

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB BLIDA 1

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DÉPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE ET AGROÉCOLOGIE



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master Académique

Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes

**EVALUATION DU POTENTIEL ANTIBACTÉRIEN DE DEUX HUILES
ESSENTIELLES VIS À VIS DE *Erwinia Carotovora* AGENT CAUSAL DE
LA JAMBE NOIRE DE LA POMME DE TERRE AU COURS DE LA
CONSERVATION.**

Présenté par :

Serir Hania

Abbassi Fatima

Date de soutenance :

30/06/2025

Devant le jury :

BACHIR K.

M.C.B

U. BLIDA 1

Présidente

MESSGO MOUMENE S.

Pr.

U. BLIDA1

Examinatrice

BOUTEKRABT N.

M.C.B

U. ALGER 1

Promotrice

SADDEK D.

M.C.B

I.N.P.V

Co -promotrice

Blida, 2024-2025.

Dédicace

Al Hamdou lillah, qui m'a donné la force d'accomplir ce modeste travail.
Je dédie le fruit de ma patience et de ma persévérance :

À mon père, **Abbassi Yahia**, et à ma mère, **Belabbassi Hafsa** : merci pour votre amour inconditionnel, vos prières et vos sacrifices silencieux. Vous êtes ma boussole et ma fierté.

À mes frères **Ishak, Ibrahim, Safouane et Madani**, ainsi qu'à ma sœur **Rifka** : votre présence est mon ancrage. Chacun de vous a contribué à mon parcours d'une manière unique et précieuse.

À mon oncle, le docteur **Abbassi Djamel**, pour ses précieux conseils, son exemple d'excellence et son soutien moral.

À ma meilleure amie, **Malak Ben Abderrahmane** : merci pour ton soutien sans faille, tes encouragements et ta lumière dans les moments sombres.

À ma binôme de toujours, **Hania** : merci pour ta complicité, ta patience et les fous rires partagés, même dans les instants les plus stressants.

FATIMA

Dédicace

AL Hamdou lillah, qui m'a donné la force de réaliser ce modeste travail, je
dédie le fruit de ma patience ,de ma persévérance

À mes chères parentes

Mon père : **Serir Messoud**, ma mère : **Abbada Fatiha**

Il est difficile de trouver les mots justes pour exprimer tout ce que vous
représentes pour moi, aucune dédicace ne saurait traduire mon respect, mon
amour éternel mon modèle ,mon pilier ,mon repère ainsi que toute la
considération que j'ai pour les sacrifices que vous avez consentis pour mon et
éducation et mon bien-être depuis mon enfance.

À mon frère : **Nacer**, et à ma sœur **Amel** merci pour votre présence et votre
encouragement constant qui a été un soutien et une source d'espoir à Chaque
étape de mon parcours .

À mes tante adorées et ma cousine **widad** merci pour vos gestes pleins de
tendresse, vos sourires et vos mots doux ont été un vrai réconfort dans cette
aventure.

Aux enfants de ma petite famille :**Manissa ,Melina ,Loudjaine** et **Anes** Vous
êtes ma petite dose de bonheur au quotidien.

À mes proche amie **Chaima , karima ,Nada ,Ihsan , Maroua** qui ont rendu
ma vie agréable et pleine de bons souvenirs.

À ma meilleure amie, ma bestie , ma binôme **Fatima** pour son amitié
véritable, sa bienveillance et présence dans ma vie et pour avoir partagé avec
moi les moments durs et les fous rires merci du fond du cœur.

HANIA

REMERCIEMENTS

Tout d'abord nous remercions Allah, le Tout-Puissant et Miséricordieux, pour nous avoir donné la force et le courage de terminer nos études et d'arriver à ce stade.

Nous tenons à remercier notre promotrice, **Dr. Boutekrabt Naïma**, maitre de conférence au niveau de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, université de Alger 1, pour son encadrement, ses conseils, sa patience et sa disponibilité.

Nous remercions sincèrement **Mme. Bachir Kamilia**, maitre de conférence au niveau de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, université de Blida 1, pour avoir aimablement accepté de présider le jury.

Nous tenons aussi à remercier infiniment **Pr. Messgo- Moumene Saïda**, Professeur à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Blida1. Nous lui exprimons notre profonde gratitude pour nous avoir permis et orienté au mieux pour réaliser le travail, et bien sûr c'est un grand honneur de l'avoir comme examinatrice.

Nous remercions tout particulièrement **Dr. Saddek Dounia**, Chef de service de l'expérimentation et de la recherche et Chef du laboratoire régional de Boufarik, pour nous avoir consacré de son temps. Aussi pour son encouragement et précieuse aide.

Nous remercions vivement **Dr. Ababsia Amel**, directrice de l'Institut National de la Protection des Végétaux de Boufarik, pour nous avoir facilité l'accès à la station.

Des remerciements particuliers à nos parents pour leur patience, grand soutien et amour. Enfin, merci du fond de cœur à toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

EVALUATION DU POTENTIEL ANTIBACTERIEN DE DEUX HUILES ESSENTIELLES VIS A VIS DE *ERWINIA CAROTOVORA* AGENT CAUSAL DE LA JAMBE NOIRE DE LA POMME DE TERRE AU COURS DE LA CONSERVATION.

RÉSUMÉ

La conservation de la pomme de terre est souvent compromise par des infections bactériennes, notamment la jambe noire causée par *Erwinia carotovora*. Cette étude vise à évaluer l'activité antibactérienne de deux huiles essentielles naturelles (T1 et T2), a été testé vis-à-vis de trois souches bactériennes d'*Erwinia carotovora*, agent causal de la jambe noire de la pomme de terre (S1, S2, S3), dans l'objectif de limiter les pertes durant le stockage. Deux essais ont été réalisés : le premier en laboratoire, faisant appel au test de diffusion sur gélose, et le deuxième dans un contexte vivant, à l'aide de rondelles de pomme de terre saines, stérilisées qui ont ensuite été soumises à des traitements par les huiles avant d'être inoculées avec les bactéries.

Le test *in vitro* a démontré une inhibition remarquable par les deux huiles (24mm), établissant un lien proportionnel entre la concentration de l'huile et le diamètre de la zone d'inhibition. Le traitement T1 a démontré une efficacité supérieure, particulièrement vis à vis des variantes S1 et S3, en exhibant une activité même à des faibles (10 mm à 1%) doses et un accroissement de l'effet avec des doses plus importantes (24 mm à 25%). Par contre, le traitement T2 a démontré une efficacité relativement plus basse, présentant une réponse restreinte face à certaines souches telles que S2, qui s'est avérée plus résistante.

Le test *in vivo* a démontré une efficacité notable des deux Traitements, avec une action curative et préventive marquée pour T1, notamment une inhibition complétée de la maladie sur la souche S3 à la dose 25%, confinant son fort potentiel antibactérien contre *Erwinia carotovora*

Cette recherche indique de manière générale que l'efficacité des huiles essentielles est influencée par la souche spécifique, le niveau de concentration et la méthode d'application. Elle met aussi l'accent sur la nécessité de coordonner les résultats des essais en laboratoire avec les mises en pratique sur le terrain afin d'élaborer des solutions efficaces contre la pourriture bactérienne de la pomme de terre.

Mots-clés : Activité antibactérienne, *Erwinia carotovora*, Huiles essentielles, Pomme de terre.

EVALUATION OF THE ANTIBACTERIAL POTENTIAL OF TWO ESSENTIAL OILS AGAINST *ERWINIA CAROTOVORA*, THE CAUSAL AGENT OF BLACKLEG IN POTATO DURING STORAGE.

ABSTRACT

The preservation of potatoes is often compromised by bacterial infections, notably blackleg caused by *Erwinia carotovora*. This study aims to evaluate the antibacterial activity of two natural essential oils (T1 and T2), tested against three bacterial strains of *Erwinia carotovora* (S1, S2, S3), the causal agent of potato blackleg, with the objective of reducing losses during storage. Two tests were conducted: the first in the laboratory using the agar diffusion method, and the second in vivo using healthy, sterilized potato slices that were treated with the oils before being inoculated with the bacteria.

The *in vitro* test demonstrated remarkable inhibition by both oils (24 mm), establishing a proportional relationship between the oil concentration and the inhibition zone diameter. Treatment T1 showed superior efficacy, particularly against strains S1 and S3, demonstrating activity even at low concentrations (10 mm at 1%) and increased effect at higher doses (24 mm at 25%). In contrast, treatment T2 showed relatively lower efficacy, with limited response against certain strains such as S2, which proved to be more resistant.

The *in vivo* test demonstrated a notable effectiveness of both treatments, with a marked curative and preventive action for T1, particularly a complete inhibition of the disease on strain S3 at the 25% dose, confirming its strong antibacterial potential against *Erwinia carotovora*.

This research generally indicates that the effectiveness of essential oils is influenced by the specific strain, concentration level, and application method. It also emphasizes the need to align laboratory results with field applications to develop effective solutions against bacterial rot in potatoes.

Keywords: Antibacterial activity, *Erwinia carotovora*, Essential oils, Potato.

مخلص

تقييم القدرة المضادة للبكتيريا لزيتين أساسيتين ضد *Erwinia carotovora*، العامل المسبب لمرض الساق السوداء في البطاطا أثناء التخزين

غالبًا ما تتعرض عملية حفظ البطاطا للخطر بسبب العدوى البكتيرية، لا سيما مرض الساق السوداء الذي تسببه *Erwinia carotovora*. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم النشاط المضاد للبكتيريا لزيتين أساسيتين طبيعيتين (T1) و (T2)، تم اختبارهما ضد ثلاث سلالات بكتيرية من *Erwinia carotovora* (S1، S2، S3)، وهي العامل المسبب لمرض الساق السوداء في البطاطا، وذلك بهدف الحد من الخسائر أثناء التخزين. تم إجراء تجربتين: الأولى في المختبر باستخدام اختبار الانتشار على الوسط الصلب، والثانية في ظروف حية باستخدام شرائح بطاطا سليمة ومعقمة، غُولجت بالزيوت ثم لُفحت بالبكتيريا.

أظهر الاختبار المخبري (in vitro) تثبيطًا ملحوظًا بواسطة الزيتين (24 مم)، حيث تم إثبات علاقة طردية بين تركيز الزيت وقطر منطقة التثبيط. أظهر العلاج T1 فعالية أعلى، خاصة ضد السلالتين S1 و S3، حيث أظهر نشاطًا حتى عند التركيزات المنخفضة (10 مم عند 1%)، مع زيادة التأثير عند ارتفاع الجرعة (24 مم عند 25%). بينما أظهر العلاج T2 فعالية أقل نسبيًا، واستجابة محدودة تجاه بعض السلالات مثل S2 التي تبين أنها أكثر مقاومة.

أظهر الاختبار الحي (in vivo) فعالية ملحوظة لكلا العلاجين، مع تأثير علاجي ووقائي واضح للعلاج T1، خاصةً تثبيطًا كاملاً للمرض على السلالة S3 عند تركيز 25%، مما يؤكد قوته العالية كمضاد بكتيري ضد *Erwinia carotovora*. تشير هذه الدراسة بشكل عام إلى أن فعالية الزيوت الأساسية تتأثر بنوع السلالة، ومستوى التركيز، وطريقة التطبيق. كما تؤكد على ضرورة التنسيق بين نتائج التجارب المخبرية والتطبيقات الميدانية لوضع حلول فعالة ضد العفن البكتيري في البطاطا.

