

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE



DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE

de fin d'étude en vue de l'obtention Du Diplôme de Master

**Option Biotechnologie des plantes aromatiques et médicinales et des produits
naturels**

THEME

**Activité antifongique in vitro d'une gamme
d'extraits de plantes a l'égard de *Rhizoctonia
solani* Kuhn. Sur pomme de terre**

Présenté par : HAMLAOUI.YACINE

Devant le jury composé de :

Mr Ali Ousalah A.BH

M.A.A

U.S.D.B Président

Mme MOUMENE. S.

M.A.A

U.S.D.B Promotrice

Mme BENGUENDOZ R.

M.A.A

U.S.D.B Examineur

Mme SAHRAOUI F.

M.A.A

U.S.D.B Examinatrice

ANNEE UNIVERSITAIRE 2013-2014

Résumé

Activité antifongique *in vitro* d'une gamme d'extraits de plantes et d'une algue marine à l'égard de *Rhizoctonia solani* Kuhn. de la pomme de terre

Cette étude rentre dans le cadre de la recherche de méthodes alternatives pour le bio-contrôle du rhizoctone brun de la pomme de terre. Elle a été basée sur l'évaluation du pouvoir antifongique de neuf extraits aqueux de plantes et un extrait aqueux d'algue marine à l'égard de *Rhizoctonia solani* agent responsable de Rhizoctone brun de la pomme de terre. L'ensemble des extraits ont été préparés à base de plantes à savoir la Prêle des champs (*Equisetum arvense*), l'Ortie (*Urtica dioica*), le Pacanier (*Carya illinoensis*), le Pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*), le Romarin (*Rosmarinus officinalis*), la Sauge (*Salvia officinalis*), la Menthe odorante (*Mentha suaveolens*), la Posidonie (*Posidonia oceanica*), la grande mauve (*Malva sylvestris*), l'ail cultivé (*Allium sativum*) et à base d'une algue marine verte du genre *Ulva* et ont été testés *in vitro* à l'état brut et aux dilutions 5, 10 et 20 % sur cinq isolats de *R.solani* isolés à partir de sclérotés de pomme de terre originaires de la région d'El oued et commercialisées dans trois marchés de légumes à Boufarik, Bouguara et Attatba. Le contact direct des isolats phytopathogènes avec les extraits aqueux contenus dans le milieu PDA ont révélé des taux d'inhibition variables; assez faibles pour l'ensemble des extraits testés mais très importants pour celui de l'ail où l'inhibition était complète et remarquable pour la croissance mycélienne, la production et la germination des sclérotés.

L'absence de survie des isolats traités avec l'extrait d'ail même à la dilution 5% a confirmé ses hautes potentialités biofongicides *in vitro* qui devraient être confirmés *in vivo* pour son utilisation dans le bio-contrôle du rhizoctone brun de la pomme de terre.

Mots clés : Extraits aqueux de plantes et d'algue, *Rhizoctonia solani*, Sclérotés, Pouvoir antifongique, *Solanum tuberosum*.

Abstract

Antifungal activity in vitro with a range of plant extracts and seaweed against Rhizoctonia solani Kuhn. of potato

This study falls within the framework of the search for alternative methods for bio-control of black scurf of potato. It was based on the evaluation of new antifungal power of aqueous extracts of plants and an aqueous extract of seaweed against Rhizoctonia solani causal agent of Rhizoctonia in potatoes. The combined extracts were prepared herbal knowledge of horsetail (Equisetum arvense), Nettle (Urtica dioica), the pecan (Carya illinoensis), the Pearlbush (Pistacia lentiscus), Rosemary (Rosmarinus officinalis), sage (Salvia officinalis), fragrant mint (Mentha suaveolens), Posidonia (Posidonia oceanica), the mallow (Malva sylvestris), garlic (Allium sativum) and based on a green seaweed of Ulva and were tested in vitro in the crude and dilutions 5, 10 and 20% against five isolates R.solani isolated from sclerotia potato tubers originating from El Oued region and marketed in three vegetable markets in Boufarik, Bouguara and Attatba. Direct contact of phytopathogenic isolates with aqueous extracts contained in the PDA medium showed varying levels of inhibition; low enough for all the extracts tested, but very important for the garlic where inhibition was complete and remarkable for mycelial growth, production and germination of sclerotia.

The lack of survival isolates treated with garlic extract even the 5% dilution confirmed its high potential biofungicides *in vitro* should be confirmed *in vivo* for use in the bio control of scurf of potato.

Keywords: Aqueous extracts of plants and algae, Rhizoctonia solani, sclerotia, antifungal Power, Solanum tuberosum.

Introduction

La culture de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) occupe une grande importance économique et sociale à l'échelle nationale et internationale (Duvauchelle et Andrivon, 2007). Elle est l'une des plus importantes cultures dans le monde entier en raison de sa haute valeur pour la nutrition humaine (Desjardins *et al.*, 1995; FAOstat, 2010). C'est la cinquième culture cultivée dans le monde après la Canne à sucre, le maïs, le riz et le blé, avec une superficie d'environ 20 millions d'hectares et un rendement total de 324.420.782 tonnes en 2010 (Widmark, 2010 ; FAOstat, 2012).

En Algérie la pomme de terre est l'une des principales cultures maraichères avec une superficie d'environ 130000 ha sur les 300 000 ha destinés au maraichage (Chehat, 2008 ; FAOstat, 2012).

Cependant, elle peut faire l'objet d'attaques de plusieurs ravageurs tels que les pucerons, les thrips et la teigne et de plusieurs maladies virales, bactériennes et fongiques telles que la jambe noire, l'alternariose, la pourriture grise et le mildiou (Fiers, 2010).

Parmi les maladies fongiques dites de qualité sur pomme de terre, nous citons le Rhizoctone brun causé par *Rhizoctonia solani* qui s'attaque particulièrement aux tubercules (Parmenter, 1970). Les dégâts causés déprécient fortement le tubercule en le déformant ou en formant des sclérotés noirâtres dessus, le rendant ainsi impropre à la commercialisation. Ces symptômes peuvent même empêcher la certification des plants de pomme de terre en entraînant un refus à la vente et à l'exportation (Fiers, 2010).

En Algérie, cette maladie provoque chaque année, des dégâts importants au champ et durant le stockage. Les plus importantes pertes concernent la qualité des tubercules qui sont fortement dépréciés (Malet, 2013). La lutte chimique et les mesures prophylactiques contre le rhizoctone brun, en plein champ n'ont pas été efficaces (A.A.F, 2001), C'est pour cela que la lutte biologique est une méthode alternative. En effet, plusieurs travaux ont été menés dans ce sens contre les champignons telluriques tels que : *Fusarium* spp. (Esslmani et Lahlou, 2003) et *Rhizoctonia solani* (Besnard et Davet, 1993). Ainsi, Osman *et al.*, (2011) ont démontré en Egypte, l'efficacité *in vitro* de *Trichoderma harzianum* et d'une bactérie *Nostoc entophytum*, sur l'inhibition de la croissance mycélienne de *Rhizoctonia solani* de 63% sur soja pour le *T. harzianum* et 44,4% pour la bactérie après 4 jours d'incubation à 25°C, alors

qu'*in vivo*, *Trichoderma harzianum* a induit une augmentation significative dans les taux de survie du soja de 219,2%.

A cet effet, depuis quelques années le monde agricole s'oriente vers une agriculture durable et raisonnée en développant le concept de protection biologique intégrée dite lutte biologique, évidemment dans le but de chercher d'autres alternatives et méthodes de lutte classique (Bekele et Mela, 2002).

Les extraits de nombreuses plantes sont rapportés pour exposer des propriétés antibactériennes, antifongiques et insecticides. Des produits naturels isolés de ces végétaux semblent être l'une des alternatives de produits chimiques qui n'ont aucun impact sur l'environnement ni sur l'homme (Varma et Dubey, 1999 ; Cao et Arina, 2001 ; Wang et *al.*, 2004).

Dans ce concept et pour cette étude, sept plantes médicinales terrestres, une plante aquatique et une algue macroscopique verte du genre *Ulva* ont été retenues pour étudier l'activité antifongique *in vitro* de leurs extraits aqueux sur la croissance mycélienne, la production et la germination des sclérotés des isolats algériens de *Rhizoctonia solani* ainsi que, leur survie après traitements.

ملخص

القدرة المضادة للفطريات في المختبر لمجموعة من المستخلصات النباتية ضد «*Rhizoctonia solani* Kuhn» العامل المسؤل عن الارومة للبطاطس بالجزائر.

زيادة استخدام مبيدات الفطريات الجهازية المكونة من المادة الفعالة Metalaxyl أصبحت غير فعالة ضد مرض اللفحة المتأخرة للبطاطس بسبب المقاومة المطورة من طرف سلالات عدوانية من نوع A2 ل *Rhizoctonia solani* من أجل البحث عن طرق بديلة لمحاربة هذا المرض المُمهيب.

يستند هذا العمل على الدراسة في المختبر لإيجاد طرق بديلة من اجل المكافحة البيولوجية لمرض الارومة و ذلك باستخدام مستخلصات عشر نباتات طبية:

ذيل الحصان (*Equisetum arvense*)، القراص الكبير (*Urtica dioica*)، الخبيز (*Malva sylvestris*)، الضرو (*Pistacia lentiscus*)، إكليل الجبل (*Rosmarinus Officinalis*)، المریمیة (*Salvia officinalis*)، المرسيطة (*Mentha suaveolens*)، الثوم والطحالب من جنس *Ulva* ضد تسع عزلات جزائرية *Rhizoctonia solani* جمعت من اسواق للبطاطس: بوفاريك ، بوقرة و الحطاطية، انتقيت.

في هذا المعنى تم اختيار تقنية الاتصال المباشر حيث استخدمت المستخلصات النقية و التركيزات 5، 10 و 20٪

(PDA) . على مستنبت البطاطا الضرو، البقان، المرسيطة، المریمیة و إكليل الجبل

وقد سجلت معدلات من التثبيط جميع مستخلصات النبات على (PDA) على مستنبت البطاطا كشفت عن نسب ضعيفة من النمو الفطري الانبات و على التبوغ. مسخلص الثوم كان له فاعلية ضد الفطر بنسبة 100.10% الكلمات المفتاحية : مضاد فطريات، sclérotés، rhizoctonia solani المستخرج من النباتات

كلمات البحث:، القدرة ضد فطرية، المستخلصات النباتية. الارومة

Liste des abréviations

MADR : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

D1 : la dose 5%

D2 : la dose 10%

D3 : la dose 20%

D4 : la dose 100%

R : *Rhizoctonia*

- S1R2: souche isolée de site 1(BOUGARA) répétition 2.
- S1R3: souche isolée de site 1(BOUGARA) répétition 3.
- S2R1: souche isolée de site 1(BOUFARIK) répétition 2.
- S2R2: souche isolée de site 2(BOUFARIK) répétition 2.
- S2R3: souche isolée de site 2(BOUFARIK) répétition 3.
- S3R4 : souche isolée de site 3(ATTATBA) répétition 4.
- S3R3 : souche isolée de site 3(ATTATBA).
- S3S : souche isolée de site 3(ATTATBA).
- S3F : souche isolée de site 3(ATTATBA).

PDA: Potato Dextrose Agar.

- **IC** : croissance mycélienne de l'agent phytopathogène témoin (mm).
- **DT** : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne en %.
- **DPA** : croissance mycélienne de l'agent phytopathogène confronté à l'antagoniste (mm).

MADR : Ministère de l'agriculture et du développement rural.

G.I.F.T. : Guide d'identification et fiches techniques.

SPQA : Stratégie phytosanitaire quebequoise en agriculture.

FAO : Food Agriculture Organisation.

µm: Micromètre.

ACP: Analyse en composante principale.

CAH: Analyse de composants hiérarchiques.

DT : Croissance diamétrale du témoin.

DPA : Croissance diamétrale mycélienne du pathogène en présence de l'antagoniste.

GLM: General Linear Model.

P: Probabilité.

Liste des figures

Figure 1. Cycle végétatif de la pomme de terre

Figure 2. Le top des productions de pomme de terre dans le monde

Figure 3. Classement des principales cultures en Algérie en 2010

Figure 4. Symptômes du rhizoctone brun pomme de terre

Figure 5. Cycle de vie de *Rhizoctoniasolani* sur pomme de terre

Figure 6. Aspect cultural (a) et morphologique (b) de *Rhizoctoniasolani* (G : X500)

Figure 7. Ortie dioïque

Figure 8. Prêle.

Figure 9. Sauge

Figure 10. Romarin

Figure 11. pistachier lentisque.

Figure 12. menthe odorante

Figure 13. Posidonie

Figure 14. Ulve

Figure 15. Ail

Figure 16. La grande mauve.

Figure 17. Préparations des extraits aqueux

Figure 18. Variabilité des fréquences d'abondance de *Rhizoctoniasolani* selon les régions et les échelles arbitraire.

Figure 19. Comparaison entre la croissance mycélienne dans les différentes températures dans le milieu PDA de l'isolat S3F de *R.solani*.

Figure 20. Comparaison entre la croissance mycélienne dans le milieu PDA à 25°C des neufs isolats de *R.solani*

Figure 21. Comparaison entre la croissance mycélienne dans les trois milieux à 25°C de l'isolat S1R3 de *R.solani*.

Figure 22. Croissance mycélienne des isolats de *R. solani* en modèle GLM selon la nature des milieux, les températures et les jours d'incubation et les souches étudiées

Figure 23. Impact des extraits de plantes sur la croissance mycélienne des isolats de *R. solani*

Figure 24. Inhibition de la croissance mycélienne de *R. solani* traités par les extraits aqueux des plantes et d'algue en modèle GLM selon la nature des extraits, leurs concentrations et les souches étudiées

Figure 25. Impact des extraits de plantes sur la croissance mycélienne de L'isolat S1R3 de *R. solani*

Figure 26. Inhibition de la croissance mycélienne de *R. solani* traités par l'extrait aqueux de l'ail en modèle GLM selon les concentrations et les souches étudiées

Figure 27. Inhibition de la germination des sclérotés de *R. solani* traités par contact direct par l'extrait aqueux de l'ail

Figure 28. Taux d'inhibition de la germination par mode de contact direct des cinq souches étudiées en modèle GLM selon les doses et les souches étudiées

Figure 29. Germination des sclérotés des isolats de *R. solani* chez les souches témoins et ceux des traités

Figure 30. Taux d'inhibition de la germination par mode de trempage des cinq souches étudiées en modèle GLM selon les doses

Figure 31. Taux d'inhibition de la reprise de la croissance mycélienne des cinq souches étudiées en modèle GLM selon les doses, les souches étudiées et le mode de traitement.

Liste des tableaux

Tableau 1. Bilan de la culture de pomme de Terre de consommation en Algérie durant la Campagne 2011/2012 (DRDPA,2012)

Tableau 2. Principales maladies et principaux ravageurs limitant la culture de la pomme de terre

Tableau 3. Données sur les espèces végétales et algues macroscopiques testées

Tableau 4. Analyse de la variance de la fréquence de *Rhizoctoniasolani* selon les régions et les échelles arbitraires.

Tableau 5. Analyse de la variance de la croissance mycélienne de *Rhizoctonia solani* selon les jours d'incubation , les souches , les températures et les milieux de cultures.

Tableau 6. Analyse de la variance des taux d'inhibition de la croissance mycélienne des cinq isolats étudiés après traitement par les neuf extraits de plantes *in vitro*

Tableau 7. Analyse de la variance des taux d'inhibition de la croissance mycélienne des cinq isolats étudiés après traitement par l'extrait de l'ail *in vitro*

Tableau8. Analyse de la variance de la germination des cinq souches de *R. solani* traitées par l'extrait aqueux de l'ail en mode de contact direct *in vitro*.

Tableau 9. Analyse de la variance de la germination par mode de trempage des cinq souches de *R. solani* traitées par l'extrait de l'ail *in vitro*.

Tableau 10. Analyse de la variance de la survie sur milieu de culture des cinq souches de *R. solani* traitées par l'extrait aqueux de l'ail *in vitro*.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : Partie bibliographique	
1. Aperçu sur la culture de la pomme de terre.....	3
1.1.1 Historique.....	3
1.1.2 Description botanique.....	3
1.1.3 Exigences culturales.....	4
1.1.4 Cycle biologique de développement.....	4
1.1.4.1 Phase de germination.....	4
1.1.4.2 Phase de tubérisation.....	4
1.1.4.3 Phase de repos végétatif.....	4
1.1.5 Importance économique.....	5
1.1.5.1.Dans le monde.....	5
1.1.5.2.En Algérie.....	6
1.1.5.2.1. Evolution des superficie de pomme de terre	8
1.1.5.2.2. Répartition de la culture.....	8
1.1.6 Problèmes phytosanitaires.....	11
1.2 Généralités sur la maladie.....	11
1.2.1 Introduction.....	11
1.2.2 Symptomatologie.....	12
1.2.3 Importances et dégâts.....	13
1.2.4 Cycle biologique	14

1.2.5 Conditions de développement de la maladie.....	15
1.3 Généralités sur l'agent pathogène.....	15
1.3.1 Historique.....	15
1.3.2 Position taxonomique.....	16
1.3.3 Morphologie.....	16
1.3.4 Biologie.....	17
1.3.5 Spécificité parasitaire.....	17
1.4 Lutte contre la maladie	18
1.4.1 Méthodes culturales.....	18
1.4.2 Lutte chimique.....	19
1.4.3 Lutte biologique.....	20
1.5 Aperçu sur les plantes médicinales utilisées dans la lutte biologique.....	20
1.6 Généralités sur les plantes étudiées.....	21
1.6.a La grande ortie (<i>Urtica dioica L.</i>)	21
1.6.b La Menthe à feuilles rondes (<i>Mentha suaveolens</i>).....	22
1.6.c La Posidonie de Méditerranée (<i>Posidonia oceanica</i>)	23
1.6.d La Prêle (<i>Equisetum arvense</i>)	24
1.6.e La sauge(<i>Salvia officinalis</i>).....	24
1.6.f Le Romarin (<i>Rosmarinus officinalis</i>).....	25
1.6.g Pistachier lentisque (<i>Pistacia lentiscus L.</i>)	26
1.6.h L'algue marine du genre <i>Ulva</i>	27
1.6.i La grande mauve <i>Malva sylvestrice</i>	28
1.6.j Ail cultivé <i>Allium sativum</i>	28
Chapitre 2 matériels et méthodes.....	30

2.1 Matériel biologique	30
2.1.1 Matériel végétal	30
2.1.2 Matériel fongique	33
2.2 Méthodologie.....	33
2.2.1. Détermination des taux de fréquence et d'abondance des sclérotés sur tubercules	
.....	33
2.2.2 Isolement et purification.....	34
2.2.3 Identification des groupes d'isolats phytopathogènes.....	34
2.2.4 Caractérisation des isolats phytopathogènes.....	34
2.2.5 Préparation des extraits de plantes	35
2. 2.5.1 Préparation des poudres et des extraits aqueux par décoction :	35
2. 2.5.2 Préparation de l'extrait à Froid de l'ail.....	36
2.2.6 Etude du pouvoir antifongique <i>in vitro</i> des extraits aqueux des végétaux testés à l'égard de <i>Rhizoctonia solani</i> Kuhn.....	36
2.2.6.1 Inhibition de la croissance mycélienne par contacte directe.....	36
2.2.6.2 Inhibition de la germination des sclérotés	37
2.2.6.2.a) Inhibition de la germination des sclérotés par contacte direct avec milieu contenant l'extrait aqueux de l'ail.....	37
2.2.6.2.b) Inhibition de la germination des sclérotés trompés dans l'extrait aqueux de l'ail.....	37
2.2.7 Survie des isolats de <i>Rhizoctonia sp</i> après traitements.....	38
2.3 Analyse statistique.....	38

3. Résultats e Discussion	39
3. 1 Isolement et purification	39
3. 2 Identification des groupes d'isolats phytopathogènes.....	39
3.3 Caractérisation des isolats de <i>Rhizoctonia solani</i>.....	39
3. 4 pouvoir antifongique des extraits aqueux par décoction	45
3.4.1 l'inhibition de la croissance mycélienne	45
3.5 pouvoir antifongique de l'extrait de l'ail	47
3. 5.1 Inhibition de la croissance mycélienne	47
3.5.2 Inhibition de la germination des sclérotés	49
3.5.2.a) Inhibition de la germination des sclérotés par contacte direct avec milieu contenant l'extrait aqueux de l'ail.....	49
3.5.2.b) Inhibition de la germination des sclérotés trompés dans l'extrait aqueux de l'ail.....	50
3.5.3 Pouvoir antifongique des extraits étudiés sur la survie <i>in vitro</i> et <i>in vivo</i> de <i>R. solani</i>.....	53
Conclusion.....	56

2 Introduction

Le présent travail s'est déroulé dans la station régionale de la protection des végétaux de Boufarik (SRPV), wilaya de Blida. Il est basé sur le pouvoir antifongique des extraits aqueux à base de plantes et d'algue marine verte à l'égard des isolats de *Rhizoctonia solani*. Il a nécessité l'utilisation d'un matériel biologique sur la base d'une méthodologie rigoureuse.

2.1 Matériel biologique

Le matériel biologique est représenté par un matériel fongique et un matériel végétal.

2.1.1 Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de huit plantes médicinales à savoir : l'ortie (*Urtica dioica* L.), la prêle des champs (*Equisetum arvense* L.), la sauge (*Salvia officinalis* L.), le romarin (*Rosmarinus officinalis* L.), le pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus* L.), la menthe odorante (*Mentha suaveolens*), la grande mauve (*Malva sylvestris*), l'ail cultivé (*Allium sativum*), une plante aquatique marine : la posidonie de Méditerranée (*Posidonia oceanica*) et une algue macroscopique verte marine du genre *Ulva*.

Leur collecte a été réalisée au mois de mai 2011 dans différentes localités ; dans la wilaya de Médéa dans les lieux dits : Teniet el hadjer, Talaich, Tamezguida et M'sallah respectivement pour *Salvia officinalis*, *Urtica dioica*, *Pistacia lentiscus* et *Rosmarinus officinalis*, dans la wilaya de Blida à Boufarik pour *Equisetum arvense*, *Mentha suaveolens* et *Malva sylvestris* et dans la wilaya de Tipaza au bord de la plage des Cornes d'Argent (C.E.T) pour *Posidonia oceanica* et l'algue verte du genre *Ulva*, quant à l'échantillons d'ail, il a été acquis au marché de Bougara (Wilaya de Blida) au mois de mars 2013.

