Apparition de mosaïques limitées par les nervures.
Le virose de la pomme de terre	Virus M. Le vecteur de cette maladie sont les pucerons	✓ Déformation foliaires. ✓ Légère décoloration des nervures des feuilles du sommet. ✓ Ondulation du bord des feuilles. ✓ La formation de taches en mosaïque.
Virus du rattle du Tabac	Virus TRV. Transmis par des nématodes de genres	✓ Des arcs nécrotiques assez marqués ou des lignes sinueuses

	<i>trichodorus</i> et <i>Paratrichodorus</i>	plus irrégulières. ✓ Des chevrons jaune brillant.
Maladies Bactériennes		
La tige noire et pourriture molle de la pomme de terre	<i>Erwinia carotovova</i> sub sp <i>atroseptica</i> <i>Erwinia carotovova</i> sub sp <i>carotovova</i>	✓ Sur feuillage nécrose plus ou moins sèche. ✓ pourriture humide à la base des tiges, jaunissement, flétrissement et/ou enroulement du feuillage. ✓ Sur tubercule pourriture molle interne.
Les pourritures brunes de la pomme de terre	<i>Ralstonia solanaceatun</i>	✓ Flétrissement de plante. ✓ pourriture brune de l'anneau vasculaire. ✓ Présence d'un mucus blanchâtre.
Ravageurs		
Vers gris	<i>Agrotis</i> sp	✓ Diminution du couvert végétal.
Teigne	<i>Phthorimea operullella</i>	✓ Perforation et forage de mines et feutrage gris en surface.
Pucerons	<i>Myzus persicae</i> , <i>Aulacorthum solani</i> , <i>Macrosiphium euphorbiae</i>	✓ Miellat et fumagine.
Maladies dues aux Nématodes		
Nématodes à kyste	<i>Kyste Globodera rostochiensis</i> et <i>Globodera pallida</i>	✓ Mauvaise croissance du végétal. ✓ Petites zones nécrotique Superficielles.
Nématodes à galle	Plusieurs espèces de nématodes à galle du genre <i>Meloidogyne</i>	✓ nanisme et des galles ✓ Petites masses blanchâtres gélatineuses et translucides

Maladies Fongiques		
Rhizoctone brun	<i>Rhizoctonia solani</i>	✓ Attaques sévères sur les tiges et les stolons et enroulement des feuilles. ✓ Levées irrégulières ou tardives des plantes.
L'Alternariose de la pomme de terre	<i>Alternaria solani</i> <i>Alternaria alternaria</i>	✓ des lésions typiques avec taches nécrotiques en anneaux concentriques et halo jaunâtre. ✓ des pourritures sèches sur tubercules.

(PHILIPPE *et al.*, 2008)

Pour les maladies fongiques, nous avons consacré tout un chapitre pour étudier leur cycle biologique, classification, reproduction, dégâts, et les moyennes de lutte contre les espèces étudiées.

Chapitre II: Généralité sur les maladies cryptogamiques de la pomme de terre

A. *Phytophthora infestans*

1. Origine et migrations du *phytophthora infestans*

Le mildiou est causé par l'oomyète *Phytophthora infestans* (ERWIN *et al.*, 1983). C'est une maladie redoutable. Elle peut toucher tous les organes de la plante : jeunes pousses, feuilles et pétioles, bouquets terminaux, tiges et tubercules. Les pertes de rendement engendrées par cette maladie peuvent atteindre 100% ; en moins de trois semaines une culture de pomme de terre peut être entièrement détruite (GAUCHER *et al.*, 1998). Notons que toutes les attaques n'ont pas les mêmes conséquences sur le rendement : les attaques précoces induisent surtout une diminution de la photosynthèse, alors que les attaques tardives conduisent à une baisse de la qualité des tubercules (RADTKE et RIECKMANN, 1991).

L'aire d'origine de *phytophthora infestans* se situe vraisemblablement dans les hauts plateaux du centre du Mexique «Toluca» (SEDLÁKOVÁ *et al.*, 2011) là où la diversité des populations de *phytophthora infestans* est maximale (NIEDERHAUSER, 1991).

La première épidémie en Europe remonte à 1845. L'épidémie démarra en Belgique, puis se propagea, via la Suisse, la France et le sud de l'Angleterre, en Irlande où elle provoqua une catastrophe alimentaire sans précédent : entre 1846 et 1851, la famine provoquée par le manque de pomme de terre fit plus d'un million de morts et fit émigrer un autre million d'Irlandais aux USA et au Canada (WOODHAM-SMITH, 1962).

L'extension de cette maladie par l'agent pathogène en Afrique pour la première fois en 1941 (BENINAL, 2011).

Le genre *phytophthora* appartient à la classe des Oomycètes, à l'ordre des péronosporales et à la famille des pythiacées.

Il se compose de deux racines grecques soit *phyto*, une plante et *phthora*, destruction (BLACKWELL, 1949). Les *phytophthora* sont donc des destructeurs de végétaux. C'est Anton de BARY en 1876 qui a été le premier à utiliser ce terme lorsqu'il décrivait l'agent responsable de la destruction des cultures de la pomme de terre (mildiou ; *p. infestans*).

Sur 50 espèces de *phytophthora* étudiées, 32 ont des spectres d'hôtes larges et 18 n'ont qu'un seul hôte. Par exemple, *p. infestans* n'infecte que deux espèces de *Solanum* (la tomate et la pomme de terre) (GRÜNWARD et FLIER, 2005).

2. Description de l'agent causal (*phytophthora infestans*)

Le mildiou de la pomme de terre est provoqué par *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, agent pathogène particulièrement destructeur de cette culture, mais également capable de causer des dommages sur d'autres Solanacées sauvages et cultivées (TURKENSTEEN, 1978).

2.1. Description morphologique

P. infestans possède un mycélium coenocytique hyalin à développement endogène (intercellulaire et intracellulaire) (THURSTON et SHULTZ, 1981). Le mycélium est constitué d'une masse plus au moins dense de filaments ramifiés non cloisonnée produit des sporangiophores qui forment à leurs extrémités des sporanges (AGRIOS, 2005).

Le caractère morphologique principal de ce pathogène est la présence de renflement ou de gonflement au niveau des sites de ramification en particulier aux points de la formation des sporocystes (THURSTON et SCHULTZ, 1981). ces derniers en position terminale ont une forme et une taille qui varie selon les isolats.

Les sporanges de *P. infestans* sont citrifformes ou limoniformes et possèdent une papille apicale germent soit par la formation d'un tube germinatif, lorsque la température est supérieure à l'optimum de germination des sporanges (germination directe) ; soit par la différenciation de leur cytoplasme en zoospores, si la température est inférieure à l'optimum de germination du mycélium et en présence de l'eau (germination indirecte). Le mycélium sont des cellules biflagellées mobiles (ERWIN *et al.*, 1983).

Les oospores sont des organes sexués de 24 à 46 µm de diamètre protégés par une membrane très résistante ayant 3 à 4 µm d'épaisseur. Ces structures de conservations peuvent survivre pendant des années dans le sol (REKAD, 2017). Ces dernières en germant produisent des sporanges.

Les oogones sont globuleuses, d'un diamètre de 37µm, alors que les anthéridies sont amphigynes et généralement de forme allongée (GALLEGLY et HONG, 2008).

2.2. Position taxonomique

Phytophthora infestans (Mont.) de Bary, 1876 est un Oomycète de la famille des pythiacées (KIRK *et al.*, 2008), classifié comme étant dans l'ordre *peronosporales* (Tableau N° 05).

Tableau 05: Classification du *p. infestans* (KIRK *et al.*, 2008).

Règne	Chromalveolata
Division	Stramenopiles
Classe	Oomycetes
Ordre	Peronosporales
Famille	Pythiaceae
Genre	<i>Phytophthora</i>
Espèce	<i>Phytophthora infestans</i>

2.3. Gamme d'hôtes

En plus de la pomme de terre et de la tomate, plusieurs solanacées constituent des hôtes préférés de l'espèce *P. infestans* (GRÜNWALD et FLIER, 2005).

Aux Etat Unis, plusieurs études ont confirmé que la Morelle (*Solanum sarachioides*), Petunia (*Petunia hybrida*) et l'aigre-doux (*Solanum dulcamara*) constituent aussi des hôtes pour ce pathogène (LAING, 1998).

2.4. Facteurs affectant l'évolution de la maladie

P. infestans se comporte dans la nature comme un biotrophe obligatoire (ISAAC, 1992), sans capacité de survie saprophyte, mais il peut tout de même être isolé et cultivé en milieu de culture artificiel (ANDRIVON, 1995). *P. infestans* est un parasite exigeant qui nécessite certains facteurs stricts pour se développer et se reproduire.

a. Facteurs climatiques

Le *P.infestans* se manifeste surtout dans les zones de production qui connaissent les périodes prolongées d'humidité (pluies, irrigation par aspersion, brouillards, rosée.....) et de temps frais (PLATT, 2008). Comme son nom anglo-saxon « late blight » l'indique, le mildiou se manifeste tardivement en saison.

La sporulation est abondante durant les périodes humides et fraîches, optimales entre 16 et 22°C et inhibée par les périodes chaudes et sèches (DOMINIQUE *et al.*, 2009).

La production de sporanges est importante à 18°C et nulle à 28°C.

La lumière a une action inhibitrice sur la reproduction sexuée chez les espèces du genre *phytophthora*. C'est la phase d'induction précédant la différenciation des gamétocystes qui est photosensible (BOCCAS, 1979).

Les périodes pluvieuses, sont aussi très favorables aux épidémies, et 2 heures de présence d'eau sur les feuilles sont suffisantes pour amorcer une infection (DUNIWAY *et al.*, 1983).

b. Facteurs du sol

Les sporanges produits par les lésions développées sur tige sont souvent à l'origine de l'infection des tubercules (RIBIERO, 1983). Cependant, l'importance de l'infection dépend de la texture du sol telle qu'une grande porosité qui facilite le déplacement des spores. *P. infestans* possède une faible capacité saprophytique dans le sol, ceci est dû à l'inactivation et la rapide détérioration des sporocystes et du mycélium par les micro-organismes du sol (FERNÁNDEZ *et al.*, 2004).

c. Prédilection de l'hôte

La sévérité de la maladie varie avec l'âge de la plante et des feuilles. Ainsi, le degré d'infection des tubercules en période de culture dépend de l'âge et de l'état de ces organes (ROUSSELLE *et al.*, 1996). L'importance de l'infection des tubercules dépend également des conditions de stockage et de croissance de ces organes (ROUSSELLE *et al.*, 1996).

d. Exigences trophiques

Certains acides aminés tels que l'acide aspartique et glutamique constituent des sources d'azote bénéfiques pour l'accomplissement de la reproduction sexuée chez les

Phytophthora. Par contre, d'autres acides aminés tels que la valine et la leucine ne favorisent pas le processus sexuel, à cause de la toxicité de leurs métabolites (ELLIOTT, 1983).

Les espèces de *Phytophthora* sont auxotrophes pour la thiamine qui est nécessaire pour leur reproduction sexuée (BOCCAS, 1979).

Plusieurs travaux ont rapporté l'implication des stérols dans la stimulation de la formation des oospores chez plusieurs espèces hétérothalliques de *Phytophthora* (HOHL, 1983). Les deux substances les plus impliquées dans le processus de la reproduction sexuée sont le sitostérol et le stigmasterol qui sont extraits de nombreux végétaux tels que le pois, l'avoine et le maïs (BOCCAS, 1979).

2.5. Cycle biologique

HAINÉ et VERLAINE (2006), distinguent trois périodes dans le cycle global du mildiou durant une année: la survie hivernale, l'installation de l'inoculum primaire au printemps et la multiplication des cycles et extension de la maladie en été. Les *P. infestans* caractérisent par un cycle biologique diploïde majoritairement aérien.

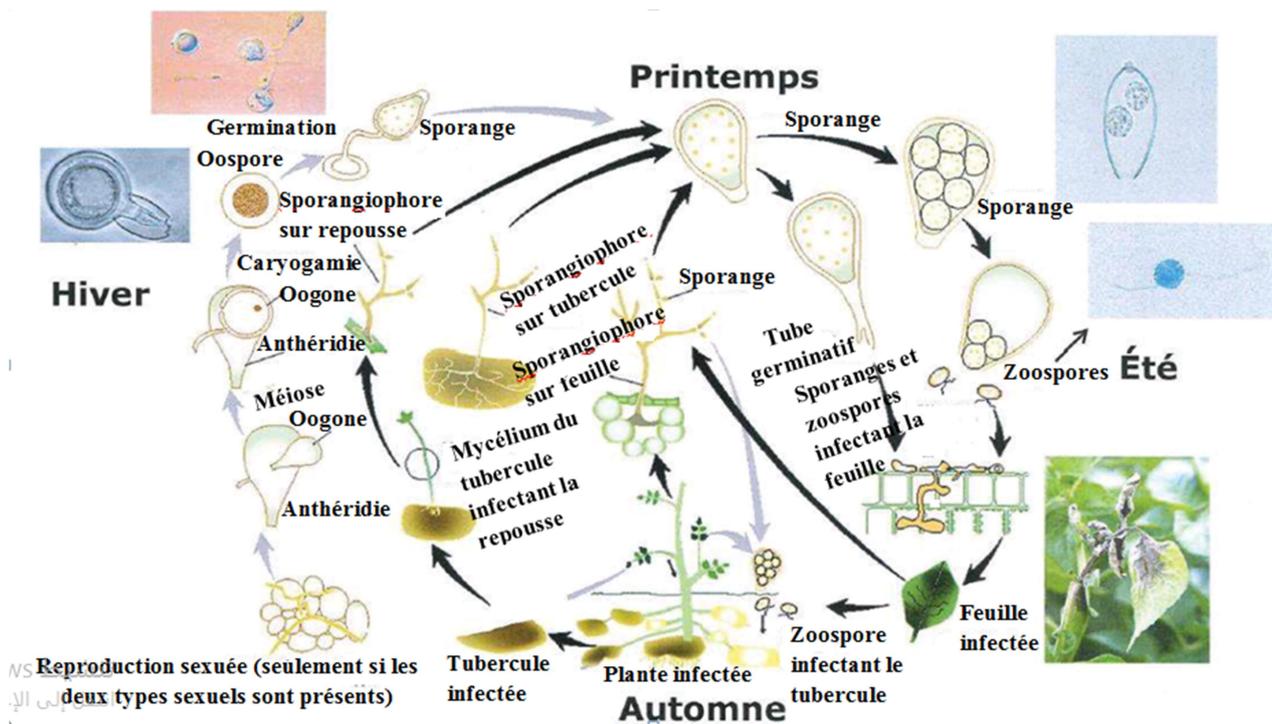


Figure6 : Cycle de développement de *p. infestans* en fonction des saisons <http://www.eucablight.org>.

Le cycle de la maladie (monocycle) correspond à la période qui s'écoule entre deux générations de spores, de l'infection à la production d'une nouvelle génération de spores. Ce cycle se décompose lui-même en plusieurs étapes: la période d'incubation qui correspond au laps de temps qui s'écoule entre l'infection et l'apparition des premiers symptômes et la période de latence qui correspond au laps de temps entre l'infection et la production de nouvelles spores (**RAKOTONINDRAINAINA, 2012**). La dispersion des spores forme le point de départ d'une épidémie de mildiou. La brièveté du cycle, de 5 à 7 jours quand les conditions sont optimales (température de 21C° et humidité relative supérieure à 90%). Ainsi que la quantité importante de spores produites à chaque génération explique le développement très rapide de la maladie. Les épidémies de mildiou sont causées par la récurrence et la juxtaposition du cycle infectieux (**CHAIGNEAU, 2014**).

En hiver, *phytophthora infestans* se conserve sous forme de mycélium dans les tubercules infectés laissés dans le sol et dans les tas de déchets à proximité des parcelles (**RAKOTONINDRAINAINA, 2012**). Il peut aussi se conserver par les oospores qui sont capables de se maintenir plusieurs années dans le sol. Les filaments mycéliens et les oospores constituent l'inoculum primaire. Quand les conditions climatiques deviennent plus favorables (température comprise de 3 à 26 C° et humidité relative supérieure à 90%), généralement au printemps, l'agent pathogène peut évoluer en sporange (**Fig.15**).

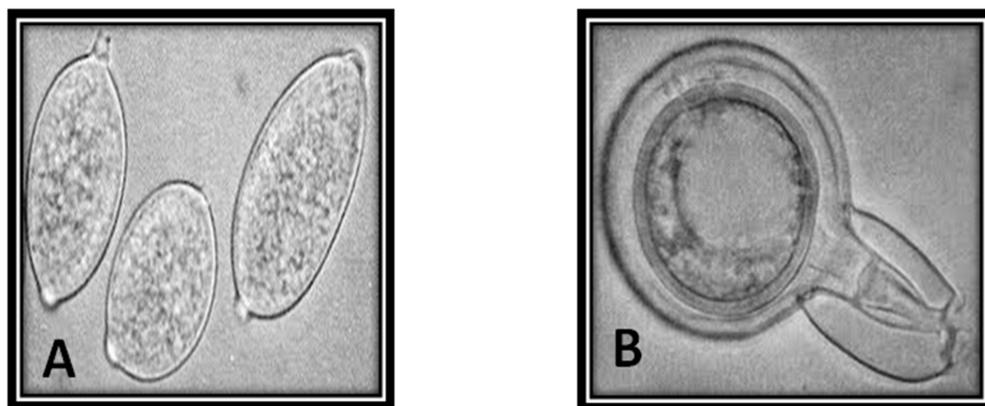


Figure 7: Caractères morphologiques du *p. infestans*

A) sporocystes du *P. infestans*; **B)** Oogone du *P. infestans* (www.univ-brest-fr).

Ces sporanges sont les organes de dissémination et de contamination de l'agent pathogène. Ils sont dispersés par le vent et la pluie. Lorsqu'ils arrivent sur un nouveau tissu hôte, plante ou tubercule, ils peuvent germer (germination directe) ou produire des zoospores qui germent ensuite (germination indirecte) (**RAKOTONINDRAINA, 2008**). Tube germinatif (germination directe et indirecte) pénètre dans le tissu hôte ou le nouveau mycélium se développe avant de former à son tour des sporanges à l'extérieur des tissus. Ces nouveaux sporanges sont l'inoculum secondaire.

Il présente deux formes de reproduction, asexuée assurée par les sporanges et sexuée assurée par les oospores (**Fig. 14**).



Reproduction asexuée

Après être installé dans l'hôte, le mycélium de *P. infestans* émet des sporangiophores sur la face inférieure des folioles par les stomates, parfois directement au travers de l'épiderme. Ces sporangiophores produisent de nombreux sporanges citrifformes (**AGRIOS, 2005**). Cette étape nécessite la présence d'une forte humidité (égale ou supérieure à 90%) et des températures comprises entre 3 et 26°C (**GRÜNWALD et FLIER, 2005**). La durée de vie des sporanges en dehors du tissu hôte est relativement courte (quelques heures à quelques jours) sur des tissu hôtes sensibles, ils peuvent germer et forment environ 10 à 12 zoospores biflagellées qui se déplacent en nageant dans l'eau libre avant de s'enkyster, puis de former un tube germinatif. Le tube germinatif pénètre directement dans la plante hôte par les stomates ou forme d'abord un appressorium, qui facilite la pénétration de l'hyphe dans les tissus. A l'intérieur de la plante, le mycélium se développe dans les espaces intercellulaires et dans les cellules. Il forme des haustories qui pénètrent dans les cellules. Ces filaments mycéliens forment des sporangiophores qui donnent de nouveaux sporanges, à l'extérieur des tissus (**KERROUM, 2018**).

En fin de culture ou en cas de pluies, les sporanges peuvent tomber sur le sol et sont entraînés par ruissellement d'eau jusqu'aux tubercules. Le parasite pénètre dans les tubercules par les lentilles ou par des blessures, forme un mycélium et constitue une forme de conservation de l'agent pathogène pendant l'hiver et redémarre l'année suivante (**KERROUM, 2018**).



Reproduction sexuée

Les mycéliums forment des oogones et des anthéridies, donnant naissance à des spores sexuées, les oospores. Ces oospores sont sphériques et ont une paroi épaisse. Leur durée de vie en dehors du tissu hôte est relativement longue (quelques semaines à plusieurs années). Ces oospores sont ainsi capables de se maintenir plusieurs années au champ et de réinfecter ensuite une culture de pomme de terre (**DRENTH *et al.*, 1995**).

2.6. Symptômes de la maladie

Le mildiou peut toucher tous les organes de la plante, feuilles, pétioles, jeunes pousses, bouquets terminaux, tiges et tubercules.

Sur les feuilles, Il se caractérise par le développement de taches d'abord humides, voire de plages, sur les folioles. Ces attaques confèrent localement aux tissus touchés une teinte vert pâle à vert brun (**AGRIOS, 2005**) (**Fig16A**). Les zones infectées en viennent à former des lésions nécrotiques brunes ou noir violet entourées d'un cerne vert pâle à jaunâtre. Ces tâches sont fréquemment entourées d'une marge de tissus livide, mal définie, sur laquelle se forme parfois, à la face inférieure du limbe, un discret et fugace duvet blanc constitué par les sporangiophores et les sporocystes de *Phytophthora infestans* (**DOMINIQUE *et al.*, 2009**) (**Fig16B**). Lorsque les conditions sont particulièrement favorables, la progression des symptômes sur les folioles est fulgurante ; les feuilles, les rameaux voire les plants entiers, finissent par se nécroser et se dessécher entièrement (**NELSON, 2008**).

Sur la tige, le symptôme typique est une nécrose brun violacée, s'étendant sur 2 à 10 cm à partir d'un nœud . Par temps humide, cette nécrose se couvre d'une couche poudreuse blanche ou grisâtre (**ROUSSELLE *et al.*, 1996**) (**Figs16C, 16D**).

Les tubercules atteints présentent des zones légèrement déprimées de grandeur variable et de forme irrégulière, où la peau est brun violet et coriace. Les tissus sous-jacents acquièrent une coloration havane ou brun clair, et une pourriture sèche et granuleuse se développe dans la chair du tubercule (**PLATT, 2008**) (**Figs16E, 16F**). En conditions humides ou chaudes, une infection secondaire bactérienne ou fongique

peut transformer en pourriture aqueuse les zones atteintes par le mildiou (PLATT, 2008).

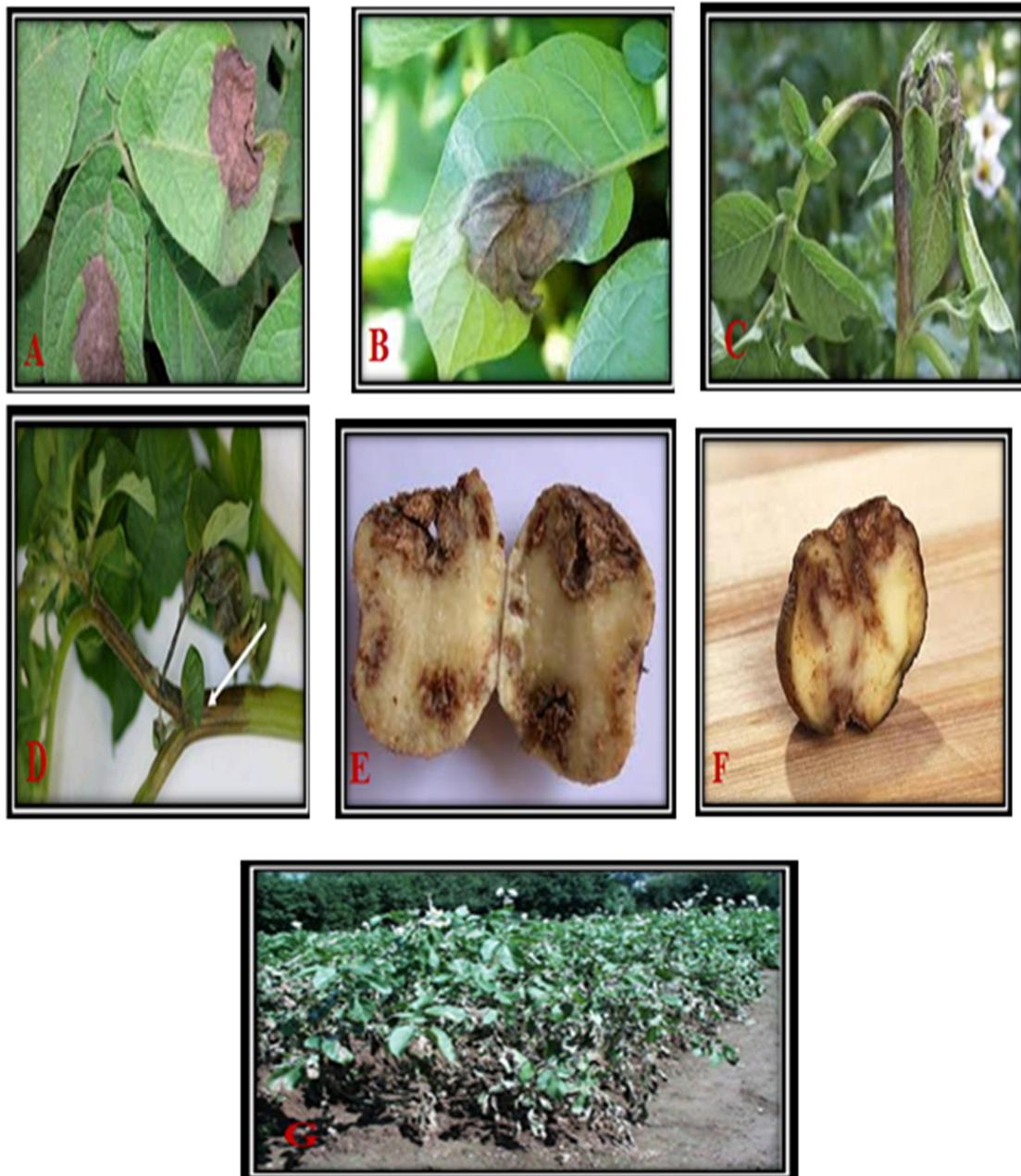


Figure8 :Symptômes sur les différents organes du plant de pomme de terre.

- ✓ (A,B,C,E): (AGRIOS, 2005)
- ✓ (D,F): (<http://www.hortitecnews.com>; <https://fr.wikipedia.org>; <http://www.dupont.ca/fr>).
- ✓ (G): Au champ, les plantes atteintes sont noirâtres, comme si elles étaient brûlées (photographie INRA-R. Corbière).

3. Moyens de lutte

3.1. Lutte prophylactique

Le meilleur moyen préconisé actuellement est d'abord de limiter au maximum les sources d'inoculum primaire en éliminant principalement les tas de déchets, les tubercules infestés laissés au champs après récolte (GAUCHER *et al.*, 1998). La prévention des épidémies passe également par l'utilisation de tubercules de semences sains. Enfin, la destruction des fanes avant la récolte par des traitements thermiques, mécaniques ou chimiques permet de diminuer les risques de contamination des tubercules au moment de la récolte (MONTARRY, 2007).

3.2. Lutte biologique

La lutte biologique a pour principe d'utiliser des agents biologiques capables d'entrer en compétition, antibiose et parasitisme avec les agents pathogènes et les ravageurs sans avoir d'activité néfaste pour la plante. Ces agents naturels sont réunis sous le concept de bio-pesticides. Leur disparition pourrait, en effet engendrer un déséquilibre qui favoriserait l'apparition ou la réapparition de certains pathogènes.

Plusieurs microorganismes du sol ont été utilisés pour lutter contre les maladies des plantes (RAHMAN *et al.*, 2007). Ces microorganismes utilisent différents mécanismes pour lutter contre les agents phytopathogènes du sol, à savoir: l'antibiose, la compétition, le parasitisme et / ou l'induction des mécanismes de la résistance de la plante (BENHAMOU, 2012). Une meilleure application d'un agent efficace de la lutte biologique nécessite une bonne compréhension du ou / des mécanismes qu'il utilise et là ou / les molécules qu'il sécrète pour inhiber les agents phytopathogènes (BOJANOWSKI, 2011).

Les extraits de plantes offrent une solution de contrôle efficace et éco favorable contre les maladies des cultures. C'est dans cette optique que le potentiel antifongique des extraits de sept plantes camerounaises a été évalué contre *P. infestans*. Les huiles essentielles (HE), les macérâts (MCR), les décoctés (DCT) et les extraits éthanoliques (EET) ont été obtenus à partir de *Ageratum conyzoides*, *Bidens pilosa*, *Callistemon citrinus*, *Cymbopogon citratus*, *Erigeron floribundus*, *Ocimum gratissimum* et *Tephrosia vogelii*. Le criblage phytochimique des extraits aux solvants a montré que leur composition en métabolites secondaires varie en fonction de l'espèce botanique

ainsi que de la méthode et du solvant d'extractions. Les extraits à effet fongicide important ont été ceux riches en phénols, stérols, flavonoïdes, tannins condensés, coumarines et alcaloïdes. Ces métabolites agiraient de façon synergique. Ces résultats ont montré que six des vingt-quatre extraits testés possèdent un potentiel bio fongicide qui peut être exploité dans la lutte contre le mildiou des Solanacées (**JOSEPH et al., 2011**).

La lutte contre le mildiou de la pomme de terre doit être obligatoirement préventive. La priorité de la stratégie est d'empêcher autant que possible l'implantation du pathogène dans la parcelle (**ROUSSELLE et al., 1996**). Lorsque les infections sont déclarées, il faut limiter le plus possible le développement pour préserver le feuillage, mais aussi pour éviter la contamination ultérieure des tubercules.

3.3. Lutte génétique

De nombreux programmes reposant sur l'introduction de gènes de résistance ont été engagés, avec pour but la sélection de variétés ayant une bonne valeur agronomique et une bonne résistance au mildiou. Ces programmes se sont longtemps basés sur l'introduction de résistances spécifiques, à caractère monogénique. Actuellement, onze de ces gènes (R1-R11) ont été identifiés et introduits chez *S. tuberosum* à partir de *S. demissum* (**JO et al., 2015**). Des gènes similaires ont également été identifiés chez d'autres espèces apparentées à *S. tuberosum*, telles *S. bulbocastanum* (**LOKOSSOU et al., 2010**). *S. phureja* (**SLIWKA et al., 2006**). Ou *S. michoacanum*. (**SLIWKA et al., 2012**). Cependant, ces gènes, conférant à la plante une résistance totale, sont très rapidement contournés par les populations parasites et ne peuvent constituer à eux seuls une méthode de lutte durable. Les sélectionneurs s'orientent donc actuellement vers la recherche de résistances polygéniques. La gestion de ces résistances, pour éviter leur érosion, consiste à raisonner la lutte en associant différentes résistances (spécifiques et non spécifiques) ou une résistance partielle et une utilisation judicieuse des fongicides. A l'échelle d'une parcelle ou d'une région de production, les associations variétales semblent pouvoir être des moyens complémentaires de lutte (**MONTARRY, 2007**).

3.4. Lutte chimique

La lutte chimique, avec l'utilisation de fongicides de contact, pénétrants ou systémiques, reste la principale mesure de lutte contre le mildiou de la pomme de terre (**RANDRIANTSALAMA *et al.*, 2014**). Toutefois, l'utilisation massive de fongicides systémiques a conduit à sélectionner des isolats résistants à ces matières actives, qui appartiennent principalement au groupe des phénylamides (métalaxyl et son énantiomère méfénoxam, bénomyl, oxadixyl) (**GISI et COHEN, 1996**). De plus, les effets nocifs de l'emploi des pesticides sur la santé des utilisateurs et sur l'environnement amènent aujourd'hui à les utiliser d'une façon plus raisonnée. Ainsi, des systèmes de prévisions des risques ont été développés afin de rationaliser l'utilisation des traitements chimiques préventifs. Ils sont basés sur le développement de modèles de prévision du risque de développement du mildiou, tels Guntz-Divoux, utilisé en France, Blitecast, utilisé aux Etats-Unis, ou Milsol, issu de la fusion de Mildi-LIS® et MilPV, permet de connaître à tout moment le "risque mildiou" de parcelles selon la météo, la variété, les dates de plantation et de levée, l'état sanitaire autour de la parcelle et les interventions réalisées (traitements et irrigations)(**ARVALIS, 2014 in KERROUM, 2018**).

B. *Alternaria*

1. Historique du genre *Alternaria*

Les maladies fongiques, transmissibles par les semences, sont responsables d'importantes pertes souvent difficiles à estimer à ce stade de la culture. Parmi celles-ci les alternarioses (aussi appelée brûlure alternarienne) (**BENADA, 2009**). Sont causées par deux champignons du genre *Alternaria*: *Alternaria solani* et *Alternaria alternata*. Elles sont particulièrement redoutées dans la mesure où elles concernent un nombre important de plantes de grande culture et ont, de ce fait, un impact économique non négligeable (**REBOUH et REBOUH, 2017**).

L'Alternariose est une maladie très présente en Algérie; elle affecte toutes les productions de plein champ et sous les tunnels plastique (serre), les conséquences de la défoliation sont graves, elles contribuent au ralentissement et à la diminution de la production voir même la perte de fruit (**ITCMI, 2010**).

En 1816, Ness décrit pour la première fois un champignon présentant des spores produites en chaîne portant un bec filiforme qu'il appelle *Alternaria tenuis*. Le genre

Alternaria a été successivement décrit par Simmons 1986. Il est classé parmi les Deuteromycetes, Dematiaceae. La complexité taxonomique des *Alternaria* liée à leur diversité et leur hétérogénéité a généré de nombreuses classifications.

WILTSHIRE en 1933, propose de regrouper dans le genre *Alternaria* toutes les espèces dont les spores présentent un bec, sans tenir compte de la formation ou non des chaînes (**KOENIG, 1995**).

Sur la culture de pomme de terre, la perte de rendement atteint jusqu'à 30-50% suite à une destruction précoce du feuillage et par conséquent une perte économique pour l'agriculture (**ANDRÉ, 2016**).

Les *Alternaria* sont des champignons fréquents dans notre environnement. Ils appartiennent aux moisissures atmosphériques. Ils peuvent être isolés de végétaux très divers. L'*Alternaria* comprend près de 275 espèces (**SIMMONS, 2007**). Avec des modes de vie saprophytes et phytopathogènes qui peuvent affecter les cultures sur champ ou produits végétaux pendant la récolte et post-récolte (**LOGRIECO et al., 2009**). Ce sont des champignons mésophiles, leurs activités prédominantes disparaissent lorsque la température s'élève (**BOTTON et al., 1990**). En effet même si le genre *Alternaria* ne représente que 1,2% de la flore fongique totale, il constitue un allergène dominant dont le rôle dans l'asthme est trop souvent négligé.

2. Description de l'agent causal

Alternaria solani est un champignon phytopathogène présent dans les régions tempérées et tropicales de l'Ancien et du nouveau monde, provoquant chez les plantes de la famille des Solanacées, notamment la tomate et la pomme de terre, mais aussi le piment et l'aubergine, une maladie appelée « alternariose » ou « brûlure alternarienne ».

2.1. Description morphologique

Le genre *Alternaria*, par la suite été décrit par **SIMMONS 1986**. Il est classé parmi les Deuteromycetes Dematiaceae, formant un mycélium cloisonné brun ne présentant aucun mode de reproduction sexuée connu. Les champignons appartenant au genre *Alternaria* se multiplient de manière asexuée à partir de filaments spécialisés appelés conidiophores où vont être différenciées des conidies (ou spores), brunes également, très caractéristiques du genre, organisées en chaînette. Ce sont des

dictyospores : conidies piriformes, à la base élargie avec des septa transversaux, obliques et longitudinaux en nombre variable. Leur extrémité est constituée d'une partie rétrécie plus ou moins longue appelée le « bec ». L'aspect global rappelle la forme d'une massue. Elles mesurent entre 50-100 μm de long et 3-16 μm de large. Les conidies d'*Alternaria* sont très résistantes à la sécheresse, elles résistent à plus d'un an à l'état sec et sont doués d'une très grande longévité (MESSIAEN *et al.*, 1991).

Alternaria alternata est un champignon filamenteux cosmopolite ubiquiste. Communément isolé à partir de plantes, de sols, de nourriture corrompue ainsi que de l'air ambiant des habitations (CRIQUET *et al.*, 2008). Caractérisé par des conidies en chaînes simples ou ramifiées, brunes, irrégulières, 20-80 x 9-18 μm , plus souvent avec un rostre apical court mais bien différencié (BARNETT *et al.*, 1972). Les conidies présentent des cloisonnements transversaux et longitudinaux et sont caractéristiques du genre *Alternaria* (Fig.17).

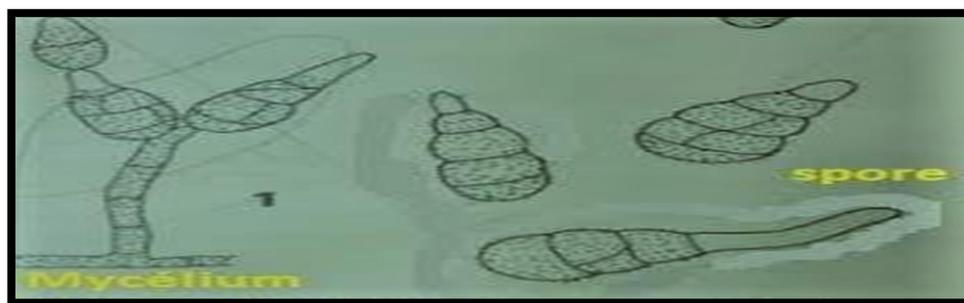


Figure9 : Schéma explicatif du champignon *Alternaria alternata* (BOTTON *et al.*, 1990).