الكلمات المفتاحية

النشاط المضاد للبكتيريا، *Erwinia carotovora*، الزيوت العطرية، البطاطا.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	1
CHAPITER 1: REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	
1.1. Les plantes médicinales	3
1.1.1. Définition	3
1.1.2. Différents types des extraits des plantes médicinales	3
1.1.2.1. Drogues extraites des plantes	3
1.1.2.2. Extraits de plantes	3
1.1.2.3. Teintures.....	3
1.1.2.4. Poudres.....	4
1.1.3. L'huile essentielle.....	4
1.1.4. Les composition chimique d'huile essentielle.....	4
1.1.5. Activité anti bactérienne d'huile essentielle	5
1.2. Présentation du genre <i>Erwinia</i>	6
1.2.1. Caractéristiques générale	6
1.2.2. Taxinomie des pectinolytiques et des genres	6
1.2.3. Différents espèces	7
1.2.3.1 <i>Erwinia amylovora</i>	7
1.2.3.2 <i>Erwinia Chrysanthemi</i>	7
1.2.3.3 <i>Erwinia carotovora</i>	8
1.2.4. Symptômes	9
1.2.4.1 Symptômes sur la plante et le tubercule.....	9
1.2.4.2 Symptômes sur les parties aériennes.....	9
1.2.4.3 Symptômes sur le tubercule	9
1.2.5.1. Lutte chimique.....	10

1.2.5.2 Lutte génétique	11
1.2.5.3. Lutte biologique.....	11
1.3. Généralité sur la pomme de terre.....	13
1.3.1 Historique sur la pomme de terre	13
1.3.2. Taxonomie et Classification	13
1.3.3. Description morphologique	14
1.3.3.1. Partie aérienne	14
1.3.3.2. Partie souterraine	14
1.3.4. Cycle de développement	15
1.3.4.1. Cycle sexué.....	15
1.3.4.2. Cycle végétatif	15
1.3.5. La conservation de la pomme de terre.....	16
1.3.5.1. Conditions idéales de conservation.....	17
1.3.6. Les principales maladies de la pomme de terre.....	17
1.3.7. La valorisation de la pomme de terre.....	19
1.3.8. Importance économique de la culture	19

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES20

2.1. Matériel	20
2.1.1. Les souches bactériennes	20
2.1.2. Matériels végétales	20
2.2. Méthode	20
2.2.1. Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles	20
2.2.1.1. Préparation du milieu de culture ANS	20
2.2.1.2 Revivification et repiquage des souches	20
2.2.1.3. Préparation de l'inoculum	20
2.2.1.4. Ensemencement	21
2.2.1.5. Dépôt des disques	21

2.2.1.6. Incubation	21
2.2.1.7. Estimation de la zone d'inhibition des différentes souches bactériennes.	21
2.2 Evaluation de l'efficacité préventive et curative des huiles essentielle sue des tranches de	22
pomme de terre inoculées par les souche de <i>Erwinia carotovora</i>	22
2.2.1 Traitement curatif	22
2.2.2 Traitement préventif	22
2.2.3 Evaluation de l'agressivité de la pourriture molle sur les tranches de pomme de terre	23
2.3. Analyse statistique	23

CHAPITRE 3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Résultats du test in vitro de l'activité antibactérienne des huiles essentielles	24
3.1.1. Activité antibactérienne des deux huiles T1 et T2 sur les trois souches testées	24
3.1.2. Evaluation de la sensibilité et la résistance des souches <i>d'Erwina carotovora</i> aux huiles essentielle selon les zones d'inhibition.	26
3.1.3. Evaluation de l'effet générale des deux traitements en huiles essentielles T1 et T2 sur l'activité antibactérienne à l'encontre de <i>Erwinia carotovora</i>	26
3.2. Résultats du testé in vivo de l'efficacité préventive et curative des huiles essentielles sur les souches de <i>Erwinia carotovora</i>	27
3.2.1. Résultats du traitement curatif.....	28
3.2.1.1. Evaluation de la sensibilité et la résistance des souches <i>d'Erwina carotovora</i> aux huiles essentielle selon pourcentage de pourriture molle	29
3.2.1.2. Evaluation de l'effet générale par le teste in vivo des deux traitements en huiles essentielle T1 et T2 sur l'activité antibactérienne à l'encontre de <i>Erwinia carotovora</i>	30
3.2.2. Résultats traitement préventif.....	31
3.2.2.1. Evaluation de la sensibilité et la résistance des souches <i>d'Erwinia carotovora</i> aux huiles essentielle selon pourcentage de pourriture molle	32
3.2.2.2. Evaluation de l'effet générale par le teste in vivo des deux traitements en huiles essentielle T1 et T2 sur l'activité antibactérienne à l'encontre de <i>Erwinia carotovora</i>	33
3.3. Discussion des différents résultats retrouvés	34
CONCLUSION	36

LISTE DES ANNEXES.....	38
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE.....	43

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1. Symptômes causés par <i>Pectobacterium</i> sp. (christ et <i>al.</i> ,1989).....	10
Figure 1.2. Morphologie de la pomme de terre (kenneth,1966).	113
Figure.1.3. Description morphologique et cycle de développement de la pomme de terre (Soltener,2005).....	115
Figure 3.4. Activité antibactérienne des deux huiles T1 et T2 sur les trois souches testées.....	24
Figure 3.5 Diamètre d'inhibition de traitement T1 sur souche 2.....	25
Figure 3.6 Diamètre d'inhibition de traitement T1 sur souche 3.....	25
Figure 3.7 Diamètre d'inhibition de traitement T2 sur souche 3.....	25
Figure 3.8 Diamètre d'inhibition de traitement T2 sur souche 1.....	25
Figure 3.9. Comparaison entre les différentes souches utilisées selon leurs taux de résistances aux différents traitements.....	26
Figure 3.10. Comparaison entre les deux traitements en huiles essentielles T1 et T2 selon leur effet antibactérien.....	27
Figure 3.11. Effet curatif des huiles essentielles à différentes concentrations vis - à vis des souches bactériennes d' <i>Erwinia carotovora</i>	28
Figure 3.12. Comparaison entre les différentes souches utilisées selon leurs taux de résistances aux différents traitements.....	29
Figure 3.13. Comparaison entre les deux traitements en huiles essentielles T1 et T2 selon leur effet curatif.....	30
Figure 3.14. Effet préventif des huiles essentielles à différentes concentrations vis - à vis des souches bactériennes d' <i>Erwinia carotovora</i>	31
Figure 3.15. Comparaison entre les différentes souches utilisées selon leurs taux de résistances aux différents traitements.....	32
Figure 3.16. Comparaison entre les deux traitements en huiles essentielles T1 et T2 selon leur effet préventif.	33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1. Espèce, Hôtes et Symptômes , Maladie de genre <i>Erwinia</i> (Pèrombelen ,1992).....	6
Tableau 1.2. Les principales maladies de la pomme de terre	17
Tableau 2.3: Les souches bactérien d ' <i>Erwinia carotovora</i> testées.....	20

LISTE DES ABREVIATIONS

ANS : Acides aminés, Nutriments, Sucre.

E : *Erwinia*.

Ea : *Erwinia amylovora*.

Ec: *Erwinia caratovora* .

Eca: *Erwinia caratovora atroseptica*.

Ecc: *Erwinia carotovora caratovorum* .

Ech : *E.chrysanthrmi*.

Ets: Extrapamal société

FAO : Food Alimentation Organisation.

G/l : Gramme par litre.

H : Heure .

Ha : Hectare.

HEs : Huiles Essentielles.

INRA : Institut National de Recherche Agronomique.

INPV : Institut National de la Protection des Végétaux .

Kg/an: kilogramme par année.

LNPV : laboratoire Nationale de la Protection des Végétaux.

ml : millilitre.

mm : millimétré.

NaCl : Chlorure de sodium.

P : Probabilité.

P.cc : *Pectobactérium carotovora carotovora* .

Pa : *Pectobactérium atrosepticum*.

Pc : *Pectobactérium caratovorum* .

PH: Potentiel Hydrogène .

S.tuberosum : *Solanum tuberosum*l.

Sp. : Sous espèce.

Subsp.: Sub- espèce.

% : Pourcentage.

µL : Micro litre.

Introduction générale

INTRODUCTION

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) représente le principal aliment non céréaliier et une source de revenus pour les populations à travers le monde (**Rousselle et al., 1996**). Son statut d'aliment de base pour la population mondiale a poussé l'Organisation des Nations Unies à désigner l'année 2008 comme « Année internationale de la pomme de terre » (**Boufares , 2012**). En Algérie, la pomme de terre est le principal légume cultivé en termes de superficie et de production. L'Algérie continue de dépendre de l'importation pour la semence de pomme de terre. Le ministère de l'agriculture a pour objectif de diminuer progressivement ces importations de 30 % chaque année, à compter de la saison agricole 2016-2017 (**FAO, 2017**).

Cependant, cette culture fait face depuis quelques années à des défis phytosanitaires majeurs dus à des changements environnementaux tels que la température, la sécheresse, la salinisation, ainsi qu'au développement de maladies, notamment celles causées par la bactérie *Erwinia*, entraînant non seulement une baisse des rendements, mais aussi des altérations qualitatives significatives du produit. De plus, les défis liés à la conservation après la récolte, exacerbés par ces agents pathogènes et des conditions de stockage insuffisantes, représentent un obstacle significatif pour l'industrie.

Les maladies de la pomme de terre, en particulier la pourriture des tiges (Jambes noires) et la pourriture des tubercules (Pourriture molle). Les signes de la jambe noire provoqués vont d'une décomposition humide à une décomposition sèche des tiges, en fonction des conditions météorologiques, causés par l'agent pathogène *Erwinia chrysanthemi*, tandis que les tubercules peuvent souffrir de pourriture molle tant au champ qu'en conservation par l'agent pathogène *Erwinia carotovora* (**Helias, 2008**). Des recherches taxonomiques récentes ont entraîné un changement dans la nomenclature des agents responsables de la pourriture molle et de la jambe noire, qui sont maintenant classés dans deux genres : *Pectobacterium carotovorum* (anciennement *Erwinia carotovora*) et *Dickeya* (anciennement *Erwinia chrysanthemi*)

Au niveau du champ, la pourriture molle peut engendrer d'importantes pertes de récolte, mais au cours des dernières années, la propagation de la pourriture molle durant le stockage a pu être mieux maîtrisée grâce à des avancées dans les techniques de conservation par l'usage de certaines plantes.

La majorité de ces plantes sont bien connues et utilisées de manière traditionnelle à l'échelle mondiale. En effet, les huiles essentielles, qui sont des composés actifs résultant du métabolisme secondaire des plantes médicinales, ont été employées depuis l'Antiquité et sont largement utilisées aujourd'hui pour leurs propriétés biologiques (antimicrobiennes, Antioxydants, antalgiques, anti-inflammatoires, anti-cancérigènes, antiparasitaires, anti-insecticides) **(Bakkali et al., 2008)** .

L'objectif général de ce travail est d'évaluer *in vitro* l'activité antibactérienne de deux traitements à base de deux huiles essentielles , Aussi l'évaluation *in vivo* de l'efficacité préventive et curative des deux traitements en question, cela vis à vis de la croissance d'*Erwinia carotovora* agent causal de la pourriture molle de la pomme de terre (*Solanum tuberosum*).

Ce travail est structuré trois parties précédées par une introduction générale :
Une première partie bibliographique « Synthèse bibliographique », portant sur une synthèse des données relatives à notre thématique élaborée comme suite:

- Les huiles essentielles.
- L'agent pathogène : *Erwinia* .
- Généralité sur la pomme de terre.

Une seconde partie expérimentale « Matériel et Méthodes », S'attachant à la description précise du matériel utilisé et de méthodologie expérimentale adoptée.