Les données relatives aux échantillons de plantes et d'algue collectées sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3. Données sur les espèces végétales et l'algue macroscopique testées

Données sur les végétaux testés	Illustrations
<p>Nom commun : Ortie dioïque</p> <p>Nom latin : <i>Urtica dioica L.</i></p> <p>Partie utilisée : feuilles</p> <p>Origine : Talaich (wilaya de Médéa)</p>	 <p>Figure7. Ortie dioïque</p>
<p>Nom commun : Prêle</p> <p>Nom latin : <i>Equisetum arvense L.</i></p> <p>Partie utilisée : tiges feuillues</p> <p>Origine : SRPV de Boufarik (wilaya de Blida)</p>	 <p>Figure8. Prêle</p>
<p>Nom commun : Sauge</p> <p>Nom latin : <i>Salvia officinalis</i></p> <p>Partie utilisée : feuilles</p> <p>Origine : Teniet el hadjer (wilaya de Médéa)</p>	 <p>Figure9. Sauge</p>
<p>Nom commun : Romarin</p> <p>Nom latin : <i>Rosmarinus officinalis L.</i></p> <p>Partie utilisée : feuilles</p> <p>Origine : M'sallah (wilaya de Médéa)</p>	 <p>Figure10. Romarin</p>
<p>Nom commun : pistachier lentisque</p> <p>Nom latin : <i>Pistacia lentiscus L.</i></p> <p>Partie utilisée : feuilles</p> <p>Origine : Tamezguida (wilaya de Médéa)</p>	 <p>Figure11. pistachier lentisque</p>

<p>Nom commun : menthe odorante Nom latin : <i>Mentha suaveolens</i> Partie utilisée : feuilles Origine : Boufarik (wilaya de Blida)</p>	 <p>Figure12. menthe odorante</p>
<p>Nom commun : Posidonie Nom latin : <i>Posidonia oceanica</i> Partie utilisée : feuilles Origine : plage des Cornes d'Argent- C.E.T (wilaya de Tipaza).</p>	 <p>Figure13. Posidonie</p>
<p>Nom commun : laitue de mer ou ulve Nom latin : <i>Ulva</i> sp. Partie utilisée : Lames (thalle) Origine : plage des Cornes d'Argent C.E.T (wilaya de Tipaza).</p>	 <p>Figure14. Ulve</p>
<p>Nom commun : ail Nom latin : <i>Allium sativum</i> Partie utilisée : gousses Origine : marché de Bougara (wilaya de Blida)</p>	 <p>Figure15. Ail</p>
<p>Nom commun : La grande mauve Nom latin : <i>Malva sylvestris</i> Partie utilisée : feuilles Origine : Boufarik (wilaya de Blida)</p>	 <p>Figure16. La grande mauve</p>

2.1.2 Matériel fongique

Le matériel fongique a été isolé à partir de sclérotes de *Rhizoctonia solani* durant le mois de janvier 2013, collectés des tubercules de pomme de terre produits dans la wilaya d'El-Oued et commercialisés au niveau des marchés de légumes en gros à Boufarik, Bouguara et Httatba.

2.2 Méthodologie

Notre expérimentation comporte 5 étapes essentielles :

1. Détermination des taux de fréquences d'abondance des sclérotes sur tubercules de pomme de terre.
2. Isolement et purification des souches de *Rhizoctonia solani*
3. Identification des groupes d'isolats phytopathogènes
4. Caractérisation culturale des isolats phytopathogènes étudiés
5. Activité antifongique *in vitro* des extraits de plantes et d'algue vis-à-vis des isolats de *R.solani*.

2.2.1 Détermination des taux de fréquences et d'abondance des sclérotes sur tubercules

Trois échantillons de 5 kg chacun de pomme de terre de consommation produite au niveau de la région d'El-Oued et commercialisés dans 3 sites différents, ont été prélevés. La production des sclérotes par les isolats de *Rhizoctonia solani* a été aussi déterminée sur les échantillons de tubercules de pomme de terre prélevés et exprimés en % selon l'échelle arbitraire dite «échelle de la fréquence et de l'abondance des sclérotes», établie de 1 à 5 et rapportée par la revue A.A, (2001).

- Echelle 0 représente 0% de présence de sclérotes,
- Echelle 1 représente 10% à 30% de présence de sclérotes,
- Echelle 2 représente de 30% à 65% de présence de sclérotes,
- Echelle 3 représente de 65 à 80% de présence de sclérotes,
- Echelle 4 représente un pourcentage de présence de sclérotes de 80 à 85%,
- Echelle 5 représente une présence de sclérotes comprise entre 85 et 100%.

2.2.2 Isolement et purification

Des trois échantillons de tubercules de pomme de terre collectés, les sclérotés ont été prélevés séparément et respectivement. Ces derniers ont été soumis à une pré-stérilisation effectuée à l'aide d'une solution d'hypochlorite de sodium à 2% pendant 10 minutes et un rinçage dans trois bains d'eau distillée stérile suivi d'un séchage pour être déposés dans des boîtes de Pétri contenant du milieu PDA (composition voir annexe) et incubés à une température de 25°C pendant 3 jours (Rapilly, 1968). Plusieurs repiquages ont été effectués pour purifier les isolats à étudier.

2.2.3 Identification des groupes d'isolats phytopathogènes

Un test de confrontation directe entre les différents isolats pathogènes âgés de 3 jours a été réalisé. Il consiste, d'après Anguiz et Martin, (1989) à définir le classement des groupes des isolats obtenus dans notre étude.

En effet, les explants de chaque isolat sont déposés à une distance de 5 cm l'un de l'autre dans une même boîte de Pétri contenant le milieu PDA, selon différentes combinaisons (Anguiz et Martin, 1989). Le témoin était constitué de deux explants du même isolat phytopathogène déposés à équidistance l'un de l'autre sur le même milieu et mis à incuber à 25°C pendant 15 jours. 4 répétitions ont été prises en considération pour chaque combinaison.

La lecture repose sur l'apparition ou l'absence d'un trait d'interconnexion où les deux colonies confrontées confluent. Ainsi, la présence du trait confirme la distinction entre les isolats phytopathogènes étudiés (Anguiz et Martin, 1989).

2.2.4 Caractérisation des isolats phytopathogènes

Les isolats de *Rhizoctonia solani* ainsi obtenus ont été soumis à plusieurs tests nécessaires pour leur caractérisation et leur identification, à savoir l'aspect cultural de chaque isolat, la détermination de la croissance mycélienne à différentes températures et dans différents milieux de culture.

Pour l'aspect cultural, des disques de 5 mm de diamètre ont été prélevés à partir des cultures purifiées de chaque isolat de *Rhizoctonia solani* âgés de 3 jours à l'aide d'une pipette pasteur de 5mm de diamètre, puis déposés au centre des boîtes de Pétri contenant du milieu PDA et mis à incuber à 22°C à l'obscurité. 4 répétitions ont été prises en considération (Bouneghou,

2010). Il a porté sur la pigmentation et l'aspect macroscopique du thalle de chaque culture d'isolat (Bouneghou, 2010).

Quand au test des températures, comme le décrivent Anguiz et Martin, (1989) et Rashad et *al.*, (2012), il consiste à placer des disques de 5 mm de diamètres prélevés à partir des cultures purifiées des 5 isolats de *Rhizoctonia solani* âgés de 3 jours, puis déposés au centre des boîtes de Pétri contenant du milieu PDA et mis à incuber à différentes températures, 15, 25 et 30°C, à l'obscurité. 4 répétitions ont été prises en considération pour chaque isolat.

En effet, la croissance mycélienne a été estimée quotidiennement en calculant la moyenne des deux diamètres mesurés sur deux axes perpendiculaires tracés au revers des boîtes de culture, durant 6 jours afin de déterminer la température idéale pour la croissance mycélienne des *Rhizoctonia* étudiés. Elle a été mesurée durant 3 jours.

Par ailleurs, comme l'a décrit Bouneghou (2011) sur d'autres champignons du sol, la vitesse de croissance mycélienne a été étudiée sur 3 milieux de culture retenus pour ce test, reconnus comme étant idéals pour la croissance des champignons du sol : Sabouraud, PDA et Extrait de Malt Agar.

En effet, des explants purifiés des *Rhizoctonia solani* de 5 mm de diamètres sont déposés au centre des boîtes de Pétri contenant respectivement du milieu PDA, Extrait de Malt Agar et Sabouraud et mis à incuber à 25°C, à l'obscurité pendant 6 jours. 5 répétitions ont été prises en considération pour chaque milieu et la croissance mycélienne a été calculée durant 6 jours suivant la méthode précédemment citée.

2.2.5 Préparation des extraits aqueux testés

Deux méthodes ont été retenues pour la préparation des extraits testés la méthode par décoction et celle par macération à froid pour l'échantillon frais d'ail.

2. 2.5.1 Préparation des extraits aqueux par décoction

Après séchage à l'air libre, les plantes et les algues ont été broyées à l'aide d'un mixeur jusqu'à obtention de poudres, pesées et récupérées dans des boites propres portant le nom de chacune et conservées à l'abri de la lumière et de l'humidité pour des analyses ultérieures.

Les extraits aqueux ont été obtenus par décoction de 100 g de chacune des espèces végétales ; et les algues sélectionnées dans 1L d'eau distillée. Cette opération a été réalisée au niveau de

L'autoclave à 100°C pendant 30 minutes dans des fioles bien fermées et cela, afin d'éviter toute forme de contamination provenant des plantes. L'extrait aqueux est récupéré par filtration sur compresse stérile sous hotte aspirante. Le filtrat obtenu a été récupéré dans des flacons en verres stériles hermétiquement fermés et conservés au réfrigérateur à 4°C jusqu'à son utilisation à l'état pur et aux concentrations suivantes : 5, 10 et 20%.

2. 2.5.2 Préparation de l'extrait d'ail par macération à froid

L'extrait à froid de l'ail a été obtenu par broyage de 100 gr de gousses d'ail dans 100ml d'eau distillée stérile à l'aide d'un mixeur jusqu'à obtention d'un jus. L'extrait de l'ail a été récupéré par filtration sur compresses stériles sous hotte aspirante. Le filtrat obtenu a été récupéré dans des flacons en verres stériles hermétiquement fermés et conservés au réfrigérateur à 4°C jusqu'à son utilisation à l'état pur

2.2.6 Etude du pouvoir antifongique *in vitro* des extraits aqueux testés à l'égard de *R.solani*

Le pouvoir antifongique *in vitro* a été basé sur l'inhibition de la croissance mycélienne, l'inhibition de la germination des sclérotés ainsi que l'inhibition de la survie de l'agent phytopathogène.

2.2.6.1 Inhibition de la croissance mycélienne par contact direct

L'inhibition de la croissance mycélienne a été réalisée suivant la méthode de contact direct, décrite par Mishra et Dubey (1994).

Cette technique consiste à placer dans des boîtes de Pétri contenant le milieu PDA chacune des quatre concentrations (5, 10, 20, 100%) testée séparément de chaque extrait aqueux correspondant respectivement aux doses D1, D2, D3 et D4, un explant de 5 mm de diamètre de phytopathogène au centre de la boîte. Pour le témoin, l'explant du phytopathogène a été déposé au centre de la boîte pétri PDA. L'incubation se fait dans une étuve réglée à 25°C et à l'obscurité pendant 04 jours.

En effet, la croissance mycélienne a été estimée quotidiennement, pendant une durée d'incubation de 04 jours, à raison de cinq répétitions, en calculant la moyenne des deux diamètres mesurés sur deux axes perpendiculaires tracés au revers des boîtes de culture.

Ainsi, les taux d'inhibition de la croissance mycélienne ont été déterminés pour chaque isolat de *Rhizoctonia solani* selon la formule décrite par Mishra et Dubey (1994) :

$$I (\%) = \frac{(DT - DPA)}{DT} \times 100$$

- **IC** : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne en %.
- **DT**: croissance mycélienne de l'agent phytopathogène témoin (mm).
- **DPA**: croissance mycélienne de l'agent phytopathogène traité par l'extrait testé (mm).

2.2.6.2 Inhibition de la germination des sclérotés

Les sclérotés isolés de différentes cinq souches, ont été lavés, désinfectés à l'eau de javel à 2% puis rincés avec de l'eau distillée stérile, après ont été séchés sur un papier filtre stérile.

2.2.6.2.a) Inhibition de la germination des sclérotés par contact direct avec le milieu contenant l'extrait aqueux d'ail

La technique de **contact direct** décrite par Mishra et Dubey (1994) consiste à placer dans des boîtes de Pétri contenant le milieu PDA et les quatre concentrations (5, 10, 20, 100%) séparément de chaque extrait aqueux correspondant respectivement aux doses D1, D2, D3 et D4, trois sclérotés de phytopathogène. L'incubation se fait dans une étuve réglée à 25°C et à l'obscurité pendant 04 jours.

2.2.6.2.b) Inhibition de la germination des sclérotés trempés dans l'extrait aqueux de l'ail

Les sclérotés désinfectés sont trempés dans des tubes en verres stériles contenant 20 ml des extraits aqueux pendant 48 heures. Ces derniers sont déposés dans le milieu PDA à raison de cinq répétitions. En effet, la croissance mycélienne a été suivie quotidiennement, pendant une durée d'incubation de 04 jours, à raison de cinq répétitions, en déterminant le taux de germination des sclérotés des isolats traités par rapport à ceux des témoins.

2.2.7 Survie des isolats de *Rhizoctonia solani* après traitements

Dans le but de confirmer l'effet fongistatique ou fongicide des extraits aqueux des végétaux, et d'algue testés, la survie des isolats phytopathogènes de *Rhizoctonia solani* soumis aux différents traitements à base de plantes, et d'algue a été étudiée *in vitro* sur milieux de culture. L'étude de la survie *in vitro* a été basée sur la technique modifiée de Mahanta *et al.* (2007), qui repose sur la reprise ou l'absence de croissance mycélienne de l'isolat inhibé par l'extrait, après ré-inoculation des explants sur milieu PDA frais dans les mêmes conditions précédentes d'incubation. Ainsi, dans chaque boîte de pétri, ont été déposés un à raison de quatre répétitions, par extrait, par dilution et par isolat traité ainsi que pour les témoins. La lecture a été suivie quotidiennement et prolongée jusqu'à 4 jours.

2.3 Analyse statistique

Afin de vérifier une éventuelle efficacité des extraits aqueux des végétaux et d'algue vis-à-vis des isolats fongiques testés et de comparer les différents effets des traitements utilisés sur les différents paramètres biologiques de l'agent phytopathogène à savoir, la croissance mycélienne, la germination et la survie sur milieu de culture tout en considérant les isolats fongiques étudiés et les doses des extraits testés, des analyses statistiques ont été effectuées au moyen du logiciel SYSTAT vers.12, en déterminant la variance à l'aide du GLM (General Linear Model), les différences ont été considérées comme significatives pour une $P \leq 0,05$. (Philippeau, 1989).

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Isolement et purification

L'isolement effectué à partir de sclérotés prélevés des tubercules de pomme de terre issus de 4 sites de vente différents (marchés de légumes) suivi par leur purification a révélé la présence de plusieurs isolats de *Rhizoctoniasolani*.

3.2 Identification des groupes d'isolats phytopathogènes

Les confrontations directes effectuées entre les différents isolats de *R.solani* selon plusieurs combinaisons de confrontations directes ont révélé l'existence de 09 groupes de *Rhizoctoniasolani* distincts grâce à la présence d'une zone franche de séparation par rapport au témoin nommés respectivement :

- S1R2:souche isolée de site 1(BOUGARA) répétition 2.
- S1R3: souche isolée de site 1(BOUGARA) répétition 3.
- S2R1: souche isolée de site 1(BOUFARIK) répétition 2.
- S2R2: souche isolée de site 2(BOUFARIK) répétition 2.
- S2R3: souche isolée de site 2(BOUFARIK) répétition 3.
- S3R4 : souche isolée de site 3(ATTATBA) répétition 4.
- S3R3 : souche isolée de site 3(ATTATBA).
- S3S : souche isolée de site 3(ATTATBA).
- S3F : souche isolée de site 3(ATTATBA).

3.3 Caractérisation des isolats de *Rhizoctoniasolani*

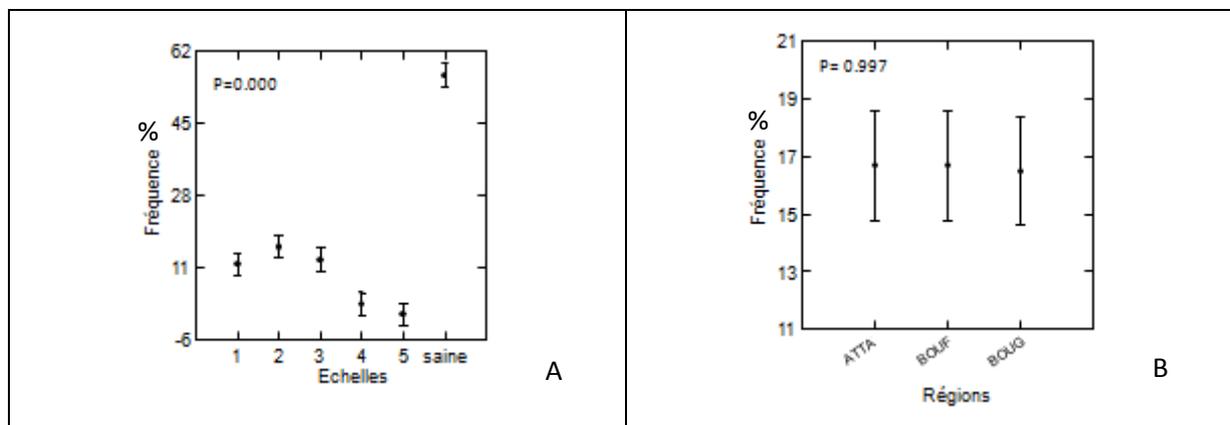
La caractérisation culturale des 09 isolats a été axée sur la couleur, la texture du thalle et la croissance mycélienne à différentes températures et sur différents milieux ainsi que la production des sclérotés.

L'analyse de la variance des fréquences d'abondance de *Rhizoctoniasolani* a montré une différence hautement significative entre les échelles arbitraires et une différence non significative pour l'ensemble des régions de collecte (Marchés) (Tableau 4).

Cependant, en modèle GLM une variabilité a été approuvée entre les cinq échelles concernant les taux de fréquence d'abondance de *Rhizoctoniasolani*; où l'échelle représentant la pomme de terre saine a révélé les taux de fréquence les plus importants dépassant les 60%; suivis par l'échelle 2, 1 et 3. Cependant, l'échelle 4 et 5 était très faiblement représentées avec des taux inférieure à 5% (Figure 17 A). D'autre part, aucune variabilité n'a été observée entre les trois régions étudiées concernant l'échelle d'abondance des sclérotés (Figure 17 B).

Tableau 4. Analyse de la variance de la fréquence de *Rhizoctoniasolani* selon les régions et les échelles arbitraires.

Facteur	somme des carrés	ddl	Carrés moyens	F-ratio	P
Régions	0.111	2	0.056	0.03	0.997
Echelles	6265.131	5	1053.026	58.275	0.000



ATT: ATTATBA
BOUF: BOUFARIK
BOUG: BOUGUARA

Figure 17. Variabilité des fréquences d'abondance de *Rhizoctoniasolani* selon les régions et l'échelle arbitraire.

Par ailleurs, les taux de croissance mycélienne enregistrés à différentes températures ont affirmé que 25 et 28°C représentent les températures optimales de croissance des isolats de *Rhizoctonia solani*.

En revanche, les souches S2R3, S3R4 et S3R3 ont présenté une faible croissance mycélienne même à 25°C (Figure 18).

D'autre part, la croissance mycélienne dans les différents milieux de culture a montré que le milieu PDA était le plus favorable par rapport aux milieux MALT et Sabouraud (Figure 19).