Alternaria solani appartient au groupe d'espèces à grosses spores (section porri) au sein du genre *Alternaria*, caractérisé par les conidies solitaires (Figure N° 18), supportées individuellement ou rarement en chaîne de deux sur des conidiophores simples et séptés (ELLIS et GIBSON, 1975), elles mesurent entre 150 et 200 μm de long (de la base à l'extrémité du bec) cette espèce est en général identifiable comme l'agent pathogène lié à la brûlure foliaire de pommes de terre (SIMMONS, 2007).

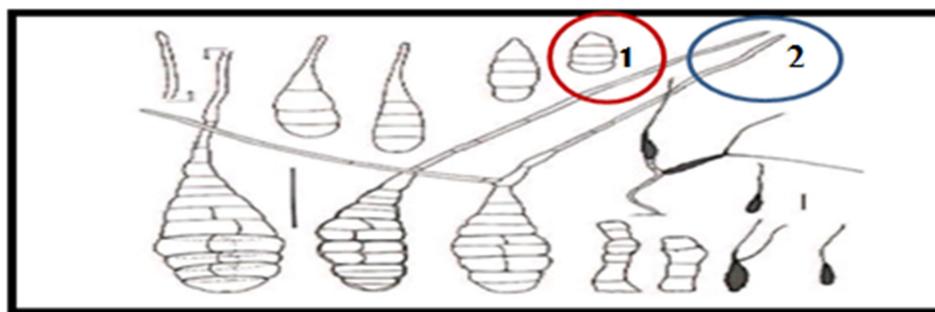


Figure10 : 1) Conidies et 2) Conidiphores de la souche *A. Solani* représentative E.G.S. 44098 (SIMMONS, 2007) (modifie).

2.2. Position taxonomique

Selon le catalogue of life (25 mars 2016), la taxonomie du genre *Alternaria* est la suivante (Tableau N° 06).

Tableau 06: Classification d'*Alternaria*.

Règne	Fungi
Embranchement	Ascomycota
Classe	Dothideomycetes
Ordre	Pleosporale
Famille	Pleosporaceae
Genre	<i>Alternaria</i>

2.3. Gamme d'hôtes

L' *Alternaria* est signalé depuis plusieurs décennies comme pathogène des Solanacées et a longtemps été décrit comme affectant la tomate, l'aubergine, la pomme de terre, ainsi que plusieurs espèces de cette famille botanique (BLANCARD *et al.*, 2012).

2.4. Ecologie de la maladie

L' alternariose est favorisée par des hygrométries élevées et des températures comprises entre 18C° et 30C°. Les rosées, de faible précipitation continues (5mm) ou des irrigations par aspersion suffisent à son extension, mais elles doivent être répétées pour que la maladie évolue rapidement. La plupart des travaux en aeromycology démontrent que le rapport des spores d'*Alternaria* dans des échantillons d'air dans les

climats tempérés et humides, diffèrent de quelques-uns à plusieurs dizaines de pour cent (MAYA-MANZANO *et al.*, 2012). Les plantes stressées, mal fumées ou très chargées en fruits seraient plus sensibles. La maladie ne prend jamais un caractère explosif mais s'accroît progressivement avec le temps, au fur et à mesure du vieillissement des plantes, et devient grave en fin de saison (BLANCARD *et al.*, 2012).

2.5. Cycle biologique

L'alternariose est favorisée par un cycle infectieux similaire pour toutes les espèces d'*Alternaria*, responsable de cette maladie (FARRAR *et al.*, 2004). Ce cycle est divisé en plusieurs stades : conservation, pénétration et invasion, sporulation puis dissémination (Fig.19).

a. Conservation

L'*Alternaria* peut se conserver dans les résidus de culture, les sols contaminés et les tubercules infectés durant plusieurs années (CHRISTINE, 2000). Les chlamydospores peuvent également servir de structure de survie (BASU, 1974). Elle serait aussi capable de se maintenir d'une saison à l'autre sur d'autres solanacées comme la pomme de terre, l'aubergine, poivron (BLANCARD *et al.*, 2012).

b. Pénétration et invasion

Une fois les spores d'*Alternaria* sont en contact avec les cellules végétales, elles sont capables de germer et produisent un ou plusieurs tubes germinatifs, la pénétration dans les tissus végétaux se fait soit directement à travers les stomates ou les blessures (AGRIOS, 2005), ou soit par pénétration enzymatique, cette stratégie est la plus évidente chez les *Alternaria*. La colonisation de l'hôte est facilitée par des enzymes (cellulase, pectine galacturonase de méthyle). Le champignon envahit rapidement les tissus foliaires, les lésions deviennent visibles 2 à 3 jours après l'infection, la production de spores se produit 3 à 5 jours plus tard (BLANCARD *et al.*, 2012).

c. Sporulation et dissémination

Les conidies et les conidiophores sont produits dans des intervalles de températures compris entre 8 et 28°C, en présence d'une humidité relative de 96 à 100% (STRANDBERG, 1992).

Les spores sont disséminées par le vent, la pluie et les insectes ; les conidies produites assurent des contaminations secondaires et par la suite plusieurs cycles parasites peuvent avoir lieu dans la culture (BLANCARD *et al.*, 2012).

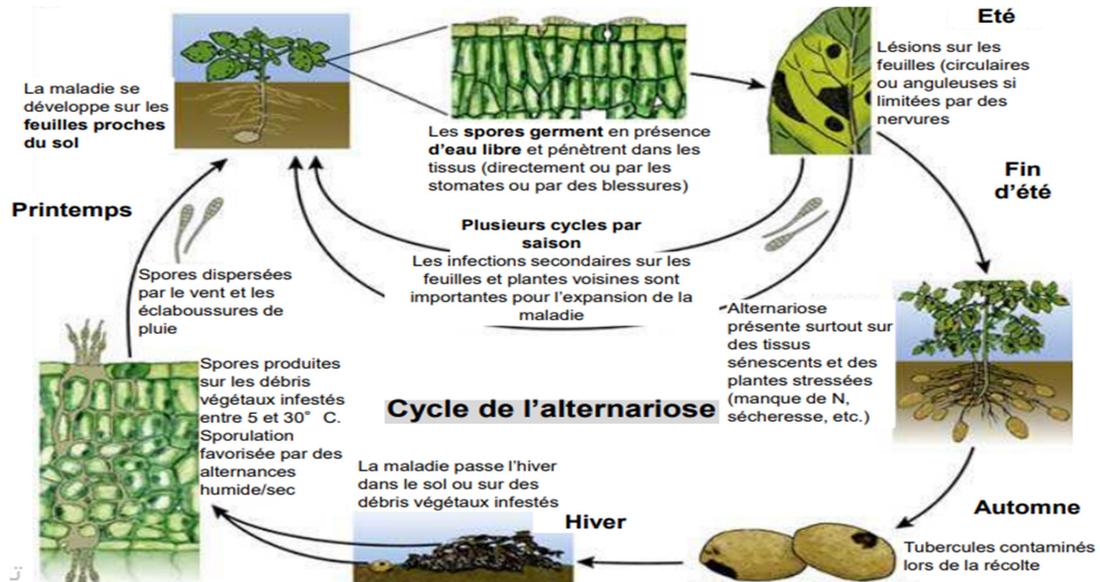


Figure 11: Cycle de l'alternariose (ANDRÉ, 2016).

2.6. Symptomatologie

La maladie se reconnaît facilement par les cercles concentriques rapprochés qui se forment à l'intérieur des taches. Celles-ci se fondent parfois en grandes plages de tissus nécrosés et provoquent un enroulement des feuilles qui rappelle celui de la brûlure apicale. Le temps chaud et humide aggrave la maladie qui peut entraîner la mort. La brûlure précoce peut affecter le feuillage, les tiges et dans des cas plus sévères, les fruits. C'est une maladie fongique qui affecte les cultures des Solanacées dans le monde entier (BATISTA *et al.*, 2006).



Figure 20: Alternariose de pomme de terre (<https://fr.wikipedia.org>).

✓ Sur feuille

Les premiers symptômes apparaissent sur les feuilles de la base, puis ils s'étendent au reste du feuillage. A la face supérieure des feuilles on observe des tâches dispersées, très bien délimitées, brunes à brun-noir, de type nécrotique avec un contour anguleux, de quelques mm jusqu'à 2 cm de diamètre. Sur les plus grosses tâches, on voit à l'œil nu des anneaux concentriques. Les plages desséchées peuvent se déchirer, tomber et se rejoignant de proche en proche, provoquer le dessèchement et la mort de la feuille toute entière (MICHEL, 1991) (Fig.21).



Figure 21: Symptômes sur feuille (ZERIGUI et MOUZAOU, 2018).

✓ Sur tige

Les tiges attaquées par l'*Alternaria* présentent des plages superficiellement colorées en brun, qui s'agrandissent avec le développement de la maladie, puis le dessèchement de la tige peut entraîner sa mort ou celle de toute la plante (MICHEL, 1991) (Fig.22).



Figure 12: Symptômes sur tige (ZERIGUI et MOUZAOU, 2018).

✓ **Sur tubercule**

En culture, les attaques sur tubercules sont très peu courantes. Elles résultent d'atteintes ayant eu lieu lors de la récolte ou de la mise en conservation, lorsque des spores d'*Alternaria* entrent en contact avec la chair des tubercules mal indurés et/ou blessés. Les symptômes sont des taches (jusqu'à quelques cm) en dépression, de couleur brun – violet ou noir métallisé. Sur les bords, la peau est quelque peu plissée ou soulevée. Le tissu atteint est dur et sec, mais séparé du tissu sain par une zone humide et jaunâtre (DANIEL, 2006) (Fig.23).

Il n'y a pas de lien entre des attaques plus ou moins importantes du feuillage, et des atteintes ultérieures des tubercules. La contamination des tubercules aura lieu surtout en cas d'induration insuffisante, de récolte par temps (trop) sec et lorsque les tubercules sont blessés (coupures, coups mécaniques) (DANIEL, 2006).

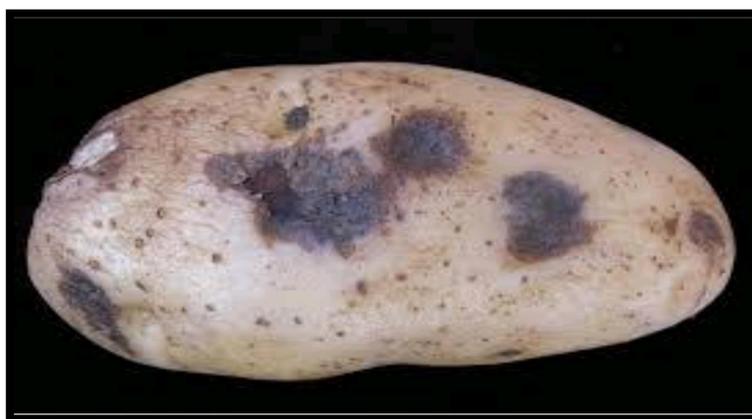


Figure 13: Symptômes sur tubercule (ZERIGUI et MOUZAOU, 2018).

3. Moyens de lutte

L'alternariose de la pomme de terre réduit considérablement les rendements à la fois qualitatifs et quantitatifs. Afin de contrôler efficacement cette maladie, plusieurs procédés de lutte appliqués.

3.1. Pratiques culturales

Les bonnes pratiques culturales contribuent à minimiser l'incidence et la propagation de la maladie de la brûlure foliaire, elles comprennent l'utilisation de semences propres et la rotation des cultures assez longues, de l'ordre de 3 à 4 années, faisant intervenir des céréales à petits grains comme le maïs, qui sont souvent envisagées dans les parcelles fortement affectées. Il convient aussi d'éliminer

complètement les débris de plantes à la fin de la saison de récolte pouvant servir d'hôtes intermédiaires (BLANCARD *et al.*, 2012). Sachant aussi, les différentes techniques d'irrigation agissent directement sur la survie et la dispersion de l'inoculum au sein des cultures, elle varie selon la technique appliquée (déversement, irrigation à la raie, irrigation au goutte à goutte, aspersion). Une bonne gestion de celle-ci constitue un moyen de lutte efficace contre *Alternaria* qui persiste dans les débris sec de pomme de terre et de tomate et qui produit ses spores la nuit, l'aspersion faite pendant le jour accroît fortement l'infection (LEPOIVRE, 2003).

3.2. Lutte biologique

L'utilisation des extraits de plantes et produits naturels est très encouragée, car ces produits sont sans danger pour la santé et ne causent pas de pollution (MAMGAIN *et al.*, 2013). Plusieurs travaux au laboratoire menés sur différents tissus végétaux, tels que les racines, les feuilles, les graines et les fleurs possèdent des propriétés bactéricide, fongicide et insecticide (DAVICINO *et al.*, 2007). Dans le même registre, divers extraits de plantes, des huiles végétales (*Acacia concinna*, *Bassia latifolia*, *Azadirachta indica*...) permettraient de limiter le développement de ce parasite (BLANCARD *et al.*, 2012).

Aussi, les travaux de NIKUMBH et SALER (2011) qui constituent à tester l'effet des extraits de plantes sur le pathogène de l'oignon *A. alternaria*, notamment l'extrait de feuilles d'*Annona Squamosa*, qui a inhibé la croissance du champignon de 91,13% et 68,35% à concentrations de 50% et 100%, respectivement tandis que les extraits de *Withania somnifera L.* ont inhibé de 54,09% et 36,60% par rapport aux autres extraits de plantes, le mélange de trois extraits de plantes (Cassia, Argémone, Parthenium) a donné de meilleurs résultats par rapport aux extraits de plantes testés individuellement.

Les propriétés antagonistes des *Trichoderma spp.* S'expliquent par la compétition pour les éléments nutritifs, (l'antibiose ainsi que le parasitisme (YEDIDIA *et al.*, 2000). *Trichoderma spp.* Est commercialisé pour lutte contre les agents de fonte de semis, il occupe 50% des BCA (Biological contrôle agent) fongique mis sur le marché (VERMA *et al.*, 2007).

Un autre exemple de travaux menés sur *Bacillus spp.* Autant qu'agents de lutte contre les pathogènes des produits récoltés et stockés (SHARMA *et al.*, 2009). Le premier travail sur le contrôle de la pourriture brune des fruits à noyau par *Bacillus subtilis* était initié par PUSEY et WILSON (1984); depuis, beaucoup d'antagonistes ont été identifiés et utilisés pour le contrôle de l'alternariose sur différents fruits et légumes.

3.3. Lutte génétique

Des sources de résistance ont été trouvées chez plusieurs sauvages, en particulier *Lycopersicon hirsutum* et *L. pimpinellifolium*. Elles ont été utilisées dans des programmes d'amélioration qui ont permis d'obtenir des lignées et des cultivars disposant d'une résistance polygénique partielle à alternariose, ayant aussi une maturité assez tardive. Une diminution de la sensibilité de la tige et du collet à l'alternariose a été rapportée chez d'autres espèces sauvages sans être exploitées efficacement (CHAERANI et VOORRIPS, 2006).

3.4. Lutte chimique

A côté des méthodes de luttés culturales, génétiques et biologiques, les traitements chimiques sont largement utilisés pour combattre les maladies fongiques. Le chiffre d'affaire mondial des produits phytosanitaires avoisine les 44015 millions de dollars est en hausse de 15% en 2011, la part de fongicides s'élève à 25,8% (UIPP, 2011).

Les fongicides sont couramment utilisés pour contrôler la brûlure foliaire et sont constitués de produits protecteur comme le mancozébe (Dithane) et le chlorothalonil (Bravo), le manébe, l'iprodione, le difénoconazole, le cymoxanil+ famoxadone, le thiophanate-méthyle (BLANCARD *et al.*, 2012). Au cours de culture, les plantes doivent être traitées dès que les premiers symptômes sont constatés le plus rapidement possible. Les applications doivent être renouvelées après des fortes pluies et des irrigations, car ces derniers favorisent l'extension de la maladie.

C. *Fusarium sp*

1. Généralité sur le genre *Fusarium*

Les maladies cryptogamiques sont considérées comme facteurs limitant de la production des cultures maraîchères, des céréales et forestières, car elles occasionnent

des pertes considérables (AZOUAOUI-AIT KETTOUT *et al.*, 2007). Parmi ces maladies la fusariose de la pomme de terre.

Le genre *Fusarium* tire son nom du latin *fusum* car ses spores sont en forme de fuseau. a été introduit par Link en 1809, ce dernière traverse son troisième siècle comme l'un des genres comprenant de nombreux champignons qui peuvent causer directement des maladies chez les plantes, chez les humains ou bien chez les animaux domestiques (VISMER *et al.*, 2002).

Dans le genre *Fusarium*, l'espèce *Fusarium oxysporum* est la plus répandue dans le monde, elle peut être retrouvée dans la plupart du sol : arctiques (KOMMEDAHL *et al.*, 1988), tropicales, désertiques (MANDEEL *et al.*, 1995), cultivés ou non (MCMULEN et STACK, 1984). Elle peut également être dispersée par les insectes (GILLESPIE et MENZIES, 1993) et récupérée à partir d'algues marines (GRANCHINHO *et al.*, 2002).

Les *Fusarium oxysporum* phytopathogènes sont responsables de deux types de symptômes distincts : les flétrissements vasculaires et les pourritures des racines (GORDON, 1965). C'est sont des espèces filamenteux décrit par SNYDER et HANSEN en 1940, appartient à la famille des Tuberculiacées (classe des Hyphomycètes).

Les *Fusarium oxysporum* comprennent un ensemble très diversifié de formes plus ou moins spécialisées (DOMMERCUES et MANGENOT, 1970). Cette forme spéciale présente une virulence particulière pour telle ou telle plante (MESSIAEN et CASSINI, 1968).

Ces espèces se présentent sous deux formes : pathogène et non pathogène et peuvent constituer plus de 50 % de la population fusarienne du sol (JOFFÉ *et al.*, 1974). La forme pathogène semble plus importante dans la rhizosphère des variétés sensibles.

2. Description du *Fusarium oxysporum*

F.oxysporum est également l'une des espèces les plus importantes du point de vue économique compte tenu de ses nombreux hôtes et du niveau des dégâts qu'elle peut entraîner.

2.1. Description morphologique

Fusarium oxysporum est un champignon vasculaire, imparfait avec un mycélium aérien blanc grisâtre assez lâche, ont l'aspect d'un cône aplati en raison d'un mycélium beaucoup plus développé dans la partie proche du fragment végétal (BERNARD, 1988). Il peut prendre d'autres pigmentations (violette, mauve) qui sont dues à la formation d'une multitude de spores en surface par des organes fructifères, ainsi qu'aux variations de la lumière du milieu de culture (BERNARD, 1988).

F. oxysporum est caractérisé par la présence abondante des spores asexuées produites par des sporodochies ou des sclérotés: les microconidies ellipsoïdales (4,5-5,5 μm x 1,5-2,5 μm) (BERNARD, 1988), sont uni- ou bicellulaires fusiformes à réniformes constituent la plus grande de la population du *Fusarium oxysporum* (TELLO-MARQUINA et ALABOUVETTE, 1984).

Les macroconidies sont composées de trois jusqu'à cinq cellules, la taille variable mais n'excédant généralement pas 20 μm de longueur (13-20 μm x 2-3 μm). Ces spores sont regroupées sous forme de fausses têtes sèches à l'extrémité de microconidiophores allongés, dispersés sur le mycélium aérien (BERNARD, 1988).

Les chlamydospores sont des spores rondes d'une ou deux cellules, elles sont observées au milieu des hyphes ou en position terminale, souvent en forme de paires, quelques fois en triplets et rarement en forme rassemblée (AGRIOS, 2005).



Figure 14 : Morphologie de *Fusarium oxysporum* (BERNARD, 1988; AGRIOS, 2005).

2.2. Taxonomie du *Fusarium oxysporum*

Depuis la description du genre *Fusarium* par **LINK (1809)**, de nombreux travaux ont été consacrés à la taxonomie de ce champignon. Selon la classification de **SNYDER et HANSEN en 1940**. Le genre *Fusarium* est subdivisé en 16 sections regroupées en 9 espèces phytopathogènes (**Tableau N° 07**).

Tableau 07: Classification du *Fusarium*.

Règne	Fungi
Embranchement	Thallophytes
Classe	Hyphomycètes
Ordre	Hypocreales
Famille	Tuberculariacea
Genre	<i>Fusarium</i>
Espèce	<i>Fusarium oxysporum</i>

2.3. Gamme d'hôtes

Fusarium oxysporum est un champignon d'origine tellurique très ubiquiste, qui présente une très grande diversité génétique et écologique et qui infectent collectivement plus de 100 hôtes différents, provoquant des pertes économiques importantes chez de nombreuses plantes cultivées comme le cotonnier, le melon, la tomate, etc. provoquant ainsi des maladies sur de nombreuses espèces végétales cultivées d'intérêt économique (**ARMSTRONG et ARMSTRONG, 1965**), que des plantes pérennes comme le bananier, le palmier à huile et le palmier dattier (**BOOTH, 1971**).

2.4. Ecologie de la maladie

Les facteurs climatiques, en particulier l'humidité et la température, jouent un rôle primordial dans le développement des *Fusarium* en conditionnant la germination et l'infection de ceux-ci (**SIOU, 2013**).

LEMAIRE et JOUAN (1974) signalent que le développement de la Fusariose se situe entre 27 et 28°C. Or certains Fusarioses vasculaires se manifestent au-dessous de 28°C. C'est le cas par exemple de la Fusariose du Pois et de celle des cucurbitacées

pour lesquelles l'intensité maximum de symptômes se situe vers 21 °C (**MOLOT et MAS ,1975**).

Pour les *Fusarium* très influencés par la température du sol ne sont pas très affectés par l'humidité du sol (**WALKER, 1961**), Cette dernière influe surtout sur la germination des chlamydospores (**GRIFFIN, 1972**).

VAARTAJA (1952), a évoqué l'importance de l'ombrage dans la gravité de la maladie. Un éclairage insuffisant peut provoquer un étiolement des plantes qui favorise leurs sensibilités aux attaques de *F. oxysporum*.

2.5. Cycle de vie

Les *Fusarium oxysporum* ne sont pas des parasites obligatoires, en absence de la plant hôte, ils mènent une vie de saprophyte sur des débris végétaux et des matières organiques. Les isolements effectués indiquent qu'un gramme de sol peut renfermer près de 100000 propagules ou les *F.oxysporum* représentent 80 à 90% de la population fusarienne totale de la rhizosphère (**CORRELL et al., 1986**).

Ces champignons persistent dans le sol sous forme de spores de résistance (chlamydospores) en état de dormance (**BOOTH, 1971**).

En contact de l'hôte, les chlamydospores germent et les jeunes filaments pénètrent au niveau des racines. Après pénétration dans la cellule , le mycélium se ramifie, colonisent ainsi toutes les cellules avoisinantes. Les hyphes mycéliens progressent à l'intérieur des cellules puis colonisent le cortex, arrivé au niveau du cylindre central, le parasite s'installe dans les vaisseaux du xylème d'où il se propagera dans la tige par l'intermédiaire des micro conidies aisément véhiculées par la sève dans toutes les parties de la plante (**EL MAHDJOUR, 1972**).

A la surface des feuilles, se forment des organes fructifères appelés sporodochies qui produisent des macro conidies qui vont à leur tour contaminer d'autres plantes lorsqu'elles sont transportées par le vent, par l'eau ou bien par l'intermédiaire des insectes (**EL MAHDJOUR, 1972**) (**Fig.25**).

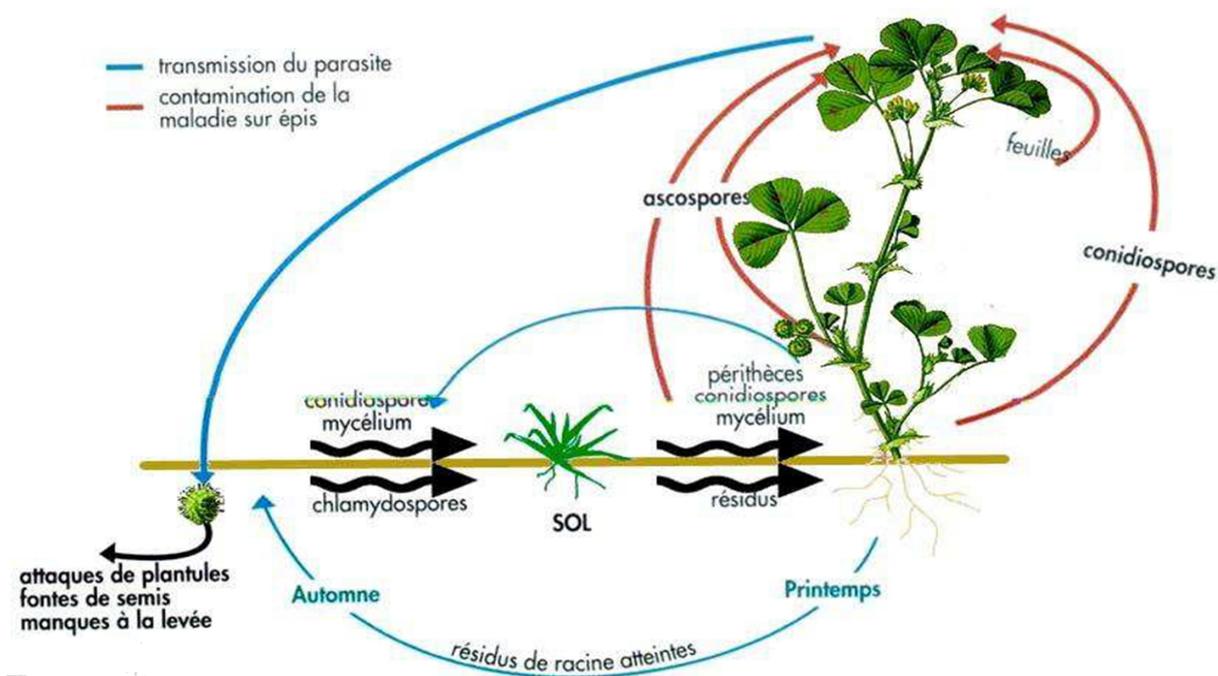


Figure 15: Cycle de *Fusarium* spp (GHORRI, 2015).

2.6. Symptômes de la maladie

Les espèces du genre *Fusarium* sont des pathogènes responsables des pertes économiquement importantes chez la majorité des cultures. Ces agents pathogènes peuvent causer la fonte de semis, la pourriture des racines et du collet (PAUVERT, 1984). Ils attaquent tous les organes végétatifs et reproducteurs des plantes (GARGOURI, 2003).

Les symptômes de la flétrissure fusarienne ressemblent à ceux de la flétrissure verticillienne. Les feuilles inférieures des plantes infectées jaunissent et flétrissent. Le tissu foliaire entre les nervures devient jaune puis brun. Le flétrissement et le jaunissement du feuillage progressent le long des tiges des plantes atteintes. Le tissu vasculaire des tiges et des tubercules développe souvent une décoloration brune; il y a généralement une pourriture des extrémités des tiges des tubercules. Les symptômes de flétrissement sont plus graves lorsque les températures sont élevées et que les plantes sont stressées pour l'eau. Une analyse en laboratoire des tissus végétaux malades est généralement nécessaire pour déterminer si *Fusarium* ou *Verticillium* est l'agent causal. Dans la plupart des régions, la flétrissure verticillienne est plus courante que la flétrissure fusarienne (STEVENSON *et al.*, 2001).

Présence d'une ou de quelques lésions (tâches) brun gris près du talon. Brunissement des tissus vasculaires. Lors d'infections sévères, les tubercules sont creux au talon avec une pourriture brune sèche dans la chair. Absence d'odeur provenant de la pourriture. Dans des conditions de hautes températures et d'humidité, les tubercules infectés par les blessures ou les lenticelles montrent de petites lésions circulaires et une pourriture sèche en entrepôt (**BANKS, 2004**).



Figure 16: Symptômes de *Fusarium* sur tubercules de pomme de terre (**BANKS, 2004**).

3. Moyens de lutte

Il n'existe actuellement aucun moyen réellement efficace pour contrôler totalement ces maladies, les mesures de contrôle demeurent dans leur globalité d'ordre préventif (**ROUXEL et al., 1979**).

3.1. Lutte culturale

La rotation des cultures demeure une bonne prévention. Le déchaumage, les dates optimales de semis, les conditions de labour ainsi que l'élimination des mauvaises herbes (**SEMAL, 1989**).

Les amendements organiques et minéraux permet de contrôler diverses espèces de *Fusarium*, ces amendements sont un mélange de 4,4% de bagasse (résidus de canne à sucre), 8,4% de son de riz, 4.25% de coquilles d'huitres, 8,5% d'urée, 1,04% de nitrate de potassium, 13,16% de super phosphate de calcium et 60,5% de cendres minérales (**BOOTH, 1971**).

3.2. Lutte physique

ANCHISI et al., (1985) ont développé un traitement à l'eau chaude pour protéger les plants dans un sol où la maladie s'est déjà manifestée. La méthode

consiste à traiter les racines avec de l'eau à 48-49°C pendant 30 secondes avant de les transplanter au moins 48 heures après, cela stimule la croissance des racines et les renforce.

3.3. Lutte biologique

Les interactions plante-microorganismes sont complexes et celles menant au biocontrôle peuvent inclure l'antibiose, la compétition, l'induction des mécanismes de défense de la plante et la prédation (BENIZRI *et al.*, 2001). La lutte contre les agents pathogènes telluriques, se fait principalement via les bactéries appartenant aux quatre genres (*Streptomyces*, *Bacillus*, *Agrobacterium*, et *Pseudomonas*), et des champignons des genres *Ampelomyces*, *Candida*, *Coniothyrium*, *Trichoderma*, et *Fusarium oxysporum* non pathogènes (MCSPADDEN et GRAVEL, 2002).

Des recherches se sont orientées vers des méthodes alternatives de lutte biologique notamment vers l'usage des métabolites secondaires des plantes tels que les huiles essentielles qui ont donné des résultats intéressants sur les mycoses (HAMINI *et al.*, 2014). Les extraits de ces plantes auraient ainsi des propriétés antifongiques et antibactériennes (OXENHAM *et al.*, 2005).

3.4. Lutte génétique

L'obtention régulière de variétés améliorées et résistantes est une opération de longue haleine qui nécessite des moyens de recherches importants (SEMAL, 1989).

Les variétés cultivées sous abri sont généralement résistants à deux champignons: *verticillim dahliae* et *Fusarium oxysporum* (LATTEROT, 1996).

3.5. Lutte chimique

Elle est efficace mais présente beaucoup d'effets néfastes, elle se fait par une désinfection du sol à l'aide de fongicides.

Les fongicides les plus utilisés reste le triazole et ses dérivés qui sont des composés très actifs grâce à leur noyau qui possède une activité pharmacologique, antibactérienne, antifongique et hypoglycémique (HAMOIR *et al.*, 2001).

D. *Phoma glomerata*

1. Généralité sur genre *phoma*

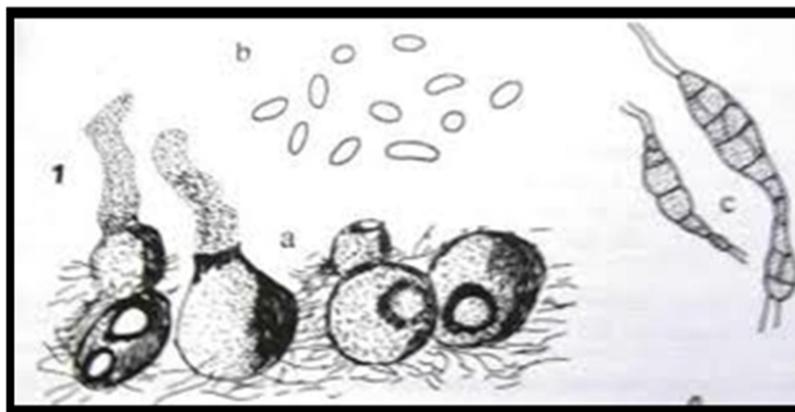
Phoma est un genre cosmopolite de champignons coelomycètes. De nombreuses espèces ont été signalées dans une large gamme d'hôtes, des substrats, en particulier comme agents pathogènes des plantes, ainsi que des espèces terrestres mais principalement saprophytes et opportunistes ont également été isolées. Jusqu'à présent, près de 2000 espèces de *Phoma* ont été signalées dans le monde (BOEREMA *et al.*, 2004).

Les maladies fongiques notamment celles causées par les espèces appartenant aux genres *Phoma* qui prévalaient pendant plusieurs années consécutives en sont l'un des principaux facteurs limitant. Ces espèces induisent de très graves dégâts sur les divers organes de ces plantes, affectent par conséquent le rendement et la qualité des récoltes (GHIAT, 2011).

Plusieurs espèces de *Phoma* s'adaptent facilement aux paramètres de l'environnement intérieur et se développent bien sur des matériaux de construction. Parmi ces espèces ; le *Phoma glomerata* est l'espèce la plus commune en milieu intérieur, qui attaque la pomme de terre (BOTTON *et al.*, 1990).

2. Description morphologique

Phoma glomerata produit des hyphes sub-hyalins à hyalins (pigmentés foncés / bruns), cloisonnés. *Phoma* produit des pycnides de forme pyriforme à globuleuse assez grandes (~ 60 µm à 400 µm). Les phialides tapissant l'intérieur de chaque pycnidium, qui produisent des conidies hyalines unicellulaires (rarement bicellulaires) (claires) à brun pâle, ovoïdes à ellipsoïdes (3-10 µm par 1 à 4 µm)(BOEREMA *et al.*, 2004). Les conidies ont été décrites comme bi-guttulées (contenant 2 gouttelettes d'huile). Les conidies matures sont libérées de l'intérieur du pycnidium par un ostiole (pore ou ouverture). *Phoma glomerata* produit également des chlamydospores (chamydoconidies) en chaînes ramifiées ou non ramifiées. Les chlamydospores peuvent présenter à la fois des cloisons longitudinales et transversales (muriformes) comme on le voit couramment dans le genre *Alternaria* (BOTTON *et al.*, 1990).



a : groupe de pycnides

b : spores

c : chlamydospores

Figure 17 : Schéma explicatif du champignon *Phoma glomerata* (BOTTON *et al.*, 1990).

3. Position taxonomique

A été fourni par BOEREMA *et al.*, (2004):

Tableau 08: Classification du *phoma glomerata*.

Règne	Fungi
Embranchement	Ascomycota(Deuteromycota)
Classe	Euascomycetes
Ordre	Pleosporales (Sphaeropsidales)
Famille	Pleosporaceae
Genre	<i>Phoma</i>
Espèce	<i>Phoma glomerata</i>

4. Gamme d'hôtes

Le *Phoma* se trouve également sur les produits du bois (bouleau), le papier, les textiles (laine), le cuir, certains aliments contenant des gras végétal et animal, les produits laitiers de même que sur les fruits et les légumes (FLANNIGAN *et al.*, 2002).

5. Exigences de croissance

La température de croissance optimale des espèces de *Phoma* est de 26 à 37 °C, mais certaines espèces comme le *P. glomerata* sont incapables de pousser à 37 °C.

Ces mycètes sont hydrophiles et poussent bien sur des matériaux humides à des taux approchant le point de saturation et ne se développe pas en l'absence de lumière (FLANNIGAN *et al.*, 2002).

6. Cycle biologique du *Phoma glomerata*

Ce champignon se conserverait dans le sol en saprophyte. La terre contaminée adhérente au tubercule va servir à la propagation du champignon qui pénètre sous forme de mycélium par les blessures occasionnées au tubercule lors de la récolte et du conditionnement, au cours de l'hiver, ce mycélium se différencie en pycnides (BOTTON *et al.*, 1990).

7. Symptômes de la maladie

Les symptômes du champignon *Phoma glomerata* sur la culture de pomme de terre apparie uniquement dans les tubercules et à faible pourcentage 9% (YAKHLEF, 2014).



Figure 18: Symptômes de *Phoma glomerata* sur tubercule (YAKHLEF, 2014).

8. Moyens de lutte

Pour minimiser au maximum l'affection des pommes de terre par les maladies fongiques et limiter la progression des autres agents phytopathogènes redoutables, et au face de négligences des fongicides d'une part et de leur utilisation d'autre part, on propose une stratégie de lutte préventive qui est exprimée par l'utilisation des variétés résistantes, Récolter les tubercules par temps sec, Opter pour de bonnes pratiques culturales, dont le billonnage correct et la lutte intégrée contre les maladies au champ (YAKHLEF, 2014).

Il faut contrôler les champs de la pomme de terre et quand on regarde des phénomènes anormales sur la plante et rapidement on appelle des ergonomistes

spéciales pour identifier les problèmes et trouver les solutions optimales (YAKHLEF, 2014).

Chapitre III: Généralité sur la lutte biologique et les plantes utilisées

La lutte biologique connaît ces dernières années une popularité due en partie à un certain échec de la lutte chimique qui constitue un danger sur l'environnement et sur l'homme. En fait, l'utilisation des moyens de lutte biologique contre les agents phytopathogènes antagonistes a connu un essor considérable durant les deux dernières décades (**MOURIA et al., 2013**). Selon l'OILB, la lutte biologique utilise un ensemble de méthodes satisfaisant les exigences à la fois économiques, écologiques et toxicologiques, en réservant la priorité à la mise en œuvre délibérée des éléments naturels de limitation et en respectant les seuils de tolérance.