Elle exposera ainsi l'évaluation *in vitro* de l'activité antibactérienne et l'efficacité préventive et curative *in vivo* des deux huiles essentielles sur la croissance d'*Erwinia carotovora* .

La dernière partie met à jour les différents résultats obtenus, ainsi que leurs discussions.

CHAPTER 1

Revue bibliographique

1.1. Les plantes médicinales

1.1.1. Définition

Il s'agit de végétaux utilisés en médecine traditionnelle, dont au moins une partie détient des vertus thérapeutiques. Leur effet découle de leurs composés chimiques (métabolites primaires ou secondaires) ou de la synergie entre les divers composés présents (**Sanago, 2006**).

On utilise les plantes médicinales pour leurs vertus spécifiques favorables à la santé humaine. Effectivement, elles sont employées de diverses façons, comme la décoction, la macération et l'infusion. Une ou plusieurs de leurs parties, telles que la racine, la feuille ou la fleur, peuvent être exploitées (**Dutertre, 2011**).

1.1.2. Différents types des extraits des plantes médicinales

Ils existent de nombreuses préparations à base des plantes médicinales, à savoir :

1.1.2.1. Drogues extraites des plantes

C'est en 1906 qu'en Allemagne, Friedrich Sertumer a extrait le premier alcaloïde d'une plante connue sous le nom de morphine. Il réussit donc à obtenir des cristaux blancs de morphine à partir de l'opium non raffiné du pavot. Par le biais de méthodes spécifiques, l'aconitine est obtenue à partir de l'aconit, l'émétine provient de l'ipéca, l'atropine est extraite de la belladone et la quinine dérive de l'écorce du quinquina. Tous ces alcaloïdes, d'une puissance remarquable, ne pouvaient être obtenus que par le biais de plantes brutes avant que les chercheurs n'arrivent à les synthétiser (**Scott, 1998**).

1.1.2.2. Extraits de plantes

Les extraits des plantes sont des matières de texture liquide, semi-liquide ou solide, qui proviennent de l'évaporation d'un jus de plante ou d'une solution d'extraction obtenue par le traitement des matières premières végétales avec un solvant adapté. Donc, la préparation d'un extrait se fait en deux phases : d'abord, la fabrication du liquide extractif et ensuite, la concentration des solutions extractives par évaporation. Les extraits sont catégorisés en fonction de leur méthode de préparation, des solvants utilisés, des matières premières d'origine et également selon leurs caractéristiques physiques (**Iserin et al., 2001**).

1.1.2.3. Teintures

Les teintures sont des mélanges liquides généralement élaborés à partir d'une portion de matière végétale ou animale et de dix portions de solvant d'extraction, ou bien à partir d'une portion de matière végétale ou animale et de cinq portions de solvant d'extraction. Les teintures sont élaborées grâce à l'éthanol, soit par macération, soit par percolation (**Wichtl et al., 2003**).

1.1.2.4. Poudres

Généralement, la production de poudres implique un séchage préalable à une température spécifique ou une cryodessiccation des plantes visées. La pulvérisation peut parfois conduire à un produit final non homogène, dû à des composants ayant une résistance variable. C'est pourquoi le tamisage est indispensable pour certaines poudres (**Wichtl et al., 2003**).

1.1.3. L'huile essentielle

L'huile essentielle (HE), appelée aussi essence, est un produit aromatique obtenu à partir d'une plante, fraîche le plus souvent, qui répond à la norme ISO9235. Toutes les parties de la plante sont concernées et différentes techniques sont utilisées. La plus courante est la distillation à la vapeur, hydrodistillation ou entraînement à la vapeur. La distillation sèche est aussi utilisée pour les pétales et les écorces. L'HE ne doit pas être confondue avec d'autres extraits de plantes utilisés dans les parfums, comme les concrètes qui sont des extraits de plantes fraîches (pétales de fleurs surtout) obtenus par solvants, les résinoïdes qui sont des extraits de plantes sèches obtenus aussi par solvants, l'absolue qui sont des extractions par l'éthanol de concrète soude résinoïdes et enfin les hydrolats, résidus aqueux de distillation qui contiennent des restes d'huiles essentielles. Il est important aussi de ne pas confondre HE et huiles végétales, qui sont, elles, obtenues par pression de différentes parties des plantes, graines le plus souvent

La définition des huiles essentielles précise leurs origines et leurs modalités d'obtention, ainsi une huile essentielle est une « substance odorante, généralement de composition complexe, obtenue à partir d'une matière première botaniquement définie, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit pas un procédé mécanique approprié sans chauffage. Elle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition ». Cela exclut les extractions par enfleurage ou incision et surtout par macération dans l'alcool (**Boutekrabt, 2022**)

1.1.4. Les composition chimique d'huile essentielle

Composition Les huiles essentielles sont des métabolites secondaires d'origine végétale (**Cowan, 1999**). Elles se composent de mélanges complexes et très variables, constitués presque exclusivement de deux catégories qui sont définies par des origines biogénétiques distinctes. La première catégorie, les terpènes (**Bruneton, 1999**), comprend notamment les monoterpènes : (C10) cinéole, menthol, alcools, esters, acétates, qui peuvent parfois représenter plus de 90 % de l'huile essentielle. Les sesquiterpènes (C15) comme le caryophyllène et l'humulène peuvent également y

être présents, bien que des diterpènes (C₂₀) puissent également exister (**Dorman et Deans, 2000 ; Loza-Tavera, 1999**).

L'autre catégorie comprend des composés aromatiques dérivés du phénylpropane, bien moins communs, tels que le safrole, l'apiole, l'ansaldéhyde, l'eugénol, la vanilline et le cinnamaldéhyde.

De plus, elles peuvent contenir divers produits issus de processus de dégradation impliquant des constituants non volatils (**Bruneton, 1999**). Il peut également exister une variété d'hydrocarbures aliphatiques de faible poids moléculaire, ainsi que des acides, alcools, aldéhydes, esters ou lactones acycliques, et, plus rarement, des éléments contenant de l'azote, du soufre ou des coumarines (**Dorman et Deans, 2000 ; Johnson, 2003**).

1.1.5. Activité anti bactérienne d'huile essentielle

La première démonstration de l'effet des huiles essentielles sur les bactéries remonte à 1881, effectuée par Delacroix (**Boyle, 1955**). Depuis lors, de nombreuses huiles ont été identifiées comme ayant des propriétés antibactériennes (**Burt, 2004**). Les huiles essentielles inhibent la reproduction des bactéries, leur formation de spores et la production de toxines, en entravant leur développement et en agissant contre une variété étendue de bactéries, y compris celles qui montrent des résistances aux antibiotiques. Cette efficacité varie toutefois d'une huile essentielle à l'autre et selon la souche bactérienne concernée (**Kalemba et Kunicka, 2003**).

1.2.Présentation du genre *Erwinia*

1.2.1. Caractéristiques générale

Le groupe *Erwinia* comprend des bactéries aérobies facultatives gram-négatives phytopathogènes. Ce genre appartient à la famille des *Enterobactériacées*, qui comprend également plusieurs genres pathogènes pour les mammifères et l'être humain. Certaines espèces de Le genre *Erwinia* est à l'origine de graves maladies végétales, tandis que d'autres agissent comme épiphytes non nuisibles (**Semal, 1989**)

Tableau 1.1 : Espèce, Hôtes et Symptômes, maladies de genre *Erwinia* (**Péromblen,1992**)

Espèce	Hôtes	Symptômes, Maladie
<i>Erwinia chrysanthemi</i>	Nombreuses plantes dont <i>salanum tuberosum</i>	Pourriture des cactées
<i>Erwinia amylovora</i>	Rosacées(ornementales et fruitières)	Feu bactérien
<i>Erwinia carotovora</i>	Nombreuses plantes dont <i>salanum tuberosum</i>	Jambe noire et la pourriture Molle

1.2.2. Taxinomie des pectinolytiques et des genres

Classification des espèces *Pectobacterium* et *Dickeya*. Les bactéries pectinolytiques appartenant aux genres *Dickeya* et *Pectobacterium* se présentent sous la forme de bâtonnets (0,5-1µm de diamètre pour 1-3µm de longueur), sont facultativement anaérobies et possèdent des flagelles péritriches (**Charkowski, 2006**). Elles étaient précédemment classées sous le genre *Erwinia*, proposé par Erwin Frink Smith. Ce document incluait les bactéries phytopathogènes de la famille des *Entrobacteriaceae*, y compris les *Erwinias* qui provoquent des nécroses sur les organes des plantes hôtes. Trois espèces principales (ou sous-espèces) d'*Erwinia pectinolytica* étaient incluses : Sous-espèce d'*Erwinia carotovora* (Ecc) , *Erwinia carotovora* Sous- espèce *atroseptica* (Eca) et (Ech)(**Dye, 1969**)

- **Régne** : Bactérie
- **Embranchement** : Protobacteria
- **Classe** : Gramma proteobacter
- **Ordre** : Enterobacterales
- **Famille** : Enterobacteriaceae
- **Genre** : *Erwinia* .

1.2.3. Différents espèces

Le genre *Erwinia* regroupe trois espèces : *Erwinia amylovora*, qui est à l'origine du feu bactérien, *Erwinia chrysanthemi* (également appelée *Dickeya*), responsable de la jambe noire, et *Erwinia carotovora* (aussi connue sous le nom de *Pectobactérium sp.*), qui provoque la pourriture molle et jambe noire.

1.2.3.1 *Erwinia amylovora*

Erwinia amylovora est le pathogène responsable du feu bactérien, maladie qui concerne la majorité des espèces de *Maloideae*, sous-famille de *Rosaceae* (*Spiraeoideae*). C'est la première bactérie décrite comme agent causal d'une maladie des plantes (**Burrill, 1883**). On considère qu'*E. amylovora* est originaire d'Amérique du Nord, région hors de laquelle elle a été détectée pour la première fois en 1920, en Nouvelle-Zélande. Des cas de feu bactérien ont été signalés au Royaume-Uni en 1957 et, depuis lors, *E. amylovora* a été détectée dans la plupart des zones d'Europe où sont cultivées les plantes hôtes sensibles. La bactérie est aujourd'hui présente dans plus de 40 pays. Elle n'a pas été signalée ni en Amérique du Sud, ni dans la plupart des pays africains et asiatiques (sauf dans les pays du pourtour méditerranéen). Détecté une fois en Australie, l'organisme y a depuis lors été éradiqué (**Van Der Zwet, 2004**)

E. amylovora constitue une menace pour le secteur des fruits à pépins de tous ces pays (**Bonn et Van Der Zwet, 2000**). On trouvera de plus amples informations sur la répartition géographique de ce pathogène dans la base de données « Plant Quarantine Data Retrieval System » de L'Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes (OEPP, s.d.).

Les principales plantes hôtes, du point de vue tant économique qu'épidémiologique, appartiennent aux genres *Chaenomeles*, *Cotoneaster*, *Crataegus*, *Cydonia*, *Eriobotrya*, *Malus*, *Mespilus*, *Pyracantha*, *Pyrus*, *Sorbus* et (**Bradbury, 1986**). Les souches d'*E. amylovora* isolées à partir d'espèces de *Rubus* aux États-Unis sont différentes des souches détectées chez d'autres hôtes (**Starr et al., 1951; Powney et al., 2011b**)

1.2.3.2 *Erwinia Chrysanthemi*

Classification taxonomique : Bactéries : Gracilicutes ; Selon classification de Bergey, il existe 6 agents pathogènes des plantes (Pathovars) en fonction des plantes hôtes affectées, qui sont : *pv. chrysanthème* *pv. dianthicola* *pv. dieffenbachiae* *pv. paradisique* *pv. parthénium* *pv. zéae* (**Lelliott et Dickey, 1984**). Ces agents pathogènes végétaux sont en quelque sorte liés à 6 divisions biochimiques (**Dickey et Victoria, 1980**).