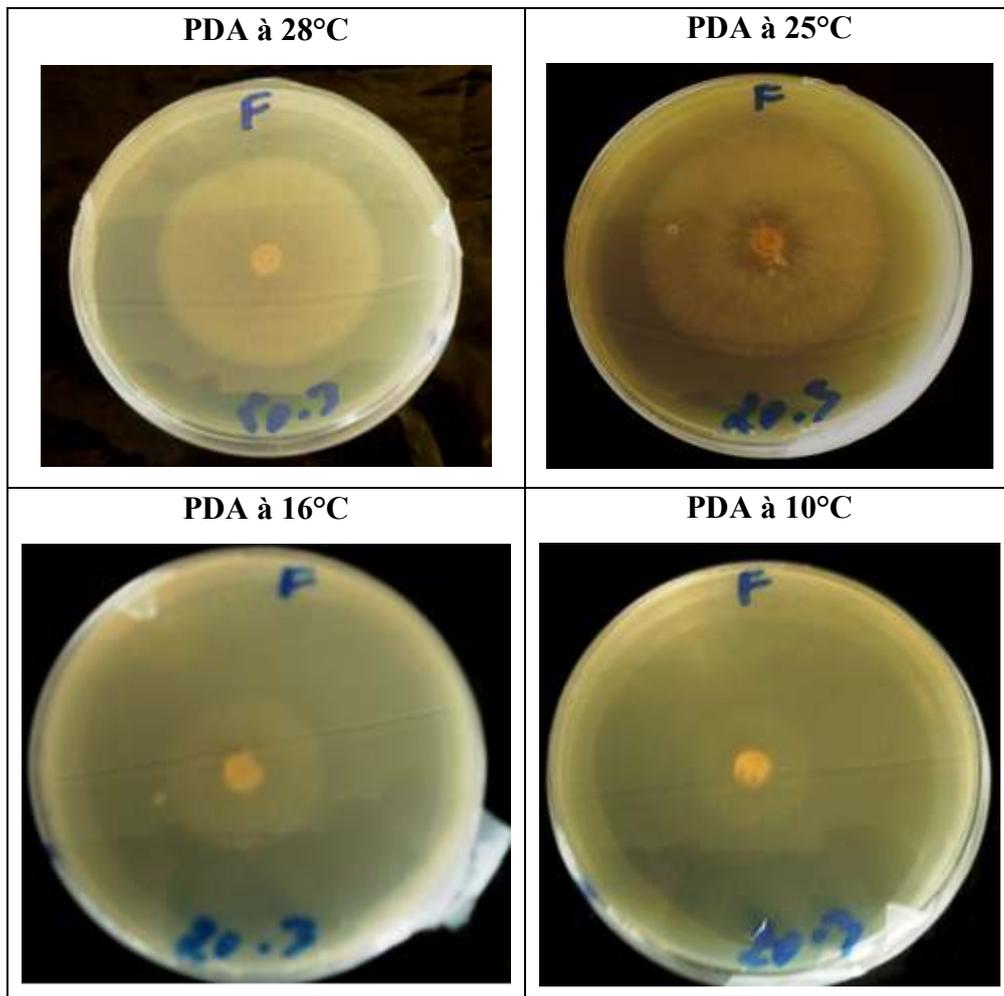


Figure 18. Croissance mycélienne de l'isolat S3F de *R. solan*.
Cultivé le milieu PDA et incubé à différentes températures

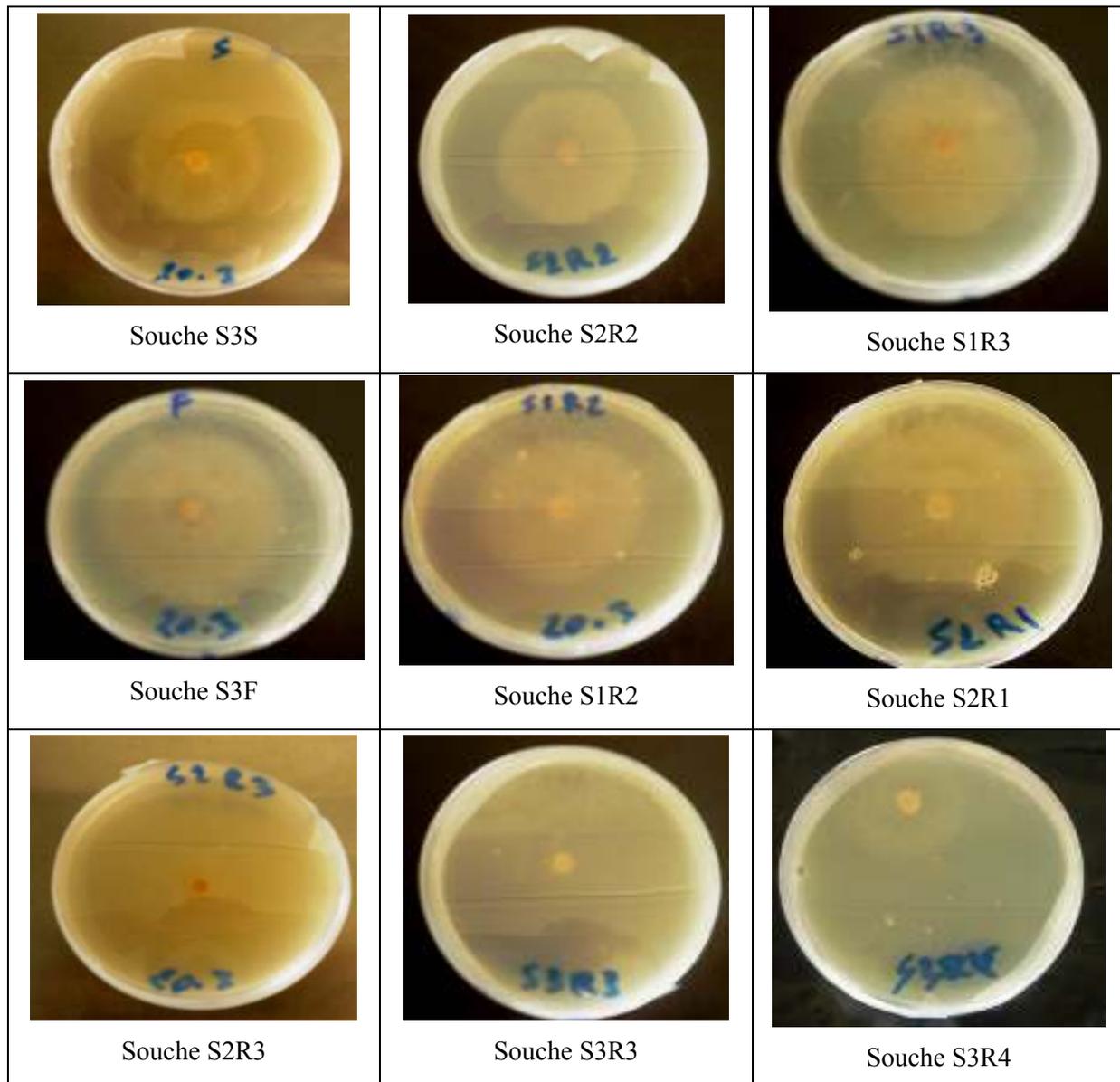


Figure 19. Croissance mycélienne des isolats de *R.solani* cultivés sur le milieu PDA et incubé à 25°C.



Figure 20. Croissance mycélienne de l'isolat S1R3 de *R.solani* cultivé sur les trois milieux de culture et incubés à 25°C.

L'analyse de la variance des taux de croissance mycélienne a montré une différence hautement significative entre les différents isolats de *R. solani* étudiés, selon les milieux de culture, les températures et la période d'incubation (Tableau 5).

Tableau 5. Analyse de la variance des taux de croissance mycélienne selon la période d'incubation, les isolats de *Rhizoctonia solani*, les températures et les milieux de cultures.

Facteurs	Somme des carrés	d.d.l	Carrés moyens	F-ratio	P
Période (Jours)	555.357	2	277.679	257.838	0.000
Isolats	47.135	8	5.892	5.471	0.000
Températures	69.952	3	23.317	21.651	0.000
Milieux	150.235	2	75.118	69.750	0.000

En mode GLM, une variabilité entre les taux de la croissance mycélienne a été enregistrée pour les isolats de *Rhizoctonia solani* selon les températures et les milieux de culture (Figure 21 A et B), où la température 25°C était optimale pour une croissance avoisinant les 50 mm pour l'ensemble des isolats alors que la plus faible correspondait aux isolats S3R2, S3R3 et S3R4 (Figure 21 C).

D'autre part, le milieu PDA était le plus approprié pour la croissance mycélienne des isolats phytopathogènes étudiés (Figure 21A) et la croissance mycélienne a augmenté en fonction de la période d'incubation et a couvert complètement la boîte pour la majorité des isolats à partir du sixième jour (Figure 21 D).

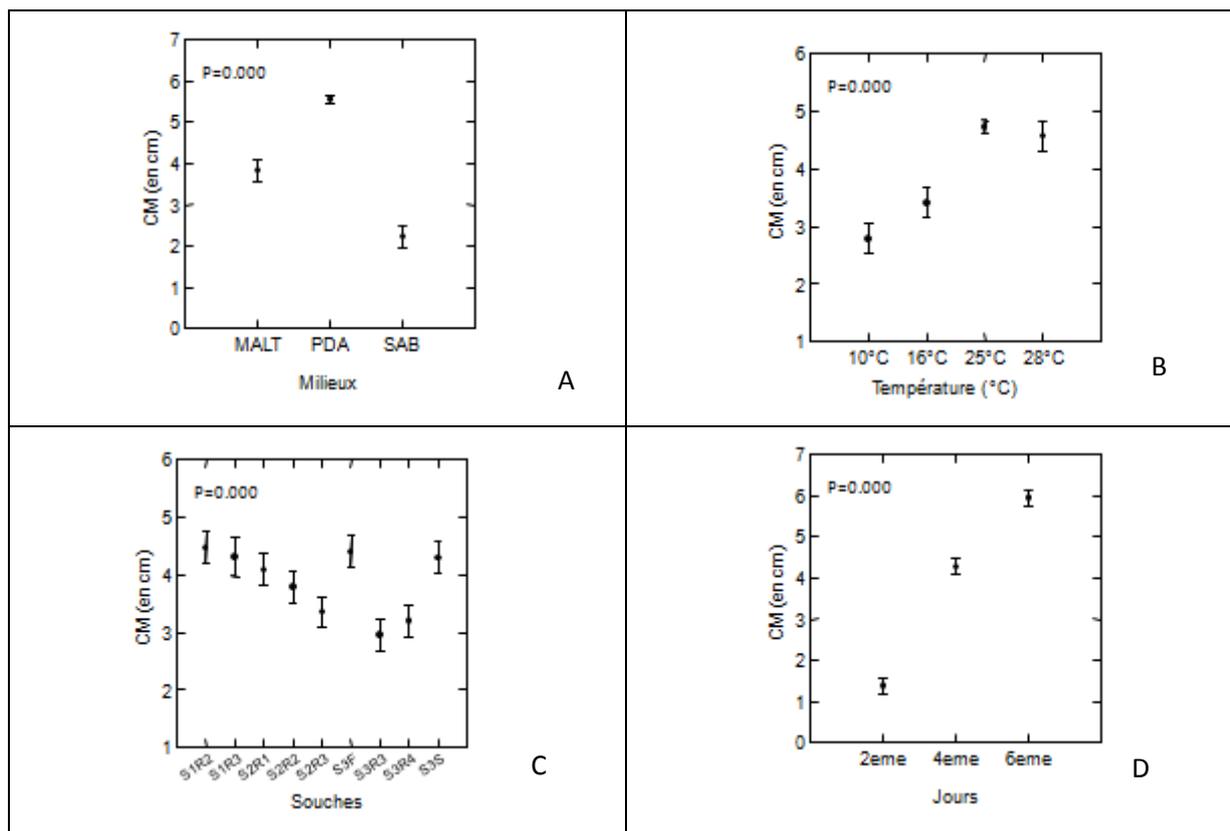


Figure 21. Croissance mycélienne des isolats de *R. solani* en modèle GLM selon les isolats étudiés, les milieux, les températures et la période d'incubation

Dans ce sens ; l'isolement et la purification des isolats de *R.solani* prélevés à partir de sclérotés de pomme de terre collectés des différents sites, suivies par la caractérisation culturale selon les températures et les milieux de culture, ainsi que l'identification des isolats en neuf groupes anastomosiques distincts, grâce à la présence d'une zone de confrontation franche et colorée à chaque combinaison, ce qui rejoint les travaux menés par Elbakali et *al.* (2003) qui ont pu isoler 13 groupes de *Rhizoctoniasolanien* se basant sur le même procédé. De même, Raouf, Ahmad et Ashraf, (2007) ont à leur tour isolé 5 groupes anastomosiques à partir de sclérotés des tubercules de pomme de terre du Pakistan selon la même méthode d'étude.

Par ailleurs, nous avons suivi les étapes d'étude de Bouneghou (2011) qui a pu caractériser les isolats fongiques telluriques de *Fusariumroseum* et *Alternariaalternata* en se basant sur la croissance mycélienne et la production de chlamydospores par rapport à 3 températures et 3 milieux de cultures afin de déterminer la température idéale ainsi que le milieu de culture le plus approprié au développement de chaque isolat étudié.

Dans ce sens, la température optimale de croissance mycélienne a été 25 et 28°C sur milieu PDA. Ce qui coïncide avec les résultats Goswami et *al.* (2011) qui ont affirmé également que la meilleure croissance mycélienne de *R.solania* été obtenue sur milieu PDA entre 25 et 30°C.

3.4 Pouvoir antifongique des extraits aqueux obtenus par décoction

3.4.1 Inhibition de la croissance mycélienne

Cinq isolats ont été choisis pour cette expérimentation S3S, S2R2, S1R3, S2R1 et S3R4 d'une manière à obtenir une gamme qui regroupe les différentes régions (sites) et les différentes caractéristiques culturelles des souches de *R. solani*.

L'activité antifongique *in vitro* des neuf extraits aqueux testés sur les cinq isolats fongiques de *R. solania* montré pour la majorité des plantes, une efficacité faible a nulle et une inhibition médiocre de la croissance mycélienne (Figure 22).

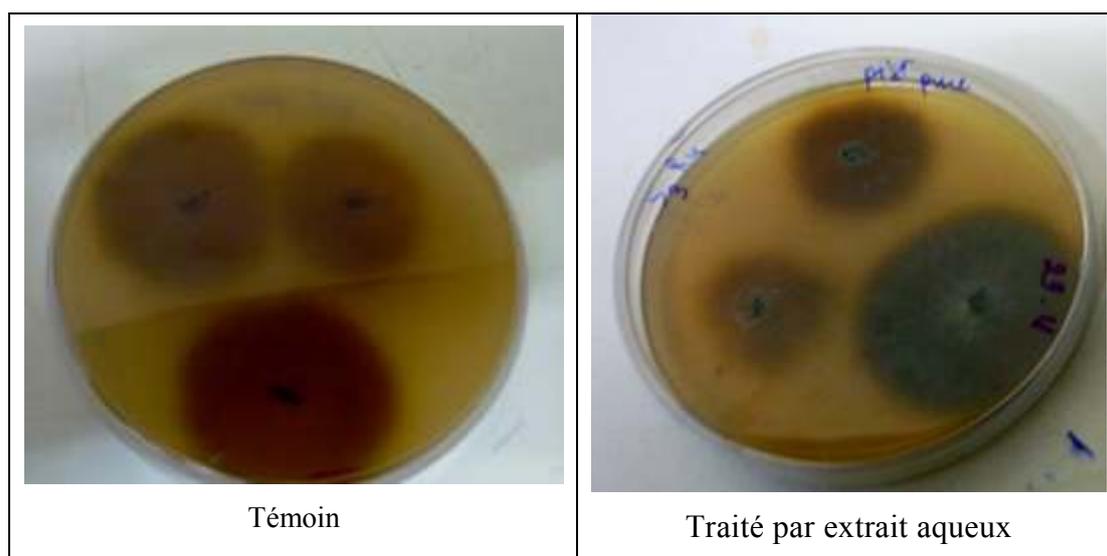


Figure 22. Effet des extraits aqueux obtenus par décoction sur la croissance mycélienne des isolats de *R. solani*

L'analyse de la variance des taux d'inhibition de la croissance mycélienne a montré une différence hautement significative entre les neuf extraits testés, ainsi que les cinq isolats étudiés. Par contre, une différence non significative a été révélée en ce qui concerne leurs concentrations (Tableau 6).

Cependant, en modèle GLM une variabilité a été approuvée entre les neuf extraits concernant les taux d'inhibition de la croissance mycélienne des cinq isolats de *R. solani* où l'extrait de romarin, a révélé des taux d'inhibition plus importants dépassant les 20%, suivis par les extraits de la sauge et d'*Ulvasp.* avec des taux d'inhibition avoisinant les 15%, mais des taux d'inhibition très faibles négligeables pour les extraits de menthe, d'ortie, de pistachier, lentisque, de mauve, de posidonie et de prêle (Figure 23 C).

Par ailleurs, l'effet inhibiteur a évolué proportionnellement avec la concentration (Figure 24A). Il a été plus marqué sur l'isolat S3R3 suivi par l'isolat S1R3 et en fin les isolats S3S, S2R1 et S2R2, mais demeurant toujours très faible (Figure 23 B).

Tableau 6. Analyse de la variance des taux d'inhibition de la croissance mycélienne des cinq isolats étudiés après traitement par les neuf extraits de plantes *in vitro*

Facteur	somme des carrés	Ddl	Carrés moyens	F-ratio	P
Extraits	6808.946	8	851.118	6.587	0.000
Doses	40.863	3	13.621	0.105	0.957
Isolats	10397.936	4	2599.484	20.119	0.000

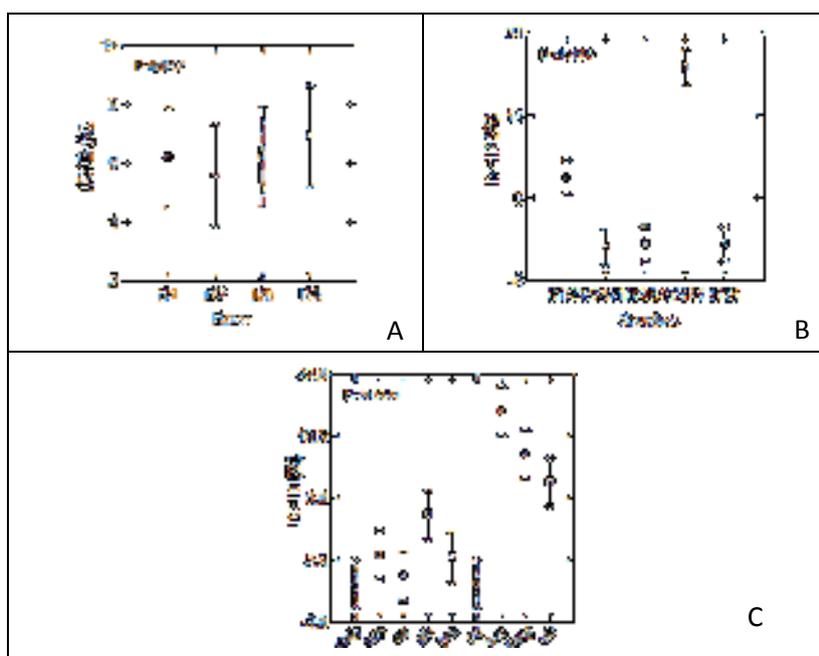


Figure 23. Inhibition de la croissance mycélienne de *R. solani* traités par les extraits aqueux des plantes et d'algue en modèle GLM selon la nature des extraits, leurs concentrations et les isolats étudiés

3.5 Pouvoir antifongique de l'extrait d'ail

3.5.1 Inhibition de la croissance mycélienne

Une variabilité de l'inhibition de la croissance mycélienne par l'extrait aqueux de l'ail a été remarquable pour les 5 isolats de *R. solani* étudiés. Les taux d'inhibition enregistrés ont presque atteint les 100% (Figure 24).

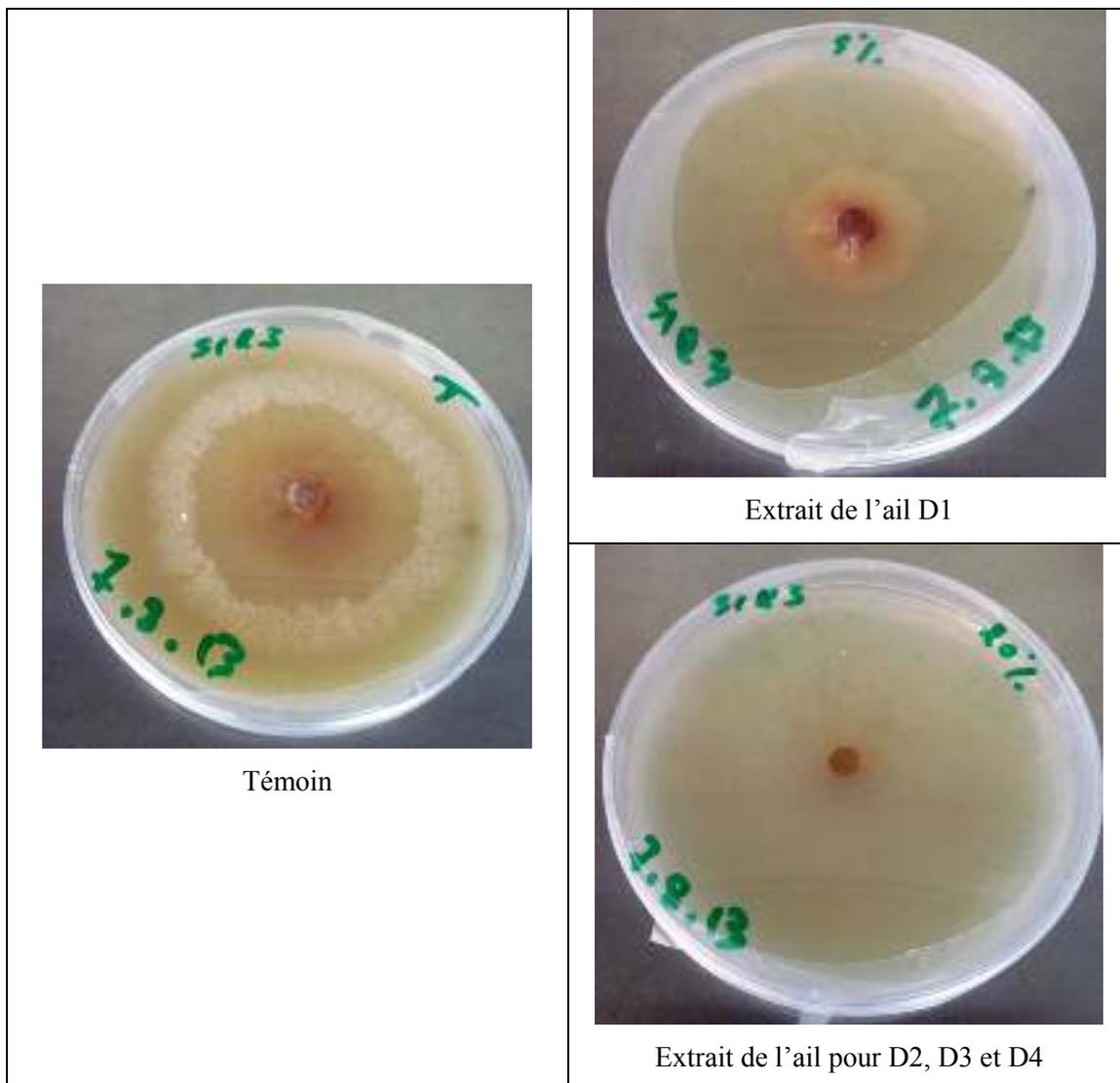


Figure 24. Effet de l'extrait d'ail testé à différentes dilutions sur la croissance mycélienne de l'isolat S1R3 de *R. solani*

L'analyse de la variance des taux d'inhibition de la croissance mycélienne a montré une différence non significative entre les isolats de *R. solani* pour l'extrait d'ail testé à différentes concentrations (Tableau 7).

Tableau 7. Analyse de la variance des taux d'inhibition de la croissance mycélienne des cinq isolats traités par l'extrait d'ail à différentes concentrations

Facteur	somme des carrés	ddl	Carrés moyens	F-ratio	P
Doses	475.029	3	158.343	2.351	0.124
Souches	343.951	4	85.988	1.276	0.333

En GLM, l'inhibition de la croissance mycélienne a été plus importante pour la concentration D1 et elle diminue en augmentant la dose (figure 25 A).