1. Historique

L'homme a toujours eu des ennemis dont il voulait réduire l'abondance, que ce soit d'autres hommes ou des ravageurs, dont l'importance et les impacts ont varié au cours de l'histoire. Aussi, depuis le début de l'agriculture, il y a environ 10 000 ans, les fermiers ont rencontré divers problèmes liés aux organismes nuisibles qui ont augmenté avec l'intensification des cultures. Sera présenté dans cette section un bref historique de la lutte biologique (**NOÉMIE, 2010**).

a. Dans le monde

La première utilisation référencée de lutte biologique a été effectuée par les Chinois, dans les environs de l'an 304 avant Jésus-Christ. Dans les vergers d'agrumes, les fermiers utilisaient des fourmis tisserandes (*Oecophylla smaragdina* Fabricius) indigènes qui consommaient une variété de ravageurs pour protéger les fruits (**PENG, 1983**). Comme les fermiers favorisaient également la dispersion de ces fourmis en installant des tiges de bambou entre les arbres, il s'agissait de lutte biologique à la fois d'augmentation et de protection.

Des recherches sur les prédateurs, parasitoïdes et maladies s'attaquant aux ravageurs jalonnent l'histoire mais c'est surtout vers la fin du XIX^{ème} et au XX^{ème} siècle que les principales découvertes et expériences se font (**WAAGE, 2004**). En 1868, la cochenille australienne (*Icerya purchasi* Maskell), un insecte parasite qui suce la sève des arbres d'agrumes, a été accidentellement introduite en Floride. Suite aux dommages considérables à l'industrie et en l'absence d'autres moyens de lutte, un entomologiste introduisit une coccinelle naturellement prédatrice (*Rodolia cardinalis* Mulsant) de la cochenille en Australie, ce qui mena au premier grand succès de la

lutte biologique classique (**JOURDHEUIL *et al.*, 1991**). Les scientifiques croient alors que la lutte biologique est la solution à tous les problèmes et de nombreux insectes sont introduits en Amérique de façon maladroites, sans études préliminaires sérieuses ni période de quarantaine (**TURNBULL et CHANT, 1961**). Heureusement, aucun de ces organismes n'a causé de tort sérieux à l'environnement.

La lutte biologique est dans l'air au Canada depuis la fin du XIX^{ème} siècle. Les premiers parasitoïdes exotiques destinés à la lutte antiparasitaire arrivent en 1882 pour lutter contre un ravageur des groseilles et du cassis. Des œufs de mouche à scie du groseillier (*Nematus ribesii* Scopoli) infestés de trichogrammes (minuscules guêpes parasitoïdes) sont importés de l'Europe par l'état de New-York (**TURNBULL et CHANT, 1961**) pour stopper ses dommages.

Au Québec et en Ontario, depuis 1984, le Bt est le seul produit qui est recommandé pour l'usage en forêt contre la tordeuse et d'autres insectes, soit certains lépidoptères, diptères et coléoptères, selon la variété de Bt (**SMIRNOFF, 1991**). Ainsi, en 1986, l'Ontario décide de bannir l'utilisation de pesticides sur les forêts. Une telle initiative aurait pu avoir de graves impacts sur la forêt mais elle a plutôt incité la recherche sur le Bt et la production à grande échelle de trichogrammes contre la tordeuse de l'épinette (*Choristoneura sp.*) en créant un marché important (**U.S. CONGRESS, OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT, 1995**).

b. En Algérie

 C'est en 1922 que les premières tentatives d'acclimatation et d'utilisation d'auxiliaires ont été faites en Algérie notamment avec des coccinelles *Novius (Rodolia) cardinalis* pour lutter contre la cochenille australienne *Icerya purchasi*. En effet cette cochenille, introduite à Boufarik en provenance de la côte d'Azur, faisant d'énormes dégâts sur agrumes. (**DOUMANDJI *et al.*, 2014**).

 En 1925 une autre coccinelle *Pharoscyrnus ancharago* et un coléoptère *Nitidulidae Cybocephalus seminulum* ont été ramenés d'El Goléa vers Béchar pour lutter contre la cochenille blanche du palmier-dattier, *Parlatoria blanchardi*, qui causait des dégâts importants en palmeraies. Quelques mois plus tard les prédateurs introduits s'étaient bien maintenues. (**DOUMANDJI *et al.*, 2014**).

☛ Quelques années plus tard, en 1931, ce fût toujours une coccinelle *Cryptolaemus montrouzieri*, qui fût utilisée pour lutter contre la cochenille farineuse, *Pseudococcus citri* qui infestait les agrumes et de nombreuses plantes de serres. Ces trois coccinelles prédatrices ont été lâchées contre trois cochenilles redoutables s'attaquant aux agrumes et aux palmiers dattiers. (DOUMANDJI *et al.*, 2014).

☛ Ce n'est que plusieurs années plus tard, que des essais de lutte biologique ont été entrepris contre la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera, Pyralidae) par l'utilisation de l'ooparasitoïde ou parasitoïde embryonnaire *Trichogramma embryophagum* (Hymenoptera, Trichogrammatidae) dans des vergers de Citrus en Mitidja en 1983 dans des palmeraies de Ouargla en 1986 (DOUMANDJI *et al.*, 2014).

☛ L'aleurode floconneux *Aleurothrixus floccosus* (Homoptera, Aleyrodidae) a été introduite accidentellement en Algérie plus exactement en Oranie en 1981 en provenance d'Espagne ou du Maroc. En 1986 elle s'est propagée jusqu'à Skikda et Annaba. Suite aux résultats satisfaisants obtenus avec l'utilisation du parasitoïde *Cales noacki* (Hymenoptera, Aphelinidae) dans plusieurs pays méditerranéens (DOUMANDJI *et al.*, 2014).

2. Définition de la lutte biologique

En agriculture biologique, les produits agricoles doivent être obtenus sans utilisation de produits chimiques de synthèse. Ainsi, en ce qui concerne la défense des végétaux, seuls les moyens biologiques, les moyens culturaux et les pesticides à base de substances naturelles sont autorisés. D'après ABBOU (2012), la lutte biologique peut être considérée, dans son sens le plus strict, comme « l'utilisation d'organismes vivants ou de leurs produits pour empêcher ou réduire les pertes ou dommages causés par des organismes nuisibles ». Ce concept fait également référence à toute modification de l'environnement, dans le respect des règles écologiques de stabilité et d'équilibre, qui conduisent au maintien des organismes nuisibles en dessous d'un seuil économique (MAAMERI, 2013).

Certains, et notamment les auteurs anglo-saxons, en donnant une définition plus large, en y incluant toutes les substances organiques qui ont un effet protecteur sur les plantes, qu'elles soient trouvées dans la nature ou synthétisées chimiquement (extraits végétaux, hormones, phéromones...) (FILLINGER *et al.*, 2016).

3. Lutte biologique par les extraits des végétaux

3.1. Historique

L'usage des essences aromatiques remonte aux plus anciennes civilisations à quelques 5000 ans. Né en Inde, l'art de soigner par les huiles essentielles n'est développé en chine et tout particulièrement en Egypte, avant de gagner l'Occident plus tardivement via la médecine grecque et arabe (SALLÉ, 2004).

Entre 2000 et 3000 ans avant notre ère, les égyptiens utilisaient les plantes aromatiques dans le domaine de la médecine (ABRASSART, 1988).

Au début du XVI^e siècle, Paracelse, médecin suisse, considéré comme le père de la pharmacologie étudia l'extraction de «l'âme» des végétaux sous forme de «quintessence» (ou cinquième essence) à laquelle on donnera le nom «d'esprit», puis «d'essence» et finalement «d'huile essentielle» (PARIS *et al.*, 1971). Vers la fin du XVI^e et du XVII^e siècle, plus de 100 huiles essentielles étaient utilisées.

Dans l'histoire moderne, les vertus thérapeutiques des huiles essentielles occupent une place de plus en plus importante. Aujourd'hui, nous reconnaissons que les huiles essentielles ont des effets pharmacologiques, psychologiques et physiologiques sur l'Homme (GARNEAU, 2005).

3.2. Définition

Les extraits sont des préparations liquide, obtenues à partir de drogues végétales généralement à l'état sec. Un extrait végétal est un ensemble composé de molécules volatiles, odorantes, renfermées dans les organes producteurs de certains végétaux extraites de celle-ci par différentes méthodes d'extraction. Ces substances se trouvent dans les feuilles et les fleurs, mais également dans les graines, les racines et les écorces des plantes. La plante constitue un grand potentiel pour nos sociétés. Outre le rôle alimentaire, médicinal, social, culturel et socio-économique, la plante ou les

produits dérivés de plantes sont utilisés pour la conservation ou pour la protection des récoltes et des plantes (**BONZI, 2007**).

3.2.1. Huiles essentielles

I. Définition

Les huiles essentielles sont des substances odoriférantes volatiles complexes fabriquées par les plantes (**BEN SOULTANE et BAHRI, 2017**). Une huile essentielle est en général un mélange de substances naturelles volatiles obtenues par C° distillation avec la vapeur d'eau à partir de la biomasse végétale (**METALI et KERRAS, 2016**).

Ces essences peuvent être regroupées en cinq classes : les alcools, les esters, les aldéhydes, les cétones et les oxydes. Elles sont souvent colorées du jaune pâle au rouge foncé voir brun, en passant par le vert émeraude ou encore le bleu (**BACHELOT *et al.*, 2005**).

Elles sont employées à diverses fins dont la médecine, la parfumerie, la cosmétique et la lutte contre les microorganismes (bactéries et champignons) et les insectes. La quantité d'extrait produite varie selon les espèces et la méthode d'extraction.

II. Composition chimique des huiles essentielles

La composition chimique des essences est complexe et peut varier selon l'organe, les facteurs climatiques, la nature du sol, les pratiques culturales et le mode d'extraction (**GUIGNARD, 2000**).

Les huiles essentielles sont produites dans le cytoplasme des cellules sécrétrices et s'accumulent en général dans des cellules glandulaires spécialisées, situées en surface de la cellule et recouvertes d'une cuticule. Ensuite, elles sont stockées dans des cellules dites cellules à huiles essentielles, dans des poils sécréteurs, dans des poches sécrétrices ou dans des canaux sécréteurs (**BRUNETON, 1999**). Elles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux : les fleurs, les feuilles, les racines, les rhizomes, les fruits, le bois et/ou les graines (**BRUNETON, 1993**).

Les HEs sont un mélange de constituants qui appartiennent à trois catégories de composés terpéniques, aromatiques et diverses (**LAGUNEZ CAROLE, 2013**).

✓ **Terpènes**

Selon **BOTTIN (2006)** cité par **BENABDELKRIM (2014)**, Les terpènes sont des hydrocarbures formés par assemblage de deux ou plusieurs unités isopréniques, ce sont des polymères de l'isoprène de formule brute (C₅H₈). **HAMDANI (2016)**, rapporte que, les principaux terpènes sont les hemiterpènes (C₅), les monoterpènes (C₁₀), les sesquiterpènes (C₁₅), les diterpènes (C₂₀), les triterpènes (C₃₀) et les tétraterpènes (C₄₀).

Les terpènes sont de structures très diverses (acycliques, monocycliques, bicycliques,...) et contiennent la plupart des fonctions chimiques des matières organiques (**FINAR et HARERIMANA, 2013**).

✓ **Composés aromatiques**

Les dérivés du phénylpropane (C₆-C₃) sont beaucoup moins fréquents que les terpènes. Ce sont très souvent des allyl- et propénylphénols, parfois des aldéhydes, caractéristiques de certaines huiles essentielles d'Apiaceae, mais aussi de celles du girofle, de la muscade, de l'estragon, du basilic,...etc. (eugénol, safrole, asarones, cinnamaldéhyde, etc.). On peut également rencontrer dans les huiles essentielles des composés en C₆-C₁ comme la vanilline (assez fréquente) ou comme l'anthranilate de méthyle. Les lactones dérivées des acides cinnamiques (c'est-à-dire les coumarines) étant, au moins pour les plus simples d'entre elles, entraînables par la vapeur d'eau, elles seront également présentes dans certaines huiles essentielles (**BRUNETON, 2009**).

✓ **Composés d'origine diverse**

Il s'agit de produits de transformation de molécules non volatiles. Ces composés contribuent souvent aux arômes de fruit. Prenant l'exemple de l'acide jasmonique présent dans l'huile essentielle de jasmin et retrouvé dans 150 familles (incluant les mousses et les fougères) il résulte de l'oxydation du linoléate (qui est un acide gras acétylénique) sous l'action d'une lipoxigénase (**BRUNETON, 1999**).

III. Procédés d'extraction des huiles essentielles

Le choix d'une technique d'exploitation des plantes aromatiques doit être adapté aux composés spécifiquement recherchés ; en principe cela ne dépend pas du type d'organe utilisé (feuille, fleur, bois, graine ou fruit, racine ou rhizome), à l'état frais ou à l'état sec. en raison de la diversité et la fragilité des matières des huiles essentielles l'extraction de ces dernières exige l'utilisation de moyens peu violents

(THIERRY, 1988). La pharmacopée française ainsi qu'A.F.N.O.R et I.S.O n'admettent seulement deux entre eux (AFNOR, 1986):

- L'entraînement à la vapeur d'eau.
- L'expression à froid des péricarpes frais de certains *citrus*.

Les méthodes d'extraction sont adaptées aux propriétés physiques les plus importantes des huiles essentielles.

- Leur volatilité dans l'air et dans la vapeur d'eau.
- Leur solubilité dans les solvants organiques.

a. L'entraînement à la vapeur d'eau

Cette technique, ne met pas en contact directe l'eau et la matière végétale à traiter ; durant le passage de la vapeur à travers le matériel, les cellules éclatent et libèrent l'huile essentielle qui est vaporisée sous l'action de la chaleur pour former un mélange « eau + huile essentielle ». La vapeur d'eau, qui a volatilisé et entraîné l'huile essentielle, se condense ensuite dans le serpentin du réfrigérant, à la sortie de ce dernier, le mélange est récupéré ensuite séparé (MEGHAZI, 2012) (Fig. 29).

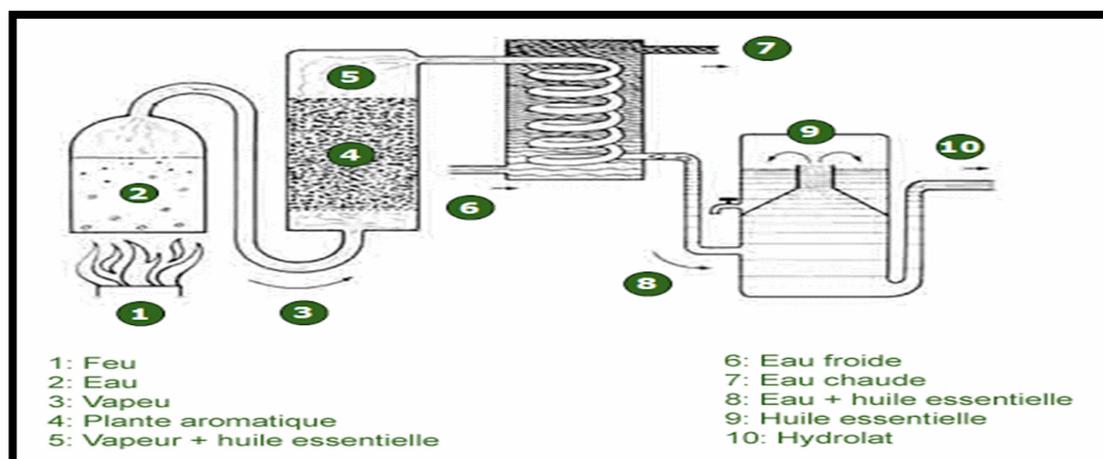


Figure 19 : Montage de l'entraînement à la vapeur d'eau (<http://www.pranarom.com>).

b. Hydro distillation

Cette méthode consiste en une distillation classique réalisée avec un dispositif de Clevenger (Figure N° 30), dans laquelle la matière végétale est plongée dans de l'eau, et l'ensemble est porté à ébullition. La vapeur d'eau chargée de substances volatiles se condense à l'intérieur d'un réfrigérant. Les essences, moins denses que

l'eau, sont recueillies par simple décantation à la surface de celle-ci (CAMARA *et al.*, 2010). Cette méthode est généralement utilisée en cas des huiles essentielles dont les constituants chimiques sont thermorésistants (NEDJAI *et al.*, 2017).

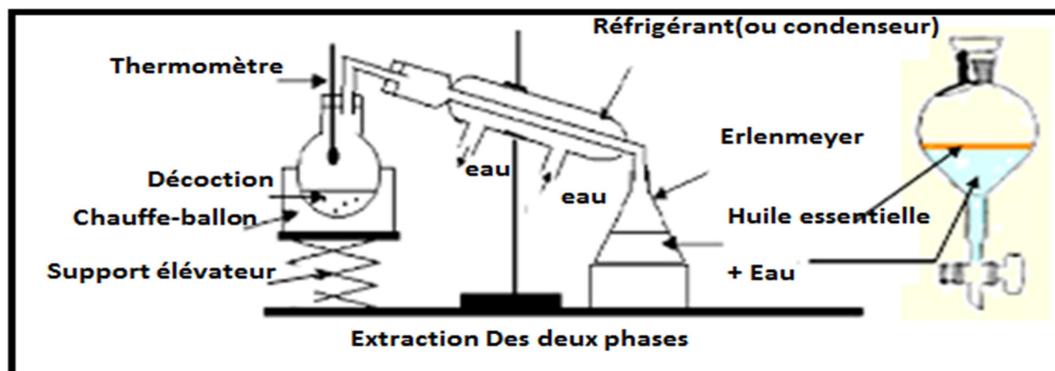


Figure 30: Appareillage utilisé pour l'hydro distillation de l'huile (NEDJAI *et al.*, 2017).

c. Distillation à la vapeur saturée

Dans ce cas le matériel n'est pas en contact avec l'eau: la vapeur d'eau est injectée à travers la masse végétale disposée sur des plaques perforée en dessus de la base de l'alambic, les constituants volatils peu solubles dans l'eau sont entraînés et après condensation, séparés du distillat par décantation. Celle-ci s'effectue dans un récipient spécial (BRUNETON, 1999).

d. Enfleurage

Procédure qui met à profit la liposolubilité des composés odorants des végétaux dans les corps gras et qui permet l'exploitation des organes fragiles tels que les fleurs d'oranger et les pétales de roses, ces dernières sont mis en contact à la température ambiante avec un corps gras (saindoux: graisse animale) en vue d'une diffusion à froid, au bout de quelques jours la graisse se sature en essence et constitue ce qu'on appelle: pommade florale, celle-ci est épuisée par l'alcool absolu, l'alcool est ensuite évaporé sous vide (BRUNETON, 1999).

Lorsque les organes végétaux sont immergés dans le corps gras fondu il s'agit alors d'un enfleurage à chaud appelé également digestion, cette technique est toujours pratiquée par contre la première est quasi abandonnée vu le temps qu'elle prend et sont faible rendement (BRUNETON, 1999).

e. Extraction par les solvants volatils

L'extraction par les solvants consiste à la mise en contact de la matière végétale avec un solvant qui dissout et extrait les constituants solubles contenus dans la plante. Aussi le choix des solvants obéit à des paramètres techniques et économiques: sélectivité, stabilité, inertie chimique, température d'ébullition pas trop élevée pour permettre son élimination totale, pas trop faible pour éviter les pertes et donc une élévation des coûts, sécurité de manipulation (si possible non toxique et ininflammable) (BRUNETON, 1999). Les solvants les plus utilisés sont des carbures aliphatiques (éther de pétrole, hexane) (PARIS *et al.*, 1981). Les solvants halogènes (dérivés chlorés et fluorés du méthane et de l'éthane) tandis que les carbures aromatiques par exemple: benzène, un bon solvant mais sa toxicité limite de plus en plus son utilisation.

Ce mode d'obtention présente l'avantage de contourner les dégradations probables induites par la présence d'eau et par les PH acides, en revanche il manifeste un majeur inconvénient le manque de sélectivité des solvants, de nombreuses substances lipophiles peuvent dès ce fait se trouver dans les concrètes (huiles fixes, phospholipides, caroténoïdes, cires,...) (BRUNETON, 1999).

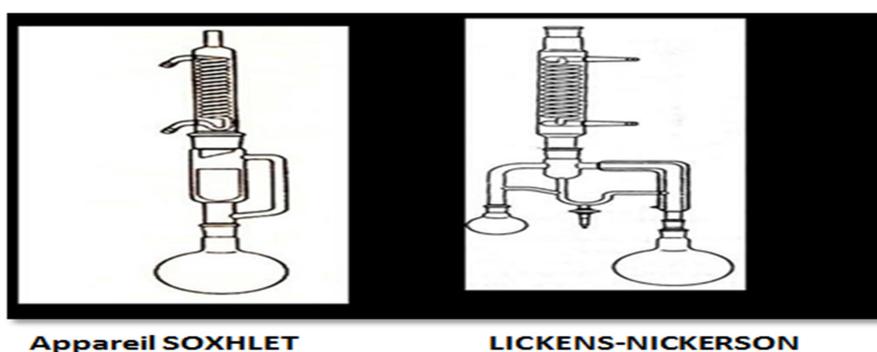


Figure 31: Montage d'extraction par solvant(BRUNETON, 1999).

f. Hydro diffusion ou Percolation

La percolation est une méthode consistant à envoyer la vapeur d'eau, de haut en bas, et non de bas en haut comme pour la distillation. Cette méthode a l'avantage d'être plus rapide et donc moins préjudiciable à la qualité des substances aromatiques. Cependant, la percolation possède l'inconvénient de charger les huiles essentielles en substances non volatiles. Il en résulte des « essences de percolation » et non des huiles essentielles à proprement parler (ATTOU, 2017).

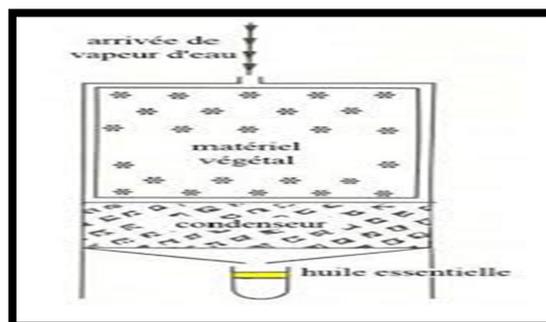


Figure 20: Montage d'hydro diffusion(ATTOU, 2017).

g. Extraction par micro-onde

Les micro-ondes sont des rayonnements électromagnétiques, caractérisées par un champ magnétique et un champ électrique; elles sont courtes à haute fréquences comprise entre les ondes radio et les ondes infrarouges, cette méthode consiste à chauffer la plante sélectivement par un rayonnement micro-ondes dans une enceinte dont la pression est réduite de façon séquentielle; les micro-ondes provoquent la vibration des molécules d'eau présentent dans le système glandulaire et vasculaire du végétal, ce qui produit un échauffement suivi de l'évaporation de l'huile essentielle, qui est entraînée dans le mélange azéotrope formée avec la vapeur d'eau propre à la plante traitée(sans ajout d'eau pour les produits traités en frais). Très rapide et peu consommateur d'énergie, le procédé livre un produit qui est le plus souvent de qualité supérieure à celle du produit d'hydro distillation traditionnelle (temps de travail divisé par 5 à 10 et température plus basse) (BRUNETON, 1999).

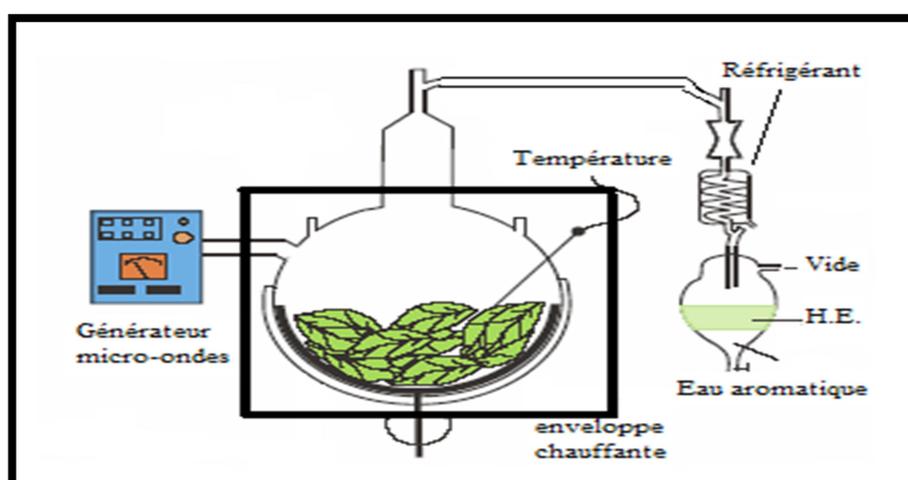


Figure 21: Hydro distillation assistée par micro-ondes (LUCCHESI, 2005).

h. Extraction par des gaz supercritiques

Comme son nom l'indique, le fluide dans cette extraction est porté au-dessous du point critique, qui est caractérisé par la température et la pression qui correspondent à un changement de état physique de la substance, autrement dit, au-delà du point critique, le fluide peut avoir la densité d'un liquide et la viscosité d'un gaz, ce qui lui confère une bonne diffusibilité dans les solides et un bon pouvoir solvant. Si plusieurs gaz peuvent en théorie être utilisés, le dioxyde de carbone emporte l'intérêt car c'est un produit naturel, aisément disponible, inerte chimiquement, ininflammable, strictement atoxique, facile à éliminer totalement, sélective et peu coûteux. Le point critique se situe à $p=73,8$ bars et $T=31,3$ °C (DOUGLAS *et al.*, 2003).

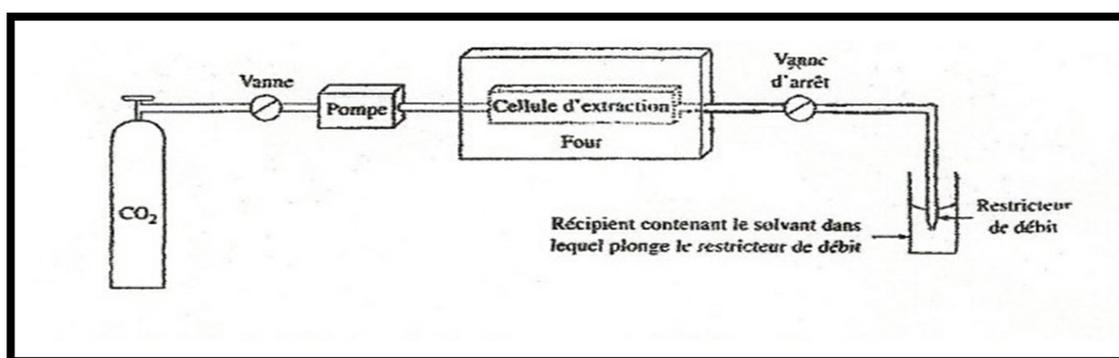


Figure 22: Système d'extraction par les fluides supercritiques (DOUGLAS *et al.*, 2003).

IV. Conservation des huiles essentielles

La plupart des molécules constitutives des huiles essentielles sont insaturées, ce qui les rend instables et sensibles à l'altération. Selon les conditions de conservation, les essences naturelles peuvent être sujettes à des réactions secondaires telles que : le réarrangement moléculaire, la polymérisation, l'oxydation, la fermentation, l'hydrolyse, etc. Les huiles essentielles pures, se conservent officiellement 5 ans. Il est possible de limiter ces dégradations en prenant certaines précautions (BRUNETON, 1993):

- ✚ L'utilisation des flacons de faible volume en aluminium, en acier inoxydable ou en verre brun, entièrement remplis et fermés de façon étanche.
- ✚ Le stockage à basse température.
- ✚ La conservation sous atmosphère d'azote.

Il existe des normes spécifiques sur l'emballage, le conditionnement et le stockage des huiles essentielles (norme AFNOR NF T 75-001, 1996) ainsi que sur le marquage des récipients contenant des HE (norme NF 75-002, 1996) (**RAYNAUD, 2006**).

V. **Caractérisations des huiles essentielles**

Selon **AOUIS (2015)**, les huiles essentielles se différencient des huiles grasses, par leurs propriétés physiques et leur composition, et elles se caractérisent par leurs propriétés organoleptiques (odeur, couleur et goût). Elles possèdent en commun un certain nombre de propriétés physiques:

1) **Caractéristiques organoleptiques**

a. Odeur: L'odorat est un sens chimique très sensible et l'habileté des parfumeurs à classer et caractériser des substances chimiques parviennent à doser les produits naturels et leur perception peut aller jusqu'au dix millionnièmes de grammes par litre d'air.

b. Couleur : La coloration d'une huile essentielle dépend des produits qui la constituent. Certains solvants ont le pouvoir d'extraire beaucoup de pigments, ce qui intensifie la couleur d'une huile donnée.

c. Aspect: L'aspect d'un extrait dépend des produits qui la constituent, qui peuvent nous apparaître sous forme solide, liquide ou bien solide- liquide.

2) **Propriétés physiques**

Elles possèdent en commun un certain nombre de propriétés physiques (**AOUIS, 2015**):

✚ Elles sont peu solubles dans l'eau et solubles dans les solvants organiques tels que, l'alcool, l'éther, le chloroforme, les émulsifiants.

✚ Leur point d'ébullition varie de 160° à 240° C.

✚ Leur densité est en général inférieur à celle de l'eau, elle varie de 0,75 à 0,99 (les huiles essentielles de girofle ou de cannelle constituent des exceptions).

✚ Elles ont un indice de réfraction élevé.

✚ Elles sont rarement inactives sur la lumière polarisée.

✚ Elles dissolvent les graisses, l'iode, le soufre, le phosphore, et réduisent certains sels.

✚ Ce sont des parfums, et sont de conservation limitée.

- ✚ Sont très altérables et sensibles à l'oxydation (mais ne rancissent pas).
- ✚ Ce sont des substances de consistance huileuse, plus ou moins fluides, très odorantes et volatiles.
- ✚ A la température ambiante elles sont généralement liquides.

VI. Fonctions biologiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles permettent aux plantes de s'adapter à leur environnement et assurer leur ultime défense, elles jouent plusieurs rôles écologiques:

- ✚ Interaction plante-plante (inhibition de la germination et de la croissance).
 - ✚ Interaction plante animale, pour leur protection contre les prédateurs.
- (FOUCHE *et al.*, 2008).

VII. Domaines d'utilisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont connus et utilisés dès l'antiquité dans plusieurs domaines tels que:

1) En agriculture

Les pesticides naturels basés, notamment, sur les huiles essentielles représentent une alternative intéressante pour la protection des cultures contre les insectes, les adventices et les champignons, et sont utilisées comme agents de lutte biologique dans plusieurs cas (NEDJAI *et al.*, 2017).

2) En cosmétologie

Les huiles essentielles peuvent être incorporées dans les préparations des produits cosmétiques (HAJJI *et al.*, 2012).

3) En agroalimentaire

Les huiles essentielles sont utilisées comme rehausseurs de goût et pour améliorer la saveur des produits alimentaires élaborés. Actuellement, les industriels souhaitent l'utilisation des huiles essentielles comme conservateurs, au détriment des molécules de synthèse classiques couramment utilisées, telles que les parabènes. (KALOUSTIAN *et al.*, 2012).

4) En médecine et pharmacie

A nos jours, les utilisations empiriques des huiles essentielles ont cédé la place à des recherches modernes, approfondies, fondées sur des bases scientifiques. Grâce à

leurs propriétés antiseptiques, les huiles essentielles sont très utilisées dans le traitement de nombreuses maladies infectieuses (AISSANI, 2015).

3.2.2. Les Extraits aqueux

I. Définition

Tout comme les HE, des travaux de recherches scientifiques attestent par leurs résultats que les extraits de plantes ont des propriétés intéressantes contre les microorganismes. SURESH *et al.*, (1997), ont montré que l'extrait des feuilles vertes de neem réduit l'infection due à *Puccinia arachidis* Speg. De même, SOMDA *et al.*, (2003), attestent que les extraits aqueux de *Portulaca oleracea* L. à 30% réduisent la croissance radiale de *Bipolaris maydis* (Nisikado et Miyake) Shoem Dans le même ordre d'idées, BONZI (2005), révèle que les extraits de feuilles fraîches de *Cassia occidentalis* L. concentrés à 50, 75 et 100% sont efficaces contre *B. maydis* (Nisikado et Miyake) Shoem, *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc., *Curvularia sp.* Et *Phoma sorghina* (Sacc.) Boerema, Dorenbosch et Van Kesteren en traitement de semence de maïs.

3.3. Utilisation des plantes en protection des végétaux

Il existe un grand nombre de plantes qui ont des propriétés pesticides. Les flores locales cultivées ou spontanées, offrent beaucoup de possibilités pour la lutte phytosanitaire. Un exemple bien connu est celui du Neem ou Margousier d'Inde (*Azadirachta indica*), un arbre présent un peu partout en Afrique. Toutes ses parties, mais surtout ses graines, contiennent une substance active (azadirachtine) que l'on peut utiliser comme insecticide, et qui est efficace contre un grand nombre d'insectes tels que la noctuelle de la tomate (*Helicoverpa armigera*), la teigne des choux (*Plutella xylostella*), la coccinelle et des cucurbitacées (*Henosepilachna elaterii*), les thrips et les pucerons. Les autres produits végétaux possédant des propriétés insecticides sont le pyrèthre, la roténone (extraite du Derris), le piment, l'ail, le curcuma ou le tabac dont les extraits sont surtout efficaces contre les pucerons et les thrips (CARINA, 1981).

En outre, beaucoup d'autres plantes ont des effets insectifuges (basilic, carotte citronnelle, écorce de citrus, eucalyptus, oignon, tagète et même les feuilles de tomate), fongicides (ail, amarante, manioc amer, oignon, papayer, piment rouge, ricin,...), nématocides (crotalaire, lilas de Perse, ricin, tagète,...). Leur efficacité

dépend de l'organe de la plante utilisé (graines, écorce, feuilles, tiges, bulbes,...) et du moment de prélèvement de celui-ci (**BOURAS et BENHAMZA, 2013**).

3.4. Activités biologiques des extraits

Les huiles essentielles, par la diversité des constituants qui les composent, sont des substances très actives (**HILAN *et al.*, 2006**). Leur activité biologique dépend des caractéristiques qualitatives et quantitatives de leurs composants qui sont à leur tour influencés par le génotype de la plante, le chémotype de l'huile essentielle ainsi que l'organe et la méthode d'extraction, la saison, l'origine géographique de la plante et ses conditions bioclimatiques et agronomiques (**SHIRZAD *et al.*, 2011**).

Les huiles essentielles ont un spectre d'action très large puisqu'elles inhibent aussi bien la croissance des bactéries que celles des moisissures et des levures. Leur activité antimicrobienne est principalement fonction de leur composition chimique, et en particulier de la nature de leurs composés volatils majeurs (**HULIN *et al.*, 1998**).

3.4.1. Activité antifongique

Les huiles essentielles agissent sur la biomasse et la production des pseudos mycélium et inhibent la germination des spores, l'élongation du mycélium, la sporulation et la production de toxines chez les moisissures (**OUSSALAH, 2006**).

Les mycoses sont d'une actualité criante, car les antibiotiques prescrits de manière abusive favorisent leur extension, avec les huiles essentielles on utilisera des monoterpénols (géraniol, menthol, terpinéol), aldéhydes (néral, géranial, on ajoutera les sesquiterpéniques et les lactones sesquiterpéniques. Par ailleurs, les mycoses ne se développent pas sur un terrain acide. Ainsi il faut chercher à alcaliniser le terrain (**BELKOU, 2005**).

3.4.2. Activité antibactérienne

Les huiles essentielles agissent en empêchant la multiplication des bactéries, leur sporulation et la synthèse de leurs toxines. Les phénols (carvacrol, thymol) possèdent le coefficient antibactérien le plus élevé, suivi des monoterpénols (géraniol, menthol, terpinéol), aldéhydes (néral, géranial) (**AMARTI *et al.*, 2010**).

3.4.3. Activité antivirale

Les virus donnent lieu à des pathologies très variées dont certaines posent des problèmes non résolubles aujourd'hui. Les huiles essentielles constituent une aubaine

pour traiter ces fléaux infectieux, les virus sont très sensibles aux molécules aromatiques (SHUKLA *et al.*, 1989).

Les huiles essentielles riches en phénols ont montré une activité antivirale contre certains virus notamment l'Herpes simplex (GIRARD, 2010).

3.4.4. Activité insecticide

En effet, les plantes constituent une source de substances naturelles (huiles essentielles et autres substances), qui présentent un grand potentiel d'application contre les insectes et d'autres parasites des plantes, et du monde animal (BOUZOUITA *et al.*, 2008).

3.4.5. Activité antioxydant

Les antioxydants sont des substances capables de neutraliser ou de réduire les dommages causés par les radicaux libres dans l'organisme et permettent de maintenir au niveau de la cellule des concentrations non cytotoxiques de ROS (VANSANT, 2004).

Notre organisme réagit donc de façon constante à cette production permanente de radicaux libres et on distingue au niveau des cellules deux lignes de défense inégalement puissantes pour détoxifier la cellule (FAVIER, 2003).

3.5. Modes d'action des plantes à effets pesticides

selon DAGNOKO (2009) Les substances actives contenues dans ces plantes agissent de différentes manières sur les insectes et les maladies:

3.5.1. Sur les insectes, elles ont un

- a. **Effet répulsif** : les insectes sont repoussés par le goût et l'odeur de ces substances.
- b. **Effet insecticide**: par ingestion des feuilles traitées, certains insectes meurent.
- c. **Effet sur le comportement sexuel**: après traitement avec certaines plantes alternatives, on constate un changement de comportement ou de diminution de la capacité de reproduction pouvant aller jusqu'à la stérilité complète de l'insecte.