9 modèles biochimiques (Biovars1 à 9) ont également été proposés pour fournir une classification précise sans ambiguïté (Ngwira et Samson,1990). Certains de ces modèles biochimiques pourraient bientôt être classés comme des sous-espèces, voire des espèces indépendantes.

Erwinia chrysanthemi provoque principalement des maladies chez les plantes suivantes : Dahlia Chrysanthème Clou de girofle (*Dianthus sp.*) Pomme de terre (*Solanum tuberosum*)

Les bactéries peuvent survivre dans le sol au sein des débris végétaux infectés, ce qui leur permet de persister entre les saisons de plantation. Sa propagation et sa pénétration dans la plante augmentent en présence d'une forte humidité et d'eau. La maladie se développe à des températures élevées comprises entre 25 et 30°C.

La spécificité de la plante hôte n'a été démontrée que pour le phytopathogène *Pv. paradisiaca* (Dickey et Victoria, 1980 ; Dickey, 1981). Cette bactérie est un pathogène très répandu, les isolats du maïs ou des pommes de terre étant polyphylétiques, tandis que Philodendron et Kalanchoe sont des plantes caractéristiques des isolats des plantes tempérées (Janse et Ruissen, 1988).

1.2.3.3 *Erwinia carotovora*

Les sous-espèces d'*Erwinia carotovora* sont des bactéries psychrotrophes qui se développent à de larges gammes de températures (5 à 36°C) avec un optimum entre 27 et 30°C. D'après leurs caractéristiques sérologiques, on distingue plus de 40 sérogroupes, dont quatre seulement regroupent *Erwinia carotovora sp. atroseptica* (Yaganza, 2005).

Erwinia carotovora constitue un taxon complexe, composé de souches ayant des caractéristiques phénotypiques, biochimiques, environnementales et génétiques très variées. Ces bactéries peuvent infecter différentes espèces végétales, et beaucoup de leurs gènes de virulence ont été identifiés (Toth et al., 2003 ; Yap et al., 2004).

Selon Gardner et al.,2003, sur la base d'analyses moléculaires, phénotypiques, sérologiques et phylogénétiques, une nouvelle classification est préconisée. Elle concerne l'élévation de trois sous-espèces : *Pectobacterium carotovorum sp. atrosepticum* (Pca), *Pectobacterium carotovorum sp. Pectobacterium carotovorum betavascularum* (Pcb) et *Pectobacterium carotovorum sp. Wasabiae* (Pcw) au niveau de l'espèce devenant ainsi respectivement *Pectobacterium atrosepticum*, *Pectobacterium betavascularum* et *Pectobacterium wasabiae*.

El Tassa et Duarte ,2006, suite à leurs analyses PCR-RFLP, ont suggéré l'émergence d'une nouvelle sous-espèce appelée *Pectobacterium carotovorum sp. brasiliensis*, responsable de la

maladie de la jambe noire chez les pommes de terre dans le sud du Brésil. Ils affirment que cette nouvelle variante brésilienne est plus virulente que *Pectobacterium atrosepticum*, l'agent causateur principal de la jambe noire

1.2.4. Symptômes

1.2.4.1 Symptômes sur la plante et le tubercule

Les symptômes provoqués par *Pectobacterium sp.* et *Dickeya sp.* sont influencés par les conditions environnementales (température et humidité), l'état de la pomme de terre (génotype, âge physiologique des tubercules, contenu en calcium, en eau, etc.), la partie du végétal qui est infectée et finalement par les interactions avec d'autres pathogènes, comme *Clostridium sp.*, *Clavibacter michiganensis*, *Verticillium sp.* et le nématode *Ditylenchus destructor*, spécifiques à cet hôte (**Pérombelon., 1992 ; Pérombelon., 2002 ; Charkowski ., 2006**). Il est aussi ardu de différencier les symptômes provoqués par chacune de ces bactéries (*Pectobacterium sp.* et *Dickeya sp.*) sur les tubercules ou les plants de pommes de terre.

1.2.4.2 Symptômes sur les parties aériennes

Pectobacterium sp. S'attaquent à la tige du plant de pomme de terre pendant sa phase de croissance, entraînant ainsi la maladie connue sous le nom de jambe noire (ou Blackleg).

Les bactéries s'installent initialement dans les vaisseaux du xylème de la plante, puis elles se reproduisent dans les espaces intercellulaires de l'organisme hôte en sécrétant une série de pectinases. Ces enzymes décomposent la paroi cellulaire intermédiaire des cellules et perturbent le parenchyme, ce qui entraîne la macération des tissus. Ces occurrences entravent le déplacement de l'eau et des minéraux vers le haut de la plante, entraînant des signes de dessèchement et de décoloration des feuilles (**Hélias et al., 2000a**).

L'infection provoque par la suite une décomposition molle de la tige qui devient brune foncée ou noire, notamment à la base des tiges, au point de liaison des feuilles avec la tige, ainsi que dans les zones nécrosées plus ou moins sèches (**Pérombelon., 1972 ; Pérombelon et Kelman ., 1987 ; Charkowski., 2006**)

1.2.4.3 Symptômes sur le tubercule

Les trois bactéries (*P.ca*, *P.cc* et *Dickeya sp.*) sont à l'origine de la maladie et peuvent agir indépendamment ou en même temps (**Pérombelon, 2002 ; Toth et al., 2003 ; Van der Wolf et De Boer, 2007**). On note des pourritures molles comme symptômes sur les tubercules. De petites marques de nature graisseuse commencent généralement à se manifester autour des lenticelles, des

lésions ou du talon, puis se propagent rapidement au sein du tubercule. La bactérie cause la décomposition des tissus du tubercule entraînant une macération du parenchyme. La pourriture molle, initialement de couleur claire, évolue vers une teinte brune qui peut devenir noire.

Selon **Pérombelon ,1980** la génération de bulles de gaz au sein des tissus du tubercule est responsable d'une odeur fortement désagréable. Les zones infectées sont clairement distinctes des zones saines. Dans des conditions sèches, les lésions peuvent se transformer en cavités, en surfaces dures et sèches. Dans certains scénarios, l'infection est arrêtée, et la région affectée se déshydrate, laissant derrière elle une zone vide emplies d'une accumulation de matière morte, dure et noire. Lors du stockage, la putréfaction peut se propager à l'ensemble de l'inventaire, entraînant des dommages considérables (**Pérombelon, 2002**). Les attaques initiales de la bactérie sur le champ peuvent entraîner la pourriture des tubercules-mères et occasionner des pertes lors de la germination ou l'évanouissement des semis (**Pérombelon et Salmond, 1995**).

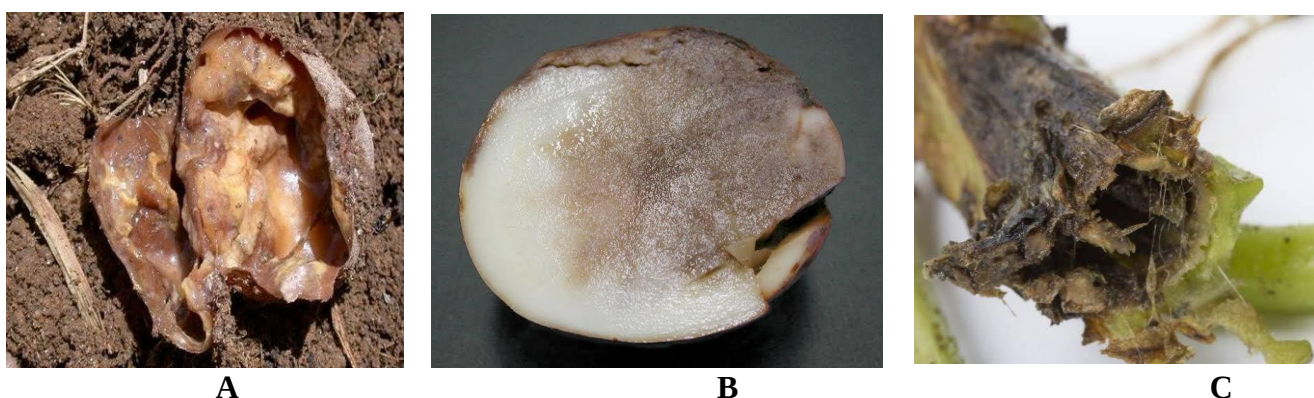


Figure 1.1:Symptômes causés par *Pectobacterium* sp. (**christ et al ;1989**)

A: Pourriture molle de l'extérieur de tubercules.

B : Pourriture molle de l'intérieur de tubercules.

C : Jambe noir à la base des tiges.

1.2.5.1. Lutte chimique

À ce jour, il n'existe pas de méthode chimique réellement efficace contre *Pectobacterium atrosepticum* et *P. carotovorum*. Seules des mesures prophylactiques basées sur l'hygiène des exploitations, la qualité des semences, et des pratiques culturales adaptées permettent de limiter les dégâts (**Priou et Jouan, 1996 ; Hélias, 2008**). Des solutions alternatives sont en cours d'étude, telles que l'utilisation de plasmas froids pour la décontamination des eaux de lavage de tubercules (**Moreau et al., 2005**). Les traitements chimiques classiques (cuivre, organomercure) sont peu efficaces et posent des risques environnementaux (**Priou et Jouan, 1996**). Des composés comme

le chlorure d'aluminium, le métabisulfite de sodium (Yaganza et al., 2004), ou certains peptides synthétiques (Kamysz et al., 2005) montrent une efficacité en laboratoire, mais présentent un risque écologique important sur les microbiotes bénéfiques. Leur efficacité au champ n'a pas encore été évaluée. Par ailleurs, les politiques agricoles tendent à privilégier des traitements efficaces avec un faible impact environnemental (Epstein et Bassein, 2003).

1.2.5.2 Lutte génétique

- **Étude de la résistance génétique** : L'organisation génétique de la résistance de la pomme de terre a révélé 19 gènes dominants associés à la résistance aux virus, nématodes et champignons. En revanche, les régions impliquées dans la résistance à *Pectobacterium atrosepticum* sont dispersées sur les 12 chromosomes (Gebhardt et Valkonen, 2001).
- **Résistance naturelle faible** : La résistance aux *Pectobacterium sp.* est faible et variable selon les variétés : par exemple, 'Kerpondy' est peu sensible, tandis que 'Ackergesegen' est très sensible aux pourritures molles (Pasco 2005a et b).
- **Approches transgéniques** : Une des premières transformations a introduit un gène de lysozyme issu d'un bactériophage. La pomme de terre transgénique produit ce lysozyme, réduisant la sensibilité à *P. atrosepticum* (Düring et al., 1993).
- **Évaluation de l'impact environnemental** : Des études ont montré que les lignées transgéniques ont peu d'effet sur les communautés microbiennes rhizosphériques ou épiphytes, comparativement aux variations naturelles (Heuer et Smalla, 1999 ; Lottmann et al., 1999).
- **Acceptabilité sociétale limitée** : Malgré les résultats scientifiques positifs, l'acceptabilité des plantes génétiquement modifiées reste faible en Europe, en raison de controverses scientifiques et de réticences philosophiques (Wisniewski et al., 2002 ; Forbes, 2006 ; Myskja, 2006 ; Varzakas et al., 2007).

1.2.5.3. Lutte biologique

- **Origine de la méthode** : Dès les années 1980, (Kloepper., 1983) a proposé l'utilisation de certaines bactéries antagonistes, principalement des *Pseudomonas sp.* fluorescents, pour protéger les plants et tubercules de pomme de terre contre les *Pectobacteria*.
- **Caractéristiques des *Pseudomonas*** : Ces bactéries possèdent un métabolisme adaptable et une forte capacité à capter le fer via des sidérophores efficaces, favorisant leur implantation durable dans la rhizosphère (Latour et Lemanceau, 1997).