Cependant, les cinq isolats étudiés ont marqué une sensibilité importante vis-à-vis l'extrait de l'ail ; l'isolat S1R3 a montré les plus importants taux d'inhibition (Figure 25B)

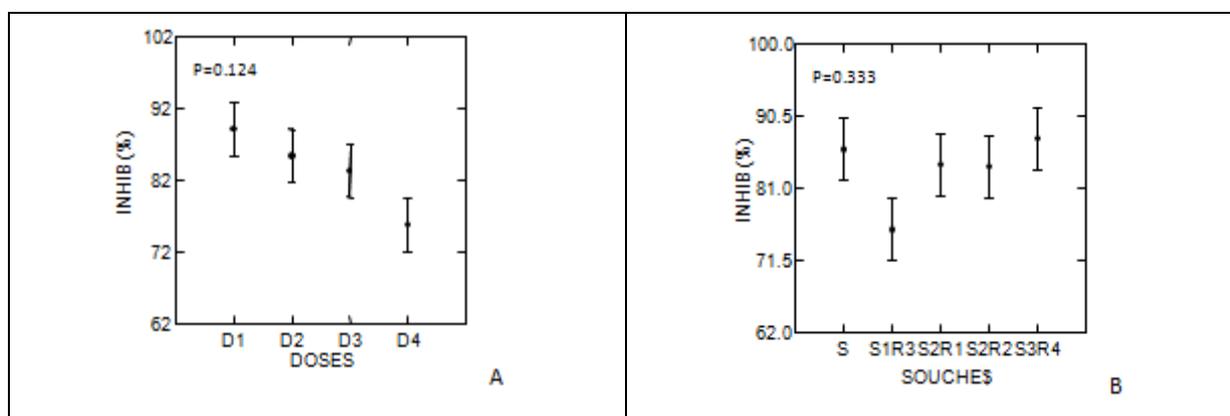


Figure 25. Inhibition de la croissance mycélienne de *R. solani* traités par l'extrait aqueux d'ail en modèle GLM selon les concentrations et les isolats étudiés

3.5.2 Inhibition de la germination des sclérotés

3.5.2.a) Inhibition de la germination des sclérotés par contact direct avec le milieu contenant l'extrait aqueux d'ail

La germination des sclérotés des cinq isolats étudiés a été très affectée en mode de contact direct avec le milieu PDA contenant l'extrait d'ail (Figure 26).



Figure 26. Inhibition de la germination des sclérotés de *R. solani* traités par contact direct par l'extrait aqueux d'ail

L'analyse de la variance des pourcentages d'inhibition de la germination a montré des différences hautement significatives entre les cinq isolats phytopathogènes, mais non significative selon les concentrations testées (Tableau 8).

Tableau 8. Analyse de la variance de la germination des cinq souches de *R. solani* traitées par l'extrait aqueux de l'ail en mode de contact direct *in vitro*.

Facteur	somme des carrés	Ddl	Carrés moyens	F-ratio	P
Doses	1747.516	3	582.505	2.481	0.111
Souches	7713.345	4	1928.336	8.213	0.002

Ainsi, en GLM, L'inhibition a été plus marquée pour la concentration D1 suivie par les concentrations D3 et D4 mais, elle a été plus faible pour la concentration D2 (Figure 27 A).

Par ailleurs, S1R3a montré une sensibilité plus importante (90%), suivie par S3R4, S2R1 et S3S, alors que l'isolat S2R2 a été plus résistant avec des taux d'inhibition avoisinant les 30% (Figure 27 B).

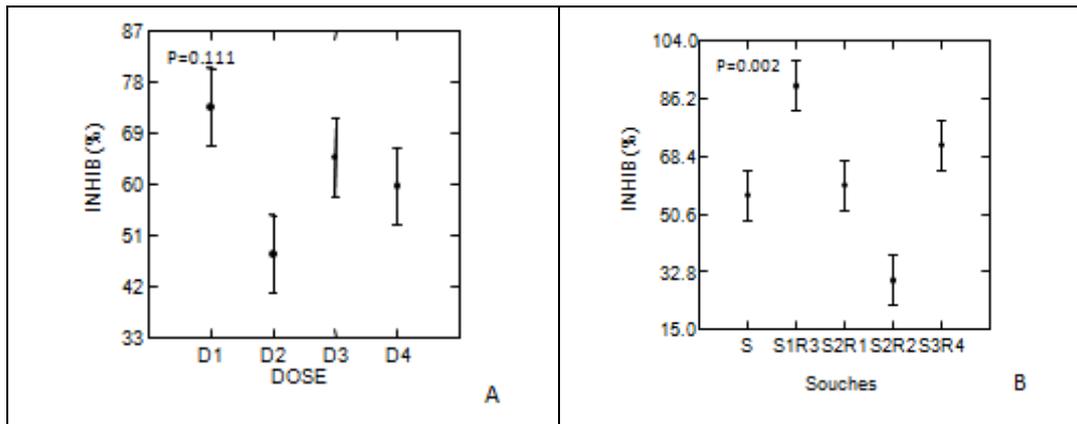


Figure 27. Taux d'inhibition de la germination des sclérotés traités par mode de contact direct avec le milieu contenant extrait d'ail en modèle GLM selon les doses et les isolats étudiés

3.5.2.b) Inhibition de la germination des sclérotés trempés dans l'extrait aqueux d'ail

Le mode de trempage des sclérotés dans l'extrait aqueux d'ail a engendré une inhibition complète de leur germination selon les doses et les isolats de *R.solani*(Figure 28).

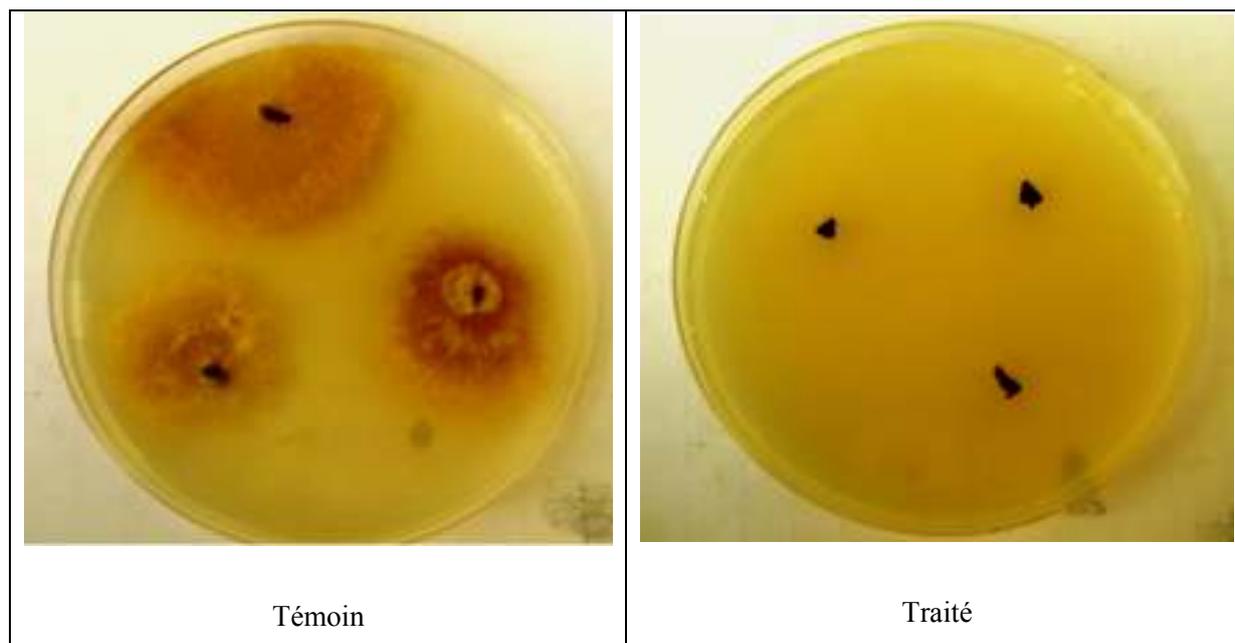


Figure 28. Germination des sclérotés des isolats de *R. solani* chez les souches témoins et ceux des traités

L'analyse de la variance des taux d'inhibition de la germination des isolats de *R. solani* après le traitement des sclérotés par trempage, a montré une différence hautement significative entre les doses utilisées et les isolats phytopathogènes (Tableau 9).

Tableau 9. Analyse de la variance de la germination des sclérotés traités selon le mode de trempage dans l'extrait d'ail en fonction des doses et des isolats de *R. solani*.

Facteur	somme des carrés	Ddl	Carrés moyens	F-ratio	P
Doses	1517.599	3	505.866	1.560	0.250
Souches	7510.844	4	1877.711	2.492	0.008

En modèle GLM, l'inhibition de la germination des sclérotés traités par mode de trempage était plus importante pour S1R3 et S3R4 que pour S2R1 et S3S, d'autre part S2R2 a enregistré des taux d'inhibition plus faibles (Figure 29 B).

Par contre, une variabilité moyenne a été marquée par les doses qui ont eu toutes des taux d'inhibition supérieurs à 56%. Ils étaient plus élevés pour les doses D1 et D3 (Figure 29 A).

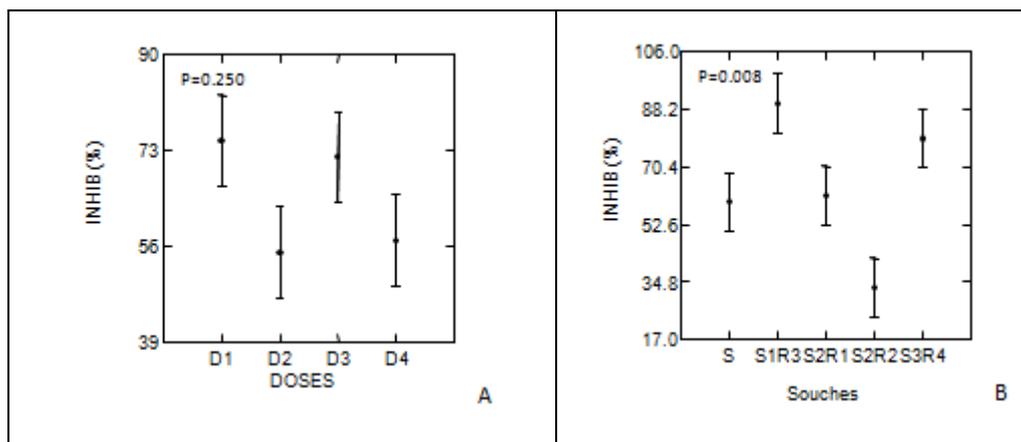


Figure 29. Taux d'inhibition de la germination des sclérotés traités par le mode de trempage en modèle GLM selon les doses et les isolats de *R.solani*

En effet, plusieurs auteurs ont rapporté que les plantes ne disposent pas de système immunitaire mais doivent ainsi s'appuyer sur d'autres mécanismes de défense à de nombreux agents phytopathogènes. Elles sont capables de produire des substances naturelles très variées. En plus des métabolites primaires classiques, elles synthétisent et accumulent des composés secondaires dont la fonction physiologique n'est pas toujours évidente mais qui représente une large gamme de molécules exploitables en agriculture dans le cadre de la phytoprotection (Auger et Thibout, 2002 ; Haddouchi et Benmansour, 2008).

La défense aux infections fongiques engendre la synthèse de composés bioactifs (Morrisey et Osbourn, 1999), des protéines antifongiques (Selitrennikoff, 2001) et des peptides (Broekaert *et al.*, 1997).

Cependant, l'ensemble des extraits aqueux de plantes obtenus par décoction ont révélé des taux très faibles d'inhibition des différents isolats de *R. solani*.

Prasad et Kapoor (2004) ont démontré que les molécules antifongiques peuvent engendrer des résistances, aussi, la quantité et la qualité de ces composés actifs dépendent de la plante, du tissu végétal, et de plusieurs facteurs exogènes (Demo et Oliva, 2008; Webster *et al.*, 2008).

D'autre part, Sridhar et Vidyavathi (2006) ont suggéré que l'activité antimicrobienne des plantes est variable selon les régions, les saisons, la nature chimique et le micro-organisme ciblé. Cela coïncide avec les travaux de Paulert *et al.* (2009), rappelant qu'il est possible

que le ou les composés actifs des plantes soient présents en très faible quantité dans les extraits bruts pour montrer leur pouvoir antifongique, ou que ces composés actifs ne réagissent pas avec le pathogène ciblé. Il serait donc nécessaire de confirmer cette activité par l'extraction de ces composés bioactifs dans un solvant différent de l'eau. Et cela est approuvé par les travaux de Sateesh et *al.* (2012), où ils ont démontré que les extraits méthanoliques présentaient des meilleurs résultats d'inhibition des agents pathogènes notamment sur *R. solani* que par les extraits aqueux.

3.5.3 Pouvoir antifongique de l'extrait d'ail sur la survie *in vitro* de *R. solani*

L'extrait aqueux pur de l'ail à différentes dilutions testés *in vitro* sur les cinq isolats de *R. solani* ont révélé une inhibition importante de la croissance mycélienne. Cependant, il est donc important de déterminer leur effet fongistatique ou fongicide. En effet, le transfert des explants mycéliens et/ou des sclérotas des isolats préalablement inhibés, sur milieu PDA frais n'a pas permis la reprise de la croissance de ces derniers.

L'analyse de la variance a révélé une différence non significative entre les trois modes de traitement, les quatre doses utilisées et les isolats de *R. solani* (Tableau 10).

Tableau 10. Analyse de la variance des taux de reprise de croissance mycélienne de *R. solani* traitées *in vitro* par l'extrait aqueux d'ail selon les isolats, les doses de l'extrait aqueux d'ail et les modes de traitement.

Facteur	somme des carrés	ddl	Carrés moyens	F-ratio	P
Mode	0.0	2	0.0	0.000	1.000
Doses	0.183	3	0.061	1.190	0.323
Souches	0.100	4	0.025	0.487	0.745

L'inhibition de la survie des cinq isolats phytopathogènes étudiés a été très importante et similaire pour les trois modes de traitement et les quatre doses de l'extrait aqueux d'ail (Figure 30).

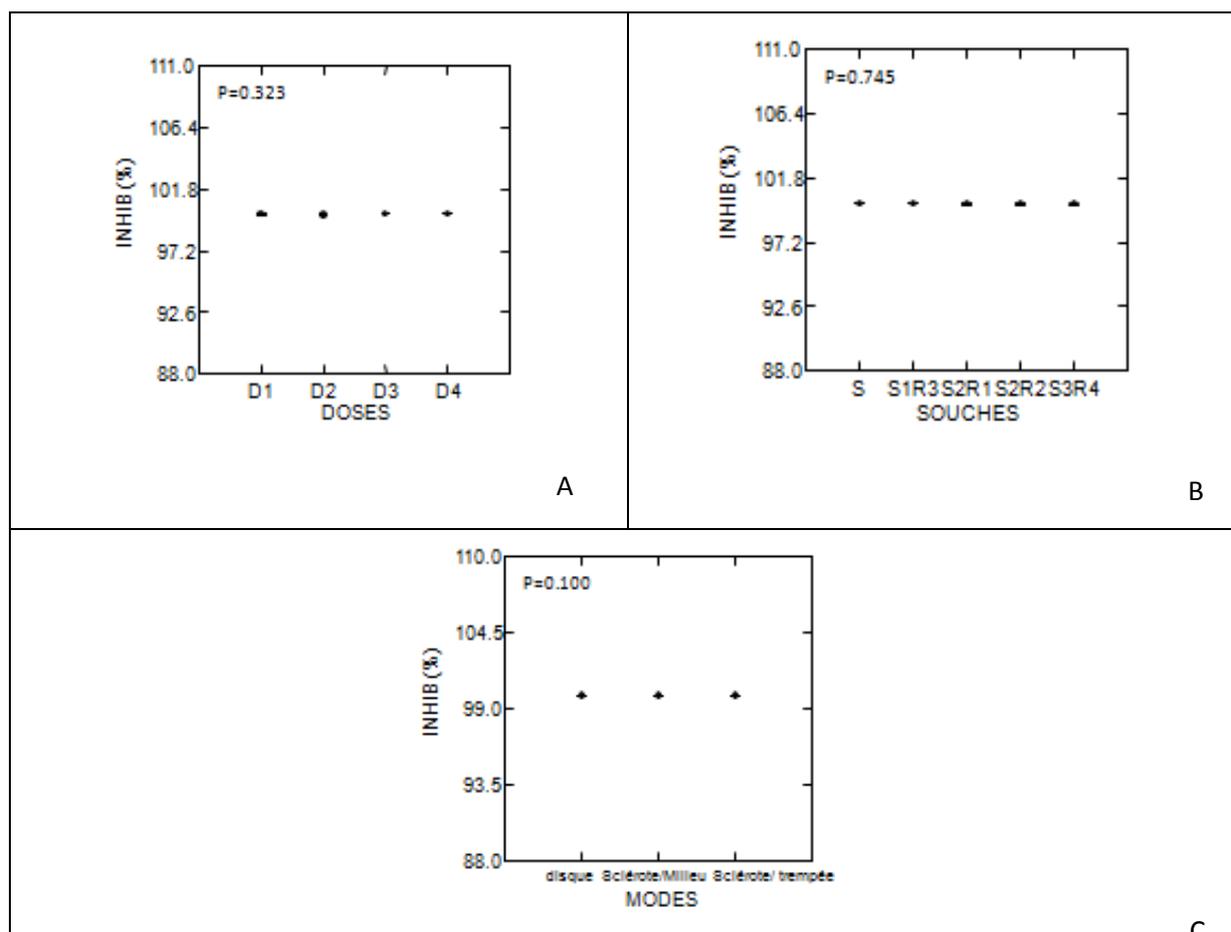


Figure 30. Taux d'inhibition de la reprise de la croissance mycélienne en modèle GLM selon les concentrations, les isolats de *R. solani* et le mode de traitement.

Cela peut être expliqué par les travaux de Singh et al. (1995), qui ont prouvé que l'ajoène, un composé provenant de l'ail (*Allium sativum L.*), inhibe la germination de certains champignons comme *Alternaria solani*, *Alternaria tenuissima*, *Alternaria triticina*, *Alternaria sp.*, *Colletotrichum sp.*, *Curvularia sp.*, *Fusarium lini*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium semitectum*. Il est fort probable que le composé puisse être utile dans le contrôle des maladies en conditions de champ. chez certains des champignons mentionnés ci-dessus et, dans la plupart des cas, la germination est inhibée à 100% avec une concentration de 100%, lesquels sont la cause de maladies graves chez certaines plantes de culture importantes.

D'autre part, la présence de l'allicine, l'un des principes actifs de broyats d'ail fraîchement écrasé, qui a une variété d'activités antimicrobiennes. Ankrjet Mirelman (2001), ajoutent que

L'allicine dans sa forme pure a une activité antifongique, en particulier contre *Candida albicans*. Le principal effet antimicrobien de l'allicine est due à sa réaction chimique avec des groupes thiol de diverses enzymes tel que, l'alcool déshydrogénase, la thiorédoxine réductase, et l'ARN polymérase, ce qui peut affecter le métabolisme essentiel de l'activité de la protéinase de la cystéine impliquée dans la virulence de *E. histolytica*.

En effet, les taux d'inhibition diminuent parfois en augmentant la dose cela peut être expliqué par les travaux de Paulert et *al.* (2009) qui ont affirmé, que les polysaccharides d'*Ulvaarmoricana* ont eu un effet stimulateur sur la croissance mycélienne de *Colletotrichumlindemuthianum*. Il ne peut pas être exclu que d'autres éléments tels que les acides aminés issus de la dégradation des tissus de plantes et présents dans l'extrait hydrosoluble, peuvent avoir aussi le même rôle (Hugouvieux et *al.*, 1997).

Conclusion

Ce présent travail s'inscrit dans l'axe de recherche de nouvelles méthodes de lutte biologique alternatives aux fongicides synthétiques utilisés dans le bio-contrôle de *Rhizoctoniasolani* agent responsable du rhizoctone brun de la pomme de terre.

Au terme de cette expérimentation, il est important de rappeler les principaux résultats obtenus :

Une variabilité a été affirmée entre les cinq échelles concernant les taux de fréquences d'abondance de *Rhizoctoniasolani* sur tubercules de pomme de terre; la pomme de terre saine a révélé des taux de fréquence les plus importants dépassant les 60%.

Après isolement et purification des isolats de *Rhizoctoniasolani*, la confrontation directe entre eux a mis en évidence 09 groupes anastomosiques distincts de *Rhizoctoniasolani* grâce à la présence d'une zone franche de séparation par rapport au témoin nommés respectivement : S1R2-S1R3-S2R1-S2R2-S2R3-S3R4-S3R3-S3S et S3F.

La caractérisation culturale des 09 isolats de *R.solania* été basée sur la couleur, la texture du thalle et la croissance mycélienne à différentes températures et sur différents milieux. 25 et 28°C représentent les températures optimales et, le milieu PDA demeure le plus approprié pour leur croissance mycélienne.

Les souches S2R3, S3R4 et S3R3 ne présentent pas une croissance mycélienne importante les différentes températures, même à 25°C.

L'activité antifongique *in vitro* des neuf extraits aqueux testés sur les cinq isolats fongiques de *R. solania* révélé une inhibition très faible à négligeable de la croissance mycélienne.

Elle a été plus marquée sur l'isolat S3R3, puis S1R3 et les isolats S3S, S2R1 et S2R2, mais leur taux d'inhibition restent très faibles.

Cependant, l'inhibition de la croissance mycélienne induite par l'extrait aqueux d'ail a été remarquable et totale pour les 5 isolats de *R.solania* étudiés. Les taux d'inhibition enregistrés ont presque atteint les 100%.

La germination des sclérotés des cinq isolats étudiés a été très affectée selon le mode de contact direct de l'extrait aqueux d'ail avec le milieu PDA.

L'inhibition de la germination des sclérotés de S1R3a a montré une sensibilité plus importante et ceci pour les trois modes de traitement (90%), suivie par S3R4, S2R1 et S3S, alors que l'isolat S2R2 a été plus résistant avec des taux avoisinant les 30%.

L'inhibition de la germination des sclérotés était importante pour le mode de contact direct pour l'ensemble des isolats phytopathogènes.

Elle a été plus importante pour le mode de contact direct pour les isolats S1R3 et S3R4 que pour S2R1, S3S et S2R2.