3.5.2. Sur les maladies, elles

- a. Inhibent le développement des champignons.

b. Renforcent les défenses immunitaires des plantes contre la plupart des parasites (mildiou, oïdium,...) (**BOURAS et BENHAMZA, 2013**).

3.6. Avantages et importance économique de la lutte biologique par les extraits des végétaux

La plante constitue un grand potentiel pour nos sociétés. Outre le rôle alimentaire, médicinal, social, culturel et socio-économique, la plante ou les produits dérivés de plantes sont utilisés pour la conservation ou pour la protection des récoltes et des plantes en végétation.

L'emploi des extraits de plantes comporte des avantages certains. Avec l'augmentation des prix des produits chimiques et la rareté de ces produits sur les marchés locaux, les produits biodégradables provenant de plantes constituent une bonne alternative qui permet aux producteurs de pouvoir assurer la protection de leurs semences à un coût relativement faible (**BOUDA *et al.*, 2001**). La réduction de l'emploi des pesticides chimiques due à l'utilisation des extraits de plantes contribue énormément à la réduction de la pollution de l'environnement et cela permet également d'améliorer la santé publique des populations. L'emploi des extraits des plantes dans la lutte contre les champignons est prometteur compte tenu de leur efficacité et de leur innocuité sur l'environnement (**WEAVER et SUBRAMANYAM, 2000**).

4. Plantes étudiées

4.1. *La mentha piperita*

Les lamiacées ou labiatae (Lamiacées, Labiacées ou Labiées) sont une importante famille de plantes dicotylédones qui comprend environ 6000 espèces et près de 20 genres. Ou on trouve la menthe poivrée qui est une plante herbacée ce type de menthe serait issue d'un croisement entre *Mentha aquatica* et *Mentha spicata* (**PARIS & MOYSE, 1971**).

La *menthe poivrée* est originaire de l'Inde. Elle est cultivée en Europe centrale et du sud, Amérique du Nord et du sud, Asie, Afrique du Nord, Presque dans le monde entier. Elle se trouve à l'état sauvage dans toute l'Australie, l'Amérique du Nord et en Europe (**CHARLES, 2013**). S'adaptant à tous les climats hormis les plus extrêmes. Elle aime les terrains frais, argileux et calcaires (**ZYBEK, 2000**).

A. Description morphologique

La menthe poivrée est une plante indigène cultivé de la famille des labiées, herbacée a végétation vigoureuse, son odeur pénétrante spéciale et une saveur aromatique, brûlante mais laisse une sensation de fraîcheur (HAMMAMI et ABDESSELEM, 2005).

C'est une herbe annuelle, semblant pérenne en se reproduisant à partir de nombreux stolons, traçants, rampant, chevelu, aériens ou souterrains, à racine adventives (BABA AISSA, 1999). *La menthe poivrée* est caractérisée par des tiges quadrangulaires le plus souvent violacées (BRUNETON, 1999). Un peu velue de 50à80 cm de haut, dressée ramifiée, se divise en rameaux opposés (HAMMAMI et ABDESSELEM, 2005).

Les feuilles sont ovales ou lancéolées et crénelées en scie, opposées par paires longues de 4 à 8cm courtement pétiolées, de couleur vert pale souvent teintées de rouges pas de stipules (BENAYAD, 2008). Adaptation des feuilles aux climats secs caractérisée par un limbe coriace, réduite et des poiles sécréteur (DANIEL *et al.*, 2002) (Fig.35).

Les fleurs, violacées, forment des épis très courts, ovoïdes, à l'extrémité des rameaux. Le fruit, divisé en quatre parties, est entouré d'un calice persistant. Son odeur est puissante, sa saveur piquante et rafraichissante (JAHANDIEZ *et al.*, 1934).



Figure 23: La menthe poivrée ou *mentha piperita* (GAYDA, 2013).

B. Systématique botanique

Selon KOUAME *et al.*, (2016), La classification botanique est :

Tableau 09: Classification du *menthe poivrée*.

Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Gamopétales
Ordre	Sympétales
Famille	Lamiacées (labiacées)
Genre	<i>Mentha</i>
Espèce	<i>Mentha piperita</i>

La menthe poivrée à plusieurs noms à travers le monde, en voici quelques un:

1) En Europe

- ✓ **Anglais:** Peppermint.
- ✓ **Espagnol:** Hierbabuena , menta ,Piperita.
- ✓ **Portugais:** Menta.
- ✓ **Français:** Menthe anglaise, *Menthe poivrée*, Sentebon (**HAMMAMI**

et ABDESSELEM, 2005).

2) En Afrique

- ✓ **Arabe:** nânâ folfoli.

3) En Asie

- ✓ **Inde:** Pudina ,pudinha.
- ✓ **Chine:** Ara nae, bai sa ra naie saranae (**HAMMAMI et**

ABDESSELEM, 2005).

C. Principaux composants chimiques

La composition des huiles essentielles est déterminée par la chromatographie gazeuse (GC) et spectrométrie de masse (SM).

La réalisation des extraits avec différentes parties de la menthe poivrée ont montré la diversité et la richesse en plusieurs constituants tel que : flavonoïdes (lutéolme, menthoside), tocophérols, azulènes, l'acide rosmarinique, des terpènes, des caroténoïdes, des tanins et huile essentielle (CHARLES, 2013).

Les huiles essentielles représentent de 1 à 3% de la masse de la matière sèche de la partie aérienne de la plante, leurs principaux constituants sont Le menthol (monoterpénol) : 35 à 70 % et la menthone (cétone) : 20 à 30 %, et d'autres composés minoritaires tels que la menthofuranne : 1 à 2 %, les monoterpènes : 2 à 18 %, les sesquiterpènes : 6 %, les esters (Acétate de menthyle) : 2 à 10 %, les oxydes (cinéole) : 5 à 10 %, entre autres (ABADLIA et CHEBBOUR, 2014).

Cependant, la composition chimique de la *menthe poivrée* est susceptible d'évoluer en fonction des conditions de production (assises de sol, régions, conditions climatiques et environnementales, ..).

D. Utilisation

La menthe poivrée est importante en utilisation industrielle comme aromatisant aussi bien pour les produits médicamenteux que pour ceux de la parapharmacie et de l'hygiène .l'industrie agro-alimentaire est le principal consommateur: liquoristerie (liqueur, sodas, sirops à diluer) confiserie (bonbon et sucre cuits ,pâtes à mâcher , chocolat) l'industrie de tabacs et la parfumerie, 90% de la production mondiale d'essence de *menthe poivrée* est produite par les USA (HAMMAMI et ABDESSELEM, 2005).

Elle est utilisée pour soulager les maux de tête, traite les parasites de la peau (démangeaisons cutanées). Elle traite l'inflammation des voies respiratoires et de la muqueuse buccale, soulage les symptômes, du rhume et de la toux, les douleurs Rhumatismales musculaires, et névralgiques (HAMMAMI et ABDESSELEM, 2005).

Les propriétés antivirales ont été approuvées pour plusieurs espèces de menthes. Les huiles essentielles de *M. piperita* et *M. spicata* ont été évaluées pour leurs activités antivirales contre l'herpès simplex de type-1 (HSV-1) et la para-influenza de type-3. Les deux huiles ont exhibé une activité antivirale plus forte contre l'herpès HSV-1 (ORHAN *et al.*, 2012).

On l'utilise aussi contre les parasites, les tiges et les fleurs de la menthe sont brûlés pour chasser les puces des matelas et des animaux domestiques, on peut aussi placer les sachets de menthe auprès des sacs de grains et de fromage pour chasser les rongeurs (FOURNIER, 1948).

4.2. *Allium sativum*

L'ail est originaire d'Asie Centrale. De là, il passera en Egypte puis dans le bassin méditerranéen. Aujourd'hui, sa culture est largement répandue en Europe. Il croît sans intervention humaine en Sicile, en Espagne, en Egypte et en Algérie (DAIF, 1993). En France, il est cultivé en Limagne, dans les régions du sud-ouest et de la vallée de la Loire. Sa culture peut se faire à partir de bulbilles situés dans l'inflorescence ou à partir des fragments du bulbe (caïeux) (DELAVEAU, 1982).

A. Description morphologique

Plante pérenne herbacée, bulbeuse, rarement bisannuelle ; atteignant 25 à 70cm de hauteur, son odeur est forte et piquante. Elle a des feuilles plates, longues et étroites, la tête d'ail est un bulbe constitué par des caïeux, fixés sur un plateau d'où partent les racines. L'inflorescence est enveloppée d'une spathe en une seule pièce tombant assez rapidement. Les fleurs sont groupées en ombelles. Assez peu nombreuses, elles sont de couleur blanche ou rose et s'épanouissent en été. Le fruit est une capsule à trois loges, mais celle-ci est rarement produite (BRUNETON, 1999). La racine à bulbe est composée de trois à 20 bulbilles (gousses) arqués (les caïeux). Sa tige est creuse et peut atteindre 50 cm de hauteur.

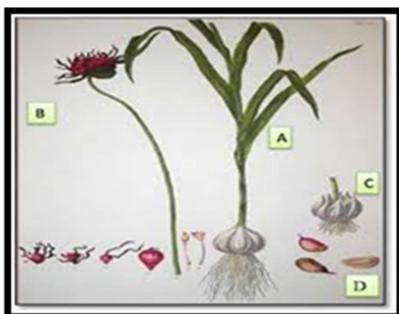


Figure 25 : Présentation de la plante d'*Allium sativum* (MOUMEN, 2016).

A : les feuilles ; B : Inflorescence
C : bulbe d'ail ; D : gousses d'ail.

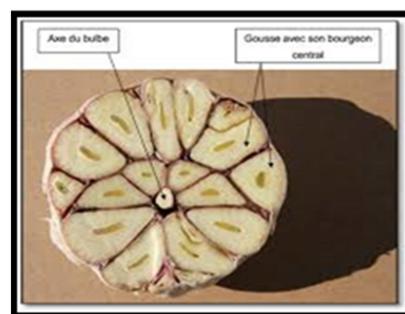


Figure 24 : Coupe transversale d'un bulbe d'*Allium sativum* (COLIN, 2016).

B. Systématique botanique

Situation botanique de l'espèce *Allium sativum* (BENZEGGOUTA, 2005).

Tableau 10: Classification d'*Allium sativum*.

Règne	Plantae
Sous- Règne	Tracheobionta
Embranchement	Magnoliophyta
Sous-embranchement	Magnoliophytina
Classe	Liliopsida
Sous-classe	Liliidae
Ordre	Liliales (Asparagales)
Famille	Aliaceae (ex Liliaceae)
Genre	<i>Allium</i>
Espèce	<i>Allium sativum</i>

- ✓ **Nom commun** : Ail, ail cultivé, ail à tige tendre, thériaque des pauvres.
- ✓ **Nom vernaculaire arabe** : thoum, ثوم (MOUMEN, 2016).
- ✓ **Parties utilisés** : Bulbes (GHOURRI , ZIDANE , DOUIRA , 2013).

C. Principaux composants chimiques

La composition chimique varie en fonction de la variété cultivée, du lieu de culture, du moment de la récolte, et des conditions de stockage des bulbes (BRUNETON, 2009).

La gousse d'ail contient des polysaccharides de réserves (Fructanes), des acides aminés, des enzymes (l'alliinase, la peroxydase et la catalase) ainsi que des composés soufrés responsables de la majorité de ses propriétés thérapeutiques telles que l'aliine. L'ail est riche en éléments minéraux: P, K, S, Zn, Ca, Cu, Mg et en oligo-éléments comme le sélénium et le germanium. Cette plante renferme aussi des vitamines A, B1, B2, PP et C et des acides gras essentiels (Vitamine F) (MEDDEB, 2008).

Les protéines représentent 6% de la composition totale d'*Allium sativum*. Les principales protéines sont les agglutinines ASA I (ASA 25) et ASA II (ASA 110) (TRUDEL, 2005).

La proportion de glucides que renferme l'ail est variable selon les sources, mais elle avoisine les 30% de sa composition (COLIN, 2016).

L'ail contient une proportion très faible voire négligeable de lipides. Il apporte de petites quantités d'acide linoléique (acide gras oméga 3) et d'acide linoléique (acide gras oméga 6), qui sont des acides gras (polyinsaturés) essentiels, que l'organisme ne peut synthétiser (MINKER, 2012).

Les flavonoïdes majoritaires chez l'ail sont l'apigénine et la myricétine (COLIN, 2016).

Les saponines telles que le proto-eruboside-B, et l'adénosine qui est une autre substance contenue dans cette espèce.

D. Utilisation

L'ail est une plante alimentaire très commune, un condiment commercialisé dans le monde entier mais qui possède aussi des propriétés pharmacologiques et thérapeutiques fort intéressantes. Au cours des dernières décennies, les chercheurs ont publié plus de 2000 recherches scientifiques et un grand nombre d'études ont été réalisées afin de mieux connaître les principes actifs de l'ail et leurs effets physiologiques (BRUNETON, 2009).

La sagesse populaire le dit, la recherche le confirme : l'ail agit sur tous les fronts : il réduit les taux de cholestérol et de triglycérides, fluidifie le sang, diminue la pression artérielle, neutralise les radicaux libres (BUDOFF, 2004).

Les propriétés antibactériennes et antifongiques de l'ail sont bien connues, au cours de divers essais, l'ail a été administré des sujets souffrant de gastroentérite, de pneumonie, de gingivite, etc. (SHARIFI-RAD *et al.*, 2016).

D'autre part, 30 études ont porté sur l'activité antivirale de l'ail dont 23 ont été réalisées *in vitro* et sur des animaux, et 7 sur des humains, notamment contre les virus du rhume et de la grippe (GRUN, 1998).

L'ail est aussi un insecticide naturel redoutablement efficace et très utile aux amateurs de jardinage (plantez de l'ail entre vos rosiers ou autres fleurs, vous éviterez les pucerons) (www.action-web).

Par ailleurs, certaines études ont démontrés l'effet antihyperglycémique de quelques extraits de l'*Allium sativum* sur le diabète expérimental induit chez le rat (**HOSSEINI et HOSSEINZADEH, 2015**). En plus, l'administration intra péritonéale de l'extrait aqueux de l'ail chez les rats diabétiques réduit l'activité de l'ACE; enzyme impliquée dans les complications vasculaires du diabète (**BALUCHE NJADMOJARD et al., 2003**).

4.3. *Nicotiana rustica*

Ils sont introduits en Algérie par les turcs et demeurait longtemps un produit de luxe (**I.T.C.M.I, 1998**). Cultivés dans les oasis, les *Nicotiana rustica* ou tabacs soufi sont renommés comme tabacs à priser. L'usage de priser est encore très répandu, les priseurs introduisent le plus souvent la poudre dans l'arrière-cavité des fosses nasals (**TRABUT, 1830**).

A. Description morphologique

La *Nicotiana rustica* est une plante annuelle de 30 cm. à 1 mètre, velue-glanduleuse, à odeur vireuse. Tige, herbacée, dressée, cylindrique, simple ou rameuse. Les Feuilles sont isolées entières, molles, un peu grasses, ovales-obtuses, ondulées aux bords, parfois un peu en cœur à la base, toutes pétiolées, alternes. Fleurs hermaphrodite d'un vert jaunâtre, en cymes rapprochées en panicule étroite ; corolle cylindrique en entonnoir, 2-3 fois plus longue que le calice, à tube court renflé au-dessus de la base, à limbe étalé à lobes arrondis-obtus parfois mucronulés ; Capsule sub-globuleuse, dépassant peu le calice (**CÉLINE, 2010**) (**Fig.38**).

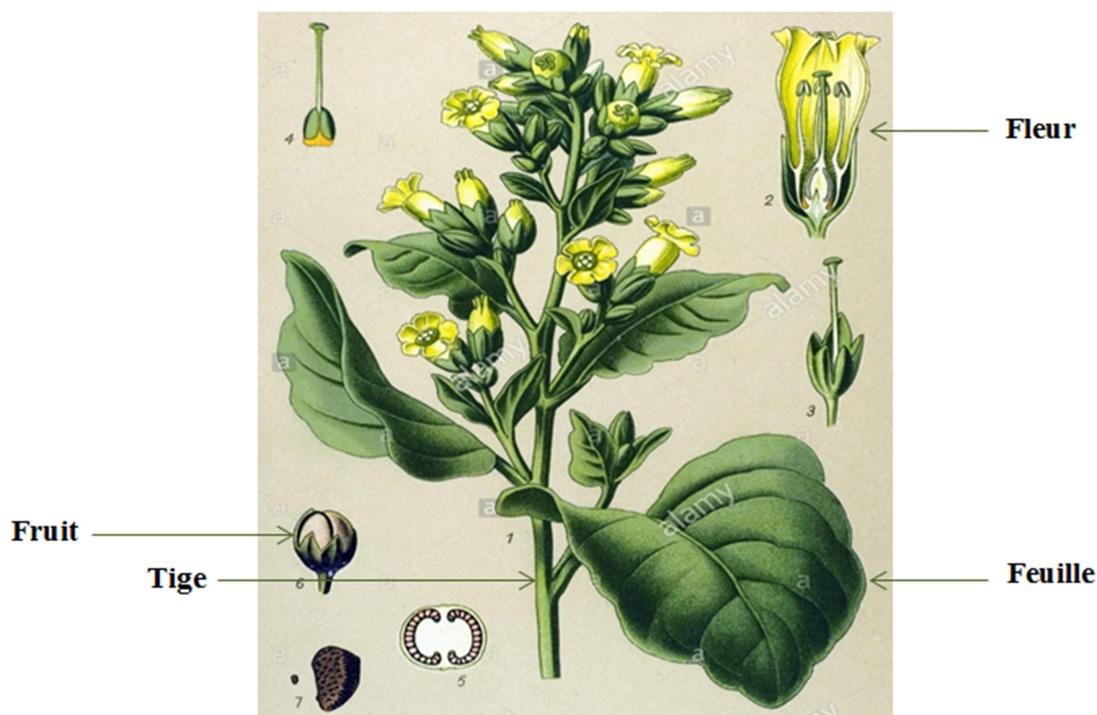


Figure 26: *Nicotiana rustica* (CÉLINE, 2010).

B. Systématique botanique

Selon I.T.C.M.I (1998):

Tableau 11: Classification du *Nicotiana rustica*.

Règne	Plantae
Classe	Dicotylédone
Ordre	Solanales
Famille	Solanaceés
Tribu	Cestreae
Genre	<i>Nicotiana</i>
Espèce	<i>Nicotiana rustica</i>

✓ **Nom commun:** Tabac soufi

C. Principaux composants chimiques

Les feuilles vertes de tabac (*Nicotiana rustica*) contiennent (en pourcentage de poids sec) :

- ✓ 40 % de glucides (amidon, cellulose, sucres simples).
- ✓ 15 à 20% de protéines et d'acides organiques.

✓ 63% d'alcaloïdes gras: la nicotine est 16%; les autres alcaloïdes du Tabac sont chimiquement proches de la nicotine, les plus importants sont l'anabasine, la nor nicotine et la cotinine (principal métabolite de la nicotine) (I.T.C.M.I, 1998).

D. Utilisation

Le Tabac est considéré dans la médecine traditionnelle amazonienne comme la plante maîtresse de première importance. Il existe une hiérarchie au sein des plantes maîtresses, le Tabac est considéré comme le père et l'Ayahuasca la mère (CÉLINE, 2010).

Cela fonctionne sur stimulation du système nerveux central et périphérique, Artériorelaxante (démontrée sur l'aorte de lapin, selon le protocole (Vanhoutte) Bradychardisante observée chez l'animal mais non vérifiée chez l'homme, ainsi que stimulante sur la biosynthèse de prostacycline (PGI₂) (CÉLINE, 2010).

1. Objectifs du travail

Ce travail a été effectué dans les laboratoires du département d'agronomie de l'université Echahid Hamma Lakhdar –El OUED. L'objectif principal de cette étude est basé sur l'échantillonnage et l'isolement de certaines souches des maladies cryptogamiques à partir des différentes parties de plantes de la pomme de terre (tiges, feuilles, tubercules) présentant les symptômes de ces maladies. Ces échantillons ont été collectés dans différents endroits dans la région d'EL-OUED en 2020. Le second objectif de cette étude consiste à essayer de mettre en évidence l'activité antifongique des extraits de trois plantes (*Mentha piperita*, *Allium sativum*, *Nicotiana rustica*), qui seront utilisées comme substances naturelles alternatives des produits chimiques utilisées dans le traitement.

2. Localisation de la zone d'étude

I. Situation géographique

La région d'El-Oued est située au Nord-est du Sahara algérien (Bas-Sahara), aux confins septentrionaux du Grand Erg Oriental, entre les parallèles (33° et 34° Nord, et (6° et 8° Est. Cette immense étendue sablonneuse se trouve, d'une part, à mi-chemin entre la mer méditerranée au Nord et la limite méridionale du Grand-Erg Oriental au Sud, et d'autre part, à égales distances entre le golfe de Gabès à l'Est et l'Atlas Saharien l'Ouest (EL OUED SOUF, 2009). La zone est délimitée par :

-  La frontière Algéro-Tunisienne (chotts El-Djerid : région de Tozeur) à l'Est.
-  Les chotts Melghir et Merouane au Nord (région de Biskra).
-  L'Oued-Righ (région de Touggourt) à l'Ouest.



Figure 27: Situation géographique de la zone d'étude (extension de l'Erg Oriental au sud) (EL OUED SOUF, 2009).

El-Oued forme un massif dunaire qui se trouve à environ 700 Km au Sud – Est d'Alger et 350 Km à l'Ouest de Gabes (Tunisie) avec une largeur d'environ 160 km.

L'altitude moyenne d'El-Oued est de 80 m, alors que celle des Chotts, situés au Nord, elle descend jusqu'à moins 40 m (surface topographique) au- dessous du niveau de la mer. Il couvre une superficie de 80000 km² (D.S.A, 2013).

Après le découpage administratif de 1984, la wilaya d'El-Oued est délimitée par:

- ✚ Les wilayas de Biskra, Khenchela et Tébessa, au Nord.
- ✚ La frontière Algéro-Tunisienne à l'Est.
- ✚ Les wilayas de Biskra, Djelfa et Ouargla, à l'Ouest.
- ✚ La wilaya d'Ouargla au Sud (Fig.40).

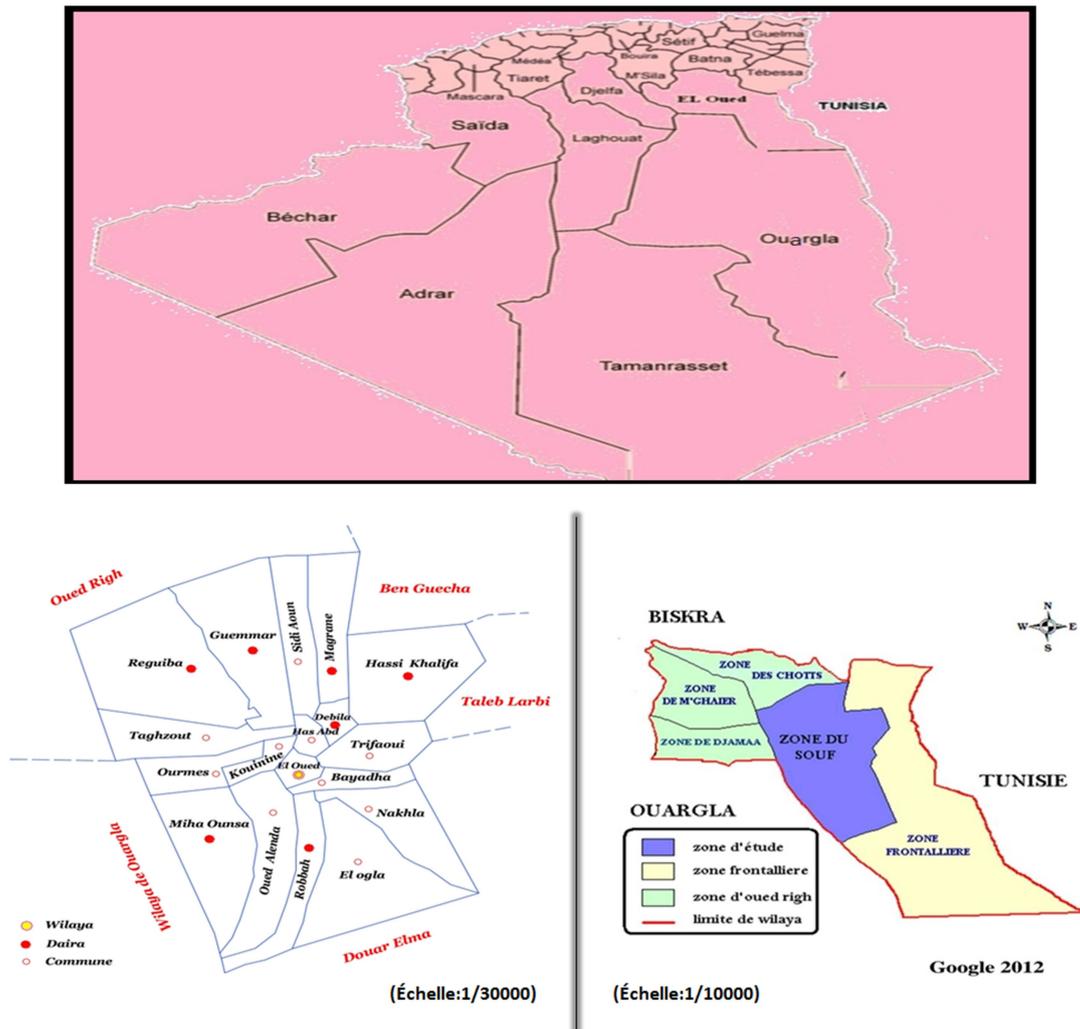


Figure 40: Situation géographique de la zone d'étude selon le découpage administratif (ENCARTA, 2014).

II. Contexte écologique de la région d'étude

A. Facteurs abiotiques

a. Relief

Le relief est très accidenté et couvert de chaînes des dunes surtout la partie sud-ouest, atteignant 100 m d'hauteur, et reposant sur une formation quaternaire de plusieurs dizaines de mètres de sable fin éolien, compact, homogène et uniforme avec l'existence d'un nombre important de cratères creusés par l'homme (Ghouts) et des acquêtes (vide entre les dunes : houds).

Dans le sud du Souf, on rencontre des dunes immenses et bien différenciées, atteignant parfois 200 m de hauteur; on les appelle les Ghroudes.

b. Facteurs hydrogéologiques

La wilaya d'El Oued présente des potentialités en eau assez importantes, représentées par trois types d'aquifères, l'un libre correspondant à la nappe phréatique, les deux autres sont captifs, correspondant aux nappes multicouche du complexe terminal et la nappe du continental intercalaire.

❖ **Nappe phréatique**

La nappe phréatique présent dans toute l'Oasis du Souf correspond essentiellement à la partie supérieure des formations continentales déposées à la fin du Quaternaire, elle peut être rencontrée à des profondeurs variant de 10 et 83 mètres. Vu son importance, cette nappe représentait la source principale d'irrigation d'importantes palmeraies, elle est surtout exploitée par des puits traditionnels. La profondeur du toit de cette nappe dépasse parfois 20 mètres (GHENABZIA, 2016).

❖ **Nappe du Complexe Terminal (CT)**

La zone de production de cette nappe se situe entre 200 et 500 m, le débit moyen par forage varie entre 25 et 35 l/s avec une qualité chimique de 2 à 3 g/l de résidu sec. Le niveau hydrostatique de la nappe oscille entre 10 et 60 mètres selon les zones (DREW, 2007).

❖ **Nappe du Continental Intercalaire (CI)**

La nappe du Continental Intercalaire est captée à une profondeur moyenne de 1900 m, l'eau de cette nappe se distingue par sa température très élevée atteignant plus de 60 °C, et un résidu sec de 2 à 3 g/l (DREW, 2007).

c. Sol

Les sols de la région du Souf sont généralement peu évolués. Les couches arables sont constituées d'un sol sablonneux de forte profondeur et ne constituent pas des couches rocheuses. Par ailleurs, ces sols se caractérisent par une faible teneur en matière organique, par une structure particulière à forte perméabilité et par une texture sableuse. Le sable du Souf se compose de Silice, Gypse, de Calcaire et parfois d'Argile (VOISIN, 2004).

d. Climat

Le climat dans la région du Souf est de type aride, avec des étés chauds, et des hivers doux.

Etude Expérimentale

Les principales contraintes climatiques restent : la fréquence des vents violents, tels que : le sirocco et les vents de sable (D.P.A.T. 2005). Les données relatives aux différentes composantes qui caractérisent le climat (pluies, vents, température, humidité, évaporation). L'analyse des données climatiques enregistrées durant 12 ans, de 2008 à 2019, nous ont permis d'étudier les paramètres climatiques suivants:

❖ Température

La température est un paramètre important dont il faut tenir compte pour la caractérisation d'une région d'étude.

La région du Souf est caractérisée par une température moyenne annuelle qui oscille entre 34,23°C. Les mois les plus froids sont Janvier et Décembre avec 11,78 et 12,47 °C. Les températures les plus élevées varient entre 34,68 et 33,78 °C, et correspondent aux mois de Juillet et Août.

Tableau 12: Températures moyennes mensuelles (2008-2019) (TUTTIEMPO, 2019).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
T(C°)	11,78	13,05	17,23	23,67	26,2	31,07	34,68	33,78	29,78	33,77	16,9	12,47

❖ Précipitation

Les précipitations sont très rares et irrégulières (irrégularité mensuelle et annuelle), leur répartition est marquée par une sécheresse quasi absolue du mois de Mai jusqu'au mois d'Août, et un maximum au mois de septembre avec 15 mm, avec une moyenne annuelle cumulée de précipitation de 82,63 mm.

Tableau 13: Précipitations moyennes mensuelles (2008-2019) (TUTTIEMPO, 2019).

Mois	Jnv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Pmoy
P(mm)	4,9	9,9	9,8	14,3	4,5	2,3	2,03	2,5	15	3,6	10	3,8	82,63

❖ Humidité Relative

L'humidité représente le pourcentage de l'eau existant dans l'atmosphère sous forme de vapeur ou bien le nombre de gramme de vapeur d'eau contenue dans un mètre cube d'air. L'humidité est mesurée au moyen de l'hygromètre (ONM, 2020).

Tableau 14: Humidités moyennes mensuelles (2008-2019) (TUTTIEMPO, 2019).

Mois	Jnv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Humidité(%)	59,9	48,8	43,6	38,7	33,8	30,4	27,3	31,6	42,4	49,05	55,1	60,82

La moyenne la plus forte pour la période d'étude est celle du mois de décembre (60,82%), et la plus faible est celle de juillet (de 27,3%).

❖ **Vents**

La direction des vents dans la région d'El-Oued est Est, Nord-Est prédominant, puis à un degré moindre ceux de direction Ouest et Sud-Ouest, caractérisé par des températures très élevés (Sirocco).

Tableau 15: Vitesses moyennes des vents mensuelles (2008-2019) (TUTTIEMPO, 2019).

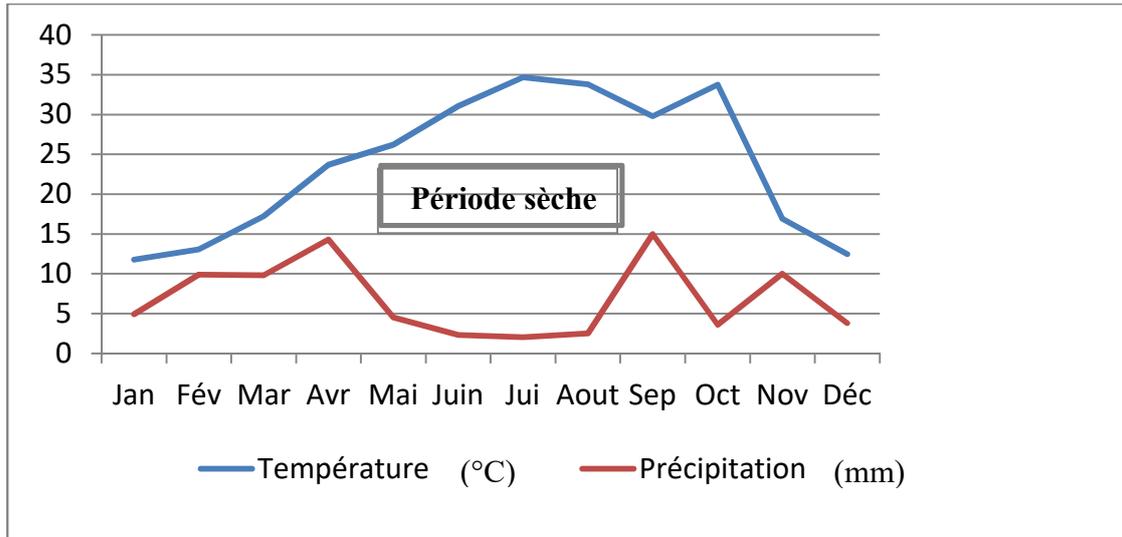
Mois	Jnv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Vitesse (Km/h)	18,3	21,21	22,43	27,9	24,86	23,41	21,4	23,6	20,23	17,5	17,64	17,05

e. **Synthèse climatique**

❖ **Diagramme ombrothermique de Bagnauls et Gausсен**

Le diagramme ombrothermique permet de déterminer ou de mettre en évidence la période sèche et la période pluvieuse pour une région donnée. Il met en rapport les températures et les précipitations moyennes mensuelles, avec $P \geq 2T$.

Le diagramme ombrothermique de Gausсен **graphe N° 04** montre que la sécheresse est permanente durant toute l'année à cause des faibles précipitations et des températures élevées.



Graphe 4 : Diagramme ombrothermique de "Bagnouls et Gausсен" de la région du Souf (2008-2019).

❖ **Climagramme d’Emberger**

Le quotient pluviométrique d’Emberger permet de distinguer les différents étages climatiques méditerranéens (humide, subhumide, semi-aride, aride et saharien) ainsi que les variantes de chaque étage (hiver doux, frais, froid ou chaud). Il est fonction de la température moyenne maximale (M) du mois le plus chaud, de la température moyenne minimale (m) du mois le plus froid et de la pluviosité annuelle (p) en mm (DAJOZ, 2000).

Selon STEWART (1969), le quotient est écrit comme suit :

$$Q_2 = 3,43 \times P / (M - m)$$

✚ **P :** Somme des précipitations annuelles exprimées en mm.

✚ **M:** Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud exprimées en °C.

✚ **m:** Moyenne des températures minimales du mois le plus froid exprimées en °C.

Le quotient pluviométrique de la région du Souf calculé sur une période de 12 ans allant de 2008 jusqu’à 2019, est égal 5,94. En rapportant cette dernière valeur sur le Climagramme d’Emberger avec la température des mois les plus froids (m = 5,45 °C), il est à constater que la région du Souf se situe dans l’étage bioclimatique saharien à hiver doux (Fig. 41).

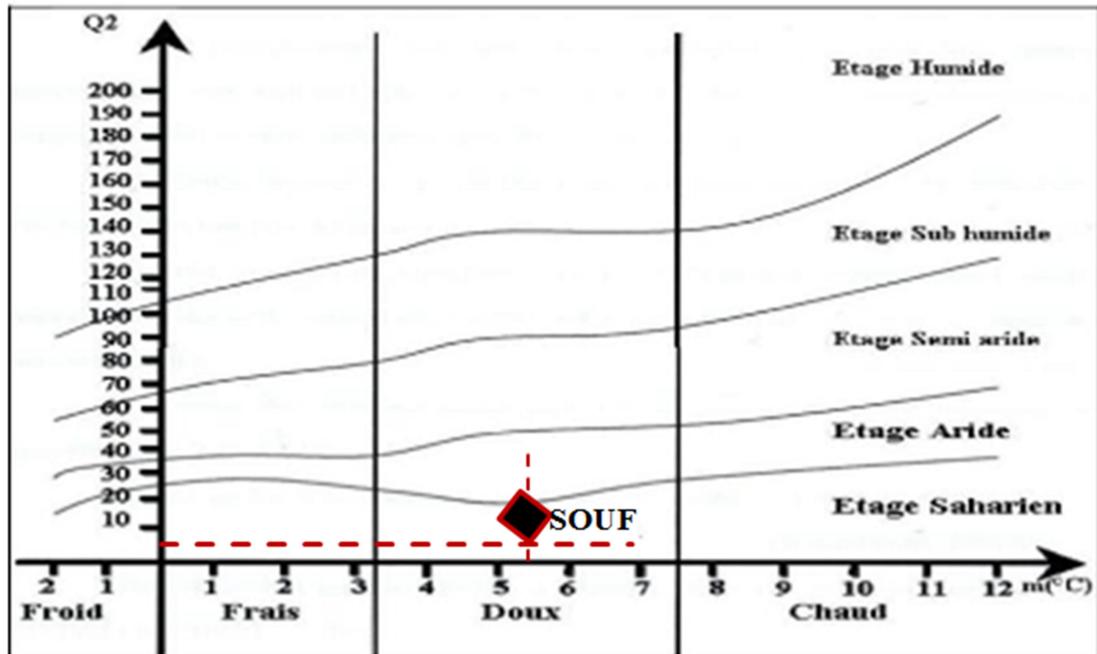


Figure 41: Localisation de l'étage bioclimatique de souf sur le climagramme d'Emberger.

B. Facteurs biotiques

a. Flore et végétation

La végétation joue un rôle essentiel dans la protection du sol, elle exerce une protection mécanique directe sur l'écoulement pluvial en diminuant la force vive des eaux et en favorisant leur infiltration (RAMADE 1984).