- **Sélection de souches efficaces in vitro** : Quelques souches de *Pseudomonas fluorescens* et *Pseudomonas putida* ont montré une activité antagoniste contre *Pectobacteria* et ont réduit les pourritures molles en conditions de laboratoire (**Xu et Gross, 1986 ; Rhodes et Logan, 1987**).
- **Mécanismes d'action** : L'effet protecteur est dû à la production de sidérophores (**Xu et Gross, 1986**) ou d'antibiotiques comme le 2,4-diacétylphloroglucinol (**Cronin et al., 1997**).
- **Limites de l'efficacité au champ** : Les essais en conditions réelles n'ont pas confirmé l'efficacité, à cause de la compétition avec les bactéries indigènes mieux adaptées au sol et à la plante hôte (**Duffy et al., 2003 ; Compant et al., 2005 ; Latour et al., 2003**).
- **Conditions contrôlées** : Cette approche reste prometteuse en cultures hors sol, où les *Pseudomonas* représentent jusqu'à 10 % de la flore bactérien.

1.3. Généralité sur la pomme de terre

1.3.1 Historique sur la pomme de terre

La pomme de terre semble avoir été introduite et développée spontanément sur les côtes occidentales de l'Amérique latine. La consommation de cette boisson par la population témoigne d'une période ancienne. Les marins et les pirates l'ont introduite en Europe dans la seconde moitié du XVI^e siècle. Mais elle a été cultivée sur une petite surface jusqu'à la fin du XVIII^e siècle, elle a connu une croissance remarquable en Europe au 19^e siècle, et c'est l'incorporation de la pomme de terre dans le régime alimentaire humain qui a évité définitivement la famine qui frappait parfois. D'après (**Insert ,1972**), Amirouche a introduit la pomme de terre en Algérie en 1956.

La reproduction de la pomme de terre peut se faire soit de manière végétative à travers les tubercules, soit de façon sexuelle via des graines. Elle peut être de nature diploïde ou tétraploïde (**Kenneth, 1966**). Les pommes de terre tétraploïdes sont les plus significatives et courantes en raison de leur fertilité supérieure (Figure1.2)

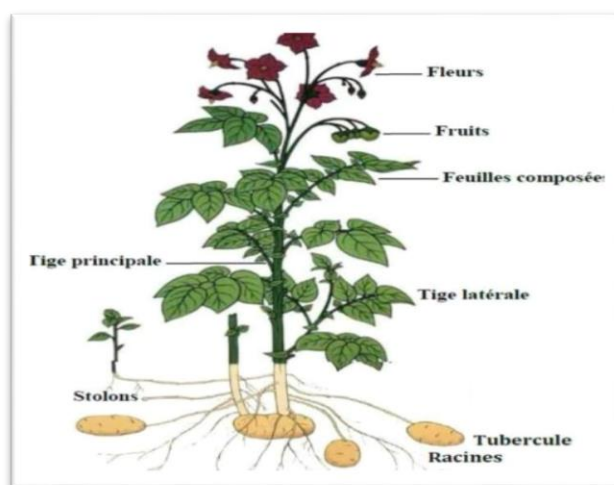


Figure1.2 : Morphologie de la pomme de terre (kenneth,1966).

1.3.2. Taxonomie et Classification

Le *Solanum tuberosum* L. communément appelé pomme de terre, est un membre de la famille des Solanacées et du genre *Solanum* (**Quetzal et Santa,1963**). Il compte environ 1000 espèces, dont plus de 200 produisent des tubercules (**Hawkes,1990; Doré et al., 2006**), et c'est ce qu'affirme également (**Boumlik ,1995**) : Il est à noter que la classification de la pomme de terre se présente comme suit :

- Royaume : Plantae.
- Clade : Angiospermes.
- Classe : Dicotylédonées.
- Sous-classe : Gamopétales.
- Instruction : Polmonialés.
- Famille : Solanaceae.
- Genre et Espèce : *SolanumTuberosum L.*

1.3.3. Description morphologique

Morphologie de la plante pomme de terre (*Solanum tuberosum*) est constituée de deux sections. Elle contient à la fois des tiges qui poussent dans l'air et des tiges qui se développent sous terre (**Darpoux et Delelly, 1967**) :

1.3.3.1. Partie aérienne

Dotées de tiges prostrées ou érigées, d'une hauteur d'un mètre maximum, les feuilles sont allongées et acérées (figure 1.3). Quant aux fleurs, leur teinte va du blanc au violet (figure 2). Le fruit, qui mesure entre 1 et 3 centimètres de diamètre, possède souvent des dizaines de graines (**Bernhards, 1998**), et peut même en contenir jusqu'à 200 (**Rousselle et al., 1992**). En pratique agricole, la pomme de terre est rarement reproduite par graines, mais celle-ci reste le moyen de création de nouvelles variétés (**Soltner, 2005**). (**Bruton ,1998**) souligne que les fleurs contiennent une proportion importante de solanine, un alcaloïde toxique caractéristique du genre *Solanum* (**Bruton ,1998**). Cette partie de la plante permet une reproduction sexuée.

1.3.3.2. Partie souterraine

Une section située en dessous de la surface. D'après (**Darpoux et Delelly, 1967**) La plante possède à la fois des tiges qui se situent en surface et des tiges qui se trouvent sous terre. Elle possède également de nombreuses racines fines et fasciculées qui ont la capacité de s'enfoncer profondément dans le sol s'il est assez meuble (**Soltner, 2005**). Cette section contient également des tubercules : C'est la partie la plus fascinante de la plante, qui donne à la pomme de terre sa valeur nutritive.

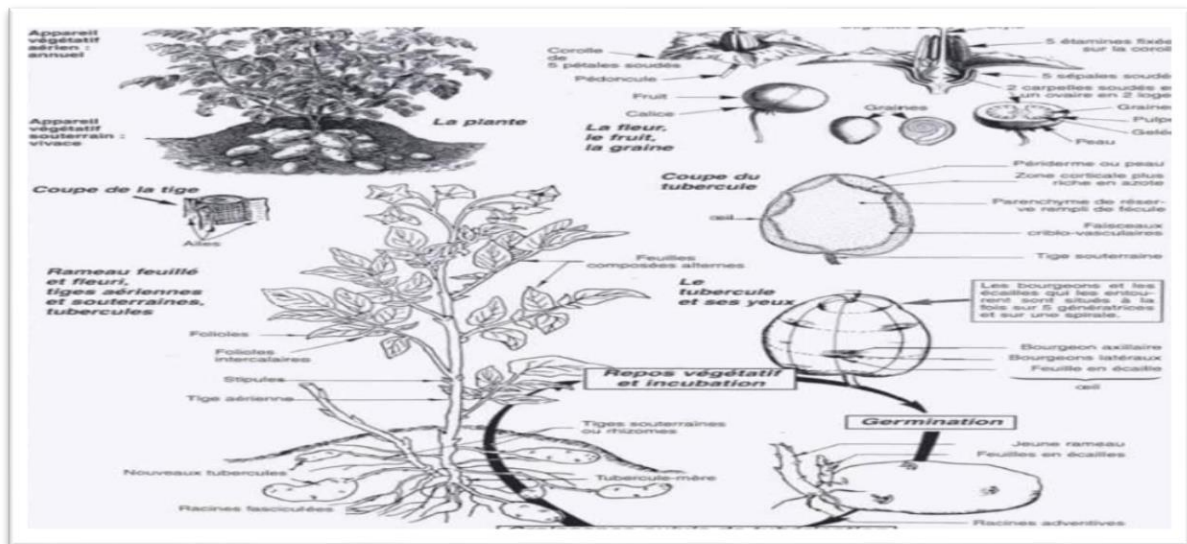


Figure 1.3: Description morphologique et cycle de développement de la pomme de terre (Soltener,2005)

1.3.4. Cycle de développement

1.3.4.1. Cycle sexué

Le fruit est une baie de forme sphérique ou ovoïde mesurant entre 1 et 3 centimètres de diamètre. Il peut contenir environ 200 grains. Ce sont ces dernières qui constituent l'instrument de la création variétale.

L'émergence des cotylédons se fait par le développement de l'hypocotyle, ce qui caractérise une germination épigée. Dans des conditions optimales, lorsque la plante est encore jeune et ne mesure que quelques centimètres, les stolons commencent à se former au niveau des cotylédons, puis dans les aisselles plus hautes. Ces derniers s'enfoncent ensuite dans le sol pour produire des tubercules (Berndhars, 1998).

1.3.4.2. Cycle végétatif

C'est une reproduction asexuée qui se réalise à partir d'un organe végétatif, à savoir le tubercule. Il est très court, de 3 à 4 mois.

Le cycle s'exécute en quatre phases :

- la dormance
- la germination
- la croissance
- la tubérisation

- **Dormance**

Cette phase se produit après la récolte pour la majorité des types de pommes de terre où les tubercules ne poussent pas, peu importe les conditions environnementales. Sa durée peut varier d'une variété à l'autre (**Lahouel, 2015**).

- **Germination**

Le tubercule commence à germer lors du stockage et sous des conditions environnementales propices. Suite à une transformation physiologique interne, il acquiert la capacité de produire des bourgeons. Ensuite, un petit nombre de germes qui se développent rapidement commencent à apparaître. Ces germes se prolongent et se ramifient, finissant par se tubériser (**Kechid, 2005**).

- **La croissance**

Lorsque les tubercules sont plantés au moment approprié de leur développement, les bourgeons se métamorphosent en tiges herbacées souterraines dotées de feuilles, conférant ainsi à la plante un caractère autotrophe. Selon (**Lahouel, 2015**), les rameaux et les stolons proviennent des bourgeons axillaires.

- **Tubérisation**

La tubérisation débute une fois la phase de croissance terminée. Elle commence par l'interruption de l'élongation des stolons. Ce processus s'effectue lorsque le diamètre des ébauches est deux fois supérieur à celui des stolons qui les supportent. Ensuite, il y a la multiplication cellulaire et l'augmentation des ébauches de réserve produites par le feuillage (**Hamnache, 2017**).

1.3.5. La conservation de la pomme de terre

Pour garantir une conservation efficace, cette opération est réalisée quand le feuillage est complètement asséché. C'est dû au fait que les tubercules immatures contiennent une concentration élevée de sucres réducteurs, ce qui complique leur conservation (**Lahouel, 2015**).

Les tubercules récoltés sont d'abord pré-stockés à l'air libre pour favoriser la guérison des blessures, puis ils sont placés en couches fines loin de la lumière, dans un lieu sec, frais et bien ventilé pour leur conservation. Cependant, il est nécessaire d'éliminer les tubercules endommagés ou présentant des signes de maladies. Ce processus de vérification et de sélection doit être réalisé régulièrement (**Lahouel, 2015**).

Pour assurer sa pérennité, il est nécessaire d'avoir un contrôle adéquat de l'environnement (température et taux d'humidité) (**Bamouh, 1999**).

1.3.5.1. Conditions idéales de conservation

- **Température**

Pour la pomme de terre de semence, il est nécessaire d'avoir une température entre 2 et 4 °C, pour la pomme de terre destinée à la consommation, entre 4 et 8 °C. Quant à la température qui favorise l'accumulation des sucres réducteurs, esponsable de la couleur brune des frites, elle doit être supérieure à 8 °C (ITCMI, 2008).

- **Humidité relative**

Elle est de 90 à 95% tout en prévenant l'accumulation du CO₂ par le biais de la ventilation (Bamouh, 1999).