Par contre, une variabilité moyenne a été remarquée pour les doses qui ont enregistré toutes des taux d'inhibitions supérieurs à 56% particulièrement pour les doses D1 (5%) et D3 (20%).

L'extrait aqueux d'ail testé pur et à différentes dilutions ont révélé une inhibition importante de la croissance mycélienne des isolats de *R.solani*. Il était donc important de déterminer leur effet fongistatique ou fongicide. En effet, le transfert des explants mycéliens et/ou des sclérotés des isolats préalablement inhibés, sur milieu PDA frais n'a pas permis la reprise de la croissance de ces derniers.

L'inhibition de la survie des cinq isolats phytopathogènes selon les trois modes de traitement et les quatre doses de l'extrait aqueux d'ail a été très importante avec des taux de 100%.

Ainsi, ce présent travail ne constitue qu'une première étape dans la recherche des extraits de plantes à activité biofongicides contre le rhizoctone brun. Des essais complémentaires seront nécessaires et devront confirmer les performances mises en évidence.

Ainsi, à partir de ce modeste travail plusieurs voies s'ouvrent à la recherche, notamment :

- formuler les plantes les plus efficaces pour les tester *in vivo* en plein champ, afin de confirmer leur efficacité dans le milieu naturel, et évaluer l'effet du facteur environnement sur ces traitements pour les exploiter en tant que biofongicides.
- Tester leur pouvoir antifongique sur d'autres agents phytopathogènes redoutables ainsi que leur activité biologique sur d'autres maladies et ravageurs.
- Caractériser les groupes anastomosiques des isolats de *R.solani* par PCR ;
- Mener une enquête rigoureuse sur cette maladie dans la région d'El Oued ;

- Rechercher d'autres extraits de plantes efficaces contre le rhizoctone brun.
- Changer les modes d'extraction notamment les solvants pour améliorer le pouvoir fongicide des extraits de plantes testés.
- Identifier les biomolécules actives de l'extrait aqueux d'ail et le tester in vivo sur le rhizoctone brun.

1. A.A, 2001 – La culture de la pomme de terre. Revue Alto Agri. 32p.
2. Agriculture et Agri Food du Canada, 2010 - Profil de la culture de lentille
3. Agriculture et Agri Food du Canada, 2011- Profil de la culture de lentille
4. Agrios, 1997 Agrios G.N., 1997 - Plant Pathology 5^{ème} edition, 952p.
5. Aruoma O.I., Halliwell B., Aeschbach R. & Löliger J., 1992: Antioxidant and prooxidant properties of active rosemary constituents: carnosol and carnosic acid, Xenobiotica, 22, (2), 257–268p.
6. Auger J. & Thibout E., 2002 : substances soufrées des Allium et des Crucifères et leurs potentialités phytosanitaires. In Regnault-Roger C., Philogène B J.R & Vincent C. Biopesticides d'origine végétale. Tec & Doc, Paris: 77-96p.
7. Aziz A.B., Poinssot X., Daire M., Adrian A., Bézier B., Lambert J-M. et Joubert A., 2003: Laminarin elicits defense responses in grapevine and induces protection against *Botrytis cinerea* and *Plasmopara viticola*, Mol. Plant-Microbe Interact.16, 1118-1128p.
8. Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D. et Idaomar M., 2008: Biological effects of essential oils, Food and Chemical Toxicology 46, 446-475p.
9. Bamouh A., 2003 - Fiche technique, l'abricotier, le prunier, le poirier et le pommier, Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA, Transfère de technologie en agriculture, n° 107 Arboriculture., Ministère de l'agriculture et de développement rural, Maroc., 4 P.
10. Baranowska M., Mardarowicz M., Wiwart M., Pobłocka L. et Dynowska M., 2002: Antifungal Activity of the Essential Oils from Some Species of the Genus *Pinus* 57(5-6),478-82p.
11. Barra A., Coroneo V., Dessi S., Cabras P. et Angioni A., 2007: Characterization of the volatile constituents in the essential oil of *Pistacia lentiscus* L. from different origins and its antifungal and antioxidant activity, J. Agric. Food Chem. 22,55p.
12. Basaga H., Tekkaya C. et Acitel F., 1997: Antioxidative and free radical scavenging properties of rosemary extract, Lebensmittel – Wissenschaft und Technologie 30 (1), 105–108p.
13. Bernard O. et Davet P., 1993 - Mise en évidence de souches de *Trichoderma* spp. à la fois antagonistes de *Pythium ultimum* et stimulatrices de la croissance des plantes. Biophytech. Agronomie, 13, 413-421p.
14. Bernard P., Pesando D., Viso A.C., Panayotidis P. et Catsiki V.A., 2006 : Impact de la pollution sur la composition chimique et l'activité antibactérienne et antifongique des

- Extraits de *Posidonia oceanica* (L.) Delile, Rapports finaux sur les projets de recherche traitant des effets de polluants sur les communautés et les organismes marins, MAP Technical Reports Series (UNEP), N°73 / UNEP, Athens (Greece), Mediterranean Action Plan, FAO, Rome (Italy), 115-129p.
15. Bertrand B., Collabert J.P. et Petiot E., 2007 : Les plantes au secours des plantes, Purin d'ortie et Cie, Edit. Terran, Sengouagnet, 128p.
 16. Besselat B., 1985 - Résultats obtenus par le service de la protection des végétaux dans le cadre de la lutte contre la pourriture grise de la vigne avec utilisation du *Trichoderma*. L'emploi des ennemis naturels dans la protection des cultures, pp 51-58. INRA Paris.
 17. Bézanger B., 1975 : Les Plantes dans la thérapeutique moderne. 529 p
 18. Blaeser P. & Steiner U., 1998. Antifungal activity of plant pathology extracts against potato late blight (*Phytophthora infestans*). In Modern Fungicides and Antifungal Compounds II. 12th International Reinhardt Brunn Symposium, Freidrichroda, Thuringia, Germany, 24th-29th May 1998. Review of Plant Pathology 78: 936p.
 19. Blamey M. et Wilson C., 2003 : Toutes les fleurs de méditerranée, les fleurs, les graminées, les arbres et les arbustes, Edit. Delachaux et Niestlé, Collec. Les guides du naturaliste, 560p.
 20. Bock B., 2012 - Tela Botanica. Base de Données Nomenclaturale de la Flore de France. V4 BDNFF. <http://www.tela-botanica.org/page:eflore>
 21. Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S. et Tunesi L., 2009 : Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*, 1-202p., <http://www.ramoge.org>.
 22. Broekaert W.F., Van Parijs J., Leyns F., Joos H. et Peumans W.J., 1989: A chitin-binding lectin from stinging nettle rhizomes with antifungal properties, Science 245, 1100-1102 p.
 23. Buia M.C. et Mazzella L., 2003: Reproductive phenology of the Mediterranean sea grasses *Posidonia oceanica* (L.) Delile, *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers and *Zostera noltii* Hornem, Laboratoire d'Ecologie du benthos de la station zoologique Dohrn de Naples, 80077 Ischia, Italie [40 \(4\)](#), 343–362p.
 24. Cakir A., Kordali S., Zengin H., Hirata T., 2004: Composition and antifungal activity of essential oils isolated from *Hypericum hyssopifolium* and *Hypericum heterophyllum*, Flav. Fragr. J. 19, 62-68p.
 25. Caragusi, 1985)

26. Cardenas-Ortega N.C., Zavala-Sanchez M.A., Aguirre-Rivera J.R., Perez-Gonzalez C. et Perez-Gutierrez S., 2005: Chemical composition and antifungal activity of essential oil of *Chrysactinia mexicana* gray, J. of Agricultural and Food Chemistry 53, 4347–4349p.
27. Carrier A., & Senécal M., 2012 : Bulletin d'information cultures en serres: un nouveau fongicide .culture en serre N°8.Ed.bruno gosselin et céndy ouellet,RAP ,2
28. Castillo G., Sottiaux L., Hainaut A., Dengis B. et Waller A., 2010 : De la plante au médicament, Initiation aux plantes médicinales, Espaces Botaniques Universitaires de Liège, 324p.
29. Cavar S., Maksimovi M., Soli M.E., Jerkovi A. et Besta R., 2008: Chemical composition and antioxidant and antimicrobial activity of two Satureja essential oils, Food Chemistry 111, 648-653p.
30. Centeno S., Calvo M.A., Adelantado C. et Figueroa S., 2010: Antifungal activity of extracts of *Rosmarinus officinalis* and *Thymus vulgaris* against *Aspergillus flavus* and *A. ochraceus*, Pak. J. Biol. Sci.13(9),452-455p.
31. Chami F., 2005: Evaluation *in vitro* de l'Action Antifongique des huiles essentielles d'origan et de girofle et de leurs composés majoritaires, Application *in vivo* dans la prophylaxie et le traitement de la candidose vaginale sur des modèles de rat et de souris immunodéprimés, Th. Doc. Univ. Sidi Mohamed Ben Abdallah Fès, 126p.
32. Chandía N.P. et Matsuhira B., 2008: Characterization of afucoïdan from *Lessonia vadosa* (Phaeophyta) and its anticoagulant and elicitor properties, Int. J. Biol. Macromol. 42, 235-240p.
33. Changins W. et Reckenholz T., 2008 : La Pomme de terre, Journée d'information d'agriculture, coopération au développement, Direction du développement et de la coopération (DDC), Freiburg strasse130, 3003,191p.
34. Chehat, F., (2008). La filière pomme de terre Algérienne : une situation précaire. Journée d'étude sur la filière pomme de terre : Situation actuelle et perspectives. I.N.A. El Harrach, le 18 Juin 2008, Alger : 1-11 pp.
35. Chuang H., Cheng Y., Wu C., Chang S., Chang T. et Su Y., 2007: Antifungal activity of essential oil and its constituents from *Calocedrus acrolepis* var. *fomiosana* Florin leaf against plant pathogenic fungi, Bioresour. Technol. 99, 6266-6270p.
36. Cleverson A., Ferreira M., Almeriane M., Weffort-Santos O., Cleverson G. Et Roberto P., 2011 : *malva sylvestris* extract suppresses desferrioxamine-induced PGE2 and PGD2 release in differentiated u937 cells.Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR, Brazil

37. Compobello, E.W.A.; Drenth, H.H. & Leifrink, R.S. 2002. Culture professionnelle de Pomme de terre. Plantation. 2eme édition. NIVVA : 22.
38. Cowan M.M., 1999: Plant products as antimicrobial agents, *Clinical Microbiology Reviews* 12, 564-582p.
39. Cubeta M.A. et Vilgalys R., "Population Biology of the Rhizoctonia Solani Complex 1997 Population biology of the Rhizoctonia solani complex. *Phytopathology* 87:480-484 p.
40. Davidson P.M. & Naidu A.S., 2000: Phyto-phenols. In: A.S. Naidu, Editor, *Natural Food*
41. Del Campo J., Amiot M.J. & Nguyen C., 2000: Antimicrobial effect of rosemary extracts. *Journal of Food Protection* 63 (10): 1359–1368p.
42. Delattre C.P., Michaud B., Courtois J. et Courtois M., 2005: Oligosaccharides engineering from plants and algae applications in biotechnology and therapeutics, *Minerva Biotech.* 17, 107-117p.
43. Delazar A., Reid R.G. et Sarker S.D., 2004: GC-MS analysis of the essential oil from the oleoresin of *Pistacia atlantica var. Mutica*, *Chem. Nat. Compd.* 40 (1), 24-27p.
44. Derwich E., Manar A., Benziane Z. et Boukir A., 2010: GC/MS Analysis and *In vitro* Antibacterial Activity of the Essential Oil Isolated from Leaf of *Pistacia lentiscus* Growing in Morocco, *World Applied Sciences J.* 8, 1267-1276p.
45. Djenane D., Sánchez-Escalante A., Bel-trán J.A. & Roncalés P., 2002 : Ability of α -tocopherol, taurine and rosemary, in combination with vitamin C, to increase the oxidative stability of beef steaks packaged in modified atmosphere. *Food Chemistry* 76 (4): 407–415p.
46. Domingo M., 2006: Pictorial Cyclopedia of Philippine Ornamental Plants, Philippine publications on medicinals plants, Edit. Bookmark, 388 p.
47. Ducerf G., 2003: Plantes bio-indicatrices, guide de diagnostic des sols, Edit. Promonature, 278 p.
48. Fontaine P., 2009 : *Pistacia lentiscus*, 416 p., <http://www.phrygana.eu/>.
49. G.I.F.T., 2008 dans BSV, 2012 - Guide d'identification et fiches techniques, 2008 dans Bulletin de santé végétale. 14p.
50. Georgantelis D., Ambrosiadis I., Katikou P., Blekas G. & Georgakis S. A., 2007: Effect of rosemary extract, chitosan and α -tocopherol on microbiological parameters and lipid oxidation of fresh pork sausages stored at 4°C. *Meat Sci.* 76 (1), 172-181.
51. Grande et al., 1992),

52. Hamdani M., 2008 : Etude comparative du développement de la teigne de la pomme de terre *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera : Gelechiidae) dans la région de Ain Defla, de Zéralda et de Boumerdes - estimation des dégâts
53. Hayden H. S., Blomster J., Maggs C. A., Silva P. C., Stanhope M. J. et Waaland J. R., 2003: Linnaeus was right all along, *Ulva* and *Enteromorpha* are not distinct genera, Eur. J. Phycol. 38, 211-294p.
54. Heinz K., Dorn B. et Forrer H.R., 2006 : Lutte contre le mildiou de la pomme de terre avec des préparations à base de plantes, Revue suisse Agric. 38 (4), 203-207p.
55. Iauk L., Ragusa S., Rapisarda A., Franco S. et Nicolosi V.M., 1996: *in vitro* antimicrobial activity of *Pistacia lentiscus* L. extracts, Preliminary report J. Chemotherapy 8 (3), 207-209p.
56. Imelouane B., Amhamdi H., Wathelet J.P., Ankit M., Khedid K. et El Bachiri A., 2009: Chemical composition of the essential oil of thyme (*Thymus vulgaris*) from Eastern Morocco, Int. J. Agric. Biol.11, 205-208p.
57. Jean F.I., Collin G.J. et Lord D., 1992: Phytochemistry and biological activities of *Salvia officinalis*, Perfum Flavor 17, 35- 36p.
58. Jolivet E., 1969 : Physiologie de la tubérisation, Annal de physiologie végétale 11, 198-199p.
59. Kordali S., Cakir A., Zengin H. et Duru M. E., 2003: Antifungal activities of the leaves of three *Pistacia* species grown in Turkey, Fitoterapia, Edit. Elsevier, Amsterdam, PAYS-BAS 74(1-2), 164-167p.
60. Kühn et Moore, 1987 in index fungorum 2004 - The genera of *Rhizoctonia*-like fungi: *Ascorhizoctonia*, *Ceratorhiza* gen.nov., *Epulorhiza* gen.nov., *Moniliopsis*, and *Rhizoctonia*. *Mycotaxon* 29:91–99p.
61. Laidani M, 2012: Activité antifongique *in vivo* de neufs plantes contre *Phytophthora infestans* agent du mildiou de la pomme de terre en Algerie. Th. Mas.
62. Lahaye M., Robic A., 2007: Structure and functional properties of ulvan, a polysaccharide from green seaweeds, *Biomacromolecules* 8, 1765-1774p
63. Latten J., 1994: Biologische Bekämpfung phytopathogener Pilze mit Hilfe von Pflanzenextrakten, Justus Liebig Univ. Th. PhD., 121p.
64. M.B.A.R.I., 2001).
65. M.B.A.R.I., 2001: *Ulva*, Marine Botany, Monterey bay aquarium research institute, Kirby, 7p.

66. Madec P., 1966 : Croissance et tubérisation chez la pomme de terre. Bulletin de la Société Française de Physiologie Végétale 12 : 159-173p.
67. MADR., 2011 : Services de statistiques des cultures, ministère d'agriculture et de développement rural.
68. Makhloufi A., Moussaoui A., Lazouni H.A., Hasnat N. & Abdelouahid D.E. , 2011: Antifungal activity of essential oil of *Rosmarinus officinalis* L. and its impact on the conservation of a local variety of dates during storage. Medicinal Plants- International Journal of Phytomedicines and Related Industries. 3, Issue: 2. ISSN: 0975-6892.:129-134p.
69. Malet M., 2009 - Notice technique sur les maladies transmises par la semence de pomme de terre. 5p. Revue Syngenta 2010.
70. Marinkovic B., Marin P.D., knezevic-Vukcevic J.M.D. et Brkic D., 2002: Activity of essential oils of three *Micromeria* species (*Lamiaceae*) against micromycetes and bacteria, *Phytother.Res.*16 (4), 336-339p.
71. Martin J F., 2004 : Culture de la pomme de terre de conservation. Arvalis. Institut du végétal, 4-11p.
72. Matz, 1920 in index fungorum 2004
73. Mehmet M.Ö. & Chalchat J-C., 2008: Chemical composition and antifungal activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) oil from Turkey, *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 59(7-8):691-698.
74. Mona A.M. et Hussein B.A., 2008: Cytotoxicity and antimicrobial activity of *Salvia officinalis* L. flowers, *Sudan JMS* 3(2).
75. Morrissey J.P. et Osbourn A.E., 1999: Fungal Resistance to Plant Antibiotics as a Mechanism of Pathogenesis, *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 63(3), 708-24p.
76. Neuhoﬀ D., Klinkenberg H.J. et Köpke U., 2002: New approaches in late blight (*Phytophthora infestans*) control in organic farming, In 2ème Conférence internationale sur les moyens alternatifs de lutte contre les organismes nuisibles aux végétaux, Lille, Proceedings, 197-204p.
77. Ogoshi A., 1987 – Ecologie de groupe de pathogénécité anastomose interspécifique des souches de *Rhizoctonia solani* Khun. *Ann. Rev. Phytopathol.* 25:125-143p.
78. Oplachenova G, Obreshkova D (2003). Comparative studies on the activity of basil-an essential oil from *Ocimum basilicum* L. against multidrug resistant clinical isolates of the genera *Staphylococcus*, *Enterococcus*, and *Pseudomonas* by using different test methods. *J. Microbiol. Methods* 54(1):105-110.

79. Osman H, Vauthrin S, Mikes V, Milat M L, Panabieres F, Marais A, Brunie S, Maume B, Ponchet M and Blein J P., 2001 - Mediation of elicitor activity on tobacco is assumed by elicitor-sterol complexes. *Molecular Biology of the Cell*, 12:2825-2834 p.
80. Osman, M.E.H., El-Sheekh M.M., Metwally M.A., Ismail A.E.A. et Ismail M.M., 2011 - Antagonistic activity of some fungi and cyanobacteria species against *Rhizoctonia solani*. *Int. J. Plant Pathol.*, 2: 101-114 p.
81. Oumzil H., Ghouлами S., Rhajaoui M., Ilidrissi A., FkihTetouani S., Faid M. et Benjouad A., 2002: Antibacterial and antifungal activity of essential oils of *Mentha suaveolens* 16(8), 727-731p.
82. Palevitch D. et Yaniv Z., 2009: *Medicinal Plants of the Holy Land*, Modan, Tel Aviv, Israel, 51p.
83. Parmeter J. R. , 1970: *Rhizoctonia solani*, biology and pathology. *American Phytopathological Society Symposium on Rhizoctonia Solani* . 589p
84. Paulert V., Talamini J.E.F., Cassolato M.E.R., Duarte M.D., Nosedo A., Smania J. et Stadnik M.J., 2009: Effects of sulfated polysaccharide and alcoholic extracts from green seaweed *Ulva fasciata* on anthracnose severity and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Anthracnosebefall und das Wachstum von Buschbonenpflanzen (*Phaseolus vulgaris* L.), *J. Plant Diseases and Protection* 116 (6), 263–270p.
85. Pinto E., Pina-Vaz C., Salgueiro, L., Goncalves M.J., Costa-de-Oliveira S., Cavaleiro C., Palmeira A., Rodrigues A. & Martinez-de-Oliveira, J. , 2006. Antifungal activity of the essential oil of *Thymus pulegioides* on *Candida*, *Aspergillus* and dermatophyte species, *Journal of Medical Microbiology* 55(10): 1367–1373p.
86. Radulović N., Stojanović G. et Palić R., 2006: Composition and antimicrobial activity of *Equisetum arvense* L. essential oil, Jean-Claude Rameau et al., *Flore forestière française, Région méditerranéenne*, *Phytother. Res.* 20, 85-8p.
87. Rameau J. C., Mansion D. et Dumé G., 2008 : *Flore forestière française, Région Méditerranéenne* Vol. 3 de *Flore forestière française, guide écologique illustré*, Dominique Mansion, Institut pour le développement forestier, France, Direction de l'espace rural et de la forêt, Edit. Forêt privée française, 2426 p.
88. Regnault R., 2008: *Sauge officinale*, *J. Serb. Chem. Soc.* 615, 28–188p.
89. Ruhland, 1908 in *index fungorum* 2004
90. Santelices B. et Ugarte R., 1987: Algal life-history strategies and resistance to digestion, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 35, 267-275p.

91. Saddek D, 2012: Activité antifongique *in vitro* de neufs plantes contre *Phytophthora infestans* agent du mildiou de la pomme de terre en Algerie. Th. Mas
92. Sattar A. A., Bankova V., Kujumgiev A., Galabov A., Ignatova A. et Todorova C., 1995: Chemical composition and biological activity of leaf exudates from some Lamiaceae plants, Pharmazie 50, 62-65p.
93. Selitrennikoff C. L., 2001: Antifungal proteins. Applied and Environmental microbiology 67, 2883-2884p.
94. Soc. Pharm. Bordeaux, 148: 93-114p.
95. Soltner D., 2005 : Les grandes productions végétales. 20 ème édition. Collections Sciences et Techniques agricoles. 472p.
96. Takeuchi K., Tomita H. et Fujimoto S., 2005: Antibacterial activity of plant extracts and phytochemicals, FEM. Microbiol Lett 243, 347-354p.
97. Thompson, 2007: Identification and Management of Turfgrass Diseases University of Missouri Extension. <http://extension.missouri.edu/explore/shop/>
98. Toussaint Ferreyrolle, 2012 - Céréales à paille. Rhizoctone : une maladie à prendre en compte cette année. ARVALIS - Institut du végétal 1p.
99. Uchilda, J.Y., 2011 - *Rhizoctonia Solani*. Knowledge Master. Web. 04 Oct. 2011. <http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/type/r_solani.htm>.
100. Vanstippe M-J., 2005 : La grande ortie (*Urtica dioica*), Cercles des Naturalistes de Belgique (CNB), Section les sources, 2p.
101. Wharton P.S., 2011 – Maladies des pommes de terre du Michigan. Michigan state univ. 40p.
102. Wiese M.V., 1987 – Compendium des maladies du blé. American phytopathological society. 124p.
103. Xavier G., 2012 : Guide des plantes indicatrices des milieux forestiers bretons, Forêt bretonne, CRPF Bretagne, 147 p., <http://www.creapharma.ch>.