D'après OZENDA (2004), La flore saharienne, apparaît comme très pauvre si l'on compare le petit nombre d'espèces qui habitent ce désert à l'énormité de la surface qu'il couvre. La flore du Sahara septentrional est relativement homogène. L'endémisme y est élevé du fait des vastes espaces impropres à la vie (QUEZEL, 1963).

La flore de la région est peu diversifiée mais elle est représentée notamment par les espèces à affinités xérophiles et halophiles telles : *Stipagrostis pungens*, *Tamarix articulata*, *Salsola foetida*, *Lymoniastrum guyoninaum*, *Atriplex halimus* et *Phragmites communis* (CHEHMA, 2006).

b. Richesse faunistique

Les deux principaux embranchements représentés dans la région d'après VOISIN (2004), sont les insectes (les Dictyoptères, les Orthoptères, les Coléoptères, le Lépidoptères et les Diptères), les arachnides (les Acariens, les Scorpionidés et

les Aranéides), les mammifères (les Rongeurs, les Carnivores, les Insectivores et les Ongulés), les reptiles (les Saurophidiens et les Ophidiens).

La région d'étude abrite aussi une diversité avifaunistique remarquable notamment représentée sur le plan qualitatif par : le *Canard colvert*, le *Canard siffleur*, le *Canard souchet*, le *Canard pilet*, le *Tadorne casarca*, la *Sarcelle marbrée*, et sur le plan quantitatif par le Flamant rose (CAUVET, 1999). Nous signalons également que la faune aquatique est encore peu connue, selon la conservation des forêts de la wilaya d'El Oued, nous notons la présence de l'*Artemia sp* (crustacea) dans le chott Merouane et de *Tilapia sp.*, *Aphanius sp.* dans le canal de Oued Righ.

III. Cadre social et économique de Souf

Les manifestations de la vie quotidienne traduisent un système d'organisation qui tient compte des possibilités économiques, de la vocation agricole, commerciale et artisanale. Si nous voyons successivement les principales activités, nous donnons un aperçu général sur l'économie du Souf.

❖ Agriculture

L'agriculture est la principale activité de la région pour l'homme du Souf comme culture dominante, la Pomme de terre, le tabac (Guémar), le palmier dattier dans les Ghouts ou en surface.

Les Ghouts sahariennes fonctionnent comme un agro-système, reposant sur la trilogie eau/habitat/palmeraie ; pour faire venir les eaux à eux, les soufis ont imaginé d'aller à elle, d'excaver suffisamment le sable pour que l'épaisseur restante soit 2m, planter alors les palmiers dans le sol de façon à ce qu'ils aillent puiser l'eau par leurs propres racines, c'est le principe de la culture Bour (en sec), on n'importe pas d'eau d'irrigation mais les palmiers va chercher lui-même ce dont il a besoin.

Le Souf est le premier fournisseur de marché national en pomme de terre, à hauteur de 40% (MADR, 2015). Sur une période de quinze ans (1999-2015) la production maraîchère se multiplie par 98 fois, ce qui est faramineuse (DSA, 2015). L'introduction de ces cultures irriguées dans ces zones a transformé les terres désertiques en un nouvel Eldorado agricole.

Actuellement, il existe dans la wilaya d'EL-OUED près de 3928200 palmiers dont de 3790000 sont productifs. La moyenne de production est 2731200 qx/an. Le tabac occupe une surface de 1810 ha et sa production moyenne est estimée à 43440 qx/an, de même pour l'Arachide, qui occupe une surface de 3240 ha et dont la production est de 97470 qx/an. La pomme de terre occupe une surface de 36200 ha avec une production de 11360000 qx/an. Les cultures protégées occupent une surface de 836,95 ha et produisent 510900 qx/ha(D.S.A El Oued, 2017, 2018).

❖ **Artisanat**

El Oued à toujours était un centre artisanal, notamment pour les objets liés à l'ancienne technologie de l'agriculture. On note les activités artisanales, il s'agit des tailleurs, des tapissiers, des maçons, des cordonniers, des menuisiers, des bijoutiers, des forgerons.

❖ **Commerce**

Grâce à la position géographique entre trois Etats (Algérie, Tunisie, Libye), le Souf a acquis une position stratégique exceptionnelle, on peut dire que la ville d'El Oued est un centre d'échange commercial, très actif, ainsi elle constitue le centre d'achat de toute la région du Souf d' où l'importance de son marché (O.N.S 2004).

3. Matériels utilisés

3.1. Appareils et produits chimiques

Au laboratoire, le matériel utilisé pour le présent travail comporte un matériel biologique constitué par les végétales et les champignons ainsi qu'un matériel non biologique comprenant la verrerie, les équipements, les appareils et les produits chimiques (Annexe 01).

3.2. Les plantes étudiées

Les extraits végétaux sont obtenus à partir de trois plantes locale récoltées à différentes localités de wilaya d'El Oued, ces plantes sont: *Mentha piperita*, *Allium sativum*, *Nicotiana rustica*, de provenances variées, elles sont collectées en hiver (Tableau N° 16).

Tableau 16: Source et partie utilisée de plante.

Espèce	Etat frais	Etat sec	Partie utilisée	Site de Collecte	Date de Collecte
<i>Mentha piperita</i>			Feuille	Hassi Khalifa (بوقصيصة)	18-12-2019
<i>Allium sativum</i>		/	Gousse	Ourmas	29-01-2020
<i>Nicotiana rustica</i>			Feuille	Tagzout (لخبينة)	06-02-2020

4. Méthodologie

4.1. Procédé d'extraction

a) Séchage des plantes

Les espèces soigneusement déracinées, séchées à l'air libre, à l'ombre dans un endroit sec et aéré, à l'abri de la chaleur et de la lumière, dont la durée du séchage était 15 jours pour les deux plantes (*Mentha piperita*, *Nicotiana rustica*). Pour l'ail (*Allium sativum*), les gousses utilisées à l'état frais, et transportées au laboratoire.

b) Préparation des extraits méthanoïques des plantes

Cette méthode appliquée pour le *Nicotiana rustica*. Après le séchage, les feuilles sèches ont ensuite été réduites en poudre fine à l'aide d'un broyeur électrique.

❖ Méthode d'extraction

L'extrait méthanoïque a été préparé à raison de 65 g des feuilles sec de *Nicotiana rustica* pour 300 ml du solvant (210 ml méthanol ; 90 d'eau distillée) les matières sèches ont été extraites par le méthanol à l'aide d'un soxhlet à 70°C (Fig.42).

Après 10 cycles d'extraction en continu, les extraits sont concentrés par l'évaporation sous vide à une température 60° à l'aide d'un rotavapor afin d'évaporer le solvant et obtenir un résidu sec (ZAHAF, 2016) (Fig.42).

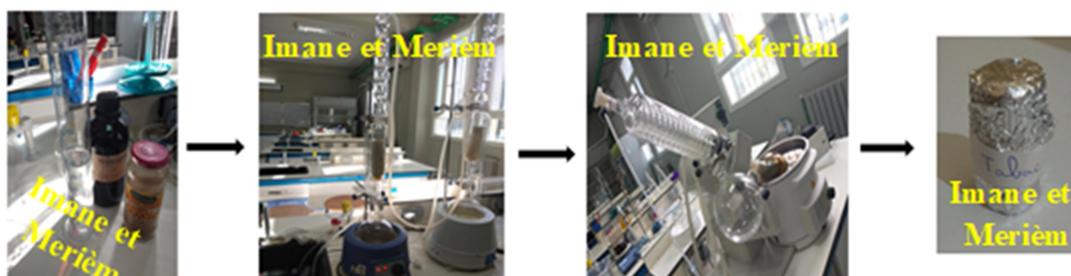


Figure 28 : Extraction par soxhlet (Originale, 2020).

c) Extraction des huiles essentielles

Les huiles essentielles utilisées sont extraites de deux espèces (*Mentha piperita*, *Allium sativum*). L'étude est réalisée dans sa totalité à l'échelle du laboratoire par hydrodistillation suivant la méthode d'entraînement à la vapeur d'eau en utilisant un appareil de type Clivenger.

❖ Méthode d'extraction

Dans un ballon d'une capacité de 1 litre, on introduit 50 g de matière végétale de *Mentha piperita* découpée. Puis, on ajoute 600 ml d'eau distillé. Ensuite, on adapte le ballon à l'appareil de condensation et on alimente le réfrigérant en eau. Ainsi, le ballon et son contenu sont mis sur un chauffe-ballon pendant 3 heures.

Le milieu réactionnel constitué par la matière végétale et l'eau distillée est porté à l'ébullition grâce à un chauffe-ballon. Une fois, l'ébullition s'effectue les cellules éclatent et se commencent à dégager leurs contenus en huiles essentielles, qui par la suite transportent avec la vapeur d'eau jusqu'à le réfrigérant, et après la condensation dans ce dernier l'huile se rassemble dans une ampoule à décantation (Fig.43).

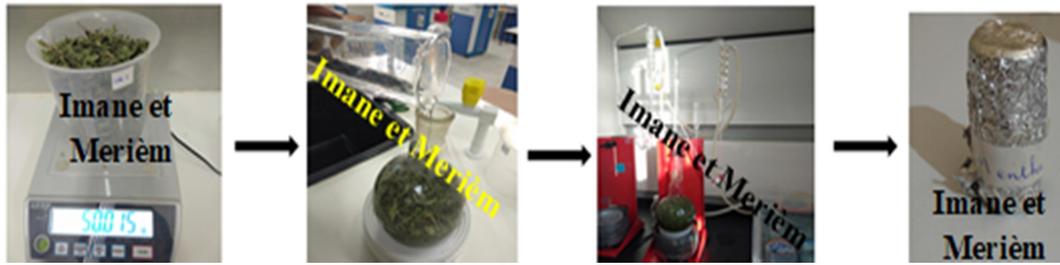


Figure 29 : Extraction d'huile essentielle de *Mentha piperita* - Appareil Clevenger- (Originale, 2020).

La même technique est également utilisée pour *Allium sativum*, ou nous introduisons 100 g de matière végétale fraîche broyée à l'aide d'un broyeur électrique avec 600 ml d'eau distillée pendant 3 heures (Fig.44).

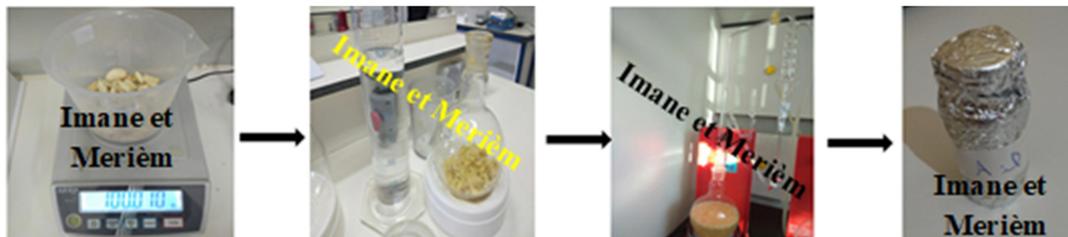


Figure 30 : Extraction d'huile essentielle d'*Allium sativum* (photos originale 2020).

d) Détermination du rendement d'extraction

Selon YAHYAOUÏ (2005), Le rendement est le rapport entre le poids d'extraite et le poids du matériel végétal sec utilisé. Exprimé en pourcentage (%) est calculé par la formule suivante:

$$\text{Rendement \%} = (w1 / w2) \times 100$$

- ✚ W 1: Poids d'extrait en g
- ✚ W 2: Poids du matériel végétal sec en g

e) Conservation des extraits

La conservation des extraits exige certaines précautions indispensables. C'est pour cela nous les avons conservés à une température 4°C, dans un tube en verre brun fermé hermétiquement et protégé avec du papier aluminium pour les préserver de l'air et de la lumière (Fig.45).

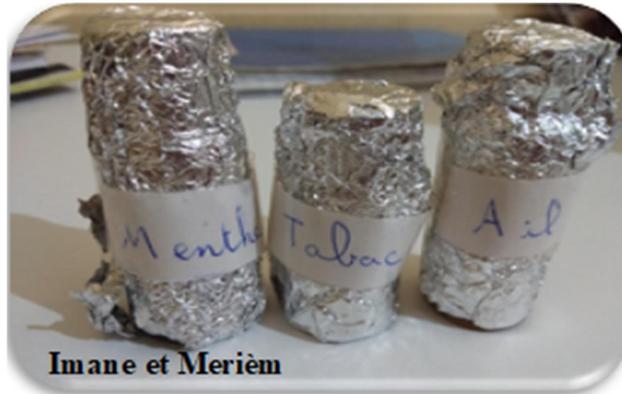


Figure 31 : Conservation des extraits (Originale 2020).

4.2. Champignons phytopathogènes

a) Echantillonnage

Le choix des sites est fondé sur la base de la hausse production de la pomme de terre qui est malheureusement atteinte des maladies fongiques.

Pour ce travail, nous avons choisi 5 exploitations (Dhaouia, Hamied mouhamed l'Aid, Boubaiada, Meknaci, Shiba) réparties dans 3 stations agricoles importantes :Ourmas, sud du centre de la ville d'EL-Oued, Oued El Alenda (**Figure N°46**), on a récupéré des organes fraîches infectées à partir d'une culture de pomme de terre (feuilles- tiges- tubercules) du trois variétés différentes (Spunta, Bartina, Loane) durant le mois de décembre 2019 (mi-décembre).

La récolte des organes est réalisée manuellement le matin à 11h. Ces organes sont mises par la suite dans des sacs en papier propres et conservées par la suite à 4°C (**Fig.47**).

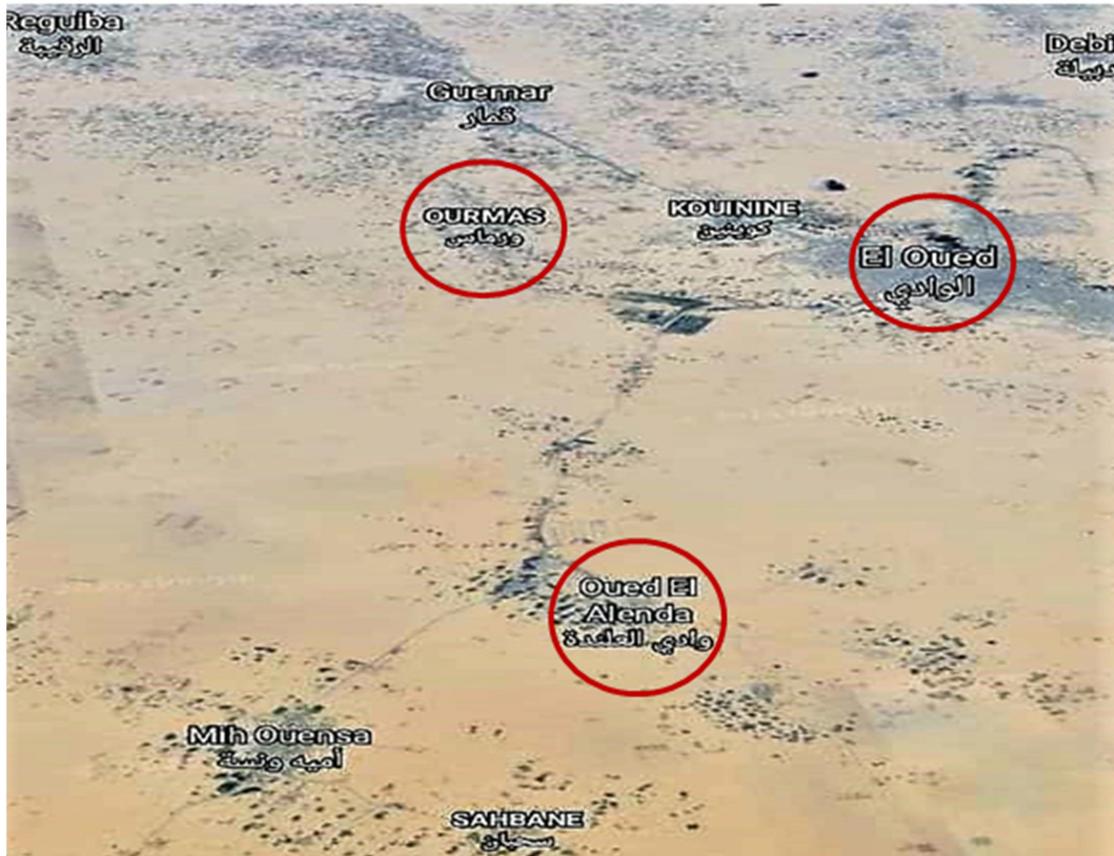


Figure 32: Différents sites d'échantillonnage (GOOGLE EARTH, 2020).



Figure 33: Ogranes de pomme de terre infectés (Originale, 2020).

b) **Technique d'isolement des agents pathogènes sur pomme de terre**

La méthode de l'isolement s'effectue selon le protocole décrit par (ZHU *et al.*, 2001). Nous avons désinfecté des feuilles avec de l'eau de javel diluée pendant 5 min puis suivi de plusieurs lavages avec de l'eau distillée stérile ensuite Séchées pendant deux minutes. Ces feuilles sont déposées sous fragments de pommes de terre saines à l'aide d'une pince stérile dans des boîtes stériles à l'approche de bec benzène. Après 4 jours d'incubation à température 19,5 C° dans l'étuve, nous avons prélevé les échantillons (Fig. 48).



Figure 34 : Isolement des champignons (Originale, 2020).

c) Identification des isolats fongiques

La pureté des souches est vérifiée par examen microscopique basant sur quelques critères morphologiques de la classification des espèces fongiques.

❖ Observations microscopiques

Les éléments structuraux ont été dimensionnés sur une lame micrométrique porte objet. L'étude des caractères microscopiques, qui est réalisée à l'aide d'un microscope optique préposé par **GALLEGLY *et al.*, (2008)**, telles que l'aspect de l'hyphe (cloisonné ou non cloisonné), morphologie des sporanges (la forme, la longueur, la largeur), la longueur du pédicelle sur le sporange à l'aide d'un micromètre , la caducité et la disposition des sporanges. Elle se fait par prélèvement de champignon à l'aide du scotch à l'approche de bec benzène et les mettre sur une lame stérile contenant une goutte de l'eau distillée puis observé sous microscope optique (grossissement x 40).

Après le prélèvement de 80 échantillons et les étudiés en laboratoire, nous obtenons 4 types des champignons.

5. Etude de l'activité antifongique des extraits des plantes

Après avoir vérifié tous les échantillons et sachant que les champignons *Alternaria alternaria* sont les plus visibles dans la zone étudiée, nous avons décidé d'appliquer la lutte biologique par les extraits des végétaux sur cette espèce.

Les bio-essais sont effectués au laboratoire de pharmacie Farhat dans la région d'EL-Oued.

Pour réaliser cette étude on a fait appelle à un protocole bien précis dont ses étapes et son cheminement est présenté dans la figure suivante:

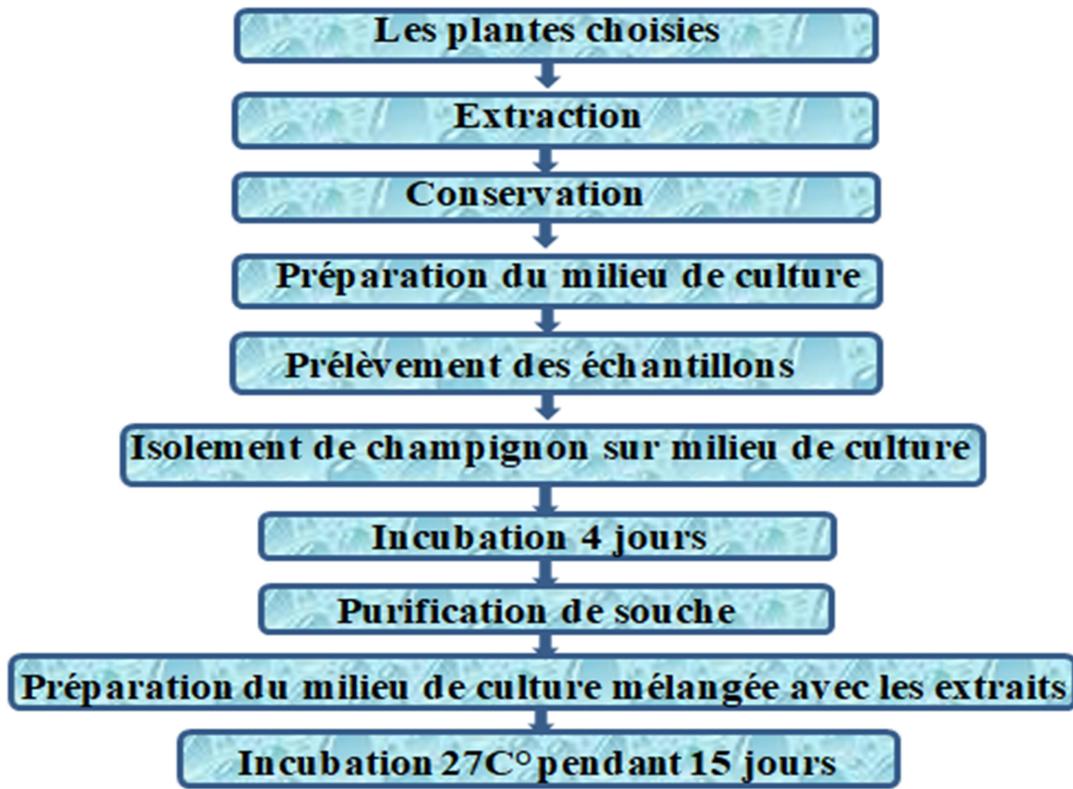


Figure 35: Schéma de protocole expérimental de l'évaluation de l'activité anti fongique des plantes (*Mentha piperita*, *Allium sativum*, *Nicotiana rustica*).

5.1. Préparation de milieu de culture

Nous avons utilisé le milieu de culture petits pois, qui est utilisé pour la recherche et le dénombrement des champignons, ainsi l'entretien des souches de collection et le repiquage (CORBIERE *et al.*, 2003).

Le milieu de culture a été préparé selon la méthode de CORBIERE *et al.*, (2003) (Annexe 02).

Après avoir préparé le milieu de culture, ce dernier doit être coulé dans des flacons pour être par la suiteensemencé (Fig.50).

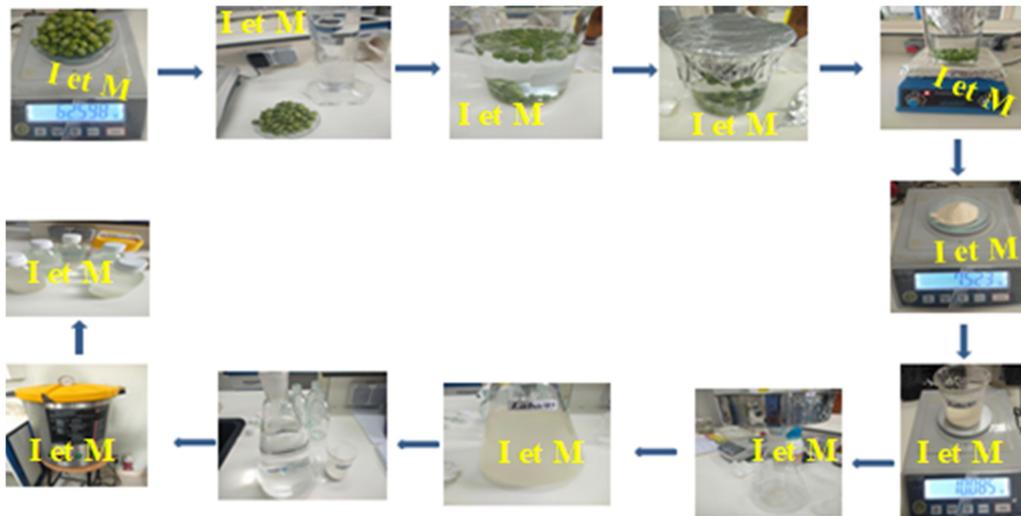


Figure 50: Méthode de préparation du milieu de culture petits pois **CORBIERE et al., (2003) (photo originale).**

5.2. Isolement des champignons sur le milieu de culture

Cette opération se réalise sur le milieu de culture petits pois, deux antibiotiques ont été ajoutés au milieu d'isolement pour empêcher le développement de certains bactéries et champignons (**Annexe 02**). Le milieu de culture est versé dans des boîtes Pétri à raison de 15ml par boîte. Ces boîtes sont laissées refroidir sur la paillasse pendant 1 jour.

Les feuilles ont été désinfectées avec l'eau distillé pendant 2 min. à l'aide d'un ciseau stérile, on coupe aseptiquement des petit morceaux des feuilles de pomme de terre et on les mets dans des boîte Pétri à l'aide d'une pince stérile. Une incubation pendant 4jours à 28°C (**Fig.51**).



Figure 51: Méthode d'isolement.

5.3. Purification

Le prélèvement a lieu lorsque le développement de la souche est suffisant. L'étude approfondie d'une souche est effectuée à partir d'une culture des spores (GUIRAUD, 1998).

La purification des souches est effectuée par prélèvement d'un fragment de colonie à l'aide d'un couteau stérilisé tout en évitant son contact avec les autres colonies avoisinantes de la même boîte sur milieu petits pois. Ce fragment est déposé au centre d'une nouvelle boîte contenant de milieu petits pois sur laquelle on indique la date de repiquage et les coordonnées de la boîte de prélèvement. Le repiquage est effectué aseptiquement près du bec Benzène et les boîtes sont incubées à 27° C pendant 3 jours jusqu'à l'obtention des souches fongiques pures.

5.4. Lecture des colonies

L'identification d'une souche fongique est effectuée par deux techniques classiques: par l'observation macroscopique et microscopique des souches. Ces deux techniques sont largement suffisantes pour déterminer le genre des moisissures isolées (BOURGEOIS et LEVEAU, 1980).

✓ Etude des caractères macroscopiques

Les caractères morphologiques et culturels sont déterminés après ensemencement des souches pures sur le milieu de culture solide spécifique petits pois. L'identification se fait à l'œil nu, elle se base essentiellement sur les caractères suivants: la vitesse de croissance, l'aspect du mycélium aérien (diffus, épis), la couleur de l'envers de la colonie.

✓ Etude des caractères microscopiques

Elle nécessite le montage de préparations microscopiques (microscope optique couplé à un ordinateur). La méthode consiste à déposer une goutte d'eau distillée sur la lame, puis apporter et dissocier dans la goutte un prélèvement de l'hyphe de champignon à observer; la lame est recouverte par une lamelle et l'observation est faite à différents grossissements (40X puis à immersion).

L'examen microscopique permet d'étudier les caractères suivants:

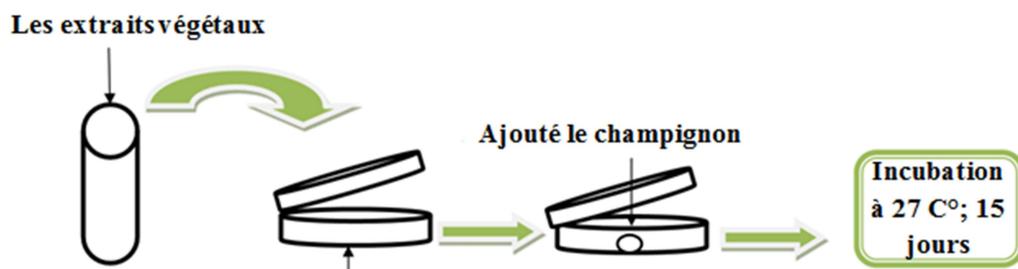
- ❖ hyphes cloisonnés ou non
- ❖ mycélium coloré, incolore

- ❖ agencement des conidiophores et conidies

5.5. Etape de confrontation

L'objectif de cette étude est de tester *in vitro* des extraits végétaux du *Mentha piperita*, *Allium sativum*, *Nicotiana rustica* sur la croissance mycélienne du *Alternaria alternaria* isolé à partir pomme de terre.

La méthode utilisée pour évaluer l'activité antifongique des extraits est la méthode de contact direct. Le traitement des souches est effectué dans les boites de pétri contenant le milieu de culture petits pois avec les extraits végétaux en concentrations différents (Fig.52).



Boite pétri contenant le milieu petits pois + extraits

Figure 36: Méthode de contact directe.

✓ **Préparation des milieux de culture avec les extraits végétaux obtenu**
 Cette étape consiste à liquéfier le milieu petits pois. Puis mélangé chaque concentrations des extraits des plantes avec 15 ml de milieu petits pois dans des tubes à essai. Enfin on coule aseptiquement les milieux en surfusion dans des boites de Pétri, chacun mélange a été réalisé à travers trois répétitions, considéré comme traitement. Ainsi, des boites témoins ont été mises à notre disposition (Figure N° 53). Le tableau suivant montre les doses utilisées.

Tableau 17: Les concentrations utilisées.

Extraits végétaux	concentrations
<i>Mentha piperita</i>	50µl
	75 µl
	100 µl

<i>Allium sativum</i>	50µl
	75µl
	100µl
<i>Nicotiana rustica</i>	50 µl
	75 µl
	100 µl

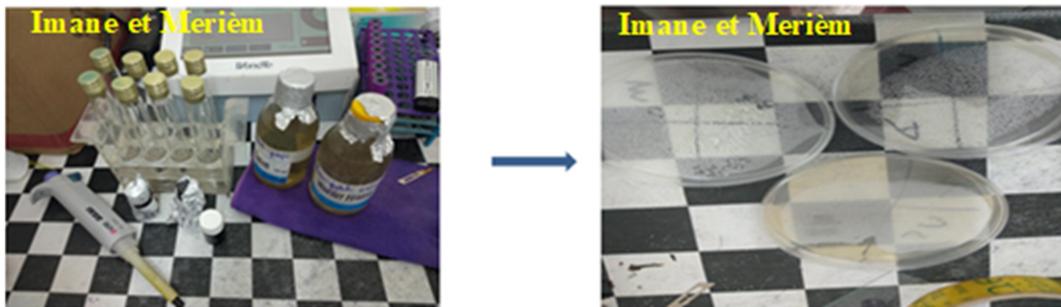


Figure 37: Boîtes de traitement.

✓ **Préparation des disques mycéliens**

Après l'obtention d'une culture pure à l'aide d'une pipette Pasteur, on a fait des disques mycéliens d'environ 5 mm de diamètre (Fig 54).

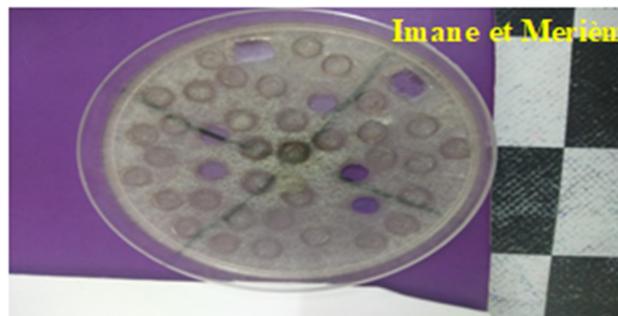


Figure 38: Boite de pétri des disques mycéliens préparés.

✓ **Dépôt des disques dans les boîte de Pétri contenant milieu petits pois et les extraits testés**

Une fois le milieu de culture qui contient les extraits testés est solidifié, on prélève aseptiquement à l'aide d'une pipette Pasteur un disque. Puis, on le dispose sur le milieu préalablement préparée au centre de la boîte de Pétri. Enfin les boîtes de Pétri sont ensuite fermées et laissées diffuser sur la paille (Fig. 55).

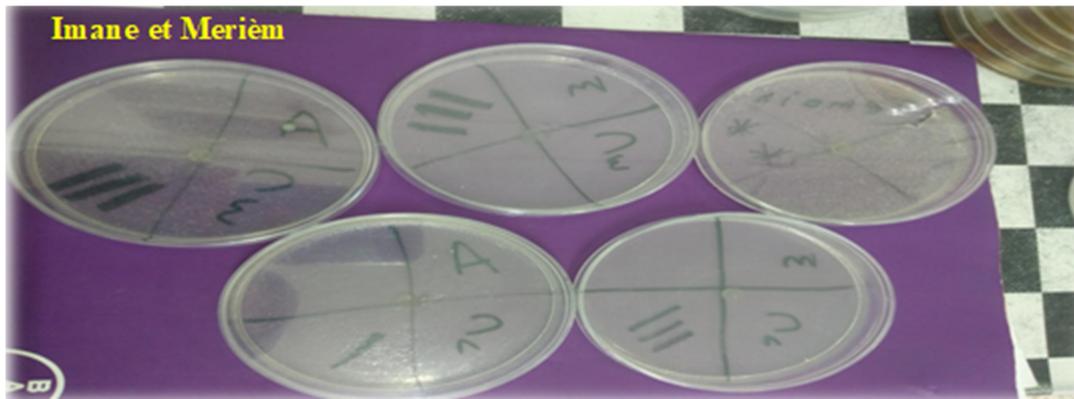


Figure 39: Test antifongique.

✓ **Incubation**

Les boîtes inoculées ont ensuite été incubées à 27° C pendant 15 jours et on surveille le développement.

✓ **Lecture des colonies**

La lecture des résultats se fait par la mesure de diamètre de la croissance mycélienne autour de chaque morceau jusqu'à ce que la croissance de contrôle couvre la surface totale de la plaque à l'aide d'une règle graduée en centimètre.

5.6. Evaluation de l'activité antifongique des extraits

L'effet antifongique de huile testé vis-à-vis de champignon est déterminé par la mesure du taux de la croissance après incubation à 27 C° pendant 15 jours en utilisant la formule de (MOTIEJUNAITE et PEICULYTE, 2004).

5.6.1. Taux d'inhibition (T%)

$$T = (DK - D0) / DK \times 100$$

- ✚ **DK** : Diamètre de la colonie fongique du témoin en (cm)
- ✚ **D0** : Diamètre de la colonie fongique en présence de l'extrait en (cm)
- ✚ **T** : Taux d'inhibition de la croissance du mycélium en pourcentage

L'extrait est qualifié de Très actif lorsqu'il possède une inhibition comprise entre 75% et 100 %, la souche fongique est dite sensible. Il est actif lorsqu'il possède une inhibition comprise entre 50 %et 75%, la souche fongique est dite sensible. Il est considéré moyennement actif lorsqu'il possède une inhibition comprise entre 25% et 50%, la souche fongique est dite limite. En fin, il est peu ou pas actif lorsqu'il possède

une inhibition comprise entre 0% et 25%, la souche fongique est dite peu sensible ou résistante (MOTIEJUNAITE et PEICULYTE, 2004).

5.6.2. Vitesse de croissance (VC)

Pour calculer la vitesse de croissance de champignon , on a utilisé la loi suivante:

$$V = D/T$$

✚ V = Vitesse de croissance en cm /jour

✚ T = Temps de croissance en jour

✚ D = Diamètre de croissance en cm

A. Résultats

I. Caractéristiques organoleptiques des extraits obtenus

Tableau 18: Caractéristiques organoleptiques des extraits obtenus.

	Origine d'extrait	Organe	Couleur	Odeur	Aspect
Extraits Obtenus	<i>Mentha piperita</i>	Feuille	Jaune pale	Fraiche methanolée	Liquide, mobile
	<i>Allium sativum</i>	Gousse	Jaune vert	Aromatique très forte et persistantes	Liquide, Limpide
	<i>Nicotiana rustica</i>	Feuille	Brun foncé	Forte odeur	Solide

II. Rendements d'extraction

Le rendement exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante

(YAHYAOU, 2005): $R\% = (W1/W2) \times 100$

✓ $R1(\%) = (5,6/400) \times 100 = 1,4\%$

✓ $R1(\%) = (9,6/600) \times 100 = 1,6\%$

✓ $R1(\%) = (7,9/130) \times 100 = 6\%$

Les résultats du rendement des extraits sont présentés dans le tableau suivant:

Tableau 19: Rendement des extraits obtenus.

Plantes	Poids du matériel végétal (g)	Poids d'extrait (g)	Rendement (%)
<i>Mentha piperita</i>	400	5,6	1,4%
<i>Allium sativum</i>	600	9,6	1,6%
<i>Nicotiana rustica</i>	130	7,9	6%

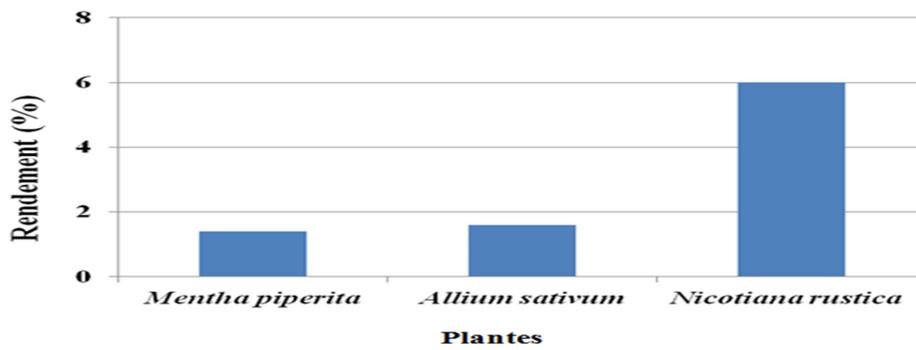


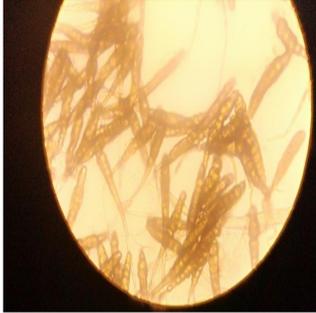
Figure 40: Rendement des différents extraits des plantes étudiées.

les résultats obtenus montrent que parmi les différents extraits de la plante, l'extrait de *Nicotiana rustica* représente le rendement (6%), suivi par l'extrait d'*Allium sativum* (1,6%), puis l'extrait de *Mentha piperita* (1,4%).