- **Méthode de conservation**

Les producteurs conservent et stockent très peu la pomme de terre. Les personnes qui s'adonnent au stockage ont tendance à le faire de manière conventionnelle dans des espaces ou sous des hangars, ce qui entraîne d'importantes pertes. La période de conservation est extrêmement brève, n'excédant pas quelques semaines, et les pertes sont considérables. De ce fait, les tubercules sont gardés à l'ombre des arbres directement sur le sol, sous les abris à la maison, dans les pièces et compartiments en banco. Une autre méthode consiste à entourer la pomme de terre avec de la paille, nécessitant une vérification quotidienne (ITCMI, 2008).

1.3.6. Les principales maladies de la pomme de terre

Tableau1.2 : Les principales maladies de la pomme de terre

Maladies	Agent causal	Symptômes et Dégâts
Maladies cryptogamiques		
Altermariose	Alternaria solani	Feuillage : Taches circulaires d'arrondies brune à noire, avec des anneaux concentriques, et possibilité de chancres sur la tige. Tubercule : Présence de taches brunes légèrement enfoncées à la surface.
Rhizoctone noire	Rhizoctonia solani	Tige : Tubercules aériens de Couleur violacées. Nécrose des racines et pourriture du collet. Tubercule : De sclérotés noirs, de forme irrégulière.
Fusariose	Fusarium caeruleum	Feuillage : Flétrissement des feuilles tout en conservant leur couleur verte, avec un brunissement des vaisseaux conducteurs de la tige. Tubercule : Des taches brunes légèrement enfoncées,

		entourées de rides concentriques et recouvertes de coussinets blanchâtres.
Verticilliose	Verticillium albo-atrum et Verticillium dahlia	Feuillage: Flétrissement des folioles qui n'atteint qu'un seul côté de la plante. Plus tard, la plante se fane. Sur la tige on note une coloration brune du système vasculaire. Tubercule: Tubercules de petite taille, flasques et ridés, présentant à la coupe un anneau brun sous l'épiderme.
Mildiou	Phytophthora	Le feuillage : jaunit, brunit rapidement et se couvre d'un duvet blancgrisâtre. Les tiges noircissent, entraînant la destruction rapide de la plante. Les tubercules : présentent des taches brunâtres et une chair granuleuse brun-rouille, favorisant l'apparition de pourritures secondaires.
Maladie bactériennes		
Galle commune	Streptomyces scabies	Tubercule: Présence de pustules à la surface et parfois en profondeur du tubercule.
Jambe noire	Erwnia carotovora	Feuillage: Enroulement typique du sommet, puis jaunissement généralisé. A la base de la tige (collet) se développe une lésion noire, jusqu'au tubercule mère. Tubercule: Tissu mou de couleur brunâtre, puis pourriture totale du tubercule.
Maladies virales		
Virus Y ou PVY	Polyvirus Y	Marbrure ou mosaïque nécrosante sur feuilles
Virus X ou PVX	Potexvirus X	Mosaïque rigoureuse sur feuilles
Virus de l'enroulement ou PLRV	PLRV	Mosaïque calico: jaune brillant en forme de tacheture.
Virus de la mosaïque de la luzerne AMV	AMV - Alfalfa Mosaic Virus	Enroulement des feuilles qui prennent un port érigé, jaunissement des feuilles, quelques variétés prennent une couleur pourpre ou rougeâtre. Durcissement du tubercule mère.
Insectes et ravageurs		
Pucerons	Mysus persicae, Aulacortum solani, Macrosiphum euphorbiae	Vecteurs de maladies virales
Teigne	Photmea operculilla	Feuillage: Les larves vivent en mineuse au niveau des feuilles, généralement les plus basses et les plus larges. Quand les attaques sont importantes la plante flétrit et

		meurt. Tubercule: Les larves creusent des galeries à l'intérieur du tubercule. Ces galeries constituent des portes d'entrée de champignons et bactéries et augmentent le risque de pourriture.
Noctuelles	Spodoptera littoralis, Spodoptera Exigna .	Sur feuilles :les jeunes chenilles dévorent le parenchyme des feuilles. Il ne reste que l'épiderme desséché. Quand l'attaque est avancée, la culture semble grillée. Sur tubercule: les attaques de chenilles laissent des galeries qui évoluent en pourriture.
Nématodes		
Nématodes Gallicoles	Meloidoyne sp.	Les racines : infectées présentent des noeuds ou des galles. Les tubercules : présentent des galles et se déforment perdant ainsi leur qualité commerciale.

(INRA ,1999)

1.3.7. La valorisation de la pomme de terre

La valorisation agroalimentaire de la pomme de terre représente un défi économique significatif, surtout par le biais de sa conversion en produits dérivés comme les croustilles, les pommes de terre frites, la purée, les flocons déshydratés ou même l'amidon alimentaire. Ces méthodes d'évaluation contribuent non seulement à élargir les applications culinaires, mais également à prolonger la conservation du tubercule et à augmenter sa valeur ajoutée dans le secteur agroalimentaire (Benmoussa, 2016).

1.3.8. Importance économique de la culture

La pomme de terre est cultivée dans plus de 150 pays et est essentielle pour l'alimentation mondiale. C'est la denrée non céréalière la plus importante, après le blé, le riz et le maïs. En 2013, la production mondiale a atteint 368,1 millions de tonnes, avec la Chine en tête à 88,9 millions de tonnes.

En Algérie, la culture de la pomme de terre est essentielle à l'agriculture. Elle occupe 130 000 hectares chaque année, soit 30% des terres maraîchères. La pomme de terre est aussi fondamentale que les céréales et les légumes secs, avec une consommation individuelle de 110 kg/an (FAO STAT, 2013).

CHAPITRE 2

Matériel et Méthodes

2.1. Matériel

Ce travail a été réalisé dans le domaine expérimental de INPV station régional Boufarik, dans le cadre du laboratoire bactériologie, pendant une durée de 2 mois.

2.1.1. Les souches bactériennes

Les souches d'*Erwinia carotovora*, regroupées en trois souches bactériennes pures, ont été identifiées et conservées au niveau du laboratoire de l'INPV, station régionale de Boufarik.

Tableau 2.3: Les souches bactérien d'*Erwinia carotovora* testées

Nom de souche	
<i>Pectobacterium</i>	(S1)
<i>Pectobacterium</i>	(S2)
<i>Dickeya sp</i>	(S3)

2.1.2. Matériels végétales

Les huiles essentielles testées dans notre travail ont été récupérées au niveau du laboratoire privé, BIO, Extrapamal Hamid Chikhi, Extractions des huiles, Oued EL Alleug, Blida. .

2.2. Méthode

2.2.1. Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles

L'activité antibactérienne a été évaluée par la méthode de l'antibiogramme ou diffusion des disques de papiers imprégnés deux traitements (T1 et T2) à différente concentration qui permet de mesurer l'effet inhibiteur des huiles essentielles sur la croissance des souches bactérienne étudiée.

2.2.1.1. Préparation du milieu de culture ANS (voir annexe 7)

2.2.1.2 Revivification et repiquage des souches

Les souches fournies ont été Revivifiées par la méthode des stries sur milieu ANS, et est incubées entre (25 et 30) °C pendant 24 (voir annexe 4).

2.2.1.3. Préparation de l'inoculum

A partir d'une culture pure de 24 heures sur milieu ANS, une suspension bactérienne a été préparée dans de l'eau physiologique stérile (0,9 % Na Cl), puis, le tube a été vigoureusement agité à l'aide d'un vortex pour obtenir une suspension bactérienne homogène (voir annexe 2).

2.2.1.4. Ensemencement

Tout d'abord le milieu ANS a été coulé à (4mm d'épaisseur) dans des boîtes de Pétri et laissé se solidifier dans des conditions stériles (voir annexe 3)

- ✓ A l'aide d'une micropipette stérile, ont été déposés (100 µl) de la suspension bactérienne au centre de gélose.
- ✓ Un étaleur en L (fabriqué à partir de pipette pasteur pliée) a été désinfecté, flambée et laissé refroidir.
- ✓ La suspension a été étalée sur toute la surface de la gélose de manière homogène.(voir annexe 5)
- ✓ Chaque test a été réalisé en cinq répétitions pour assurer la fiabilité des résultats.

2.2.1.5. Dépôt des disques

A l'aide d'une pince stérile, on a prélevé trois disques de cellulose stériles (disque de référence : papier MN640w, Machery-Nagel GmbH. CoKG,Germany Diamètre (6mm) et placés sur la surface de l'agar . Ces disques sont imprégnés d'huiles essentielles (T1, T2) diluées dans du DMSO à 10% à différentes concentrations (1%, 5%, 10%, 15%, 20% et 25%) à l'aide d'une micropipette en ajoutant (20 µl) de chaque huile essentielle (voir annexe 5 et 6).

- **Dans les témoins** : les disques imprégnés uniquement de DMSO à 10% a été utilisé comme contrôle négatif.

2.2.1.6. Incubation

Les boîtes de pétri sont fermées et laissées diffuser à température ambiante pendant 30 mn, puis mises à l'étuve à la température de 28 C° pendant 24 heures.

2.2.1.7. Estimation de la zone d'inhibition des différentes souches bactériennes.

Après incubation les diamètres des zone d'inhibition ont été mesurés en (mm). Les résultats sont exprimés par le diamètres d'inhibition et peut être symbolisé par des signes d'après la sensibilité des souches vis-à-vis de l'huile essentielle (**Pence et al.,2003**).

- Selon **Pence et al.,2003**, la sensibilité aux huiles essentielles est classée en fonction du diamètre des halos d'inhibition :
 - No sensible (-) pour des diamètres inférieurs à 8 mm.
 - Sensible (+) pour des diamètres de 8 à 14 mm.
 - Très sensible (++) pour des diamètres de 15 à 19 mm.

- Extrêmement sensible (+++) pour des diamètres supérieurs à 20 mm.
(voir annexe 9)

2.2 Evaluation de l'efficacité préventive et curative des huiles essentielle sue des tranches de pomme de terre inoculées par les souche de *Erwinia carotovora* .

➤ Préparation des tranches de pomme de terre

Les tranches de pomme de terre ont été sélectionnés, lavés à l'eau courante, puis désinfectés avec une solution d'eau de javel à 10% pendant 10 min.

Ensuite, elles ont été bien rincées avec de l'eau distillée stérile, puis coupées en tranches circulaires d'une épaisseur égalant 1 cm à l'aide d'un couteau stérile.

➤ Conditionnement

Les trois tranches ont été placée de manière espacées dans des boîtes en plastiques transparent stériles (pour éviter tout contact direct), déposées sur du papier absorbant humidifié avec 2ml d'eau distillée stérile (pour maintenir l'humidité).

Ont été préparé deux témoins

- **Témoin négatif** : Les tranches de pomme de terre traites par 200µL l'eau distillée stérile.
- **Témoin positif** : Les échantillons ont été inoculés avec les trois souches testés, en utilisant (pour chaque souche : 200µL d'une suspension bactérienne)

L'effet des deux traitements (T1, T2) sur les trois souches de *Erwinia carotovora* a été vérifié sur deux bases :

2.2.1 Traitement curatif

- L'aide d'une seringue stériles Chaque tranche a été inoculée au centre avec 200µL d'une suspension bactérienne
- Désinfecter un étaleur en L, flamber et laisser refroidir et étalez la suspension sur toute la surface de tranche de pomme de terre
- Après 24 heures, l'aide d'une seringue stérile chaque échantillon a été traitée par 200µL de huiles essentielles à différentes concentrations (1% ,5%,10%,15%,20% et25%).