1.1 Aperçu sur la culture de la pomme de terre

1.1.1 Historique

La pomme de terre existe depuis plus de 8000 ans. D'après les recherches réalisées, l'Amérique du Sud serait la terre natale de ce légume. Au XVIème siècle, à la recherche de trésors et du pays d'El Dorado, 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 comme la 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 l'ont cultivé pour leur usage, car les algériens y étaient réticents malgré les disettes successives. C'est la dernière grande famine des années 30/40 qui est venu à bout de cette opposition.(Carrier et Senécal, 2012).

1.1.2 Description botanique

La pomme de terre est une plante herbacée, tubéreuse, vivace, mais elle est cultivée comme une plante annuelle. Ses racines sont nombreuses, fines et longues. Elles forment un chevelu abondant qui s'enfonce profondément dans le sol (Bock, 2012).

Les tubercules sont des portions des tiges souterraines. Ils comprennent un pôle basal, partie élargie légèrement déprimée où s'insère le rhizome, et un pôle apical sur lequel sont disposés les yeux. Ce pôle apical s'appelle la " couronne " et les yeux qui y sont disposés en spirale se trouvent pratiquement tous dans cette partie du tubercule. Ces yeux en se développant, donneront des germes puis des tiges aériennes. La forme des tubercules est très variée : allongée, ovale, ronde... La couleur de la peau varie également (blanche, jaune, rose, rouge... tandis que la couleur de la chair est soit blanche, soit jaune. Les tubercules renferment 15 à 18% de leur poids en amidon (Bock, 2012).

Les feuilles sont vertes, grandes, très découpées et disposées en spirale sur les tiges. Elles comprennent 3 à 7 paires de folioles et une foliole terminale. Toutes ces folioles sont portées par de petites ramifications qui s'insèrent sur le pétiole de la feuille. Au point d'insertion, il existe des folioles plus petites qui se trouvent, dans certains cas, insérées directement sur le pétiole. Enfin, au point d'insertion du pétiole sur la tige, on trouve deux stipules (Bock, 2012).

L'inflorescence est une cyme qui naît à l'extrémité de la tige. Elle compte d'une à trente fleurs, généralement entre sept et quinze. Le nombre d'inflorescences et le nombre de fleurs par inflorescence varient fortement selon les cultivars . Le fruit de la pomme de terre est

Partie bibliographique

une baie qui ressemble à une petite tomate. Il n'est pas comestible. Sa forme peut être sphérique, allongée ou ovoïde. Son diamètre varie généralement de 1 à 3 cm et sa couleur peut aller du vert au jaunâtre, ou du marron rougeâtre au violet (Bock, 2012).

1.1.3 Exigences culturelles

La pomme de terre s'accommode à tous les types de sols, exception faite des sols salés et alcalins. C'est une plante de saison froide, préférant un climat frais. L'optimum de germination des semences est de l'ordre de 12 à 15°C et l'optimum de croissance est compris entre 16 et 20°C (Bamouh, 2003).

1.1.4 Cycle biologique de développement

Le cycle de la pomme de terre est très court (trois à quatre mois), depuis le semis jusqu'à la destruction de l'appareil végétatif (Martin, 2004). Il se déroule en trois phases principales (Figure 2) :

1.1.4.1 Phase de germination

Lorsqu'un tubercule germé est planté en terre, ses germes se transforment en tiges feuillées qui donnent, au-dessus du sol, des rameaux, et en dessous des stolons (Madec, 1966 in Montary, 2007); c'est la phase dite de croissance.

1.1.4.2 Phase de tubérisation

Elle commence par l'arrêt de l'élongation des stolons et la formation des ébauches des tubercules, qui une fois différenciés, vont grossir en emmagasinant des substances de réserve formées à partir des métabolites synthétisés par la plante au niveau du feuillage (Jolivet, 1969 in Montary, 2007).

La maturation des tubercules se traduit par un jaunissement du feuillage suivi d'un dessèchement total du système aérien.

1.1.4.3 Phase de repos végétatif

Après la récolte, durant cette phase, les tubercules même placés dans des conditions optimales de température et d'humidité, leurs bourgeons sont incapables de croître pour produire des germes (Madec, 1966 in Montary, 2007).

A la fin du repos végétatif, le germe entre en croissance s'il n'y a pas de dormance induite par les conditions du milieu.

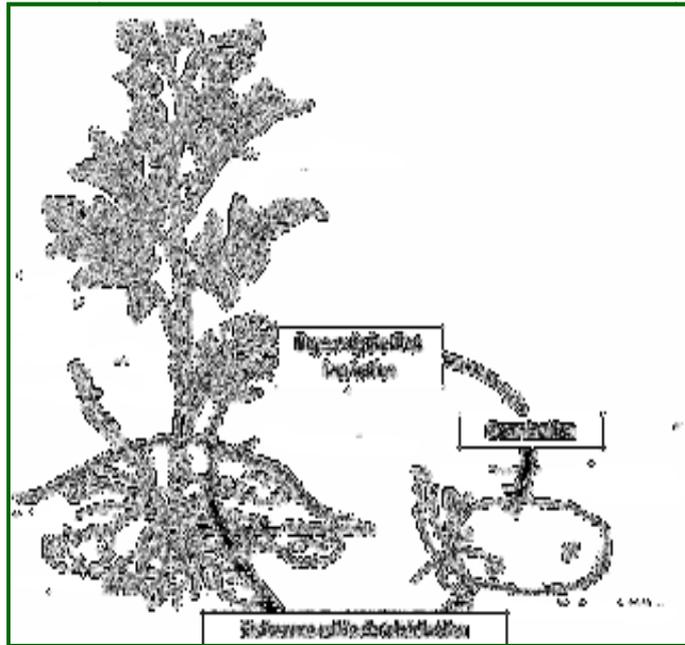


Figure 1. Cycle végétatif de la pomme de terre (Soltner, 2005)

1.1.5 Importance économique

1.1.5.1 Dans le monde

Dans les pays développés, la consommation de pomme de terre augmente considérablement et représente plus de la moitié de la récolte mondiale. Comme elle est facile à cultiver et que sa teneur énergétique est élevée, c'est une culture commerciale précieuse pour des millions d'agriculteurs (FAO, 2008).

Bova (2012) a signalé qu'entre 2009 et 2010, une stabilité des surfaces cultivées de 0,25 % et, un recul du niveau de production évalué à 2,3 %.

Il apparaît clairement à partir de la (Figure 2), qu'en 2010, 9 pays ont eu une production dépassant les 7 millions de tonnes. La France avec 6,58 millions de tonnes s'est positionnée comme le 11ème pays producteur dans le monde (2 rangs en moins par rapport à 2009), derrière la Chine, l'Inde, la Russie, l'Ukraine, les États-Unis, l'Allemagne et la Pologne notamment. Par rapport à 2009, seules la Chine, l'Inde, la Biélorussie et le Bangladesh ont connu une bonne dynamique de leur production (Bova, 2012).

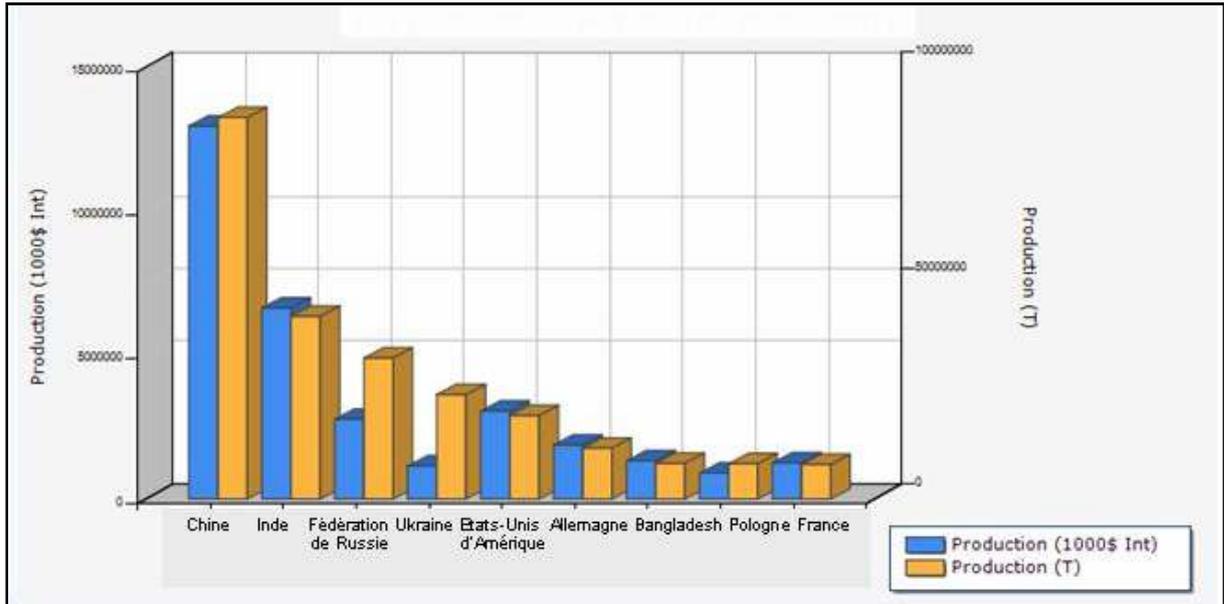


Figure 2 : Le top des productions de pomme de terre dans le monde (FAO Stat, 2011)

D'autre part, plus de 7,5 millions de tonnes de pomme de terre ont été récoltées en 1992 en Afrique contre 11,7 millions de tonnes en 2002. Soit une progression de 52 % en dix ans. Peu de producteurs dont l'Afrique du Sud, l'Egypte, le Maroc, l'Algérie et le Malawi totalisent plus des trois quarts de la récolte. Mais le nombre de pays pratiquant la culture de la pomme de terre ne cesse d'augmenter. Ils sont maintenant 34 à en cultiver, en quantité plus ou moins importante (Kouamé, 2003).

1.1.5.2 En Algérie

La production de pomme de terre constitue l'un des succès les plus notables de l'agriculture algérienne au cours des 20 dernières années. Elle a été estimée à plus d'un milliard de dollars en 2006. L'importance de la production est due à la position géographique du pays qui lui permet une bonne acclimatation (Omari, 2008).

D'après les statistiques de la FAO, la culture de pomme de terre en Algérie vient en premier devant les céréales, la pastèque et l'oignon (Figure 3) (FAO stat, 2012).

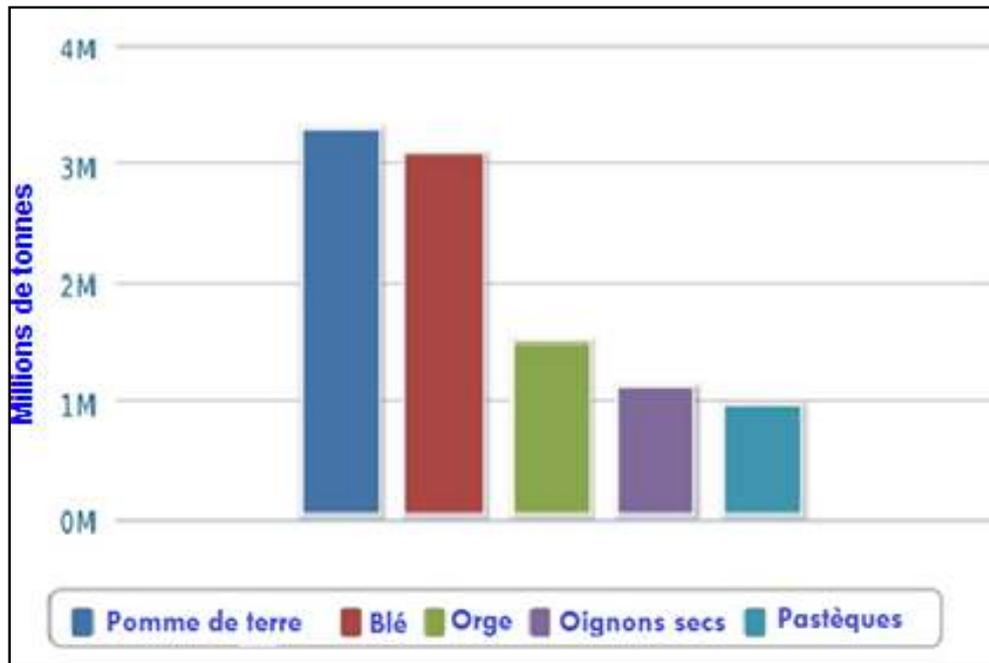


Figure 3 : Classement des principales cultures en Algérie en 2010 (FAO stat, 2012)

Elle est classée deuxième en matière de superficies propres à la culture de la pomme de terre après l'Égypte et dernière, c'est-à-dire quatrième après le Maroc, la Tunisie et l'Égypte par rapport au rendement de sa production, mais également se distingue par son exportation insignifiante qui la classe également dernière en la matière par rapport à ces trois pays du Maghreb. (Lefki, 2008).

Cependant, la filière pomme de terre demeure fragilisée par une dépendance accrue au marché extérieur de la semence à l'amont et par un dysfonctionnement de la mise en marché de sa production en aval (Omari, 2008). D'après le même auteur, trois types de récoltes résultent des différentes productions nationales selon les saisons, à savoir :

Une récolte d'arrière saison en plein essor ces dernières années, due à une amélioration de la maîtrise technique et l'extension vers de nouvelles aires de culture à travers le territoire national (notamment au sud), une récolte de saison en pleine performance et qui a permis d'orienter cette production vers le marché local au cours de l'année et la culture primeur qui mérite une attention particulière des responsables vu la croissance enregistrée ces dernières années dans les superficies mobilisées pour cette tranche de culture dont le rôle est d'établir la soudure entre les saisons et par conséquent la régulation du marché national de pomme de terre.

1.1.5.2.1 Evolution des superficies de pomme de terre en Algérie

L'évolution de la structure des superficies affectées à la culture de la pomme de terre en Algérie depuis les années 1990 à ce jour, démontre qu'il y a une croissance soutenue des superficies occupées par la tranche arrière-saison (plantation juillet- août) qui est passée de 25000 ha /an de la période 1991-2000 pour dépasser les 35000 ha au cours des deux dernières campagnes 2006 et 2007 jusqu'à atteindre 51039 ha en 2011 (Omari, 2008; MADR, 2012). Une stabilité des superficies affectées à la tranche saison (plantation de janvier à mars) avec 50 000 ha/an tout au long de la période s'étalant de 1991 à 2007 et atteignant 63850 ha en 2011 (Omari, 2008; MADR, 2012). Néanmoins, une baisse inquiétante d'environ 50 % des superficies occupées par la tranche primeur (Plantation octobre- novembre) est enregistrée pour la période 2000/2007 avec 4000 ha/an, par rapport à la moyenne des années 1990, soit près de 8 300 hectares (Omari, 2008) et depuis cette superficie a stagné en atteignant 4821 ha en 2011 (MADR, 2012).

1.1.5.2.2 Répartition de la culture

La pomme de terre est cultivée à travers tout le territoire national, y compris dans les oasis du sud du pays, avec l'apparition nouvelle du bassin spécifique d'El-Oued, où la pomme de terre est devenue une spéculation majeure en quelques années. Cependant, si l'on retient les 15 wilayate où elle occupe plus d'un millier d'hectares, on pourra alors distinguer dans les zones du littoral et du sub-littoral, 03 bassins de production (Chehat, 2008).

- A l'ouest, il est concerné par les wilayate Tlemcen, Mostaganem et Chlef
- Au centre, il s'agit des wilayate d'Ain Defla, Tipaza, Alger, Boumerdes, Bouira et Tizi-Ouzou
- A l'est, représenté par les wilayate de Skikda, Guelma, Setif, Mila et Batna

Les variétés les plus cultivées en Algérie sont la Spunta, Désirée, Kondor, Batina, Timate et Atlas (MADR, 2011).

Néanmoins, la semence Spunta est la plus demandée sur le marché national en raison de sa production abondante grâce à son couvert végétal intense, et malgré sa sensibilité à plusieurs maladies cryptogamiques telle que le mildiou. D'autres variétés de semences plus productives et plus résistantes à certaines maladies parasitaires dont Condor, Bartina et Fabela, existent

Partie bibliographique

mais la majorité des agriculteurs préfèrent la variété Spunta, très prisée par le consommateur (Ouamar, 2013).

On notera que les importations en valeur de pommes de terre sont passées de 1,5 million USD à 46,4 millions USD et que les importations de pommes de terre de semence sont passées de 20,7 millions USD à 64,3 millions USD durant la même période, c'est-à-dire novembre 2012 (DRDPA, 2012).

En revanche, le déficit en semences est chronique car l'Algérie importe d'Europe environ 120 000 tonnes de semences de pomme de terre, qui couvrent généralement, une partie de la primeur et toute la culture de pomme de terre de saison. Pour les besoins de l'arrière saison en matière de semences, ils sont assurés par la production nationale dans leur totalité (Amrar, 2005).

En effet, la quantité de semences de pomme de terre importées est passée de 90 000 tonnes en 2009 à plus de 100 000 tonnes en 2010 et de 113 000 tonnes en 2011 à plus de 130 000 tonnes en 2012, 80% de cette quantité passe par le port de Mostaganem, et le reste est réparti entre les ports d'Oran, d'Alger et Ténès (Ouamar, 2013).

Un bilan détaillé de production et superficie de pomme de terre de consommation en Algérie a été élaboré par le DRDPA en 2012 selon les différentes régions et les types de cultures de pomme de terre en Algérie (Tableau 1). En effet, la production de pomme terre toutes tranches confondues a atteint 3725882 Tonnes répartis sur une superficie globale de 119710 ha avec la plus grande part pour la pomme de terre de saison qui couvre un maximum de besoins en terme de superficie ou en terme de consommation avec 53,33% en superficie et 57,2% en terme de production au niveau surtout des plaines intérieures, le sud, littoral et sublittoral et hauts plateaux.

Partie bibliographique

Tableau1 : Bilan de la culture de pomme de Terre de consommation en Algérie durant la Campagne 2011/2012 (DRDPA, 2012).

Types de cultures Régions	Primeur		Saison		A / Saison		Total	
	Superficies (Ha)	Production (q)	Superficies (Ha)	Production (q)	Superficies (Ha)	Production (q)	Superficies (Ha)	Production (T)
Hauts Plateaux	/	/	13 637	3 545 225	4 799	1 102 426	18 436	65
Pleines Intérieures	/	/	22 320	7 697 502	21 131	6 174 659	43 451	1 387 216
Littoral et Sublittoral	4 821	1 050 012	14 498	4 647 141	5 924	1 215 153	25 243	691 230
Sud	/	/	13 395	5 456 393	19 185	6 370 320	32 580	1 182 671
Total	4 821	1 050 012	63 850	21 346 261	51 039	14 862 558	119 710	3 725 882
%	4,02	2,8	53,33	57,2	42,63	39,89		

1.1.6 Problèmes phytosanitaires

Malgré sa diffusion mondiale, il existe de grandes disparités dans la productivité de la pomme de terre entre les pays et les régions. Cette dernière est sensible aux maladies, aux ravageurs (Tableau 2) et aux fluctuations climatiques. Une des causes de sa fragilité est sa faible diversité génétique, liée à son introduction récente dans de nombreux pays et sa multiplication par voie végétative (Changins et Reckenholz, 2008).

La production potentielle de tubercules de pomme de terre pourrait atteindre 400 millions de tonnes dans le monde entier si ces maladies pourraient être efficacement contrôlées. Jusqu'ici, le contrôle chimique, saisi d'engrais, l'irrigation et l'utilisation de semences certifiées est la façon principale d'obtenir de hauts rendements (Changins et Reckenholz, 2008).

Tableau 2. Principales maladies et principaux ravageurs limitant la culture de la pomme de terre (Anonyme, 2008)

Maladie	Agent causal	Symptômes
Potato Virus Y (PVY)	Virus Y	Taches nécrotiques noires. Déformation foliaire avec mosaïque.
Potato Virus X (PVX)	Virus X	Mosaïque foliaire
Virus de Rattle		Les feuilles déformées nécroses brunes sur les tubercules
Galle commune	<i>Streptomyces scabies</i>	Taches superficielles sur tubercules
Jambe noire	<i>Pectobacterium</i> sp	Pourriture noire plus ou moins humide
Pourriture brune	<i>Ralstonia solanacearum</i>	Brunissement rougeâtre des tissus vasculaires des tubercules (anneau vasculaire)
Alternariose	<i>Alternaria solani</i>	Pourriture brune à noire très sèche sur tubercules
Fusariose	<i>Fusarium roseum</i>	Pourriture marron moins sèche
Rhizoctone brune	<i>Rhizoctonia solani</i>	Levée irrégulière, sclérotés brunes sur tubercules

1.2 Généralités sur la maladie

1.2.1 Introduction

Le rhizoctone brun est l'une des maladies transmissible par semences qui provoque des dommages variés à différents stades du cycle de végétation de la pomme de terre et dont l'agent responsable est un champignon du sol, *Rhizoctonia solani* (Malet, 2010).