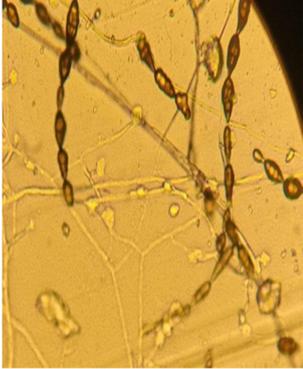
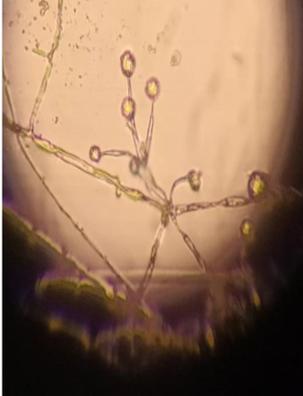
III. Identification de quelques souches causant des maladies cryptogamiques sur pomme de terre dans la région d'El Oued

L'identification des souches responsables des maladies cryptogamiques est révélée à partir des caractéristiques macroscopiques et microscopiques des champignons isolés en se basant sur celles cités dans les références bibliographiques (Tab. 20).

Tableau 20: Observation macroscopique et microscopique des souches fongiques.

Souches	Nom scientifique	Observation		Caractéristiques
		Macroscopique	Microscopique	
Fongique	<i>Alternaria solani</i>			<ul style="list-style-type: none"> * Colonie Blanchâtre. * Mycélium Cloisonné. * Conidies solitaires, ou rarement en chaîne de deux, brunes (ELLIS et GIBSON, 1975).

Résultats Et Discussions

<p><i>Alternaria alternaria</i></p>			<ul style="list-style-type: none"> * Colonie Blanchâtre. * Mycélium Cloisonné. * Conidies en chaînes simples ou ramifiées, brunes, irrégulières avec un rostre apicale court (BARNETT <i>et al.</i>, 1972).
<p><i>Phoma glomerata</i></p>			<ul style="list-style-type: none"> * Colonie brun olivacé a vert sombre. * Chlamydospores cloisonnées en chaînes (BARNETT <i>et al.</i>, 1972). * Pycnides de forme pyriforme à globuleuse. * Conidies hyalines unicellulaires (BOEREMA <i>et al.</i>, 2004).
<p><i>Fusarium oxysporum</i></p>			<ul style="list-style-type: none"> * Colonie Blanchâtre. * Mycélium Cloisonné blanc grisâtre (BERNARD, 1988). * Conidies fusiformes, simples ou ramifiées (BARNETT <i>et al.</i>, 1972).

D'après les échantillons isolés, nous constatons la présence de quatre espèces responsables des maladies cryptogamiques dont deux espèces appartenant au genre *Alternaria* (*Alternaria alternaria*, *Alternaria solani*), ces deux champignons isolés sur pomme de terre, appartenant à la famille des Pleosporaceae caractérisés par la présence des mycéliums cloisonnés et des Colonies blanchâtres sur milieu de culture. Ainsi, nous avons isolé le champignon *Fusarium oxysporum*. Ce dernier est un champignon microscopique imparfait, sa colonie mycélienne présente généralement une coloration rose sur le milieu de culture, le mycélium présente une couleur blanche grisâtre.

De même, nous constatons la présence du champignon *Phoma glomerata* qui est un champignon cosmopolite caractérisé par des Chlamydospores cloisonnées en chaînes, également la Colonie colorée en brune olivacée à vert sombre.

IV. Résultats des essais antifongiques de la croissance mycélienne d'*Alternaria alternaria*

1. Isolements et purification d'*Alternaria alternaria* sur milieu de culture

L'isolement est effectué à partir des feuilles de pomme de terre présentant des symptômes typiques d'*Alternaria alternaria* par la mise en culture sur un milieu nutritif petits pois.

Après quelques jours d'incubation, on a remarqué l'apparition des secteurs mycéliens aux extrémités des fragments comme il est indiqué sur la **Figure N° 57**.

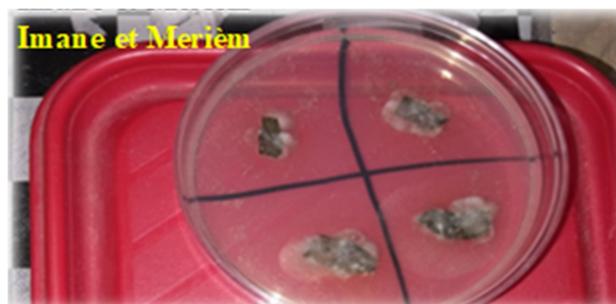


Figure 41: Isolement du champignon d'*Alternaria alternaria* à partir des feuilles infectées.

Après identification d'*alternaria* par microscope photonique entre lame et lamelle à partir du premier repiquage, on a fait un second repiquage. Ainsi, on prend une petite partie dans laquelle on a identifié le champignon en question, et on la dépose au centre de la boîte contenant le milieu petits pois (**Fig. 58**).

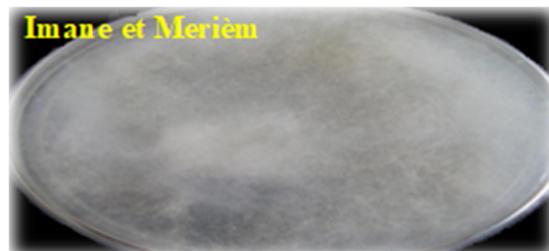


Figure 42: Culture pure d'*Alternaria alternaria* après le repiquage.

2. Caractérisation des isolats

2.1. Caractérisation macroscopique

Après 4 jours d'incubation. Nos isolats ont développé un mycélium aérien qui nous permet de les identifier comme suite:

✓ Le mycélium de Type laineux aérien peu épais, et relativement peu dense et très serré. La vitesse de croissance atteint jusqu'à 16 mm au quatrième jour (Fig.59).

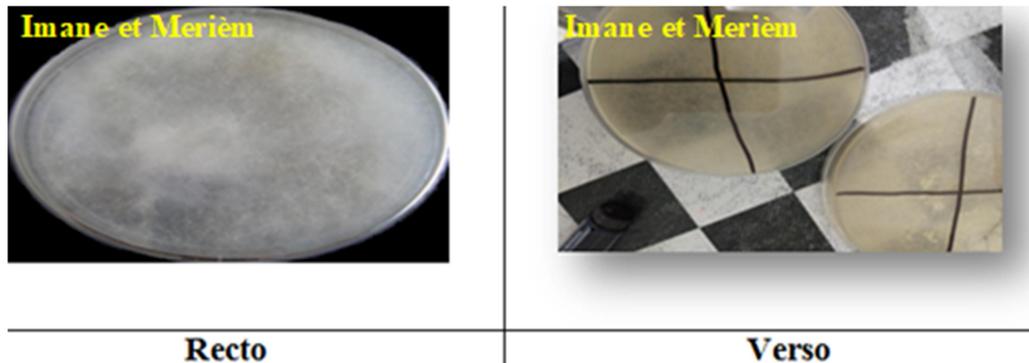


Figure 43: Aspects macroscopiques d'*Alternaria alternaria*.

2.2. Caractérisation microscopique

Les caractères microscopiques sont recherchés dans tous les isolats purifiés. L'observation microscopique a montré la présence d'un thalle cloisonné. Les conidies en chaînes simples, brunes (Fig. 60).

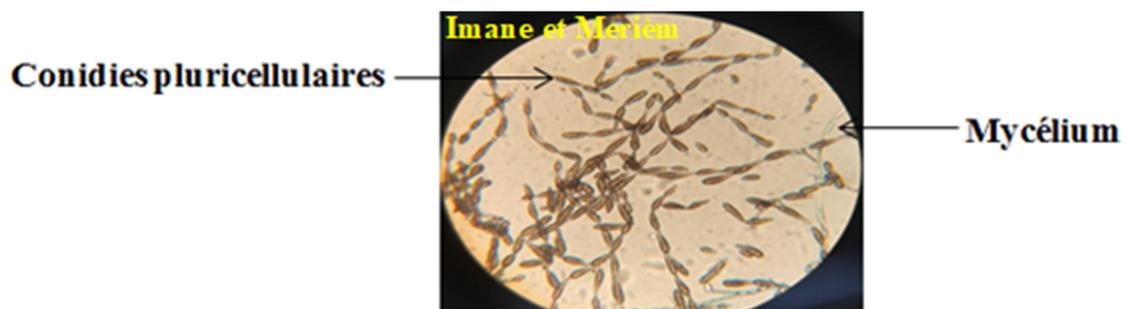


Figure 60: Conidie d'*Alternaria alternaria* (Gr 40X10).

3. Résultats de l'activité antifongique

L'activité des différentes concentrations d'extraits végétaux sur des différentes souches fongiques testées est révélée par l'absence ou la présence de la croissance mycélienne, la vitesse de la croissance de mycélium, l'indice antifongique sur les milieux petits pois.

En premier temps, la croissance mycélienne des souches fongiques était normale (témoin), ce qu'il se diffère en présence des extraits de trois plantes (*Mentha piperita*, *Allium sativum*, *Nicotiana rustica*), ce paramètre évolue dans le temps, durant l'incubation.

3.1. Evaluation de la croissance mycélienne

Les résultats de l'effet de différentes concentrations des extraits sur la croissance mycélienne sont présentés dans la figure N° 61:

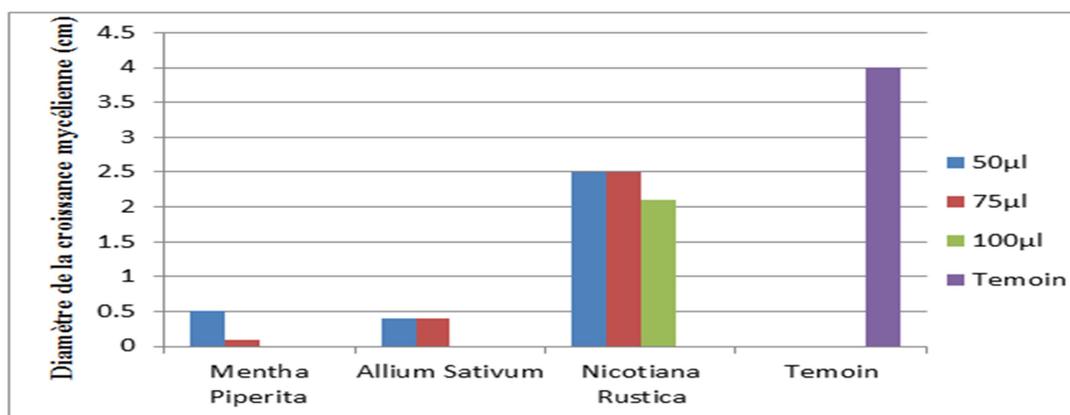


Figure 61: Croissance mycélienne (cm) d'*Alternaria alternaria* en fonction de la dose d'extraits des plantes.

D'après les résultats obtenus, on remarque que l'inhibition de la croissance mycélienne d'*Alternaria alternaria* en présence d'extrait de *Mentha piperita* et *Allium sativum* est plus importante par rapport à la présence de *Nicotiana rustica* avec l'utilisation des mêmes concentrations.

Les diamètres varient entre 0,1 et 4 cm. Le diamètre du témoin après 15 jours est de 4 cm. On note que le degré de l'efficacité des extraits végétaux sur la croissance mycélienne d'Alternariose est remarqué jusqu'à une concentration de 100µl, où cette dernière donne l'inhibition totale chez les extraits de *Mentha piperita*, d'*Allium sativum*, à l'exception de *Nicotiana rustica*, ce qui se diffère aux concentrations de 50µl et 75µl qui ont montré un effet faible sur la croissance mycélienne.

3.2. Effet des extraits végétaux sur la cinétique de croissance mycélienne d'*Alternaria alternaria* et leurs taux d'inhibition

Les résultats de l'effet des différents extraits végétaux sur la cinétique de la croissance mycélienne d'*Alternaria alternaria* sont présentés dans les graphes (05, 06,

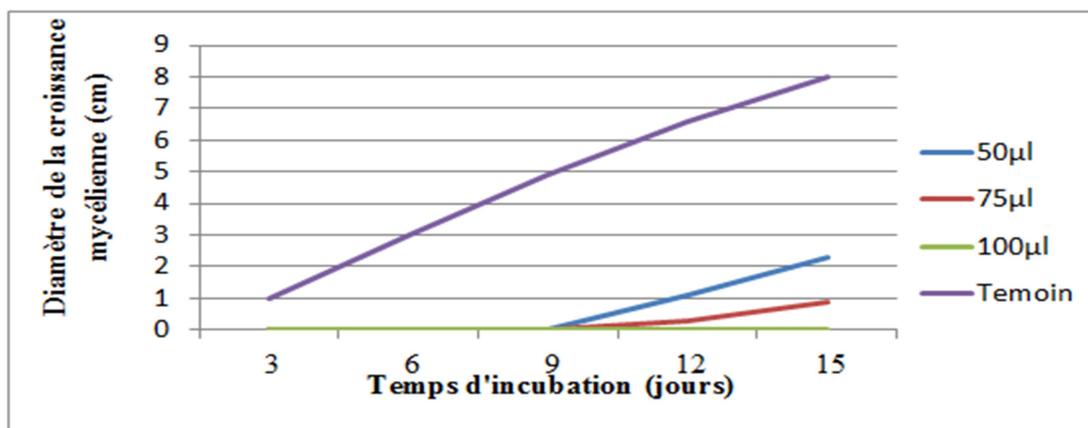
07). Les diamètres des colonies fongiques sont sensiblement réduits sous l'effet d'extraits *Mentha piperita* durant les dix premiers jours d'incubation. En l'absence d'extraits dans le milieu de culture, la croissance du champignon atteint un diamètre de 3 cm après 6 jours d'incubation, 4,9 cm après 9 jours, 6,6 cm après 12 jours, elle arrive à son maximum de croissance (8 cm) après 15 jours d'incubation.

En présence de l'extrait de *Mentha piperita*, le diamètre de la colonie est absent durant 10 jours d'incubation dans toutes les concentrations. Le onzième jour le diamètre de la colonie passe de 0,6 cm à 2,3 cm après 15 jours d'incubation chez la plus faible concentration (50µl), ce qui correspond à des taux d'inhibition respectifs de 90% et 71.2% (**tableau 21**), ce même diamètre passe, chez la concentration 75 µl, de 0 cm à 0,9 cm après 15 jours d'incubation (taux d'inhibition = 88,7%), une inhibition totale de la croissance du champignon (taux d'inhibition = 100%), est observée chez la plus forte concentration (100 µl).

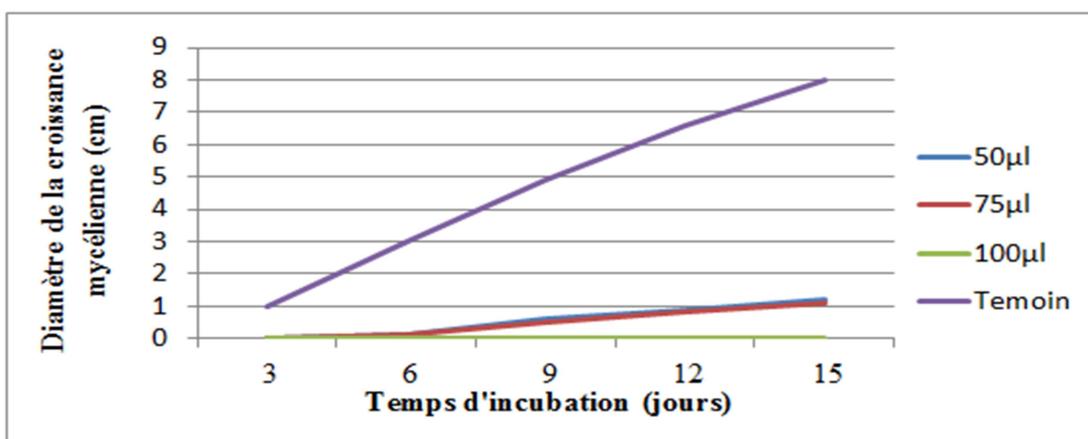
Chez l'extrait d'*Allium sativum*, on observe également que la croissance d'*Alternaria alternaria* augmente en fonction du temps d'incubation après 4 jours, cette croissance mycélienne passe de 0 cm au 3ème jour d'incubation à 1,2 cm après 15 jours chez la concentration 50 µl, ce qui correspond à des taux d'inhibition respectifs de 100% et 85%. Chez la concentration 75 µl, ce diamètre passe de 0 cm à 1,1 cm après 15 jours d'incubation (taux d'inhibition = 86,25%), une inhibition totale de la croissance du champignon (taux d'inhibition = 100%), est observée chez la plus forte concentration (100 µl).

Pour ce qui est de l'extrait méthanoïque de *Nicotiana rustica*, on observe que les taux d'inhibition sont faibles par rapport aux deux derniers extraits, même la plus forte concentration de 100µl n'était pas suffisante pour inhiber la croissance mycélienne d'*Alternaria alternaria* chez cet extrait, dont après 15 jours d'incubation, la croissance mycélienne atteint 4,4 cm, soit un taux d'inhibition de 45%. Cependant, chez les deux autres concentrations (50 µl et 75 µl), le diamètre de la colonie passe de 0,5 cm après 3 jours d'incubation à 5,6 cm, après 15 jours d'incubation pour la concentration 50 µl (soit un taux d'inhibition de 50 à 30%), chez la concentration 75 µl le diamètre de la colonie passe 0,4cm après 3 jours d'incubation à 5 cm après 15 jours (soit un taux d'inhibition de 60 à 37,5%).

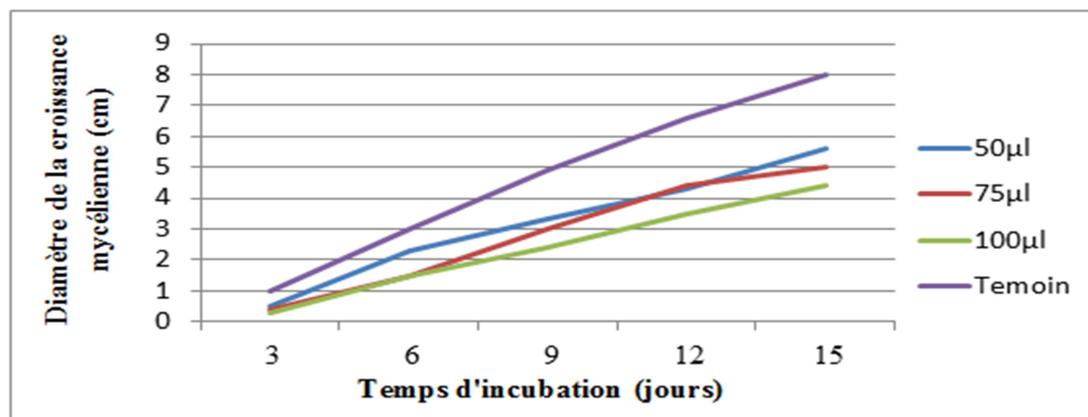
Résultats Et Discussions



Graph 05: La croissance mycélienne d'*Alternaria alternaria* en fonction du temps et des différentes concentrations de *Mentha piperita*.



Graph 06: La croissance mycélienne d'*Alternaria alternaria* en fonction du temps et des différents concentrations d'*Allium sativum*.



Graph 07: La croissance mycélienne d'*Alternaria alternaria* en fonction du temps et des différentes concentrations de *Nicotiana rustica*.

Tableau 21: Taux d'inhibition des différents extraits végétaux sur l'*Alternaria alternaria*.

Traitement	Concentrations	3 jours	6 jours	9 jours	12 jours	15 jours
------------	----------------	---------	---------	---------	----------	----------

Résultats Et Discussions

<i>Mentha piperita</i>	50µl	100%	100%	100%	83,3%	71,2%
	75 µl	100%	100%	100%	95,4%	88,7%
	100 µl	100%	100%	100%	100%	100%
<i>Allium sativum</i>	50µl	100%	96%	87,7%	86.3%	85%
	75 µl	100%	96%	89,7%	87,8%	86,25%
	100 µl	100%	100%	100%	100%	100%
<i>Nicotiana rustica</i>	50µl	50%	23,3%	32,6%	34,8%	30%
	75 µl	60%	50%	38,7%	33,3%	37,5%
	100 µl	70%	50%	51%	46,9%	45%

3.3. Détermination de la vitesse de croissance mycélienne (VC)

D'après la présentation ci-dessous on observe que la vitesse de croissance la plus élevée, est exprimée par le témoin 1.4cm/jours et que la vitesse est décrie avec l'augmentation de la concentration d'extraits.

Les résultats du **Figure 62** montrent que la vitesse maximale de la croissance mycélienne est 1.4cm/jours a été enregistrée chez le témoin, par rapport aux doses de **50 µl, 75 µl, 100 µl** où la vitesse a diminué avec respectivement **0,16; 0,056; 0 cm/jours**.

Les mêmes résultats pour l'ail, on a enregistré la vitesse maximale au témoin 1.4cm/jours, par rapport aux doses de **50 µl, 75 µl, 100 µl** où la vitesse a diminué avec respectivement **0,095; 0,097;0 cm/jours (Figure 63)**.

Chez *Nicotiana rustica*, on a enregistré une valeur plus basse **0,18cm/jours** pour la concentration 50µl. Par la suite la vitesse de la croissance d'*Alternaria alternaria* a augmenté avec la concentration (**75µl**), où elle atteint une valeur élevée (**0,68cm/jours**). En fin, une décroissance de la vitesse est notée chez la concentration (**100 µl**), qui atteint une valeur de **0,58cm/jours (Figure 64)**.

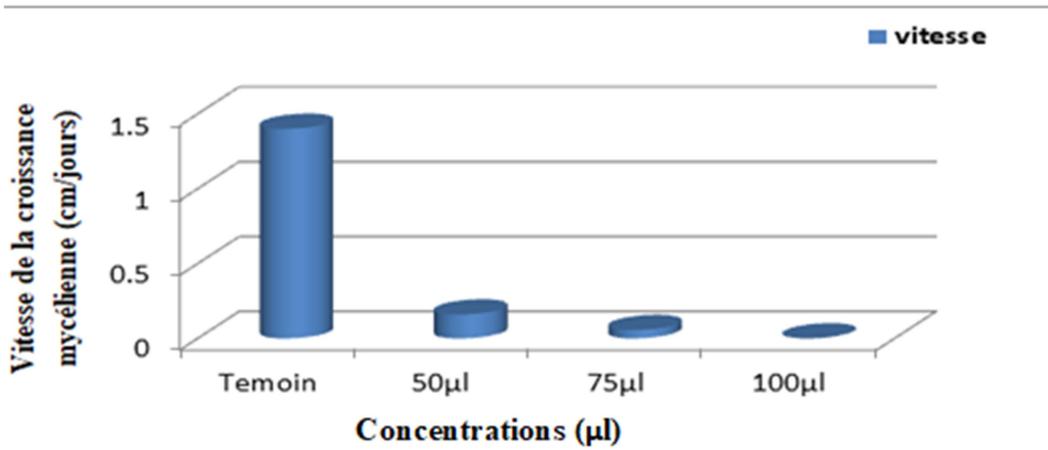


Figure 44: vitesse de la croissance mycélienne sous l'effet de différents concentrations en huile essentielle de *Mentha piperita*.

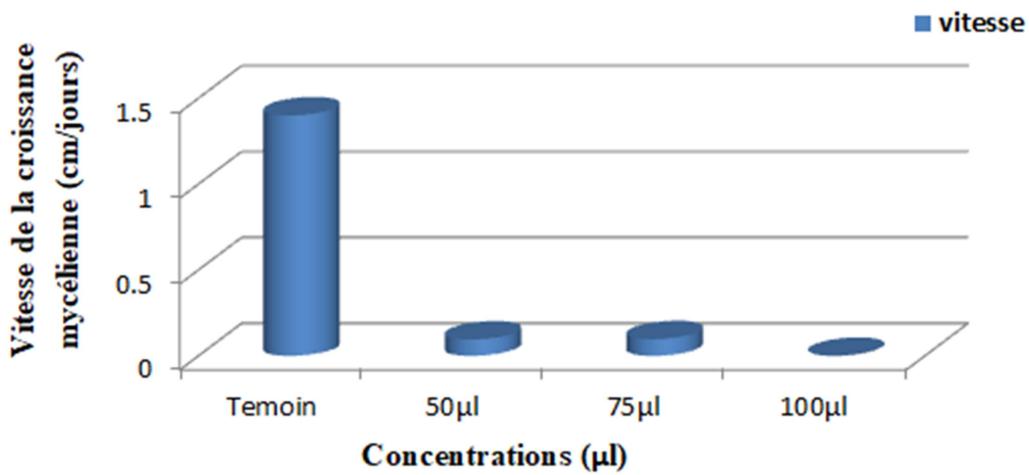


Figure 45: Vitesse de la croissance mycélienne sous l'effet de différentes concentrations en huile essentielle d'*Allium sativum*.

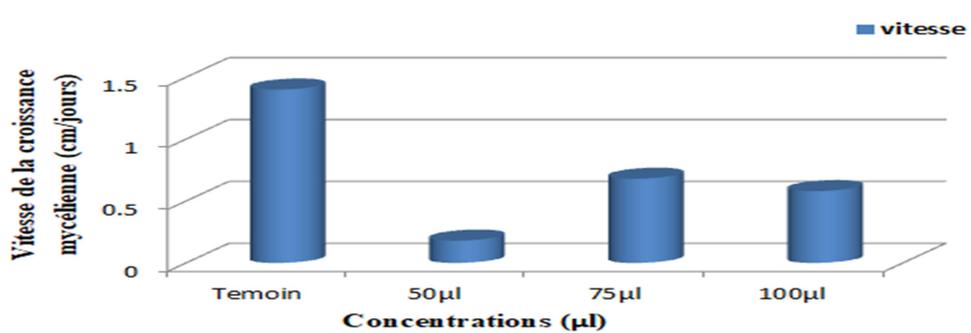


Figure 46 : vitesse de la croissance mycélienne sous l'effet de différentes concentrations en extrait méthanoïque de *Nicotiana rustica*.

3.4. Effet des différents extraits sur l'aspect et la couleur du mycélium d'*Alternaria alternaria*

Les résultats de l'effet des extraits des trois plantes étudiées sur la couleur et l'abondance de mycélium aérien d'*Alternaria alternaria*, sont résumés dans le **tableau 22**, l'extrait qui semble avoir réprimé la production de pigment mycélien est *Nicotiana rustica*.

Tableau 22: Effet des différents traitements sur le mycélium d'*Alternaria alternaria* après 15 jours.

Traitement	Couleur de mycélium	Aspect de mycélium
Petits pois (témoin)	Blanche	Abondant (+++)
<i>Mentha piperita</i>	Blanc jaunâtre	Abondant (+)
<i>Allium sativum</i>	Blanche	Abondant (+)
<i>Nicotiana rustica</i>	Gris	Abondant (++)

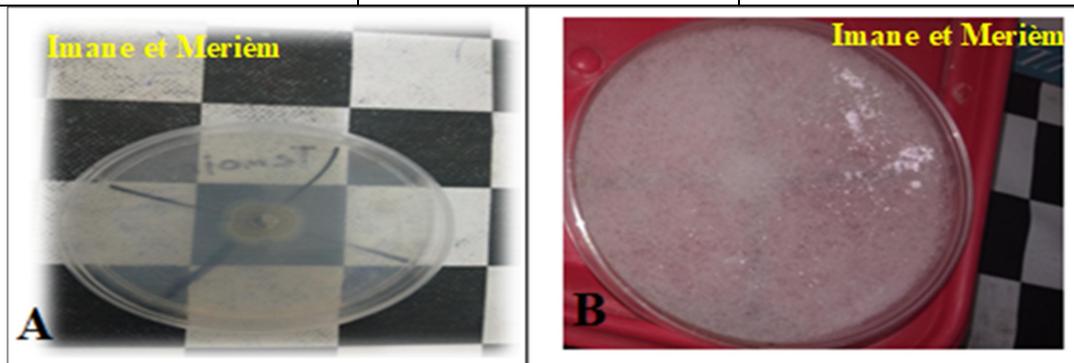


Figure 47 : Témoin (A: après 3 jours; B: après 15 jours d'incubation).

✓ **Effet d'huile de *Mentha piperita* sur *Alternaria alternaria***

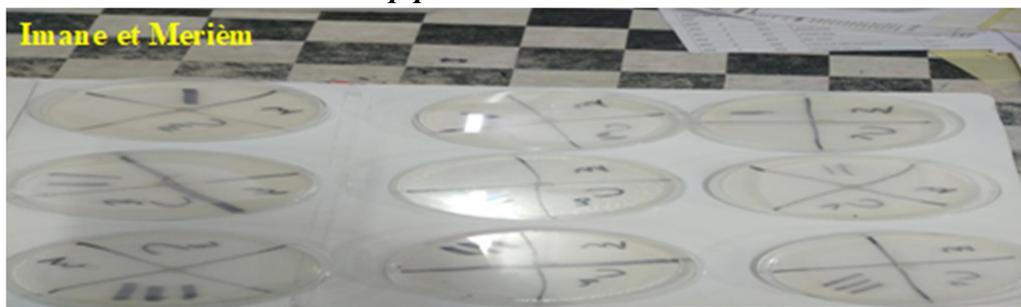


Figure 48: Résultats après 3 jours d'incubation (recto).

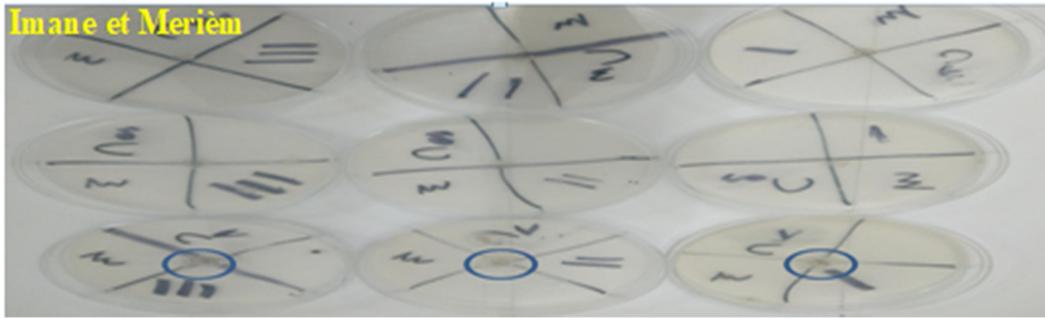


Figure 49: Résultats après 11 jours d'incubation (recto).

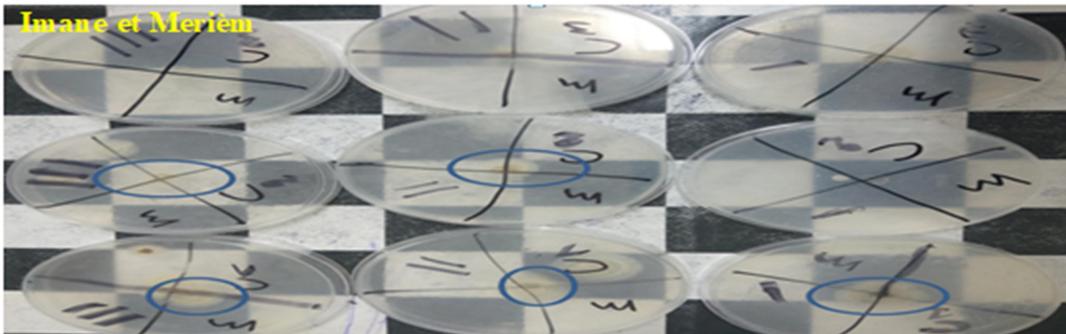


Figure 50: Résultats après 15 jours d'incubation (verso).

✓ Effet d'huile d'*Allium sativum* sur *Alternaria alternaria*



Figure 51: Résultats après 3 jours d'incubation (recto).

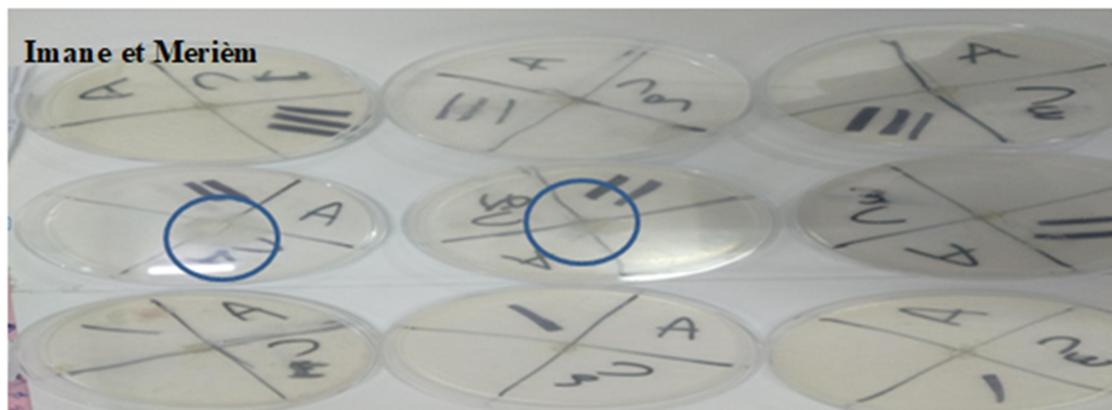


Figure 70: Résultat après 6 jours d'incubation (recto).

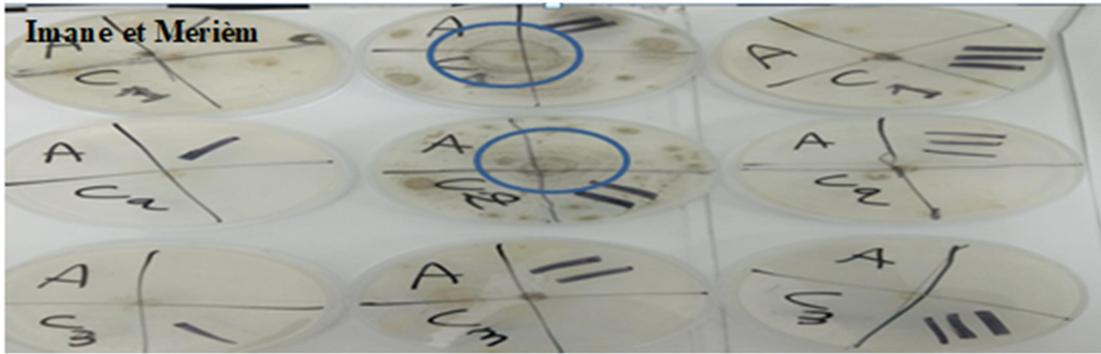


Figure 71: Résultats après 15 jours d'incubation (verso).

✓ Effet d'huile de *Nicotiana rustica* sur *Alternaria alternaria*

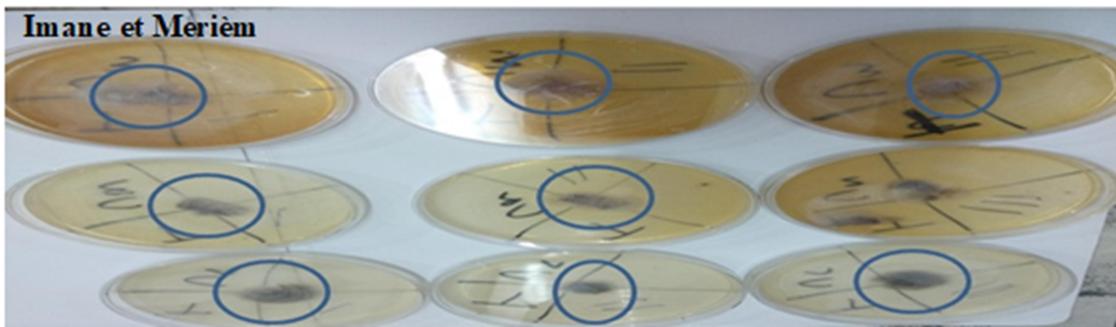


Figure52 : Résultats après 3 jours d'incubation (recto).

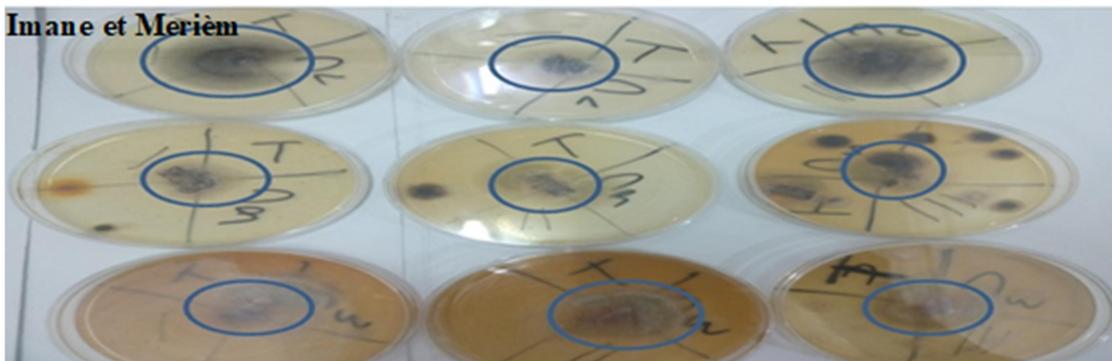


Figure53 : Résultats après 6 jours d'incubation (recto).