2.2.2 Traitement préventif

- L'aide d'une seringue stériles Chaque tranche a été inoculée au centre avec 200µL d'une huile essentielle à différentes concentrations (1% ,5%,10%,15%,20% et25%).

- Désinfecter un étaleur en L, flamber et laisser refroidir et étalez les huiles essentielles sur toute la surface de tranche de pomme de terre.
- Après 24 heures, L'aide d'une seringue stériles Chaque échantillon a été traiter au centre avec 200 μ L d'une suspension bactérienne (voir annexe 8).
- **Incubation** : Après la fermeture, les boites sont conservées à température ambiante pendant trois jours.

2.2.3 Evaluation de l'agressivité de la pourriture molle sur les tranches de pomme de terre

Selon **Lemage et al.,2001**, la sévérité de pourriture peut être évaluée en divisent chaque tranche en quatre parties égales, représentant chacune 25% de sa surface. L'apparition des symptômes de la maladies, notamment la pourriture molle, a été observée visuellement ,et la note de sévérité a été attribuée selon le nombre de parties de l'infection , comme suit :

- 1/4 Atteintes = pourriture légère (25%) = note 1
- 2/4 Atteintes = pourriture modérés (50%) = note 2
- 3/4 Atteintes = pourriture avancée (75%) = note 3
- 4/4 Atteintes = pourriture totale (100%) = note 4

2.3. Analyse statistique

L'ensemble des résultats obtenus a été saisie et analysé à l'aide de logiciel statistique modèles linéaires généralisés (GLM)

CHAPITRE 3

Résultats et discussion

3.1. Résultats du test in vitro de l'activité antibactérienne des huiles essentielles

L'activité antibactérienne des deux traitements T1 et T2 a été évaluée in vitro *vis-à-vis* des trois souches bactériennes S1, S2 et S3. Elle est exprimée en (mm) de zone d'inhibition de la croissance des souches selon le pourcentage de la dose de traitement utilisée.

3.1.1. Activité antibactérienne des deux huiles T1 et T2 sur les trois souches testées

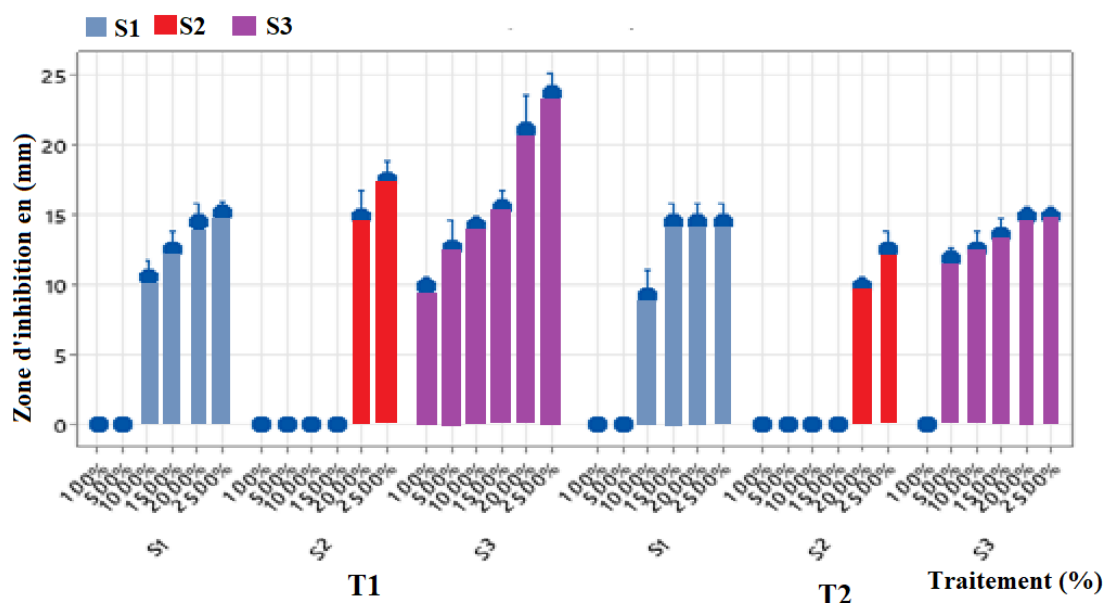


Figure 3.4 : Activité antibactérienne des deux huiles T1 et T2 sur les trois souches testées.

Les résultats indiqués dans la figure 3.6 montrent un pouvoir inhibiteur hautement significatif ($P < 0,01$) sur la croissance par les deux traitements testés.

Après 24h d'incubation, on a vu que le traitement T1 a présenté une activité remarquable vis à vis des souche S1 et S3, avec une augmentation progressive du diamètre d' inhibition en fonction des concentrations .

Pour la Souche1, les premiers signes d'inhibition sont apparus à la concentration de 10 %, représentant le taux d'inhibition le plus faible (11mm). Avec une augmentation progressive des zones d'inhibition jusqu'à arriver à un maximum de 15 mm à la concentration la plus élevée qui est de 25%.

La souche 3 a présenté un comportement similaire, avec une inhibition de (10mm) détectée à 5%, qui a également augmente progressivement, selon l'augmentation des concentrations, pour

dépasser les 24 mm à 25%.(voir Figure 3.5)

Dans le cas de la souche S2, aucune réponse n'a été observée avec l'utilisation des doses à faibles concentrations (1% à 15%), cependant une réponse intéressante s'est révélée avec l'application des deux doses (20 et 25 %) donnant un résultat de (15 et 15,5 mm).(voir Figure 3.6)

Il a été noté que le traitement T2, a montré une activité notable à l'égard des souches S1 et S3 après 24 heures d'incubation. Pour la S1, les signes d'inhibition ont débuté à 10 % de traitement utilisé, donnant un diamètre d'inhibition de (9 mm). Elle culmine les 15 mm lorsque l'on atteint les 25% de dose de traitement (voir Figure 3.8).

Pour la souche S3 le traitement a induit un premier signe d'inhibition (11mm) à 5%, et a atteint les 15 mm à la dose de 25%(voir Figure 3.7).

La souche S2 n'a pas présenté d'inhibition aux concentrations de 1% et 15%. Cependant, une réaction est a été notée dès l'arrivée à 20% de concentration (10 mm), puis 13 mm à 25%, montrant ainsi un certain degré de résistance tout en réagissant progressivement aux doses plus élevées.



Figure 3.5 : Diamètre d'inhibition traitement T1 sur souche 3.



Figure 3.6 : Diamètre d'inhibition de de traitement T1 sur souche 2.



Figure 3.7 : Diamètre d'inhibition de traitement T2 sur souche 3.

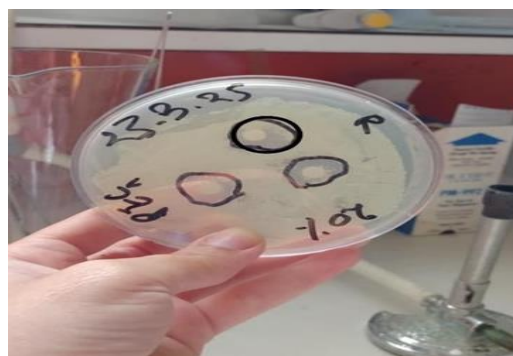


Figure 3.8 : Diamètre d'inhibition de traitement T2 sur souche 1.

3.1.2. Evaluation de la sensibilité et la résistance des souches *d'Erwinia carotovora* aux huiles essentielles selon les zones d'inhibition.

A partir de ce graphique qui représente la moyenne de tous les résultats de l'effet des deux traitements sur les trois souches, faisant ressortir une comparaison générale selon le degré de résistances des souches par rapport aux traitements.

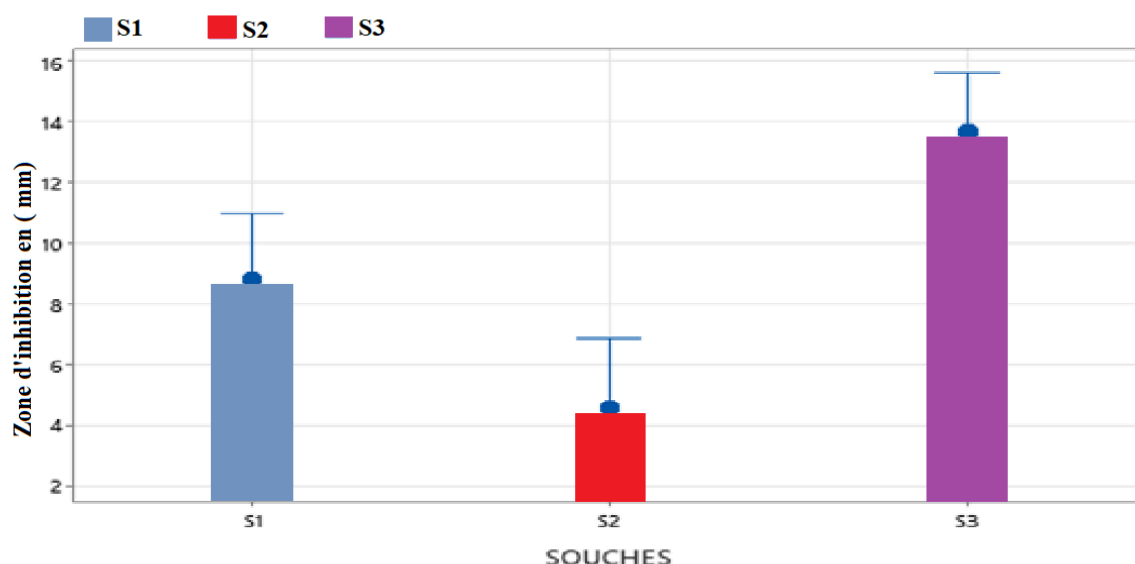


Figure 3.9 : Comparaison entre les différentes souches utilisées selon leurs taux de résistances aux différents traitements.

Cela indique que la souche S3 s'avère être la plus sensible aux traitements, quant à la souche 1, elle se situe à un niveau intermédiaire en termes de réponse. tandis que la souche S2 présente un niveau élevé de la résistance.

Ces résultats indiquent des différences marquées de sensibilité entre les trois souches *d'Erwinia carotovora* vis-à-vis des huiles essentielles, ce qui pourrait être attribué à des variations biologiques ou génétiques influençant leur réponse aux composés actifs.

3.1.3. Evaluation de l'effet générale des deux traitements en huiles essentielles T1 et T2 sur l'activité antibactérienne à l'encontre de *Erwinia carotovora*.

Le graphique précédant illustre l'effet du type d'huiles essentielles, désignées par T1 et T2, sur l'inhibition de la croissance des souche *d'Erwinia carotovora*, à travers la mesure du diamètre moyen de la zone d'inhibition (mm).