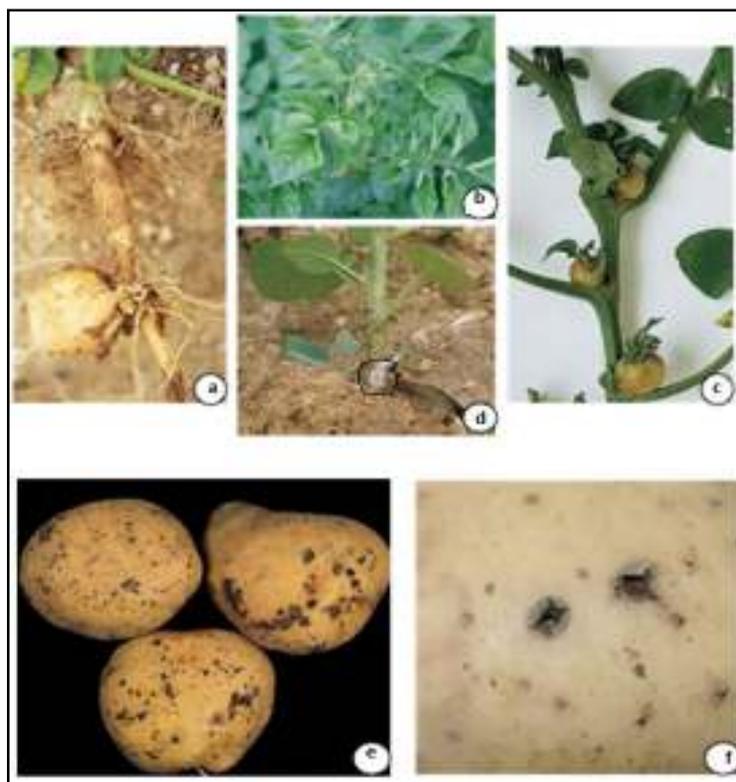
1.2.2 Symptomatologie

La plupart des agriculteurs ne prennent pas conscience de la culture malade jusqu'à la récolte. Les symptômes de cette maladie ne se produisent pas avant la fin de l'été. Le semis dans sa phase juvénile est le plus vulnérable à la maladie. Des flambées se produisent généralement dans les premiers mois d'été (Cubeta et Vilgalys, 1997).

Les symptômes du rhizoctone brun peuvent affecter deux phases essentielles de la culture de pomme de terre (Parmeter, 1970).

En début de végétation, l'attaque de *R. solanise* traduit par des levées irrégulières ou tardives des plantes alors qu'en cas d'attaque sévère, les plants ne lèvent pas. Par contre si l'attaque est plus tardive, la base des tiges est touchée, entraînant un enroulement (Figure 4b), jaunissement et bord violacé des feuilles à cause de la mauvaise circulation de la sève et l'apparition de petits tubercules regroupés à la base de la tige ou des tubercules aériens se développant à l'aisselle des feuilles (Figures 4a et 4c). Tandis qu'en période de forte humidité, un manchon de mycélium blanchâtre est observé à la base des tiges (Figure 4d) ce qui correspond à la phase de croissance active et de reproduction sexuée de l'agent phytopathogène (Parmenter, 1970).

Au stade de tubérisation, un ensemble de symptômes caractéristiques apparaissent sur les tubercules. On peut citer les déformations, entailles ou crevasses et altérations superficielles de la peau rappelant les symptômes de gale commune en liège ou desquamation donnant un aspect non commercialisable, mais la présence des sclérotés sur tubercules représente le symptôme le plus caractéristique en fin de cycle (Figure 4e). Bien que superficiels, ils persistent à la surface du tubercule, même après lavage ; ce sont des organes de conservation lorsque les conditions du sol ne sont plus favorables au développement de la maladie. Un autre symptôme est observé, il s'agit du trognon sec qui apparaît au niveau des lenticelles sans pour autant altérer la chair du tubercule (Figure 4f) (Ogoshi et Akira, 1987)



a : Nécroses brunes au bas de tiges ; *b* : Enroulement des feuilles ; *c* : Tubercules aériens ; *d* : Manchon blanchâtre ; *e* : Sclérotés sur tubercules ; *f* : Trognon sec

Figure 4. Symptômes du rhizoctone brun pomme de terre (G.I.F.T, 2008 dans B.Santé.V, 2012)

1.2.3 Importance et dégâts

Les dégâts causés par cette maladie, entraînent un refus à la vente et à l'exportation car les attaques sur les tubercules les rendent impropres à la commercialisation et peuvent empêcher la certification des plants de pomme de terre. Dans les pays d'Europe et d'Amérique à vocation de production de pomme de terre, tels que la Belgique, la Hollande, la France et le Canada, le rendement est directement touché, avec des pertes pouvant aller de 20 à 25 % (Wharton, 2011).

En Algérie, cette maladie est présente dans toutes les régions à vocation de pomme de terre: El oued, Ain Defla, Tlemcen, Mascara, Skikda, Guelma, Mostaganem et Boumerdes. Ses dégâts ont causé des dépérissements allant jusqu'à 20% en provoquant aussi une forte dépréciation de la qualité des tubercules notamment ceux plantés en sols sablonneux (Malet, 2010).

1.2.4 Cycle biologique

Le sol et les plantes contaminés représentent les principales sources d'inoculum de cette maladie (G.I.F.T, 2008 dans B.S.V, 2012). D'après Agrios (1997), le cycle de la maladie résumé dans la figure 5 se déroule comme suit :

Le mycélium ou les sclérotés passent l'hiver dans les débris végétaux, du sol ou dans la plante hôte où les jeunes hyphes ou/et rarement les basides fructifient apparaissent et produisent du mycélium et rarement des basidiospores. En effet, ce mycélium sécrète des enzymes nécessaires à sa prolifération au niveau de la plante hôte qu'il envahit provoquant des nécroses et des sclérotés dans et autour du tissu infecté qui conduit alors, à divers symptômes associés à la maladie tels que la pourriture de la tige, la fonte des semis, etc, et le cycle se répète

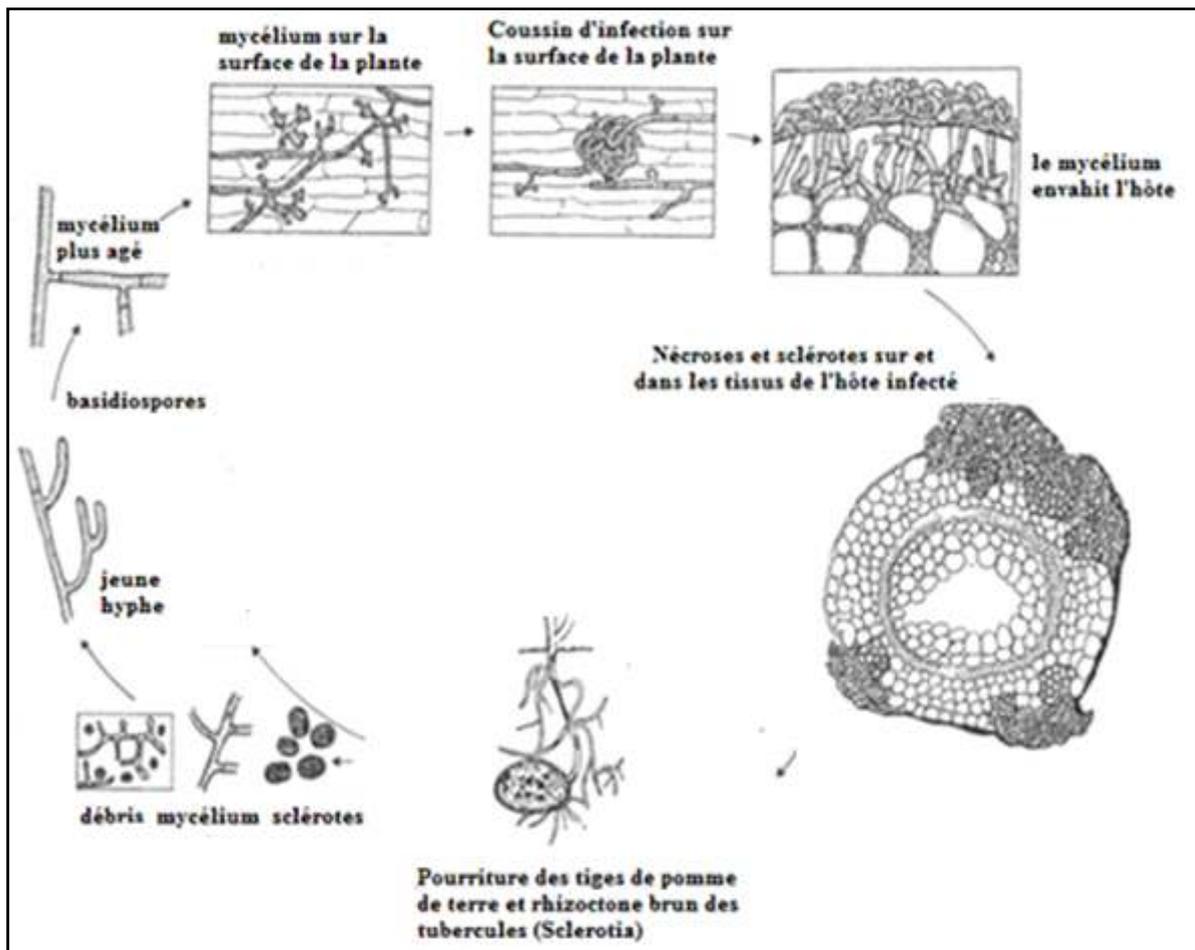


Figure 5. Cycle de vie de *Rhizoctonia solani* sur pomme de terre (Agrios, 1997).

1.2.5 Conditions de développement de la maladie

Le rhizoctone brun de la pomme de terre est favorisé par un climat frais et humide après plantation, ainsi qu'une plantation profonde, précoce, en sol froid, avec un plant non germé ou non réchauffé. Les rotations courtes et un long délai entre le défanage et la récolte sont des facteurs aggravants les attaques (Ogoshi et Akira, 1987).

Toussaint Ferreyrolle en 2012 a confirmé que les sols légers, sableux, secs et bien drainés sont aussi favorables au développement de la maladie en facilitant l'extension du mycélium en automne. Une fertilisation excessive en azote provoque aussi, une augmentation de la sévérité de la maladie. De même, un semis précoce à l'automne fournit à la maladie une période de développement à des températures favorables plus longues.

1.3 Généralités sur l'agent pathogène

1.3.1 Historique

Le nom « *Rhizoctonia* » fut forgé en 1815 par le mycologue suisse Augustin Pyramus de Candolle pour désigner des champignons pathogènes des plantes qui produisent à la fois des hyphes et des sclérotés. *Rhizoctonia* signifie tueur de racines. L'espèce originale de De Candolle, *Rhizoctonia crocorum* (téléomorphe *Helicobasidium purpureum*), est l'agent causal du rhizoctone violet de la carotte et d'autres légumes-racines (P.C.S.B.P.I, 2008).

Par la suite, différents auteurs ont rattaché plus d'une centaine d'espèces à ce genre, la plupart de ces pathogènes de plantes n'ayant cependant qu'une ressemblance superficielle avec l'espèce type (index Fungorum, 2004). Cet agent a été nommé suivant une chronologie temporelle *Moniliopsis aderholdii* (Ruhland, 1908 in index fungorum 2004), *Rhizoctonia agrisea* (Matz, 1920 in index fungorum 2004) et *Moniliopsis solani* (Kühn et Moore, 1987 in index fungorum 2004).

D'autre part, Parmeter (1970) a affirmé que ce champignon phytopathogène a été découvert il y a plus de 100 ans et qu'en 1858, Julius Kuhn l'a observé sur les tubercules de pommes de terre malades et qu'il a nommé *Rhizoctonia solani*.

1.3.2 Position taxonomique

Parmenter (1970) a affirmé que *Rhizoctonia solani* sur pomme de terre serait considéré comme un champignon basidiomycète si le stade téléomorphe est abondant mais n'est actuellement pas connu pour produire des spores Le rhizoctone brun n'est connu que par sa forme asexuée.

La classification de *Rhizoctonia solani* été rapportée par Parmenter, (1970) comme suit :

- **Règne des** Champignons
- **Famille** des Basidiomycètes
- **Classe** des Agaricomycètes
- **Ordre** des Cantharellales
- **Famille** des *Ceratobasidiaceae*
- **Genre** : *Rhizoctonia*
- **Genre et Espèce** : *Rhizoctonia solani* Kuhn. (1858).
-

1.3.3 Morphologie

En culture, *Rhizoctonia solani* se présente comme colonie subaérienne de couleur blanchâtre au début mais devenant sombre en vieillissant (Figure 6a). Le mycélium est de couleur brunâtre à brun foncé, est constitué d'hyphes relativement épais. Il est caractérisé par un aspect réticulé dont les embranchements sont à angles droits (Figure 6b) (Thompson, 2007). Ses cellules au niveau des hyphes sont plurinuclées. Les hyphes sont de 4 à 15 µm de diamètre. Un septum près de chaque branche des hyphes et une légère constriction à la succursale sont des critères de diagnostic. *R. solani* est subdivisé en groupes d'anastomose (AG) basés sur la fusion des hyphes entre les souches (Wiese, 1987).

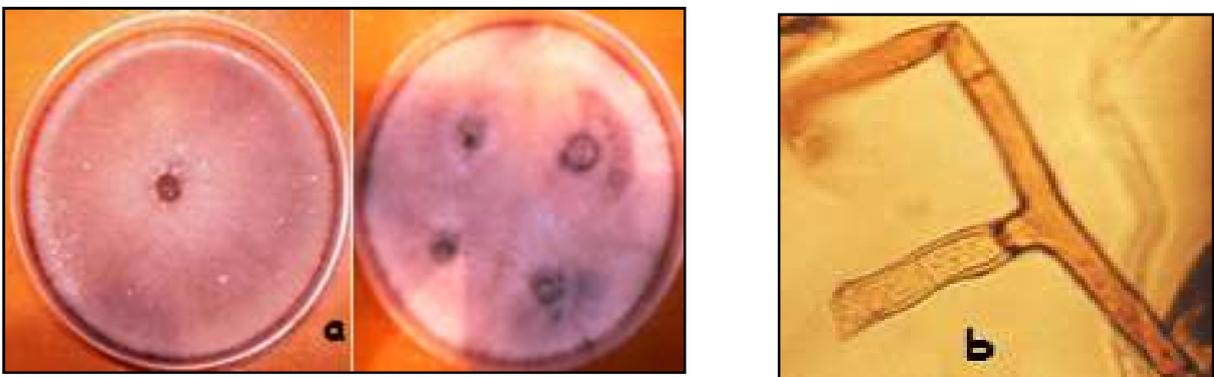


Figure 6. Aspect cultural (a) et morphologique (b) de *Rhizoctonia solani* (G : X500) (Thompson, 2007).

1.3.4 Biologie

Cubeta et Vilgalys (1997) ont suggéré que le pouvoir infectieux de cet agent phytopathogène est conditionné par les climats chauds et humides, la présence de la plante hôte, les pluies fréquentes, l'irrigation et la hausse de températures au printemps et en été. Sa prolifération, est étroitement liée à la réduction du drainage du sol à cause de son compactage.

Toussaint Ferreyrolle (2012) a confirmé qu'une précédente céréale à paille en absence de travail du sol permet au champignon de se conserver sur les résidus. De même, les sclérotés présentent une durée moyenne de survie dans le sol de 3 à 4 ans. Le labour peut également jouer un rôle négatif en remontant à la surface des résidus enfouis l'année précédente.

La dispersion de l'inoculum se fait grâce aux sclérotés qui se disséminent par le vent, l'eau, le mouvement du sol ou entre les plantes hôtes atteintes (Wharton, Michigan State University, 2 May 2011. (Wharton, 2011). Par ailleurs, tout facteur de stress ou carence pour la plante, fragilisant cette dernière, favorise l'installation du champignon et son développement (Toussaint Ferreyrolle, 2012).

La germination est favorisée par les températures dépassant 13 à 15°C pour infecter des racines ou des plantes restantes sur le sol. Un sclérote peut germer et son mycélium peut atteindre une distance allant de 7 à 10 cm jusqu'à ce qu'il rencontre une plante hôte (Wharton, 2011).

Les conditions optimales pour son développement sont des températures du sol variant de 15 à 18°C et une humidité élevée. Toutefois, lorsque la température dépasse ces valeurs, la pathogénéicité de *Rhizoctonia solani* diminue. Néanmoins, en conditions idéales, il peut ne s'écouler que 3 à 4 jours entre l'infection et l'apparition des premiers symptômes (Thompson, 2007).

1.3.5 Spécificité parasitaire

Cet agent phytopathogène est présent également sur d'autres espèces cultivées comme le maïs, la betterave, la carotte, les crucifères et les céréales (G.I.F.T, 2008 dans B.S.V, 2012).

1.4 Lutte contre la maladie

Trois méthodes de lutte sont préconisées contre le rhizoctone brun de la pomme de terre :

1.4.1 Méthodes culturales

Il n'est pas possible de contrôler complètement *Rhizoctonia solani*, mais la gravité de l'agent pathogène peut être limitée. Des variétés modérément résistantes à ce pathogène, peuvent être utilisées, mais elles produisent des rendements plus faibles par rapport aux variétés standards. Minimiser le compactage du sol est aussi une autre façon de réduire le risque de l'agent pathogène parce que cela aide les infiltrations d'eau, le drainage et l'aération pour les plantes. Il a été démontré, que l'intégration de l'avoine dans une rotation culturale avec des pommes de terre réduit les infections de *Rhizoctonia solani* (Uchida, 2011).

L'évitement est l'un des principaux moyens qu'utilisent les agriculteurs afin d'éliminer l'agent pathogène de leurs parcelles. Les plantations de pomme de terre doivent être loin des zones humides et mal drainés et les agriculteurs doivent à tout prix éviter de planter des cultures sensibles au *Rhizoctonia solani*. De même, le défanage assez précoce constitue un moyen pour limiter la contamination des tubercules à partir de la végétation touchée (Anderson, 1982).

Par contre, le broyage superficiel lors des labours, la récolte des tubercules, une fois leur peau épaissie de même qu'un enrichissement en potassium, a montré de bons résultats sur la diminution de l'inoculum de *R. solani* au niveau des parcelles de pomme de terre (Toussaint Ferreyrolle, 2012).

Les variétés les plus connues comme étant des variétés résistantes sont les cultivars *Eramosa* et *Shepody* (A.A.F, 2011).

En Algérie, les méthodes culturales ne sont pas prises en considération par les agriculteurs, malgré les programmes de vulgarisation et d'avertissement mis en place dans le cadre de l'encadrement phytosanitaire entrepris par les instituts technique du ministère de l'agriculture. Vu l'enjeu économique qu'offre cette filière, les agriculteurs préfèrent la lutte chimique, (MADR,2013).

1.4.2 Lutte chimique

La lutte se réalise par traitement chimique de la semence, qui est aujourd'hui la méthode la plus efficace mais reste insuffisante dans le cas de contamination provenant d'un inoculum présent dans le sol (A.A.F.C, 2010).

D'après l'expérience canadienne en rhizoctone brun sur pomme de terre, le traitement de semence peut limiter le développement de la maladie transmissible par semence. Il se justifie dès que des sclérotas de rhizoctone sont présents, même en faible quantité, sur les tubercules de semences (A.A.F, 2010).

Cette méthode aide à réduire les dommages causés au moment de la levée. Les fongicides à base de fludioxonil sont homologués à cette fin. Les fongicides contenant du mancozèbe ont une efficacité prouvée (A.A.F, 2010).

L'application de l'azoxystrobine dans le sillon, a prouvé son efficacité à réduire de façon importante les dommages causés par la rhizoctonie à condition que ce traitement soit envisagé dans les champs où la maladie a été observée de façon importante les années antérieures. Le suivi des champs pour évaluer l'importance de la maladie est donc la première étape afin d'établir les méthodes de lutte contre le rhizoctone brun (A.A.F, 2010).

De même qu'il faut traiter la semence si le sol est fortement infesté par le rhizoctone. Toutefois, le traitement des semences ne donne pas toujours les résultats escomptés. Certains fongicides offrent une maîtrise limitée du rhizoctone brun sur les tubercules fils (A.A.F, 2011).

En Algérie, des fongicides à base de fludioxonil ont été testés avec succès au cours de la campagne pomme de terre d'arrière-saison 2007 sur la variété condor de classe A qui ont permis de constater l'absence totale des sclérotas du rhizoctone sur la parcelle plantée avec des semences traitées avec cette matière active. De nombreux agriculteurs de la région d'El Oued ayant utilisés cette matière active, ont obtenu au cours de cette même année d'excellents résultats. Ils sont de ce fait convaincus de la nécessité de traiter leurs semences (Malet, 2009).

1.4.3 Lutte biologique

La lutte biologique a augmenté récemment, alimentée par les préoccupations du consommateur quant à l'utilisation abusive des pesticides (Whipps, 2001).

La recherche effectuée en serre et sur le terrain a montré que le poudrage avec des champignons antagonistes de *Rhizoctonia* peut réduire sensiblement la présence du chancre des tiges et du rhizoctone brun. Cette pratique a réduit l'infection par *Rhizoctonia* et réduit la viabilité des sclérotés sur pomme de terre (Beagle-Ristaino et Papavizas, 1985).

Par ailleurs, des travaux ont été menés démontrant l'effet antagoniste de *Trichoderma harzianum* sur *Rhizoctonia solani*. En effet, en 2010, Demrich, Dane et Eken, ont pu démontrer clairement le mycoparasitisme de l'antagoniste envers *R.solani* sur des tubercules portant des sclérotés récoltés au niveau de parcelles turques. D'après Osman et al. (2011), l'étude menée au niveau de parcelles égyptiennes infectées par *Rhizoctonia solani* où des essais ont été menés avec l'utilisation de champignons antagonistes tels que *Gliocladium deliquescens*, *G.virens*, *Trichoderma harzianum*, *T.hamatum* et des espèces de cyanobactéries (*Nostoc entophyllum* et *N.muscurum*) ont démontré l'effet inhibiteur de la croissance de *R.solani*. En effet, le *Trichoderma harzianum* a révélé de meilleures potentialités inhibitrices sur la croissance mycélienne comparée aux antagonistes étudiés.

De même, la revue Stratégie Phytosanitaire Québécoise en Agriculture (2013) a rapporté dans son 2^{ème} numéro que des fongicides à base de *Bacillus subtilis* ont été homologués contre *R.solani*.

1.5 Aperçu sur les plantes médicinales utilisées dans la lutte biologique

Les plantes ont développé des mécanismes de défense naturelle pour se protéger, bien longtemps avant que l'homme ne joue un rôle actif pour leur protection. On connaît que les plantes synthétisent une variété de groupes de composés bioactifs dans leurs tissus végétaux comme métabolites secondaires (Castillo et al., 2010).

Plusieurs travaux ont montré que beaucoup d'extraits possèdent des activités biologiques diverses, y compris antibactériennes, antifongiques, antivirales, insecticides et anti oxydantes (Sattar et al. 1995 ; Marinkovic et al. 2002; Oplache-Nova et Obreshkova, 2003).