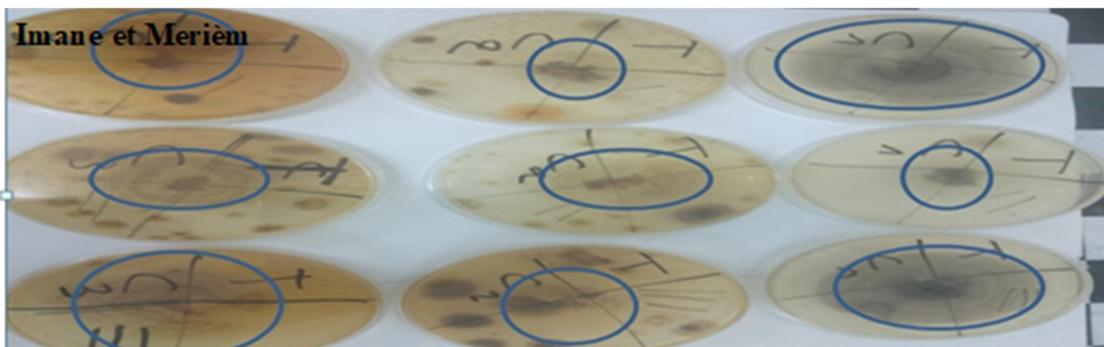


Figure54 : Résultats après 15 jours d'incubation (verso).

B. Discussions

En effet, le contrôle biologique à travers l'usage d'alternatives naturelles a donné beaucoup d'intérêt dans ce moment. Beaucoup de chercheurs ont noté que la possibilité d'utiliser l'extrait de la plante comme une alternative naturelle efficace.

Les rendements enregistrés avec les extraits bruts réalisés à partir des différentes parties de la plante (feuilles, gousses) sont relativement importants. Ils varient entre un minimum de 1,4% des feuilles de *Mentha piperita* (région d'El Oued) et un maximum de 6%, obtenu des feuilles de *Nicotiana rustica* (région d'El Oued). Les résultats du rendement en huile essentielle des feuilles de la *Menthe poivrée* est relativement fort, on constate que le rendement obtenu à partir de la *Menthe poivrée* de la région d'El Oued est très proche de celui cité dans la référence **A.F.N.O.R. (2000)**. La valeur du rendement en huile essentielle obtenu lors de la présente étude est plus élevée que celui de la *Menthe poivrée* de Pologne soit 0,58% en Aout 2006 et 0,62% en Juillet 2007.

Cependant, l'hydrodistillation des bulbes d'*A. Sativum* a donné un rendement en huile essentielle égale à 1,6 %. Nous remarquons que l'ail présente un rendement élevé en huile essentielle. Ceci, est probablement dû à la quantité importante d'ail utilisée pour l'hydrodistillation. En revanche, les résultats obtenus par **BENKEBLIA (2004)** Lors de l'extraction de l'huile d'*A.Sativum*, était de 0,2%. De même, **KHADRI (2009)**, qui a travaillé également sur l'ail de la région de Mostaganem a trouvé un rendement de 0,09%.

Les variations des rendements d'une plante à une autre, semblent être liées aux différents facteurs, propriétés génétiques des plantes ainsi qu'à l'origine géographique, aux conditions et à la durée de stockage, la période de récolte et surtout à la méthode d'extraction. En effet, la méthode d'extraction utilisée peut varier les teneurs des rendements des extraits obtenus. Dans le cas de l'extracteur Soxhlet, différents facteurs interviennent à savoir : le temps d'extraction, le nombre de cycles nécessaires, le débit de condensation, le rapport solvant/matière végétale, le taux de remplissage de la cartouche ainsi que la nature et le volume du solvant (**SMALLFIELD, 2001**). De plus, les espèces végétales n'ont pas toutes le même potentiel; certaines familles botaniques offrant des rendements plus élevés que d'autres (**VALNET, 1980**).

Le nombre d'agents pathogènes qui affectent la pomme de terre est très élevé dans la région d'EL-Oued. Parmi ces agents on trouve les maladies fongiques, après

l'isolement et l'identification de ces souches fongiques, quatre espèces fongiques ont été obtenues: *Alternaria alternaria*, *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum*, *Phoma glomerata*. D'autres études prouvent la présence de ces champignons dans la même zone, notamment les travaux de **YAKHLEF (2014)**, qui a obtenu les mêmes champignons. Nous avons également remarqué que l'alternariose de pomme de terre est abondant dans plusieurs régions, et cela est confirmé par l'étude de **KABA (2017)** dans la région de Mostaganem, également les travaux de **REBOUH et REBOUH (2017)**.

L'alternariose contribue largement à l'appauvrissement des zones arides et accentue la désertification. Il est donc évident que cette maladie constitue le fléau de l'agriculture saharienne d'où la nécessité impérieuse de développer les recherches sur les moyens de lutte.

Pour ceci, on a utilisé le milieu petits pois pour l'isolement qui est recommandé par **CORBIERE et al., 2003**. En outre, nous avons étudié les effets antifongiques des extraits de *Mentha piperita*, *Allium sativum* et *Nicotiana rustica*.

Par ailleurs, tous les extraits des plantes précitées présentent un effet inhibiteur intéressant à des concentrations différentes.

Les concentrations minimales inhibitrices sont apparues à partir de la dose 100µl des extraits du *Mentha piperita*, d'*Allium sativum* et en fin chez *Nicotiana rustica*.

Les huiles essentielles des *Mentha piperita* et *Allium sativum* sont plus actives par rapport à l'extrait méthanoïque de *Nicotiana rustica* qui est plus faible, elles ont provoqué une inhibition totale de la croissance d'*Alternaria alternaria* à partir de la concentration 100µl.

En générale, la variabilité des résultats est probablement due à l'influence de plusieurs facteurs tels que la méthodologie, les microorganismes testés et les extraits utilisées (**PATTNAIK et al., 1996**).

Alors que, les travaux de **KHEBBEB et al., (2018)**, ont montré que l'*Allium sativum* possède une très bonne activité antifongique. Cependant, en présence de l'extrait méthanoïque, le champignon est résistant pour tous les volumes d'extraits testés.

D'autre part, les travaux de **ABADLIA et CHEBBOUR (2014)**, ont montré que l'HE de *Mentha piperita* provoque une inhibition totale de la croissance mycélienne pour les champignons de genre *Alternaria* à des concentrations faibles.



Conclusion et Perspective

Conclusion et Perspective

La recherche de nouvelles molécules d'origine végétale, susceptibles de permettre à l'agriculteur de lutter efficacement contre les maladies fongiques avec un minimum d'impact négatif sur l'environnement, est parmi les préoccupations majeures du contrôle phytosanitaire.

L'objectif de cet étude est en premier lieu de dévoiler quelques maladies fongiques affectant la culture de la pomme de terre dans la wilaya d'El Oued. Par ailleurs, nous avons procédé à un essai de lutte biologique en laboratoire par le test des huiles essentielles et des extraits méthanoïques de trois plantes ; *Mentha piperita*, *Allium sativum* et *Nicotiana rustica* contre l'*Alternaria alternaria* de pomme de terre.

En effet, les maladies et les espèces fongiques identifiées à partir de l'échantillonnage et l'isolement en laboratoire pour la zone d'étude sont *Alternaria alternaria*, *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum* et *Phoma glomerata*, dont le genre *Alternaria* est le plus abondant dans tous les sites prospectés.

Concernant les essais de lutte par l'utilisation des extraits végétaux, le *Nicotiana rustica* présente le rendement (6%), suivi par l'*Allium sativum* (1.6%) et en fin *Mentha piperita* (1.4%).

Alors que, les tests d'activité antifongique in vitro, ont montré que les trois espèces (*Mentha piperita*, *Allium sativum*, *Nicotiana rustica*) présentant un effet inhibiteur intéressant à des concentrations différentes selon les plantes étudiées. En effet, la mortalité chez les champignons, diffère en fonction de l'espèce végétale testée, du type d'extraction, des concentrations et du temps.

D'autre part, l'HE du *Mentha piperita* a un effet Fongistatique élevé sur l'*Alternaria alternaria*, leur taux d'inhibition enregistré après 15 jours est de 100% pour la dose 100 µl et de 71,2%, 88,7% chez les doses 50 µl, 75 µl respectivement. De plus, nous constatons que l'*Allium sativum* a un grand effet sur ce champignon et que l'inhibition était totale à la concentration de 100 µl, et (85%, 86,25%) pour les doses (50 µl, 75 µl) respectivement. cependant, les extraits méthanoïques du *Nicotiana rustica* ont un effet fongicide faible sur l'*A. alternaria* dont le taux d'inhibition enregistré est de 45% pour la dose 100 µl et 30% à la concentration 50 µl, enfin 37,5%. à la concentration 75 µl.

Conclusion et Perspective

Par ailleurs, ces résultats qui restent préliminaires, devront être confirmés et approfondies par des essais en plein champ et par des études de fractionnement ciblant l'indentification et le profilage des substances responsables de l'activité anti-Alternariose .

Références bibliographiques:

-A-

ABADLIA, M., & CHEBBOUR, A.H., 2014- Etude des huiles essentielles de la plante *mentha piperita* et tester leurs effets sur un modèle biologique des infusoires. Université Constantine 1.86p.

ABBOU, A., 2012- Etude bioécologique de deux pucerons *Aphis gossypii* et *Myzus persicae* et leurs ennemis naturels sur poivron sous serre dans la région de Mostaganem. Mémoire d'Ingénieur Agronome, option: protection des végétaux. Université de Mostaganem, Algérie.86p.

ABRASSART, J.L., 1988- Mille et une vertu des huiles essentielles. Ed. Guy Trédaniel, Paris85p.

AFNOR., 1986- Huile essentielle de carvi (*carum carvi* {Linnaeus}). Essential oils. Oil of caraway (*carum carvi* {Linnaeus}). l'afnor.paris.347p.

AFNOR., 2000- Recueil de normes : les huiles essentielles. Tome 1. Echantillonnage et méthodes d'analyse. AFNOR, Paris.440p.

AGRIOS, G.N., 2005- Plant Pathology. 5th ed. Elsevier Academic Press, USA UK. 922 p.

AISSANI, F., 2015- Analyse sensorielle de la viande bovine additionnée aux huiles essentielles *Thymus ciliatus* (Zaitra) et *Ammoïdes verticillata* (Nunkha). Mémoire pour l'obtention du diplôme Master en Agronomie, option technologie des industries agroalimentaires, Département d'Agronomie, Université Aboubaker belkaid, Tlemcen.85p.

AMARTI, F., SATRANI, B., GHANMI, M., FARAH, A., AAFI, A., AARAB, L., EL AJJOURI, M., et CHAOUCH, A., 2010- Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. Et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. du Maroc. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 14(1). 148p.

Références bibliographiques

AMRAR, M., 2013- La culture de pomme de terre: Production et possibilité pour la transformation. Journée de la pomme de terre CCI DAHRA Mostaganem. Le 04 décembre 2013, Alger. 1-18p.

ANCHISI, M., GENNARI, M., MATTA, A., 1985- Retardation of *Fusarium* wilt symptoms in tomato by pre- and post- inoculation treatments of the roots and aerial parts of the host in hot water. *Physiol. Plant pathol.* 26: 175-183.

ANDRÉ, CH., 2016- Le point sur L'alternariose de la pomme de terre. Grange neuve Institut agricole de l'Etat de Fribourg IAG Séances phytosanitaires.

ANDRIVON, D., 1995- Biology, ecology and epidemiology of the *potato* late blight pathogen *phytophthora infestans in soil.* *phytopathology* 85.1056p.

ANONYME., 1999- Techniques de la production au Maroc. Bulletin de liaison de l'information du PNTTA. Transfert de technologie en agriculture N°52. 4P.

ANONYME., 2000- Histoire de la pomme de terre, Fédération des producteurs de pomme de terre de Québec CF.PPTQ: **WWW.FPPTQ.AQ.CA.**

AOUIS, N., 2015- Etude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, de fenouil et de persil. Thèse de Doctorat en chimie organique. Université d'Oran 01.239p.

ARMSTRONG, G.M., ARMSTRONG, J.K., 1965- Further studies on pathogenicity of three forms of *Fusarium oxysporum* causing wilt on alfalfa. *Plant Disease Reports*, 49(5): 412-416.

ATTOU, A., 2017- Détermination de la Composition Chimique des Huiles Essentielles de quatre Plantes Aromatiques de l'Ouest Algérien (Région d'Ain Témouchent). Etude de Leurs activités antioxydante et antimicrobienne, Thèse de Doctorat en Biologie, Option : Substances Naturelles, Activités Biologiques et Synthèse, Université Abou Bekr Belkaid, Telemcen.93p.

AZOUAOUI, AIT., KETTOUT, T., BOUCENNA, B., AMGOUD, M., RAHMANIA, F., 2007- Essai de lutte *in vitro* par le glyphosate contre des champignons telluriques phytopathogènes: *Fusarium* et *Pythium*. *Sciences et technologie*, 26.80p.

-B-

- BABA, AISSA, F., 1999** - Encyclopédie des plantes utiles (Flore d'Algérie et du Maghreb), Librairie moderne, Rouïba.173 p.
- BACHELOT, C., BLAISE, A., CORBEL, T., et Le GUERNIC, A., 2005-** les huiles essentielles. Mémoire Licence biologie ., U.C.O. Bretagne.27p.
- BALUCHE NJADMOJARD, T., and RGHANI, M., 2003-** Beneficial effect of aqueous garlic extract on the vascular reactivity of streptozotocin-diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*. 85: 139-144.
- BAMOUEH., 1999-** Technique de production de la pomme de terre au Maroc, fiche technique, N° 52. PNTTA.4P.
- BANKS, E. (Ed)., 2004-** *Fusarium Wilt, Fusarium Stem End Rot (Fusarium spp.)*. Dans *Potato Field Guide - Insects, Diseases and Defects*.. Ministry of Agriculture and Food, Ontario.170p.
- BARNETT, HL.B .B., HUNTER., 1972-** Illustrated genera of imperfect fungi. 241p.
- BARY, A., 1876-** Researches into the nature of the *potato* fungus – *Phytophthora infestans*.? *Journal of the Royal Agricultural Society of England* 12. 269p.
- BASU, PK., 1974-** Measuring early blight, *its progress* and influence on fruit losses in ninecultuvars. *Can plant Dis Surv*. 54 :45-51.
- BATISTA, D.C., LIMA, M.A., HADDAD, F., MAFFIA, L.A., MIZUBUTI, E.S.G., 2006-** Validation of decision support systems for tomato early blight and potato late blight, under Brazilian condition. *Crop Protection*. 25: 664-670.
- BELKOU, H., BEYOUD, F., et TALEB BAHMED, Z., 2005-** Approche de la composition biochimique de la menthe vert (*Menthe spicata L*) dans la région de ouargla, mémoire DES,univ Ouargla.61p.
- BENABDELKRIM, N., 2014-** Contribution à l'étude du rendement et du pouvoir antimicrobien de l'huile essentielle de *Piturantho schloranthus* de la région de Biskra. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie. Option :

Références bibliographiques

Biochimie appliquée, Département de Biologie, Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen.28p.

BENADA, M., 2009- Etude de la variabilité phénotypique du champignon *Alternaria dauci* pathogènes des Apiacées en vue d'améliorer les méthodes de lutte. Thèse de Magister, faculte des sciences de l' université d'Oran es-senia.95p.

BENAYAD, N., 2008- les huiles essentielles extraite par plantes médicinales marocaines : Moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées.

BENHAMOU, N., 2012- Elicitors of natural plant defense mechanisms: a new management strategy in the context of sustainable production.23p.

BENINAL, L., 2011- Diversity génétique de *Phytophthora infestans* agent du mildiou de la pomme de terre en Algérie. Thèse de Magister. E.N.S.A. El Harrach. 92p.

BENIZRI, E., and BOUDOIN, E., and GUCKERT, A., 2001- Root colonization by Plant Growth Promoting Rhizobacteria. Biocontrol science and technology 5 (11): 557-574.

BENKEBLIA, N., 2004- Antimicrobial activity of essential oil extracts of various onions (*Allium cepa*) and garlic (*Allium sativum*). Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie; 37.268p.

BEN SOLTANE, F., et BAHRI, F., 2017- Activité antioxydante des huiles essentielles du gingembre (*Zingiber officinale*) et du clou de girofle (*Syzygium aromaticum*). Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master, option : Analyses biologiques et biochimiques, Département de Biologie, Université de Djilali Bounaama,Khemis Miliana, Algerie.57p.

BENZEGGOUTA, N., 2005- Etude De l'Activité Antibactérienne Des Huiles Infusées De Quatre Plantes Médicinales Connues Comme Aliments. Magistère, Mentouri, Constantine.118p.

Références bibliographiques

BERNARD TIVOLI., 1988- Guide d'identification des différentes espèces ou variétés de *Fusarium* rencontrées en France sur la pomme de terre et dans son environnement. Agronomie, EDP Sciences, , 8 (3), hal-00885091.222p.

BLACKWELL, E., 1949- Terminology in Phytophthora. Mycol. Pap. 30. CAB International, Wallingford, United Kingdom; Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England.

BLANCARD, D., LATERROT, H., MARCHOUX, G. CANDRESSE, T., 2012- A colour Handbook- Tomato Diseases: identification, biology and control. Manson publishing Ltd.688p.

BOCCAS, B., 1979- La reproduction sexuelle chez les *phytophthora*, ses voies et quelques-unes de ses conséquences génétiques. Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M. 100.188 p.

BOEREMA, G.H., De GRUYTER, J., NOORDELOOS, M.E., & HAMERS, M.E.C., 2004- *Phoma* identification manual. Differentiation of specific and infraspecific taxa in culture. CABI Publishing, United Kingdom.470p.

BOJANOWSKI, A., 2011- Molécules antifongiques et activité antagoniste de deux souches de *Pseudomonas* envers *helminthosporium solani*, agent responsable de la tache argentée de la pomme de terre. Thèse de doctorat de l'Université Laval.59p.

BONZI, S., 2005- Efficacité des extraits aqueux dans la lutte contre les champignons transmis par les semences de maïs (*Zea mays L.*) : Cas particulier de *Bipolaris maydis* (*Nisikado et Miyake*) Shoem., agent de l'helminthosporiose. Mémoire de fin de cycle d'ingénieur du développement rural, Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, Burkina Faso. 56p.

BONZI, S., 2007- Efficacité des extraits de quatre plantes dans la lutte contre les champignons transmis par les semences de sorgho (*sorghum bicolor(L) moench*). Cas particulier *Colletotrichum graminicola* (Ces.) Wilson et *Phoma sorghina* (Sacc.) Boerema, Dorenbosch et van Kesteren. Mémoire DEA, phytopathologie, Burkina Faso.39p.

BOOTH, C., 1971- The genus *Fusarium*. C.M.I. Kew. Surrey, England.237p.

Références bibliographiques

BOTTON, B., BRETON, A., FEVRE, M., GAUTHIER, S., GUY, PH., LARPENT, JP., REYMOND, P., SANGLIER, J.J., VAYSSIER, Y., et VEAU, P., 1990- Moisissures utiles et nuisibles: importance industrielle. Paris Milan Barcelone Mexico. Deuxième édition. 512:309.

BOUDA, H., TAPONDJOU, L.A., FONTE D.A., and GUMEDZOE, M.Y.D., 2001- Effect of essential oils from leaves of *Ageratum conyzoides*, *Lantana camara* and *Chromolaena odorata* on the mortality of *Stophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). Journal of Stored Products Research, 37:103-109.

BOUFARES, K., 2012- Comportement de trois variétés de pomme de terre (Spunta, Désirée et Chubaek) entre deux milieux de culture substrat et hydroponique. Mémoire de magister : Amélioration de la production végétale et biodiversité. Tlemcen : Université ABOUBEKR BELKAÏD. 78P.

BOURAS, A., BENHAMZA, S., 2013- Impact de deux extraits végétaux, le basilic *Ocimum basilicum* et l'ail *Allium sativum*, dans la lutte contre la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* sur six variété de tomate *Lycopersicum esculentum* sous abris plastique à l'I.T.D.A.S. de Hassi ben Abdellah-Ouargla. Master académique. Ouargla : Université Kasdi Merbah. 59p.

BOURGEOIS, C.M et LEVERAU, J.Y., 1980- Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaire. Tome 3. Contrôle microbiologique. Edition technique et documentation. Lavoisier Paris. 330p.

BOUZOUITA, N., KACHOURI, F., BEN HALIMA, M., CHAABOUNI, M.M., 2008- Composition chimique et activités antioxydante, antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea*. Journal de la Société Chimique de Tunisie, 10:125p.

BROWN, CR., 2008- Breeding for phytonutrient enhancement of potato. American journal of potato research. 85. 298-307p.

BRUNETON, J., 1993- Pharmacognosie : phytochimie, plantes *médicinale*. Tec & Doc. Lavoisier, Paris. 915 p.

BRUNETON, J., 1999- Pharmacognosie « Phytochimie Plantes » Médicinales 3^{ème} Ed, Tec et doc, Paris- P 1120p.

Références bibliographiques

BRUNETON, J., 2009- Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes Médicinales (4eme Ed.) Tec et doc/Lavoisier, Paris.1269p.

BUDOFF , M.J., 2004- Inhibiting progression of coronary calcification using Aged Garlic Extract in patients receiving statin therapy: a preliminary study. *Prev Med*; 39(5):985-91. Caractéristiques des huiles.doc <http://joho.monsite.orange.fr/>
Lubrification : Les Huiles3p.

-C-

CAMARA, B., DICK, E., SAKO, A., KONE, D., KANKO, C., BOYE, M.A.D., AKE, S., et ANNO, A., 2010- Lutte biologique contre *Deightonella torulosa* (Syd.) Ellis, par l'application des huiles essentielles d'*Eucalyptus platyphylla* F. Muell. et de *Melaleuca quinquenervia* L., volume : DOI 10.1007/s10298-010-0568-3, phytothérapie et écologie, Springer-Verlag France.244P.

CARINA, M.F.A., 1981- Insecticidal screening of crude extract from nine compositae species and their characterisation of insecticidal fraction from *Thitonia diversifolia* A. Gray M.S. Thesis, Los Banos college Laguna, Philippines. 121p.

CAUVET., 1999- Monographie du Souf, bulletin de la société de géographie d'Alger .imp baconier, Alger.396p.

CÉLINE, O., 2010- le tabac et son usage en medecine traditionnelle amazonienne. memoire de fin d'études, l'obtention du certificat d'Herbaliste.65p.

CHAERANI, R., VOORRIPS, R.E., 2006- Tomato early blight (*Alternaria solani*): the pathogen, genetics, and breeding for resistance (review). *J Gen plant pathol.* 72: 335-347.

CHEHMA,A.,2006- Catalogue des plantes spontanées du Sahara Septentrional algérien. Université de Ouargla. Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides. Ed Dar El Houda.146p.

CHAIGNEAU, A., 2014- Etude sur le paramétrage de l'outil d'aide à la décision Mileos contre mildiou de pomme de terre : analyses de sensibilité et ajustement. *Agricultural sciences.*26p.

CHARLES, D.J., 2013- Saffron. In antioxidant properties of spices, herbs and other sources. Springer science & Business Media.612p.

Références bibliographiques

- CHRISTINE, J., 2000-** Maladies, insectes nuisibles et utiles de la pomme de terre. Edition IRDA sainte-foy Québec. 16p.
- CNCC., 2010-** Bulletin des variétés de pomme de terre. Editée par le CNCC .253p.
- COLIN, L., 2016-** L'ail et son intérêt en phytothérapie (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).129p.
- CRIQUET, S., and CALVERT, V., 2008-** IMEP UMR CNRS 6116. Planche TP mycologie publié sur internet le 03/03/2008.
- CORBIÈRE, R; ANDRIVON, D., 2003-** Préparation of a simple pea medium for culturing phytophthora infestans. http://www.eucablight.org/Euca_Blight.asp.
- CORRELL, J.C., PUHALLA, J.E., SCHNEIDER, R.W., 1986-** Identification of *Fusarium oxysporum f.sp. apii* on the basis of colony size, virulence and vegetative compatibility. Phytopathology 76.400p.
- D-**
- DAIF, N., 1993-** L'ail, *Allium sativum* L. (Liliacées) : de la tradition à ses perspectives en thérapeutique moderne. These doctorat, Université Nancy 1. 12.104 p.
- DAJOZ, R., 2000 -** Précis d'écologie. 7 -ème édition , Ed. Dunod, Paris.624p.
- DAGNOKO, M., 2009 -** Guide pratique d'utilisation de pesticides naturels en culture maraîchère. <http://www.oocities.org/huprdc/ppi/naturel/guide.htrn> (Consulté en Mai 2014).
- DANIEL, J., RODOLPHE – EDOUARD, S., VINCENT, V.S., 2002-** Botanique systématiques des plantes à fleurs (Collection biologique). 2ème Edition. PPUR.328p.
- DANIEL, R., 2006-** L'Alternariose : Filière Wallonne de la Pomme de terre.
- DAVICINO, R., MATTAR, MA., CASALI, Y.A., GRACIELA, S., MARGARITA, E., MICALIZZI, B., 2007-** Antifungal activity of plant extracts used in folk medicine in Argentina. Revista peruana de biologia. 14; 247-251.
- DELAPLACE, P., 2007-** Caractérisation physiologique et biochimique du processus de vieillissement du tubercule de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) (Thèse de doctorat). Gembloux, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques. 171 p.

Références bibliographiques

DELAVEAU - PIERRE., 1982- Ail: *Allium sativum* L. (Liliacées)Actual. These doctorat.184p.

DELLAPENNA, D., et POGSON, B.J., 2006- Vitamin synthesis in plants: tocopherols and carotenoids. *Annual Review of plant biology.* 57.711-738p.

DJEBBOUR, F., 2015- Evaluation de l'état d'infestation de quelques parcelles par les nématodes à kystes Globodera de la pomme de terre-Enquête sur ces parasites dans la région d'Ain Defla. Mémoire d'ingénieure: phytotechnie. Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana.95P.

DOMINIQUE, B., LATERROT, H., MARCHOUX, G., et CANDRESSE, T., 2009- Les maladies de la tomate : identifier, connaître et maîtriser. Ed: Quae , Paris. 690 p.

DOMMERGUES, Y., MANGENOT, F., 1970- Ecologie microbienne du sol. Paris : Masson.769p.

DORE, C., VAROQUAUX, F., 2006- Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées INRA.840p.

DOUGLAS, A., SKOOG, H.F.J., NIEMAN, T.A., 2003- principe d'analyse instrumental, 1^{er} Edition, de boeck diffusion.956p.

DOUMANDJI-MITICHE, B ., DOUMANDJI, S., 2014- lutte biologique en Algérie: historique et perspectives. Séminaire national sur la biodiversité faunistique. EL-Harrach.111p.

D.P.A.T., 2005- Direction de la programmation et du suivi du budget.

DRENTH, A., JANSSEN, E.M., GOVERS, F., 1995- Formation and survival of oospores of *phytophthora infestans* under natural conditions. *plant pathology*,44.206p.

DREW, 2007- Bulletin d'information hydraulique -Ed. direction des ressources en eau de la Wilaya d'El-Oued.22p.

DSA., 2013- Direction du Service Agricole d'El Oued.

DSA., 2015- Direction du Service Agricole d'El Oued.

DSA., 2017- Direction du service agricole d'El Oued.

Références bibliographiques

DSA., 2019- Direction du service agricole d'El Oued.

DSA., 2020- Direction du service agricole d'El Oued.

DUNIWAY, J.M., 1983- Role of the physical factors in the development of *Phytophthora infestans* (pp 175-187). In : Erwin D. C., Bartnicki-Garcia S., and Tsao P. H.(eds); *Phytophthora*, Its Biology, Taxonomy, Ecology and Pathology. American Phytopathology Society, St. Paul, MN. 392 p.

-E-

ELLIOTT, C.G., 1983- Physiology of sexual reproduction in *Phytophthora* (pp 71-80). In: Erwin D. C., Bartnicki-Garcia S., Tsao P. H.(eds); *Phytophthora*, Its Biology, Taxonomy, Ecology and Pathology. American Phytopathology Society, St. Paul, MN. 392 p.

ELLIS, M.B., GIBSON, I.A.S., 1975- *Alternaria solani*. *IMI Descriptions of Fungi and Bacteria* Set 48: sheet.475p.

EL MAHDJOUR, M., 1972- Etude des relations hôte parasite dans le cas de trachéomycoses. I.N.R.A.T. ARIANA.17p.

ERWIN, D.C., BARTNICKI-GARCIA, S., et TSAO, P.H.(eds), 1983- *Phytophthora*, Its Biology, Taxonomy, Ecology and Pathology. American Phytopathology Society, St. Paul, MN. 392 p.

EZEKIEL R., SINGH, N., SHARMA, S., et KAUR, A., 2011- Beneficial phytochemicals in potato- a review, *Food Research International*. (in press).11p.

-F-

FAOSTAT., 2013- Food and Agriculture Organisation, Annuaire statistique de la FAO.

FAOSTAT., 2016- Food and Agriculture Organisation, Annuaire statistique de la FAO.

Références bibliographiques

FAVIER, A., 2003- Le stress oxydant. Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. L'actualité chimique.115p.

FERNÁNDEZ-PAVIA, S.P., GRUNWALD, N.J., DIAZ-VALASSIS, M., CADENA-HINOJOSA, M., ET FRY, W.E., 2004- Soil born *zoospores* of *Phytophthora infestans* in central Mexico survive winter fallow and infect potato plants in the field. Plant Disease 88. 33p.

FARRAR, J.J., PRYOR, B.M., DAVIS, R.M., 2004- *Alternaria* diseases of carrot. Plant disease. 88 : 776-784.

FILLINGER, S., WALKER, A.S., 2016- Chemical Control and Resistance Management of Botrytis Diseases. In: Fillinger, S., Elad, Y. (Eds.). Botrytis – the Fungus, the Pathogen and its Management in Agricultural Systems.486p.

FINAR, C.S ET HARERIMANA, P.C., 2013- Extraction de l'huile essentielle complète de fleurs de *canangeodorata* de la plaine de l'Imbo : vers la vulgarisation d'une nouvelle filière de plantes industrielles au Burundi. Revue de l'université de Burundi, Série Sciences Exactes. Vol: 28:1-17.

FLANNIGAN, B., SAMSON, R.A., and MILLER, J.D., 2002- Microorganisms in home and indoor work environments: diversity, health impacts, investigation and control.504p.

FOUCHE, J.G., MARQUET, A., HAMBUECKERS, A., 2008- Les Plantes Médicinales De La plante Au médicament conception et Réalisation.

FOURNIER, P., 1948). Le livre des plantes médicinales et vénéneuses de France : 15000 espèces. Tome III, Paris, 803-810 p.

-G-

GAGNON, R., DROUIN, M., et PETERS, D., 2007- Les pommes de terre : situation et tendances de la production canadienne en 2006-2007. A. e. A. Canada. 42p.

Références bibliographiques

GALLEGLY, M.E., et HONG, C., 2008- *phytophthora*: identifying species by morphology and DNA Fingerprints. *The American phytopathological Society*. St. Paul, Minnesota USA.157p.

GARGOURI, S., 2003- Evaluation de l'incidence de la pourriture du pied du blé et de la structure des populations des espèces de *Fusarium* associées à la maladie. Thèse en Biologie végétale, Faculté des sciences de Tunis, Tunis, Tunisie.94p.

GARNEAU, F.X., 2005- Le matériel végétal et les huiles essentielles (La sève- UQAC, Chicoutimi. ed).

GAUCHER, D., DUVAUCHELLE, S., AND ANDRIVON, D., 1998- Mildiou de la pomme de terre – le champignon évolue, la lutte aussi! Perspectives agricoles. 236:1-20.

GAUTHIER, J., 1991- Notions d'agriculture; le sol, les cultures, les élevages, l'économie et la gestion. Ed. Tech, Doc. Lavoisier, Paris.575 p.

GAYDA, A., 2013- Etude des principales huiles essentielles utilisées en rhumatologie. Thèse de Doctorat en pharmacie.220p

GHAZI, S., ET OUSDIDENE, R., 2017- Influence des facteurs environnementaux et variétaux sur la fitness des pucerons de la pomme de terre, dans la région de Bouira.62p.

GHENABZIA, M., 2016- contribution à l'évaluation de la pollution saline et nitrique d'origine agricole des eaux souterraines dans la vallée d'oued souf. université d'EL-OUED.65P.

GHIAT, N., 2011- Etude de la diversité génétique des espèces de *phoma spp.* Inféodées aux fabaceae. Thèse. Magister INA EL Harrache (alger).85p.

GHORRI, S., 2015- Isolement des *microorganismes* possédant une activité *anti Fusarium*. Mémoire pour l'obtention du diplôme doctorat En Bioprocédés et Biotechnologies, Applications Mycologiques, Université frères Mentouri.116p.

GHOURLI, M., ZIDANE, L., & DOUIRA, A., 2013- Catalogue des plantes médicinales utilisées dans le traitement de la lithiase rénale dans la province de Tan-

Références bibliographiques

Tan (Maroc saharien). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(4).1700p.

GILLESPIE, D.R., and MENZIES, J.G., 1993- Fungus gnats vector *Fusarium oxysporum f. sp. Radicis-lycopersici*. *Ann. Appl. Biol.* 123: 539-544.

GIRARD, G., 2010- Les propriétés des huiles essentielles dans les soins bucco-dentaires d'hier aujourd'hui, France : Université Henri Poincaré Nancy 1.100p.

GISI, U., COHEN, Y., 1996- Resistance to Phenylamide Fungicides: a case study with *phytophthora infestans* involving mating type and race structure. *Annu Rev phytopathol.* 1996;34.572p.

GORDON, W.L., 1965- Pathogenic strains of *Fusarium oxysporum*. *Canadian Journal of Botany.*43(11): 1309–1318.

GRANCHINHO, S.C.R., FRANZ, C.M., POLISHCHUK, E., CULLEN, W. R., REIMER, K.J., 2002- Transformation of arsenic (V) by the fungus *Fusarium oxysporum f.sp. melonis* isolated from the alga *Fucus gardneri*. *Appl. Organomet. Chem.* 16: 721-726.

GRIFFIN, D.M., 1972- Ecology of soil fungi. Chapman and Hall, London.193p.

GRISON, C., 1983- La pomme de terre caractéristiques et qualité alimentaire. Ed. CSTA, Rue de général Fay, 75008. Paris. 292p.

GRUN, T.S., 1998- Etude de trois plantes médicinales et condimentaires : l'ail, le safran, le romarin. Thèse doctorat, Université Nancy 1.63p.

GRÜNWALD, N.J., & FLIER, W.G., 2005- The biology of *Phytophthora infestans* at its center of origin. *Annu. Rev. Phytopathol.* 43.190p.

GUIGNARD, J.L., 2000- biochimie végétale, Masson, paris.274p.

GUIRAUD, J.P., 1998- Techniques d'analyses microbiologiques Microbiologie alimentaire. Dunod, Paris, France.696p.

-H-

HAJJI, F., EL IDRISSE, A., FKIHI-TETOUANI, S., et BELLAKHDAR, J., 2012- Étude des compositions chimiques de quelques espèces d'Eucalyptus du Maroc. *Al Biruniya, Rev. Mar. Pharm.* 5 (2) : 125-132.

Références bibliographiques

- HAINÉ, D., et VERLAINE, A., 2006-** Asbl Pameseb: Un réseau de stations météorologiques automatiques télémessurées. Direction Générale de l'Agriculture de la région Wallonne.42p.
- HAMDANI, F., 2016-** Déterminisme moléculaire de l'activité antifongique des huiles essentielles extraites à partir des feuilles d'agrumes, Thèse de Doctorat en biologie, option agronomie, Université Hassiba Ben bouali, Chlef .144p.
- HAMINI, N., HAMDANE, F., BOUTOUTAOU, R., KIHAL, M., HENNI, J.E., 2014-** Antifungal activity of clove (*Syzygium aromaticum L.*) essential oil against phytopathogenic fungi of tomato (*Solanum Lycopersicum L.*) in Algeria. Journal of experimental biology and agricultural sciences 2(5)454p.
- HAMMAMI, S., et ABDESSELEM, M., 2005-** Extraction et analyse des huiles essentielles de la menthe poivrée de la région de Ouargla. Thèse Ing. Univ Blida.69p.
- HAMOIR, J., GORET, M., MIGNON, B., and GUSTIN, P., 2001-** Actualité sur les antifongiques enregistrés en belgique dans le cadre du traitement des dermatophytoses. *Ann. Med. Vet.* 145. 233p.
- HARTMANN, T., 2007-** From waste products to ecochemicals: Fifty years research of plant secondary metabolism, Review. *Phytochemistry*, 68. 2831–2846 p.
- HAWKES, J.G., 1990-** The Potato, Evolution, Biodiversity, and Genetic Resources. Belhaven Press, London.259 p.
- HILAN, C., SFEIR, R., JAWICH, D., AITOUR, S., 2006-** Huiles essentielles de certaines plantes médicinales libanaises de la famille des Lamiaceae. *Journal Scientifique Libanais*, 7(2).22p.
- HOHL, H.R., 1983-** Nutrition of *Phytophthora* (pp 41-54). In Erwin D. C., Bartnicki-Garcia S., Tsao P. H.(eds); *Phytophthora*, Its Biology, Taxonomy, Ecology and Pathology. American Phytopathology Society, St. Paul, MN. 392 p.
- HOPKINS, W.E., 2003-** Physiologie végétale. 1ère édition. Ed. De Boeck & Larcier, Paris.514p.
- HOSSEINI, A., HOSSEINZADEH, H., 2015-** A review on the effects of *Allium sativum* (Garlic) in metabolic syndrome. *J. Endocrinol. Invest.* 38(11): 1147-1157.

Références bibliographiques

HULIN, V., MATHOT, A.G., MAFART, P., DUFOSSE, L., 1998- antimicrobial properties of essential oils and flavor compounds. 582p.

-I-

ISAAC, S., 1992- Fungal- Plant interactions. Published by Chapman and Hall, 2-6 Boundary Row. London.418p.

ITCMI., 1998- Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles.

ITCMI., 2002- Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles. La culture de pomme de Terre.

ITCMI., 2010- Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles. La culture de pomme de Terre.

-J-

JAHANDIEZ, E., et MARIE, R., 1934- Catalogues des plantes du Maroc, Spermatophytes et ptérydophytes. Tome III, P. Lechevalier, librairie 12, rue de Tournon VIe, Alger- Paris.42p.

JO, K.R., VISSER, R.G.F., JACOBSEN, E., VOSSEN, J.H., 2015- Characterisation of the late blight resistance in potato *differential MaR 9* reveals a qualitative resistance gene, R9a, residing in a cluster of Tm-22 homologs on chromosome IX. Theor Appl GENET 2015;128(5).941p.

JOFFÉ, A.Z., PALTÍ, J., and ARBEL-SHERMAN, R., 1974- *Fusarium oxysporum* Schelch. in Israel. *Phytoparasitica*. 2: 91 - 107.

JOSEPH, F., DJEUGAP., FONTEM, D.A., TAPONDJÓ, A.L., 2011- Efficacité in vitro et in vivo des extraits de plantes contre le mildiou (*Phytophthora infestans*) de la morelle noire. Université de Dschang.221 lp.

JOURDHEUIL, P., GRISON, P., et FRAVAL, A., 1991- La lutte biologique, un aperçu historique. In Institut national de la recherche agronomique (INRA). Le courrier de l'environnement de l'INRA.60p.

-K-

Références bibliographiques

KABA, H., 2017- Prospection, isolement et purification d'isolats *d'alternaria sp.*, Sur la culture de pomme de terre de saison dans la wilaya de Mostaganem.45p.

KALOUSTIAN, J., et HADJI-MINAGLOU, F., 2012- La connaissance des huiles essentielles : Qualitologie et aromathérapie entre science et tradition pour une application médicale raisonnée, Springer- verlag, Paris-France:17-210p.

KECHID M., 2005- Physiologie et Biotechnologie de la micro tubérisation de la pomme de terre *Solanum tuberosum. L.* Mémoire de Magister, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université Mentouri de Constantine.128p.

KERROUM, F., 2018- Identification et caractérisation du *phytophthora infestans* agent pathogène du mildiou de la pomme de terre et essai de lutte biologique. Thèse de doctorat. Université d'oran-lahmed ben bella.53p.

KHADRI, S., 2009- Evaluation de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de l'ail cultivé (*Allium sativum*) de l'est Algérien vis-à-vis de différentes souches de *Pseudomonas aeruginosa*. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar Annaba.100p.

KHEBBEB, L; BOUANAKA, H., 2018- Étude comparative, *in vitro*, entre l'effet des antifongiques de synthèse et les huiles essentielles d'*Allium sativum* et *Zingiberis rhizoma* sur deux espèces d'intérêt médical:*C. albicans* et *A. niger*.68p.

KHEDIR, H., et LETOUFA, S., 2008- Contribution à l'étude de l'effet de la fertilisation azotée-potassique sur la culture de la pomme de terre (var Spunta) dans la région du Oued-Souf. Mémoire d'ingénieur : Agronomie Saharienne. Ouargla : Université KASDI MERBAH.134P.

KIRK, P.M., CANNON, P.F., WINTER, D.W., STALPERS, J.A., 2008- (s.d.).Dictionary of the Fungi.CAB International Wallingford. UK.10 th ed. 750p.

KOEING, H., 1995- Guide de mycologie médicale. Ellipses.

KOMMEDAHL, T., ABBAS, H.K., BURNES, P.M., MIROCHA, C.J., 1988- Prevalence and toxigenicity of *Fusarium spp.* From soils of Norway near the arctic circle. Mycologia 80(6): 790-794.

Références bibliographiques

KOUAME, N.M., KAMAGATE, M., KOFFI, C., DIE-KAKOU, H.M., YAO, N.A.R., & KAKOU, A., 2016- *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf: ethnopharmacologie, phytochimie, activités pharmacologiques et toxicologie. *Phytothérapie*, 14(6).392p.

-L-

LAGUNEZ CAROLE., 2013- Etude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières végétales en réacteur chauffent par induction thermomagnétique directe. Thèse de doctorat N 2360. Institut National polytechnique de Toulouse. 64p.

LAHOUEL, Z., 2015- Etude diagnostique de la filière pomme de terre dans la région de Tlemcen, cas de deux fermes pilotes : Hamadouche et Belaidouni. Mémoire de master :Amélioration végétale. Tlemcen : Université ABOUBEKR BELKAÏD.95P.

LAING, C., 1998- Le mildiou de la pomme de terre. Bulletin d'information de la division de la gestion des demandes d'homologation et de l'information. Agence Réglementaire de la parasitaire. Canada.207p.

LATERROT, H., 1996- Cultures de tomates en région méditerranéenne pour le marché de frais: lutte génétique: situation pratique et espoirs. *Phytoma. La défense des végétaux* 484: 48-50.

LAUMONIER, R., 1979- Les Cultures légumières et maraichères. Tome 2. Ed. J.B., Paris.209-230p.

LEMAIRE, J.M., JOUAN, B., 1974- Modification des biocénoses du sol. I : Etude préliminaire de l'influence de l'incorporation de substrats nutritifs au sol et ses conséquences pour l'évolution d'agents phytopathogènes d'origine tellurique. *Annales phytopathologiques*, 6, 297-308.

LEPOIVRE, P., 2003- Phytopathologie. De Boeck *Bruxelles*.427p.

LEWIS, C.E, WALKER, J.R.L, LANCASTER, J.E., et SUTTON, K.H., 1998- Determination of anthocyanins, flavonoids and phenolic acids in potatoes. I: coloured cultivars of *solanum tuberosum* L. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 77.146p.

Références bibliographiques

- LINK, H.F., 1809-** Observations in ordines plantarum naturels, Dissetatio I. Mag. Ges. Naturf. Freunde, Berlin 3.42p.
- LOGRIECO, A., MORETTI, A., SOLFRIZZO, M., 2009-** *Alternaria* toxins and plant diseases : an overview of origin, occurrence and risks. World Mycotoxin Journal. 2 (2) : 129-140.
- LOKOSSOU, A.A., RIETMAN, H., WANG, M., KRENEK, P., VAN DER SCHOOT, H., HENKEN, B., HOEKSTRA, R., VLEESHOUWERS, V.G., VAN DER VOSSSEN, E.A., VISSER, R.G., JACOBSEN, E., VOSMAN, B., 2010-** Diversity, distribution, and evolution of *solanum bulbocastanum* late blight resistance genes. Mol plant Microbe Interact. 23(9).1206p.
- LUCCHESI, M.E., 2005-** Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles, UNIVERSITE DE LA REUNION.143p.
- M-**
- MAAMERI-ESMAA., 2013-** Etude du complexe parasitaire de deux espèces de pucerons *Myzus persicae* et *Aphis gossypii* sur le poivron sous serre). Mémoire d'ingénieur agronome, spécialité : protection des végétaux. Université de Mostaganem.76p.
- MADEC, P., 1966-** Croissance et tubérisation de la pomme de terre. Bulletin de la société Française de Physiologie Végétale 12.159-173pp.
- MADR., 2013-** Statistiques du Ministère de l'Agriculture et du développement rural.
- MADR., 2015-** Évaluation de la mise en œuvre du Renouveau agricole. Campagne agricole 2014, Bilan final.
- MAMGAIN, A., ROYCHOWDHURY, R., TAH, J., 2013-** *Alternaria* pathogenicity and its strategie controls. Research Journal of Biology. 1:01-09.
- MANDEEL, Q.A., ABBAS, J.A., SAEED, A.M., 1995-** Survey of *Fusarium* species in an arid environment of Bahrain: II. Spectrum of species on five isolation media. Sydowia 47.239p.

Références bibliographiques

MAYA-MANZANO, J.M., FERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, S., HERNÁNDEZ-TREJO, F., DIAZ-PEREZ, G., GONZALO-GARIJO, A., SILVA-PALACIOS, I., MUÑOZ-RODRÍGUEZ, A.F., TORMO-MOLINA, R., 2012- Seasonal Mediterranean patterns for airborne spores of *Alternaria*. *Aerobiologia*.28(4):515-526.

MCMULLEN, M.P., and STACK, R.W., 1984- The effects of surface mining and reclamation on *Fusarium* populations of grassland soils. *Reclamation and Revegetation Research* 2: 253-266.

MCSPADDEN – GARDENER, B.B., and GRAVEL, D.R., 2002- Biological control of plant pathogens: Research, commercialization, and the application in the USA. Online: Plant Health Progress.doi:10.1094/PHP-2002-0510-01-RV:http://www.apsnet.org/online/feature/biocontrol/top/html.

MEDDEB, W., 2008- Etude des effets des rayonnements ionisants sur les propriétés biochimiques et biologiques de l'ail et propriétés thermodynamique de l'*Allium sativum*. Université de Carthage.80p.

MEGHAZI, N., 2012- Activité antifongique de quelques huiles essentielles sur les moisissures du blé stocké. Mémoire En vue de l'obtention du diplôme de magistère en sciences agronomiques. Option : Santé végétale et environnement, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, Algérie.99p.

MESSIAEN, C.M., et CASSINI, R., 1968- Recherche sur les fusarioses. IV- La systématique *Fusarium*. *Ann. Epiphytes*. 19, 387-454.

MESSIAEN, C.M., BLANCARD, D., ROUXEL, F., LAFON, R., 1991- Les maladies des plantes maraichères, INRA Paris.552P.

METALI, M., et KERRAS, K., 2016- Etude des activités antibactériennes et antioxydantes des extraits d'*Ocimum basilicum* (basilic) dans la région de Ain Defla. Mémoire de Master en biologie, option : Analyses biologiques et biochimiques. Département de biologie, Université de Khemis Miliana, Algérie.76p.

MICHEL, M., 1991- Maladies et ravageurs de la pomme de terre.168p.

MEZIANE, D., 1991- Histoire de la pomme de terre. Diététique n°25.29 p.

Références bibliographiques

MINKER, C., 2012- Ail et autres alliacés: Un concentré de bienfaits pour votre santé, votre beauté et votre jardin. Editions Eyrolles.158p.

MOLOT, P.M., et MAS, P., 1975- Influence de la température sur la croissance mycélienne et la pouvoir pathogène des quatre races physiologiques de *Fusarium oxysporum* f.sp. melonis. *Annals of Phtopathology.*, 7:175-178.

MONTARRY, J., 2007- réponse adaptative des populations de *Phytophthora infestans*, agent du mildiou de la pomme de terre, au déploiement en culture de son hôte *Solanum tuberosum*. thèse de doctorat en Biologie et Agronomie de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSAR) de Rennes. France.177p.

MOTIEJUNAITE, O. ET PEICULYTE, D., 2004- Fungicidal properties of *Pinus sylvestris* L. *for improvement* of air quality. *Medicina (Kaunas)* 40(4).794p.

MOULE, C., 1972- Plantes sarclées et déverses. J-B. Ballière et Fils, Editeur, Paris. 246 p.

MOUMEN, F., 2016-Valorisation des plantes condimentaires cultivées et spontanées dans l'ouest algérien : cas du genre *Allium*. Thèse de doctorat ès sciences de l'environnement, Université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbès, Sidi BelAbbès.171 p.

MOURIA, B., OUZZANI-TOUHAMI, A., et DOUIRA, A., 2013 - Effet du compost de *Trichoderma harzianum* sur la suppression de la verticilliose de la tomate, 70.5543p.

-N-

NEDJAI, I., et NEDJAI, S., 2017- Activité antimicrobienne des huiles essentielles. Mémoire de Fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme Master, option écologie microbienne. Département de microbiologie, Université A. MIRA – Bejaia.34p.

NELSON, S.C., 2008- Late blight of Tomato (*Phytophthora infestans*). College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii at Manoa Cooperative Extension Service PD-45.10p.

Références bibliographiques

NIEDERHAUSER, J.S., 1991- *Phytophthora infestans*: the mexican connection. In: *phytophthora* (J.A. Lucas, R.C. Shattock, D.S. Shaw & L.R. Cooke eds.), Cambridge university press, Cambridge. 447 pp.

NIKUMBH, D.F., SALER, R.S., 2011- In vitro antifungal activity of plant extracts on *Alternaria alternaria* (Fr) Keisler, a potential pathogen of onion. International Conference on Biology. Environment and Chemistry. 24.419p.

NOÉMIE, L., 2010- lutte biologique aux ravageurs : applicabilité au québec. 87p.

NYABYENDA, P., 2005- Les plantes cultivées en région tropicales d'altitude d'Afrique.224p.

-O-

OKIGBO, R.N & OMODAMIRO, O.D., 2006- Antimicrobial effect of leaf extract of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L) Mill sp) on some human pathogen. J. Herbs, spices and Med. Plants 12 (1/2); 117-127.

OMARI, C., 2011- La filière pomme de terre en Algérie. Afrique agriculture, N°381.26-30 p.

ONM., 2020- l'Office National de la Météorologie.

O.N.S., 2004- Office National des Statistiques.

ORHAN, I. E., OZCELIK, B., KARTAL, M., and KAN, Y., 2012- Antimicrobial and antiviral effects of essential oils from selected Umbelliferae and Labiatae plants and individual essential oil components. Turk.J.Biol., 36.246p.

OSWALDO, T., 2010- Hommage à la pomme de terre. Haute école de santé de Genève.11p.

OUSSALAH, M., CAILLET, S., SAUCIER, L., LACROIX, M., 2006- antimicrobial effects of selected plant essential oils on the growth of a pseudomonas putida strain isolated from meat-meat science.73.244p.

OXENHAM, S.K., SVOBODA, K.P., WALTERS, D.R., 2005- Antifungal activity of essential oil Basil (*Ocimum basilicum*). Phytopathology 153, 174-180.

OZENDA, P., 2004- Flore et végétation du Sahara, 2ème Edition, C.N.R.S-Paris.662p.

Références bibliographiques

-P-

PARIS R, R., & MOYSE, H., 1971 - Précis de Matière médicale, Ed. Masson et Cie.509p.

PARIS M, et AL ABREGE DE MATIERE MEDICALE, PHARMACOGNOSIE., 1981- tome I, Masson, paris.339p.

PATTNAIK; SUBRAMANYAM, S; V.R. ET kole, C., 1996- antibacterial and antifungal activity of tten essentiel oils in vitro. Microbios: 237-246p.

PAUVERT, P., 1984- Les fusarioses des céréales. Phytoma, 202: 15-16.

PAVIS et PATRICE., 2003- Analyzing Performance: Theatre, Dance and Film,Trans, David Williams, University of *Michigan* Press; originally published in French asL'Analyse des spectacles, Editions Nathan, 1996.362p.

PENG, S., 1983- Biological control - One of the fine traditions of ancient Chinese agricultural techniques. Scientia Agricultura Sinica, no 1.96p.

PHILIPPE, D., BOUCHEK-MECHICHE, K., MICHEL, J., et al., 2008- Maladies et ravageurs et désordres de la pomme de terre. Paris : Arvalis. 192P.

PLATT, R., 2008- Maladies de la pomme de terre causées par des oomycètes. Cahiers agricultures 17: 361-367.

POITRINEAU, A., 2001- Les Solanacées. In UNIVERSALLIS 6.

PUSEY, P.L.,WILSON, C.L., 1984- Postharvest biological control of stone fruit brown rot of *bacillus subtilis*. Plant diseases. 68: 753-756.

-Q-

QUEZEL ., SANTA., 1963 - Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales.1170 p.

-R-

RADTKE, W., et RIECKMANN, W., 1991- Maladies et Ravageurs de la Pomme de Terre. Th. Mann, Gelsenkirchen-Bue, Canada.120p.

Références bibliographiques

RAHMAN, M.S., ANO, T., SHODA, M., 2007- Biofilm fermentation of iturin A by a recombinant strain of *Bacillus subtilis* 168. *J. Biotechnol.* 127(3):503-507.

RAKOTONINDRAINA, T., 2008- Analyse de l'adaptabilité de SIPPOM, modèle de gestion durable des résistances variétales, au mildiou de la pomme de terre. Thèse de Master 2. ASCI, SupAgro Montpellier. 77p.

RAKOTONINDRAINA, T.F., 2012- Analyse et modélisation des effets des pratiques culturales sur les épidémies de mildiou de la pomme de terre. Adaptation du modèle SIPPOM (Simulator for Integrated Pathogen Population Management) au pathosystème. Thèse de doctorat (Université Toulouse). 147p.

RAMADE, F., 1984- Eléments d'écologie: écologie fondamentale. *Et. Mcgraw & Hill*, Paris. 403p.

RANDRIANTSALAMA, A.R.T., and RIANAIVOARIVONY, J.M., RAMALANJAONA, V.L., 2014- l'utilisation de la lutte chimique et de la résistance variétale. *african crop science Journal*, Vol.22, Issue Supplement S4. 968p.

RAYNAUD, J., 2006- prescription et conseil en aromathérapie. Edition Lavoisier. 247p.

REBOUH, D., & REBOUH, R., 2017- Diagnostique phytopathologique de l'Alternariose de la pomme de terre dans la région de Sour-El-Ghozlane. Mémoire de master, faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre de l'UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA. 38p.

REGUIE, G.L., 2008- Itinéraire technique de la pomme de terre en Algérie. Journée d'étude sur la filière pomme de terre. INA, El Harrach.

REKAD, F.Z., 2017- Caractérisation phénotypique et génotypique d'isolats de *phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, agent causal du mildiou de la pomme de terre et de la tomate dans la région du nord-ouest d'Algérie. Thèse de doctorat. Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem. 161p.

RIBEIRO, O.K., 1983- Physiology of asexual sporulation and spore germination (pp 55-77). In: Erwin, D. C., Bartnicki-Garcia, S., and Tsao, P. H. (eds); *Phytophthora*, Its

Références bibliographiques

Biology, Taxonomy, Ecology and Pathology. American Phytopathology Society, St. Paul, MN. 392 p.

ROSS, J.A., et KASUM, C.M., 2002- Dietary flavonoids: Bioavailability, metabolic effects, and safety. Annual Review of Nutrition. 22:34p.

ROUSSELLE, P., ROBERT, Y., et CROSNIER, J.C., 1996- La pomme de terre. Production, amélioration, ennemis et maladie. Ed. INRA. Paris. 607P.

ROUXEL, F., ALABOUVETTE, C., et LOUVET, J., 1979- Recherches sur la résistance des sols aux maladies. IV: mise en évidence du rôle des *Fusarium* autochtones dans la résistance d'un sol à la fusariose vasculaire du melon. *Ann. Phytopathol.* 11:199-207.

-S-

SALLÉ J.L., 2004- Les Huiles Essentielles Synthèse d'aromathérapie, 2ième édition. Paris.220p.

SAWYER , R., 1987- La pomme de terre, bulletins d'information technique de 1 à 19 centre internationale de la pomme de terre (CIP). 136p.

SEDLÁKOVÁ, V., DEJMALOVÁ, J., HAUSVATER, E., SEDLÁK, P., DOLEŽAL, P., MAZÁKOVÁ, J., 2011- Effect of *phytophthora infestans* on potato yield in dependence on variety characteristics and fungicide control. *plant soil Environ* 57.491p.

SEMAL, J., 1989- Traité de pathologie végétale. Edition les Presses Agronomiques de Gembloux.621p.

SHARIFI-RAD, J., MNAYER, D., TABANELLI, G., STOJANOVIĆ-RADIĆ, Z.Z., SHARIFI-RAD, M., YOUSAF, Z., VALLONE, L., SETZER, W.N., IRITI, M., 2016- Plants of the genus *Allium* as antibacterial agents: From tradition to pharmacy. Cell. Mol. Biol. (Noisy-le-grand). 62(9): 57-68.

SHARMA, R.R., DINESH, S., RAJBIR, S., 2009- Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables by microbial antagonists: A review. Biological control. 50.221p.

SHIRZAD, H., TAJI, F., RAFIEIAN-KOPAEI, M., 2011- Correlation between antioxidant activity of garlic extracts and WEHI-164 fibro sarcoma tumor growth in BALB/c mice J. Med. Food, 14.974

SHUKLA, A.K., TIWARI, B.K., & MISHRA, R.R., 1989- Temporal and depth wise distribution of microorganisms, enzymes activities and soil respiration in potato field soil under different agricultural systems in north-eastern hill region of India. Rev. Eco. Biol. Sol. 26: 249-265. [ISSN: 0035-1822, Gauthier-villars, France).

SIMMONS, E.G., 1986- *Alternaria* terms and variations.(22-26). Mycotaxon. (Pleospora /Stemphylium and Lewia/ *Alternaria*). 25, 287- 308.

SIMMONS, E.G., 2007- *Alternaria*. An Identification Manual. : CBS Biodiversity Series No. 6. CBS Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, the Netherlands.775p.

SIOU, D., 2013- Développement épidémique de la fusariose des épis de blé et conséquences des interactions entre espèces du complexe fusarien. Thèse de Doctorat, Université Paris-Sud 11. 198p.

SLIWKA, J., JAKUCZUM, H., LEBECKA, R., MARCZEWSKI, W., GEBHARDT C., ZIMNOCH-GUZOWSKA, E., 2006- The novel, major locus Rpi-phu1 for late blight resistance maps to potato chromosome IX and is not correlated with long vegetation period. Theor Appl Genet 113.695p.

SLIWKA, J., JAKUCZUN, H., CHMIELARZ , M., HARA-SKRZYPIEC , A., TOMCZYNSKA ,I., KILIAN,A., ZIMNOCH-GUZOWSKA, E., 2012- A resistance gene against potato late blight originating from *Solanum x michoacanum* maps to potato chromosome VII.Theor Appl Genet.124(2).406p.

SMALLFIELD, B., 2001- Introduction to growing herbs for essential oils, medicinal and culinary purposes. Crop & Food Research. Number 45.4 p.

SMIRNOFF, W.A., 1991- Réflexion à propos de la lutte biologique contre les insectes nuisibles. In Essaid, A. (réd.), *La lutte anti-acridienne* (chap. 21, p. 279-287). Paris, Agence universitaire de la francophonie.

SNYDER, W.C., HANSEN, H.N., 1940- The *species concept* in *Fusarium*. American Journal of *Botany*. 27.66p.

Références bibliographiques

SOLTNER, D., 1999- les grandes productions végétales. Ed. CSTA (Collection Sciences et Technique agricoles), 20^{ème} édition, Angers.472 P.

SOLTNER D., 2005- Les bases de la production végétales 22^{ème} édition collection science et technique agricoles.472p.

SOMDA, I., SANON, P., MICHAUD, J.M., et SANOU, J., 2003- Efficacité des extraits aqueux de citronnelle et de pourpier dans la lutte contre les champignons transmis par les semences de maïs. Science et Technique, Série Sciences Naturelles et Agronomie, vol. 27 (1-2) : 29-40.

STEVENSON, W. R., LORIA, R., FRANC, G. D., & WEINGARTNER, D.P. (Eds.), 2001- *Fusarium Dry Rot and Fusarium Wilt*. Dans *Compendium of Potato Diseases*. 2e éd. APS Press. The American Phytopathological Society Press, St-Paul, Minnesota. 23-25.

STEWART, P., 1969- Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. Quelques réflexions. Bull. Doc. Hist. natu. agro. : 24 – 25.

STRANDBERG., 1992- *Alternaria* species that attack vegetable crops: biology and options for disease management: In: Chelkowski J, Visconti A (eds) *Alternaria* biology, plant disease and metabolites. Elsevier, Amsterdam. 175- 208. Technologies Agricoles. 16^{ème} édition.494p.

SURESH, G., NARASIMHAMN, N.S., MASILAMANI, S., PARTHO, P.O., GOPALAKRISHNAN, G., 1997- Antifungal fraction and compound from uncrushed green leaves of *Azadiractha indica*. *Phytoparasitica*, 25 (1) : 33-39.

-T-

TELLO-MARQUINA, J.C., et ALABOUVETTE, C., 1984- Observation sur la persistance dans le sol des microconidies de *Fusarium oxysporum*. *Agronomie* 4 (9).890p.

THIERRY,B., 1988-Thèse - I.N.P, Toulouse.

THURSTON, H.D., SCHULTZ, O., 1981- Late blight in compendium of potato disease. Hooker Eds. APS Press Michigan (USA).125p.

Références bibliographiques

TRABUT, L., 1830- Répertoire des noms indigènes des plantes spontanées, cultivées et utilisées dans le nord de l'Afrique (1830-1930. Collection du Centenaire de l'Algérie. Études scientifiques. Flore du nord de l'Afrique) Collection du Centenaire de l'Algérie, 1830-1930. Études scientifiques.335p.

TRIA, M., CHEHAT, F., 2013- typologie des producteurs de pomme de terre dans la région d'Ain defla les cahiers du CREAD n°103.136p.

TRINDALE, L.M., HORVATH, B.M., R, V.B., et RICHARD, G. F., 2004- Analysis of gene differentially expressed during potato tuber life cycle and isolation of their promoter regions plant science N° 166, 423- 433p.

TRUDEL, R., 2005- Protéine de l'ail, *Allium sativum*, au service de la lutte contre des insectes piqueurs-suceurs (Homoptera). *Phytoprotection* 86(2).147p.

TURKENSTEEN, L.J., 1978- *Phytophthora infestans*: three new hosts and specialized form causing foliar blight of *Solanum muricatum* in Peru. Plant Dis. Report. 62.829p.

TURNBULL, A.L., et CHANT, D.A., 1961- The practice and theory of biological control of insects in Canada. Canadian journal of zoology, vol. 39. 697-753p.

TUTIEMPO., 2019- Base de donner climatique. Disponible sur: <http://fr.tutiempo.net/climat/ws605300.html>.

-U-

UIPP., 2011- Rapport annuel 2011-2012 édité par la direction de la communication de l'Union des industries de la protection des plantes (UIPP).43p.

U.S. CONGRESS, OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT., 1995- Biologically based technologies for pest control. In Princeton University. Biologically based technologies for pest control, [En ligne]. <http://www.princeton.edu/~ota/disk1/1995/9506/9506.PDF> (Page consultée le 20 janvier 2010).203p.

-V-

Références bibliographiques

VALNET, J., 1980- Aromathérapie : Traitement des Maladies par les Essences des Plantes. 9e Ed. Maloine. 510p.

VANSANT, G., 2004- Radicaux libres et antioxydants : principes de base. Ed Institut Danone. 77p.

VARTAJA, P.O., 1952- Forest humus quality and light conditions as factors influencing damping off. *Phytopathology*, pp:501-506.

VERMA, M., BRAR, S.K., TYAGI, R.D., SURAMPALLI, R.Y., VALÉRO, J.R., 2007- Antagonistic fungi *Trichoderma spp.*: panoply of biological control. *Biochemical engineering*. 37.20p.

VISMER, H.F., MARASAS, W.F.O., RHEEDER, J.P., JOUBERT, J.J., 2002- *Fusarium dimerum* as a cause of human eye infections. *Medical Mycology* 40: 399-406.

VOISIN, A.R., 2004- Le Souf monographie, Edition El-Walid, El Oued Algérie. 319p.

-W-

WAAGE, J., 2004- La lutte biologique – Réaliser la promesse. *Dossiers Bio contrôle*, décembre. 1p.

WALKER, J.W., 1961- *Plant pathology*. 3rd edition. 829p.

WEAVER, D.K., SUBRAMANYAM, B., 2000- Botanical. In: *Alternance to pesticide in stored product*, Subramanyam B., Hangstrum D. W. (Editors), I.P.M. *Kluwer Academic Publisher*, Massachusetts, USA. 303-320.

WILTSHIRE, S.P., 1933- The foundation *species* of *Alternaria* and *Microsporium*. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 18.

WOODHAM-SMITH, C., 1962- *The Great Hunger, Ireland 1845-1849*. Penguin Ltd., London. 510p.

-Y-

Références bibliographiques

YAHYAOUI, N., 2005- Extraction, analyse et évaluation de l'effet insecticide des huiles essentielles de *Mentha Spicata L.* sur *Rhyzoperlhu dominicu* (F.) (Coleoptera, Bostrychidae) et *Triboium confusm* (Duv.) (Coleoptera, Tenebrionidae).Thèse de Magister en sciences agronomiques, option Ecologie, INA, El-Harrach, Algerie.

YAKHLEF, S., 2014- Suivi des maladies fongiques de pomme de terre *Solanum tuberosum L.* dans la région d'EL-Oued, mémoire : Biotechnologie végétale.ouargla: université kasdi merbah ouargla.65p.

YEDIDIA, I., BENHAMOU, A.N.D., KAPULNIK, Y., CHETI., 2000- Induction and accumulation of PR proteins activity during early stages of root colonization by the mycoparasite *Trichoderma harzianum* strain T-203. Plant physiol. Biochem. 38: 863-873.

-Z-

ZAHAF, H., 2016- Activité insecticide de l'extrait méthanoïque de *Nicotiana Glauca* sur le puceron noir de la fève (*Aphis Fabae*). Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem .33p.

ZERIGUI, H., ET MOUZAOU, F., 2018- Contribution à l'étude d'*alternaria* sp., agent causal de l'alternariose de la pomme de terre : Prospection, isolement et identification du pathogène.49p.

ZHU, J; ZHANG, Z; YANG, Z., 2001- General research methods on pathogen of potato late blight (*phytophthora infestans*). Journal of Agricultural Sciences, 24: 112-114.

ZYBAK, O., 2000- FICHE TECHNIQUE. huile essentielle *menthe poivrée Mentha X piperita*.2p.

Références internet:

<http://www.eucabligh.org>

www.univ-brest.fr

<http://www.hortitecnews.com>

<https://fr.wikipedia.org>

Références bibliographiques

<http://www.dupont.ca/fr>

<https://fr.wikipedia.org>

www.action-web

<http://www.pranarom.com>

ENCARTA., 2014: <http://fr.encarta.msn.com>

ENCARTA., 2020: Google Earth

MINISTERE DU COMMERCE AGENCE NATIONALE DE PROMOTION
DU COMMERCE EXTERIEUR., 2013.

Annexe 01: l'Appareils et les produits

Milieu de culture	Appareillage et petit materiel	Les Produits	verreries
Petits pois	Balance analytique- Pince stériles- Spatule Etuve-Soxhlet- Rotavapor Clivenger- Papier aluminium- Sacs en papier- Microscope optique- Scotch- Ciseau stérile- L'autoclave-Aiguille-Règle- Gants-Hotte à flux Laminaire- Erlenmeyer- Passoire à gros tamis	Ail- Menthe- Tabac- Les extraits- Méthanol- L'eau distillée- L'eau de javel diluée- Antibiotiques- Na Cl-Agar- Petits pois	Tube en verre brun-Boites stérile- Bec benzène-lame Micrométrique- Flacons- boites Pétri-Tubes à essai- Micropipette- Bécher- Entonnoir

Annexe 02: Préparation du milieu petits pois

Pour 1litre de milieu petits pois

Hotte à flux laminaire

Bec benzène

Casserole

Couvercle

Erlenmeyer

Entonnoir

Passoire à gros tamis

Gants

Coton

Papier aluminium

125 g petits pois congelés

1.2L l'eau distillée

15 g Agar Agar

Antibiotique (gentamycine).

- Dans un casserole, introduire 125g de petits pois congelés dans un litre d'eau permutée. Rajouter 200 ml d'eau permutée à cause de l'évaporation.

- Mettre le couvercle sur la casserole et porter la préparation à ébullition puis laisser mijoter pendant 30 minutes.

- Pendant ce temps, introduire dans un erlenmeyer 15 g d'Agar par litre de milieu, qui confèrent la texture solide au milieu.

- A fin de la cuisson, transvaser le jus de cuisson dans l'erlenmeyer à l'aide d'un entonnoir en filtrant les petits pois à travers une passoire à gros tamis posée sur le flacon (puis jeter les petits pois). Se munir de gants de protection contre les éventuelles brûlures.

- Boucher l'erlenmeyer avec du coton et recouvrir de papier aluminium. Stériliser à l'autoclave à 120C° pendant 20 minutes. Puis laisser refroidir en agitant régulièrement, afin d'éviter la solidification du milieu dans l'erlenmeyer.

- Couler le milieu petits pois dans les boites de pétri sous hotte à flux laminaire, près d'un bec benzène afin d'éviter les contaminations. Laisser le milieu solidifier sous la hotte pendant une journée.

- Conserver les boites à température ambiante.

معرفة و تحديد الامراض الفطرية التي تصيب نبات البطاطا و اختبار المكافحة البيولوجية عن طريق المستخلصات النباتية في منطقة الوادي

لقد تم هذا العمل من اجل استغلال التنوع البيولوجي بشكل افضل لمقاومة الآفات الطبيعية التي تهدد المجال الزراعي. تنقسم هذه الاطروحة الى جزئين، ينص الجزء الاول منها على دراسة الامراض الفطرية التي تصيب البطاطا لمعرفة مختلف الفطريات الممرضة و القدرة على النمو و التطور على نبتة البطاطا (درنات، اوراق) المتواجدة على مستوى منطقة الوادي عن طريق العزلة. اما الجزء الثاني من البحث فركزنا فيه على الدراسة المخبرية للتأثير المضاد للفطريات اعتمادا على ثلاثة مستخلصات نباتية، الدخان (*Nicotiana rustica*) و الزيوت الاساسية المستخلصة من النعناع (*Mentha piperita*)، و الثوم (*Allium sativum*) على فطر (*Alternaria alternaria*) باستخدام تراكيز مختلفة. يتم تقدير فعالية كل مستخلص نباتي للتركيزات المختلفة (50µl، 75 µl و 100µl) من خلال تحدد معدل تثبيط النمو للفطر المختبر. و بالفعل، فان مستخلصات *Allium sativum* و *Mentha piperita* تثبط النمو الاشعاعي للفطر بطريقة مهمة (تثبيط كلي في اعلى تركيز) ، مقارنة *Nicotiana rustica*، مما يظهر تأثير مضاد جيد في نفس الوقت يصل الى 51,55% في اعلى تركيز (100µl).

الكلمات المفتاحية: امراض فطرية، البطاطا، نشاط مضاد للفطريات، مستخلصات نباتية، زيوت اساسية، النعناع ، الدخان ، الثوم ،

alternaria Alternaria

Identification et caractérisation des maladies fongiques de pomme de terre et essai de lutte biologique par les extraits végétaux dans la région d'EL-Oued

Ce travail a été effectué dans l'objectif de mieux exploiter la biodiversité naturelle pour la résistance aux bioagresseurs qui menacent le domaine agricole. Ce travail est divisé en deux parties, dont la première partie consiste à l'étude des maladies fongiques de pomme de terre pour connaître les différentes maladies fongiques capable de se développer et de croître dans les pommes de terre : (tubercules, feuilles) , au niveau de la région d'El-Oued par l'isolement. La deuxième partie sert à l'étude in vitro de l'effet antifongique de trois extraits végétaux, le tabac (*Nicotiana rustica*) et les huiles essentielles de menthe (*Mentha piperita*), et l'ail (*Allium sativum*) sur du champignons (*Alternaria alternaria*) par utilisation de différentes concentrations. L'efficacité de chaque extrait végétal pour différentes concentrations (50µl, 75µl et 100µl), est estimée par la détermination du taux d'inhibition de la croissance de champignon testé. En effet, les extraits de *Mentha piperita* et d'*Allium sativum* ont inhibé la croissance radiale de champignon testé d'une façon importante (une inhibition totale chez la plus forte concentration), comparativement à *Nicotiana rustica*, manifestant un bon effet antifongique de 55,51% à la concentration la plus élevée (100µl).

Mots clés : Maladies fongiques, pomme de terre, activité antifongique, extraits végétaux, huiles essentielles, menthe, tabac, ail, *Alternaria alternaria*,

Identification and characterization of fungal diseases of potatoes and biological control test by plant extracts in the region of EL-Oued

This work has been done in order to better exploit natural biodiversity for pest resistance to the bioaggressors threatening the agricultural field. This thesis is organized into two parts, the first part which consists of the fungal diseases of potatoes to Know the various fungi diseases able to develop and grow on parts of potatoes (tuberous, leaves) on level of the area of El-Oued by the isolation. The second part is used for the in vitro study of the antifungal of three plant extracts, Tobacco (*Nicotiana rustica*) and the essential oils extracted from Mint (*Mentha piperita*), and the Garlic (*Allium sativum*) on fungi (*Alternaria alternaria*) by using different concentrations. The efficacy of each vegetable extract for various concentrations (50µl, 75µl and 100µl), is estimated by determination of inhibition rates of the growth of the fungal tested. Indeed, the extracts of *Mentha piperita* and *Allium sativum* inhibited the radial growth of fungal tested in an important way (a total inhibition at the strongest concentration), compared to *Nicotiana rustica*, expressing a good antifungal effect at the level at the same time up to 55.51% at a concentration of (100µ) .

Key words: Fungi diseases, potatoes, antifungal activity, plant extracts, essential oils, Mint, Tobacco, Garlic, *Alternaria alternaria*,