Partie bibliographique

Les substances de défense synthétisées par les végétaux sont des sources d'inspiration de plus en plus fréquentes pour la recherche de nouveaux produits phytosanitaires. Les produits naturels sont de plus en plus recherchés pour une agriculture durable, l'utilisation sans discernement des pesticides conventionnels de synthèse ayant eu un impact écologique et sanitaire néfaste.

Le recours au monde végétal et aux molécules qui ont permis aux plantes de se protéger contre les ennemis naturels devient donc indispensable (Regnault-Roger et *al.*, 2008).

La plupart des composés extraits des végétaux ont montré des effets sur le développement de la croissance mycélienne de plusieurs champignons phytopathogènes et des effets sur leur sporulation et leur germination ; et aux limites un effet fongistatique pour compléter l'inhibition (Castillo et *al.*, 2010).

La défense aux infections fongiques engendre la synthèse de composés bioactifs (Morrisey et Osbourn, 1999), des protéines antifongiques (Selitrennikoff, 2001) et des peptides (Broekaert et *al.*, 1989). Ces composés se distinguent en plusieurs classes: les phénols ou composés phénoliques, les polyènes, les dérivés azotés, les analogues nucléotidiques et les allylamines (Chami, 2005). En effet, les composés à large spectre antifongique appartiennent à trois grandes familles chimiques : les phénylpropanoïdes et les substances phénoliques (Cakir et *al.*, 2004; Chuang et *al.*, 2007), les terpénoïdes et les stéroïdes (Grande et *al.*, 1992), les alcaloïdes et les composés azotés (Cowan, 1999).

Dans ce sens, plusieurs plantes ont été valorisées dans le cadre de la lutte contre l'agent pathogène du mildiou de la pomme de terre (Latten, 1994; Blaeser, 1999; Neuhoff et *al.*, 2002 ; Heinz et *al.*, 2006 et récemment en Algérie Laidani, 2012 et Saddek, 2012).

1.6 Généralités sur les plantes étudiées

1.6.1 La grande ortie (*Urtica dioica* L.)

D'après Vanstippe (2005), cette espèce (*Urtica dioica*) appartient au règne des *Plantae*, à la classe des *Magnoliopsida*, à l'ordre des *Urticales*, à la famille des *Urticaceae* et au genre *Urtica*.

La grande ortie encore appelée aussi ortie dioïque ou ortie commune, d'origine eurasiatique qui est aujourd'hui présente dans le monde entier est une plante herbacée, vivace, de 60 à 150 cm de hauteur, formant des colonies grâce à ses longs rhizomes. Tous ses organes sont

Partie bibliographique

recouverts de deux types de poils : de longs poils urticants et de petits poils souples ; ses tiges sont dressées et non ramifiées, ses feuilles sont d'un vert foncé, opposées, ovales à lancéolées, et sont en général deux fois plus longues que larges ; elles sont bordées de fortes dents triangulaires ; leurs cellules épidermiques renferment des corpuscules calcifiés appelés cystolithes. La forme plus ou moins allongée des cystolithes est un caractère dérivé propre aux Urticacées, ses fleurs sont unisexuées, minuscules et réunies en grappes, mâles et femelles sur des pieds différents (pour la forme dioïque). Les grappes femelles sont tombantes alors que les grappes mâles sont dressées. La pollinisation est anémophile; le fruit est un akène ovoïde (Campbell et *al.*, 2002 ; Ducerf, 2003 ; Bertrand et *al.*, 2007).

Le purin d'ortie est utilisé en lutte biologique pour éliminer ou repousser les insectes et comme fertilisant. Riche en azote, fer, potasse et oligo-éléments, il constitue un bon fortifiant pour les plantes et stimule la croissance et la résistance naturelle contre les ennemis et les maladies. Il est utilisé en jardinage biologique pour renforcer l'immunité des végétaux (Xavier, 2012).

1.6.2 La Menthe à feuilles rondes (*Mentha suaveolens*)

D'après Blamey et Wilson (2003), cette espèce (*Mentha suaveolens*) appartient au règne des *Plantae*, à la division des *Magnoliophyta*, à la classe des *Magnoliopsida*, à l'ordre des *Lamiales*, à la famille des *Lamiaceae* et au genre *Mentha*.

La menthe odorante ou menthe à feuilles rondes ou encore baume sauvage est une plante vivace de 10 à 80 cm de hauteur. Les tiges sont en partie couchées, fleurissant abondamment dès le 1/3 inférieur. Les feuilles sont petites et rondes (1 à 2 cm) ridées en réseau, recouvertes de poils mous et ramifiés. Les fleurs sont petites, regroupées en grappes serrées, dressées à l'aisselle des feuilles.

Elles forment un tube étroit, rose, inséré dans un calice vert à 5 dents. La floraison se réalise de juillet à septembre. C'est une espèce commune des ruisseaux, fossés, bords des eaux, prairies humides, sentiers ombragés jusqu'à 1.600 m (Blamey et Wilson, 2003).

Les extraits de *Mentha suaveolens*, ont été caractérisés par leur activité antimicrobienne. Ces extraits ont été évalués contre des bactéries et des champignons phytopathogènes où ils ont montré une forte capacité d'inhibition pour tous les micro-organismes utilisés (Oumzil et *al.*, 2002). Les principaux constituants aromatiques de cette plante sont classés dans l'ordre décroissant selon le pouvoir antifongique et antibactérien. On peut citer la pulegone, l'oxyde

Partie bibliographique

piperitenone et l'oxyde piperitone. D'autres dérivés aromatiques comme le carvone, le limonene et la menthone ont fait l'objet de d'autres études (Oumzil et al., 2002).

1.6.3 La Posidonie de Méditerranée (*Posidonia oceanica*)

D'après Boudouresque et al. (2009), la plante marine *Posidonia oceanica* appartient au règne des *Plantae*, au sous règne des *Tracheobionta*, à la division des *Magnoliophyta*, à la classe des *Liliopsida*, à la sous classe des *Alismatidae*, à l'ordre des *Najadales*, à la famille des *Posidonaceae* et au genre *Posidonia*.

La Posidonie est une espèce de plante aquatique endémique de la Mer Méditerranée ; Ce n'est pas une algue, elle n'est pas constituée d'un thalle, bien qu'elle vive sous l'eau, il s'agit d'une plante angiosperme monocotylédone sous-marine. Comme toutes les plantes à fleurs, elle a des racines, une tige rhizomateuse, et des feuilles rubanées mesurant jusqu'à un mètre de long et disposées en touffes de 6 à 7. Elle fleurit en automne et produit au printemps des fruits flottants (Buia et Mazzella, 2003).

Elle forme de vastes herbiers entre la surface et 40 m de profondeur. Ces herbiers constituent l'écosystème majeur de la Méditerranée et jouent un rôle important dans la protection des côtes contre l'érosion. C'est dans ces herbiers que beaucoup d'organismes, animaux et végétaux, trouvent la protection et l'alimentation (Buia et Mazzella, 2003).

P. oceanica présente des racines qui servent principalement à ancrer la plante au substrat, des rhizomes. Ces derniers, dont le diamètre peut atteindre un centimètre, poussent soit horizontalement (rhizomes « plagiotropes »), soit verticalement (rhizomes « orthotropes ») (Buia et Mazzella, 2003).

Cette espèce ne se trouve qu'en Méditerranée, occupant environ 3 % du bassin (correspondant à une superficie d'environ 38 000 km²), et étant une espèce clé de l'écosystème marin (Buia et Mazzella, 2003).

Cette dernière vit dans des eaux très limpides, elle peut supporter des températures allant de 10 à 28 °C, elle nécessite une salinité relativement constante, ce qui la rend rare près des embouchures de cours d'eau ou des lagunes, elle nécessite également une forte luminosité et elle colonise les fonds sablonneux ou vaseux (Buia et Mazzella, 2003).

Plusieurs études ont montré que les extraits aqueux de la posidonie ont une forte activité antibactérienne et antifongique. Cette dernière ne semble pas être influencée par la pollution, mais varie sensiblement selon la région géographique (Bernard et al., 2006).

1.6.4 La Prêle (*Equisetum arvense*)

D'après Domingo (2006), *Equisetum arvense* appartient au règne des *Plantae*, à la division des *Equisetophyta*, à la classe des *Equisetopsida*, à l'ordre des *Equisetales*, à la famille des *Equisetaceae* et au genre *Equisetum*.

La prêle des champs, parfois appelée queue de rat, de renard ou de cheval, est une espèce végétale vivace de 20 à 50 cm de haut vivant dans les lieux humides ; elle présente deux types de tiges : les tiges fertiles et les tiges stériles. Dans les deux cas, les feuilles sont réduites à de simples collerettes situées au niveau des nœuds des tiges, sous forme d'une courte gaine dentée. Chez cette espèce, cette gaine porte de 6 à 12 dents, de couleur sombre (Auger et Laporte-Cru, 1982 ; Domingo, 2006).

Les constituants volatils des tiges de Prêle ont été examinés pour l'évaluation de l'activité antimicrobienne de cette plante contre une gamme de microorganismes. Ces constituants ont montré que la plante possède un large spectre d'activité antimicrobienne très forte contre tous les agents étudiés (Radulović et al., 2006).

Le purin de prêle s'avère être un excellent fongicide naturel contre les maladies cryptogamiques telles que le mildiou, la rouille, la cloque, la moniliose et la tavelure.

Il contient beaucoup de silice, élément qui améliore la résistance des cultures aux maladies (Xavier, 2012).

1.6.5 La Sauge (*Salvia officinalis*)

D'après Rameau et al. (2008), *Salvia officinalis* appartient au règne des *Plantae*, au sous règne des *Tracheobionta*, à la division des *Magnoliophyta*, à la classe des *Magnoliopsida*, à la sous classe des *Asteridae*, à l'ordre des *Lamiales*, à la famille des *Lamiaceae*, et au genre *Salvia*.

La sauge officinale est un sous-arbrisseau, souvent cultivé dans les jardins, rare à l'état sauvage. Il atteint une hauteur de l'ordre de 1m. C'est une plante ramifiée, aux tiges de section carrée, à la base lignifiée. Les feuilles pétiolées sont vert-pâle, veloutées, oblongues. Les fleurs, sur des hampes florales érigées, sont regroupées en petits glomérules (Rameau et al., 2008).

La racine de la sauge est brunâtre et fibreuse. La tige est très rameuse, mesure 20 à 30 centimètres. Les feuilles, opposées, elliptiques, inférieures pétiolées, rugueuses, à bord dentelé, réticulées, molles, à dessus blanchâtre, persistent l'hiver grâce au revêtement de poils

Partie bibliographique

laineux qui les protège. Les fleurs, bleu-rose lilas, visibles de mai à août, sont grandes, groupées à la base des feuilles supérieures l'ensemble forme de grands épis (Rameau et *al.*, 2008).

Quelques composants de *S. officinalis* présentent une activité antimicrobienne et une forte activité antifongique (Mona et Hussein, 2008) ; notamment en ce qui concerne l'agent du mildiou de la pomme de terre *Phytophthora infestans* (Blaeser et Steiner, 1998). Son efficacité reste liée à la présence de ces molécules identifiées comme, alpha-bisabolol, farnesol, anethole et carvacrol (Jean et *al.*, 1992 ; Takeuchi et *al.*, 2005).

1.6.6 Le Romarin (*Rosmarinus officinalis*)

D'après Rameau et *al.*(2008), le romarin (*Rosmarinus officinalis*) appartient au règne des *Plantae*, à la division des *Magnoliophyta*, à la classe des *Magnoliopsida*, à l'ordre des *Lamiales*, à la famille des *Lamiaceae* et au genre *Rosmarinus*.

Le Romarin ou Romarin officinal, poussant à l'état sauvage sur le pourtour méditerranéen, en particulier dans les garrigues arides et rocailleuses, sur terrains calcaires ; peut atteindre jusqu'à 1,50 m de hauteur, voir jusqu'à 2 m en culture. Il est reconnaissable en toute saison à ses feuilles persistantes sans pétiole, coriaces, beaucoup plus longues que larges, aux bords légèrement enroulés, vert sombre luisant sur le dessus, blanchâtres en dessous (Rameau et *al.*, 2008).

La floraison commence dès le mois de février, parfois en janvier, et se poursuit jusqu'en avril-mai. Certaines variétés peuvent fleurir une deuxième fois en début d'automne.

Les fleurs se présentent en grappes, ont une couleur qui varie du bleu pâle au violet. Comme pour la plupart des Lamiacées, le fruit est un tétrakène. Ce dernier est de couleur brune (Rameau et *al.*, 2008).

Les extraits du romarin ont une activité antioxydante puissante et sont largement utilisés dans l'industrie alimentaire. Cette activité a été associée à la présence de plusieurs di-terpènes phénoliques comme l'acide carnosique, carnosol, rosmanol, rosmariquinone et rosmaridiphenol (Aruoma et *al.*, 1992; Basaga et *al.*, 1997; Georgantelis et *al.*, 2007).

En plus de l'inhibition d'oxydation de lipides, plusieurs auteurs ont rapporté qu'un nombre de composés contenus dans les extraits de romarin possède des propriétés antibactériennes et antifongiques (DelCampo et *al.*, 2000 ; Djenane et *al.*, 2002).

Partie bibliographique

L'activité antifongique des extraits de *Rosmarinus officinalis*L. a été évaluée contre des champignons isolés du blé. L'effet inhibiteur de ces extraits sur la croissance mycélienne montre que leur utilisation aux concentrations basses pourraient avoir un potentiel significatif pour le contrôle biologique des champignons phytopathogènes tel que *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea* et *Fusarium oxysporum* (Mehmet et Chalchat, 2008; Centeno et al., 2010).

Ses activités antibactériennes et antifongiques peuvent être résumées par la composition pétrolière de ses extraits (Carde-nas-Ortega et al., 2005; Pinto et al., 2006; Makhloufi et al., 2011). Les travaux de Davidson et Naidu (2000) ont révélé les composés phénoliques tels que les terpènes où l'on peut citer le borneol, la came-phore, 1,8 cineole, pinene, camphone, verbenonone et l'acétate bornyl.

1.6.7 Pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus* L.)

D'après Fontaine (2009), cette plante (*Pistacia lentiscus*) appartient au règne des *Plantae*, à la division des *Magnoliophyta*, à la classe des *Magnoliopsida*, à l'ordre des *Sapindales*, à la famille des *Anacardiaceae* et au genre *Pistacia*.

Le pistachier lentisque est un arbuste poussant dans les garrigues et surtout les maquis des climats méditerranéens. Le lentisque est en général un arbrisseau pouvant atteindre trois mètres (Palevitch et Yaniv, 2000).

Les folioles, assez étroites et coriaces, sont de forme ovale à elliptique, terminées par une petite pointe. Leur nombre varie de deux à douze. Ces folioles portent souvent une galle, les fleurs mâles et femelles poussent sur des arbustes différents. Elles forment des racèmes de petite taille à l'aisselle des feuilles. Les fleurs sont apétales ; les mâles ont cinq petits sépales dont émergent cinq étamines rougeâtres reposant sur un disque nectarifère ; les femelles ont trois ou quatre sépales et un ovaire avec un style court à trois stigmates. La période de la floraison a lieu du mois de mars au mois de mai (Fontaine, 2009).

Le fruit est une petite drupe comestible, arrondie, d'environ cinq millimètres ; d'abord rouge, elle devient ensuite noire. La graine est identique aux pistaches (Fontaine, 2009).

Cette espèce était généralement utilisée dans la médecine traditionnelle contre diverses maladies comme l'asthme, l'ulcère, anti-inflammatoire, antiviraux et pour ces propriétés insecticides (Bakkali et al., 2008 ; Delazar et al., 2004).

L'activité antimicrobienne *in vitro* de *P. lentiscus* a aussi été évaluée sur des bactéries et des champignons (Cavar et al., 2008; Iauk et al., 1996).

Partie bibliographique

L'activité antifongique semble être beaucoup plus intéressante contre les champignons phytopathogènes (Kordali et *al.*, 2003). Son efficacité réside dans la synergie de certains de ses composés (Derwich et *al.*, 2010). Cependant, l'activité antimicrobienne de son huile essentielle est traduite par la haute concentration en α -pinène (Baranowska et *al.*, 2002) et le linalol (Imelouane et *al.*, 2009). Le terpinenol et le α -terpinéol, deux composants principaux de l'huile essentielle de cette plante ont été responsables de l'inhibition totale de la croissance mycélienne d'*Aspergillus flavus* (Barra et *al.*, 2007).

1.6.8 L'algue marine du genre (*Ulva*)

L'ulve appartient au règne des *Protista*, à la division des *Chlorophyta*, à la classe des *Ulvales*, à l'ordre des *Chlorophyceae*, à la famille des *Ulvaceae* et au genre *Ulva*. (Hayden et *al.*, 2003)

Les algues sont des cryptogames. Ce sont des plantes dépourvues de feuilles, tiges ou racines. Elles sont simplement constituées d'un thalle. Elles possèdent toutes de la chlorophylle permettant la photosynthèse. Les algues peuvent se reproduire par multiplication végétative, par fragmentation. C'est le mode de reproduction le plus courant chez les algues. Elles peuvent aussi libérer des spores qui germent et donnent naissance à un nouvel individu. La reproduction sexuée est moins utilisée. Les algues vertes contiennent des chlorophylles A, B et d'autres pigments. Elles sont présentes dans les eaux douces et les eaux salées. Si certaines atteignent le mètre, d'autres sont microscopiques (M.B.A.R.I., 2001).

Ulva sp. généralement connue comme la laitue de mer, a une morphologie qui permet à l'assimilation nutritive rapide, la haute capacité de stocker des substances nutritives et la reproduction massive spontanée (Santelices et Ugarte, 1987; M.B.A.R.I., 2001). Ces caractéristiques ont permis à *Ulva* de développer une distribution mondiale (Lahaye et Robic, 2007).

Les algues marines sont une source riche de composés bioactifs qui peuvent trouver plusieurs applications dans l'agriculture (Aziz et *al.*, 2003; Delattre et *al.*, 2005; Chandia et Matsuhira, 2008).

La sélection détaillée de micro-et des macro-algues dans les 20 dernières années a révélé une nouvelle gamme entière de beaucoup d'activités biologiques. Les algues ont longtemps été utilisées comme des engrais de sol (Chandia et Matsuhira, 2008). Les composés d'algue

peuvent aussi jouer des rôles importants dans les interactions plantes/pathogènes (Paulert et *al.*, 2009)

1.6.9 La grande mauve (*Malva sylvestris*)

La grande mauve, appelée aussi mauve sylvestre ou mauve des bois *Malva sylvestris* L. appartient au règne des *Plantae*, à la division des *Magnoliophyta*, à la classe des *Magnoliopsida*, à l'ordre des *Malvales*, à la famille des *Malvaceae* et au genre *Malva* (Fontaine, 2009).

La mauve des bois est une plante herbacée bisannuelle ou vivace par ses bourgeons souterrains, couverte de poils étoilés plus ou moins abondants. Tige, dressée, un peu rameuse, pouvant atteindre 70 cm. Feuilles simples, alternes et longuement pétiolées. Fleurs groupées par 2 à 4, en bouquets axillaires ; calice, à 5 pièces gamosépales doublé d'un calicule plus court formé de 3 bractées oblongues et libres entre elles. Corolle, 3 à 4 fois plus grande que le calice, de 3 cm de diamètre ; cinq pétales étalés et cunéiformes échancrés sur le bord supérieur à coloration rose violacé veiné de rougeâtre, virant au bleu-violet à la dessiccation. Filets des nombreuses étamines soudés en un tube qui entoure de nombreux carpelles uniovulés. Style central terminé par des stigmates libres (Fontaine, 2009).

Cette espèce a une longue histoire de l'utilisation comme aliment, et en raison de sa pertinence thérapeutique, certaines parties de cette plante ont été utilisées dans les médecines traditionnelles et ethno vétérinaire. Les feuilles en particulier ont été signalées à avoir une puissante activité anti-inflammatoire, anti-oxydante et antimicrobienne (Cleverson et *al.*, 2011)

1.6.10 Ail cultivé (*Allium sativum*)

Selon Block (2010), L'ail cultivé appartient au règne des *Plantae*, à la division des *Magnoliophyta*, à la classe des *Liliopsida*, à l'ordre des *Liliales*, à la famille des *Liliaceae* et au genre *Allium*.

L'ail commun est une plante potagère vivace monocotylédone dont les bulbes, à l'odeur et au goût forts, sont souvent employés comme condiment en cuisine. C'est une plante herbacée, assez grande à nombreuses feuilles engainant le bas de la tige. Elle mesure 5 à 12 cm de hauteur (Block, 2010).

L'inflorescence est rare chez beaucoup de cultivars et n'apparaît qu'occasionnellement en cas de stress. Elle est enveloppée d'une spathe en une seule pièce tombant assez rapidement.

Partie bibliographique

Les fleurs sont groupées en ombelles. Assez peu nombreuses, elles sont de couleur blanche ou rose et s'épanouissent en été (Block, 2010) .

Le fruit est une capsule à 3 loges, mais celle-ci est très rarement produite et la hampe florale donne plus souvent naissance à des bulbilles florales sauf pour les cultivars originaires d'Asie centrale et du Caucase qui sont proches du type sauvage (Block, 2010) .

La multiplication végétative est plutôt la règle par le biais des bulbes formés à la base de la tige. Ce sont des bulbes composé de 3 à 20 bulbilles (gousses) arquées appelés caïeux. Chacun est entouré d'une tunique parcheminée et le groupe d'un même pied est lui même inclut dans une tunique identique à multiples couches (Block, 2010).

Des extraits d'ails sont ingérés pour des raisons médicales car l'ail renferme plusieurs molécules telles que les vitamines A, B1, B2 et C, divers antibiotiques naturels dont l'ajoène. L'odeur particulière de l'ail et la plupart de ses propriétés sont dues à la présence dans le bulbe d'une huile volatile dont le principe actif est un dérivé soufré, l'allicine (oxyde de disulfure d'allyle), (Bézanger Beauquesne, 1975). De nombreuses études pharmacologiques et expérimentations cliniques ont confirmé que l'ail possède des propriétés antibactériennes et antifongiques (Singh et *al.*, 1984 et Caragusi, 1985).