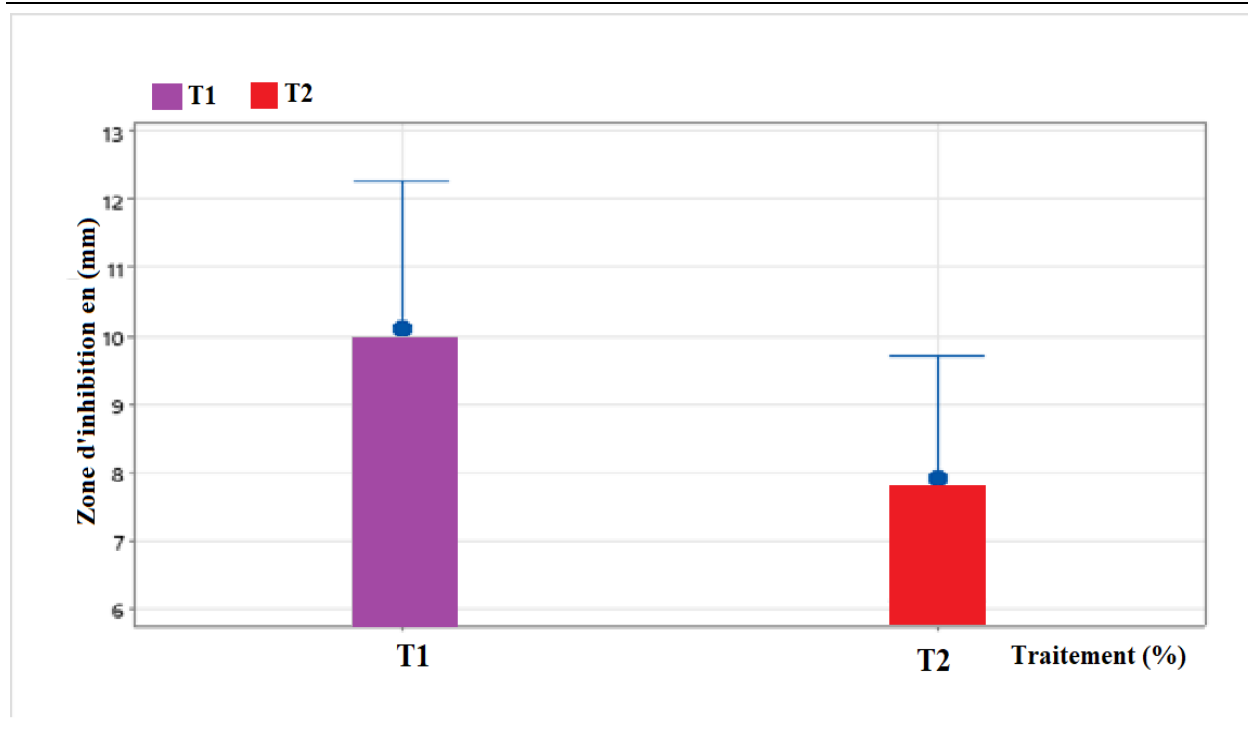


Figure 3.10 : Comparaison entre les deux traitements en huiles essentielles T1 et T2 selon leur effet antibactérien

D'après les résultats, on observe que le traitement T1 a montré une efficacité supérieure par rapport à la traitement T2, avec un diamètre moyen de la zone d'inhibition avoisinant les (10,2 mm) pour T1, contre un diamètre ne dépassent pas les 8mm pour T2.

Cette différence suggère que les composés actifs présents dans le traitement T1 possèdent une activité antibactérienne plus forte ou une meilleure capacité à pénétrer la membrane cellulaire des bactérie à ceux présents dans le traitement T2.

3.2. Résultats du testé in vivo de l'efficacité préventive et curative des huiles essentielles sur les souches de *Erwinia carotovora*

L'efficacité préventive et curative des traitement T1 et T2 a été évaluée in vivo vis-à-vis des trois souches bactérienne S1, S2, S3 inoculées sur les tranches de pomme de terre.

Les résultats ont été exprimé selon les taux de pourriture.

Les résultats indiqués dans la figure ci-dessous montrent un pouvoir inhibiteur hautement significatif ($P < 0,01$).

3.2.1. Résultats du traitement curatif

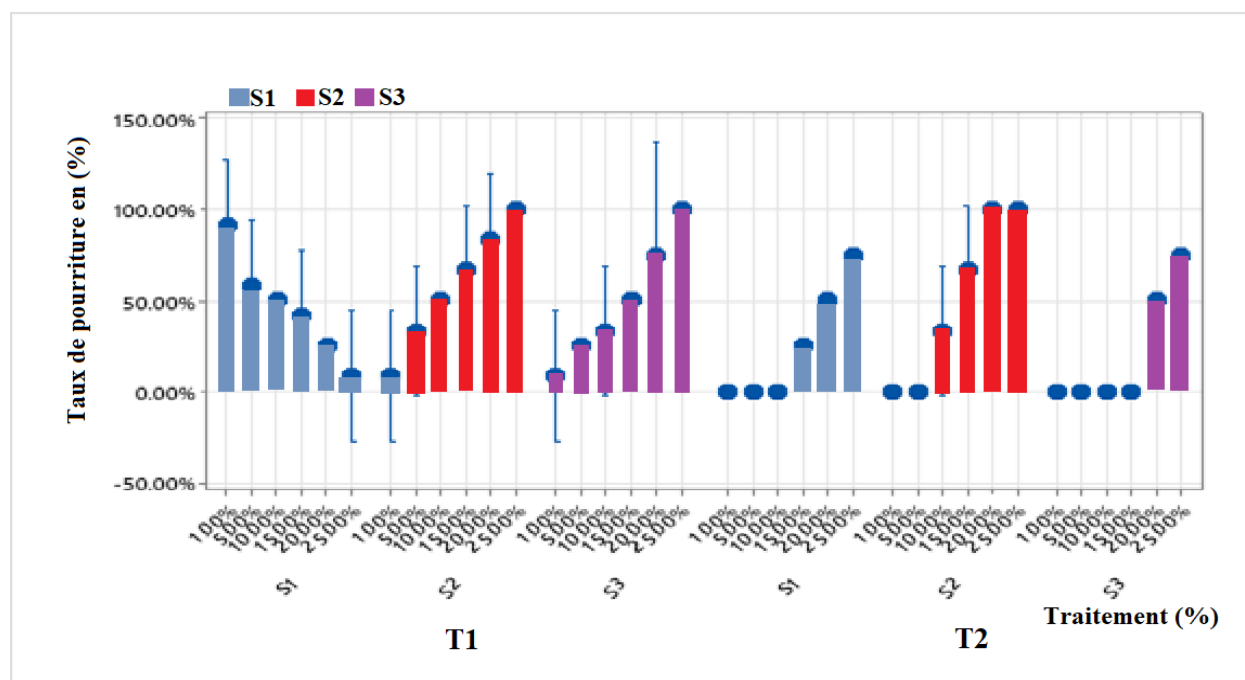


Figure 3.11 : Effet curatif des huiles essentielles à différentes concentrations vis-à-vis des souches bactériennes *d'Erwinia carotovora*.

Le traitement T1 a donné des résultats très intéressants lors de son application sur la souche S1, la pourriture est apparue dès l'application du traitement à 1%, avec un taux élevé d'environ 80%. Néanmoins, avec l'augmentation de la concentration, une diminution progressive du taux d'infection a été observée, jusqu'à atteindre un niveau très faible d'environ 10% à la dose de 25%.

Toujours sous l'effet du traitement T1, les souches S2 et S3 ont montré une réponse opposée à celle de la souche S1, où l'on a observé que à la concentration de 1%, le taux de pourriture était très faible, d'environ 10% seulement.

Cependant, avec l'augmentation des concentrations, le taux d'infection a augmenté progressivement pour atteindre les 100% à la concentration de 25%.

Après l'application du traitement T2, aucune pourriture n'a été observée aux faibles concentrations (1% et 5%) chez tous les échantillons inoculés par les trois souches.

Pour les tranches de pomme de terre inoculées par la souche S1, le début d'apparition de la pourriture a été signalé après l'application du traitement à 15%, atteignant un taux de 25%, puis a augmenté pour atteindre les 70% à 25% de concentration du traitement.

Chez les échantillons inoculés par la souche S2, aucune pourriture n'a été détectée à 1% et 5% de dose de traitement, mais elle est apparue à 10% avec un taux de 30%, puis a atteint les 100% aux concentrations de 20% et 25%. Quant aux échantillons inoculés par la souche S3, aucune pourriture n'a été observée lors de l'application des concentrations de 1% et 15%, et elle n'est apparue qu'aux concentrations élevées de 20% et 25%, révélant les taux de 50% et 75% successivement.

3.2.1.1. Evaluation de la sensibilité et la résistance des souches d'*Erwina carotovora* aux huiles essentielles selon pourcentage de pourriture molle

A la suite du traitement curatif, la moyenne globale du taux de pourriture molle a été déterminée pour les souches étudiées, en considérant l'ensemble des concentrations appliquées.

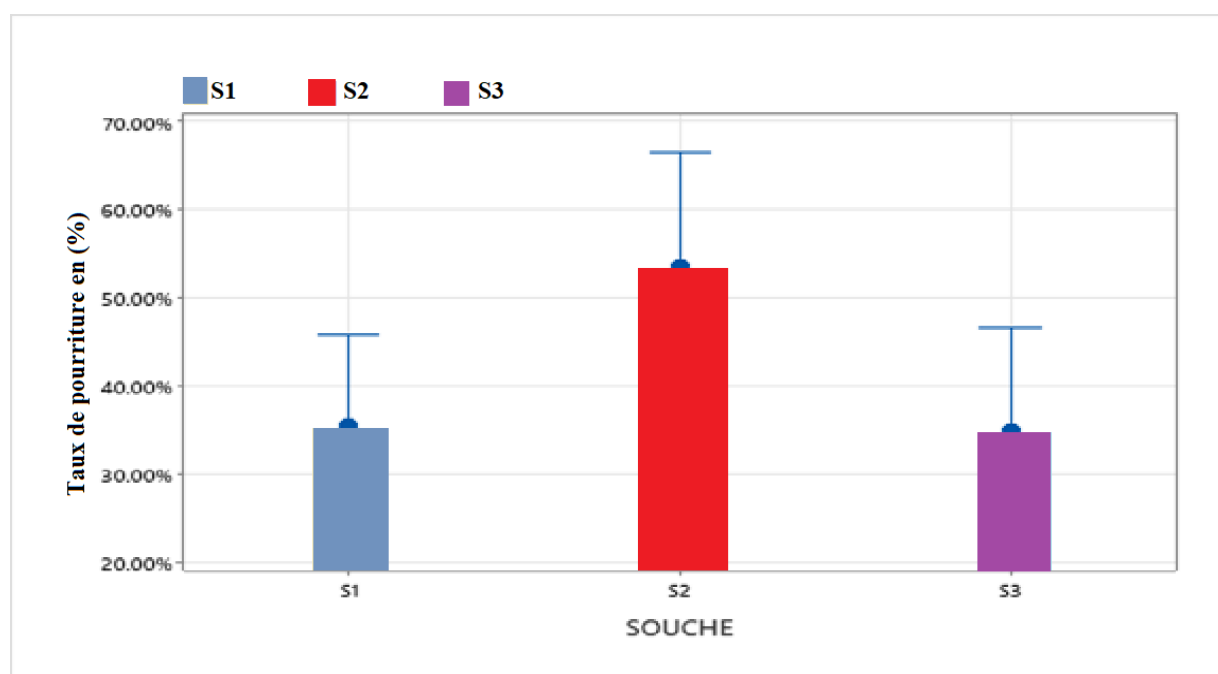


Figure 3.12 : Comparaison entre les différentes souches utilisées selon leurs taux de résistances aux différents traitements.

L'application de la souche S2 a induit le taux de pourriture le plus élevé, atteignant environ 52%, ce qui reflète une plus forte incidence de la pourriture molle dans ces échantillons.

En comparaison, l'application des souches S1 et S3 a affiché des taux de pourriture finement proches, allant autour de 35%, indiquant un niveau d'infection plus faible par rapport aux résultats induits par l'application de la souche S2.

3.2.1.2. Evaluation de l'effet générale par le teste in vivo des deux traitements en huiles essentielles T1 et T2 sur l'activité antibactérienne à l'encontre de *Erwinia carotovora*

La figure ci-dessus met en évidence le taux global de pourriture molle observé sur les tranches de pomme de terre suite à l'application des deux traitements curatifs, T1 et T2

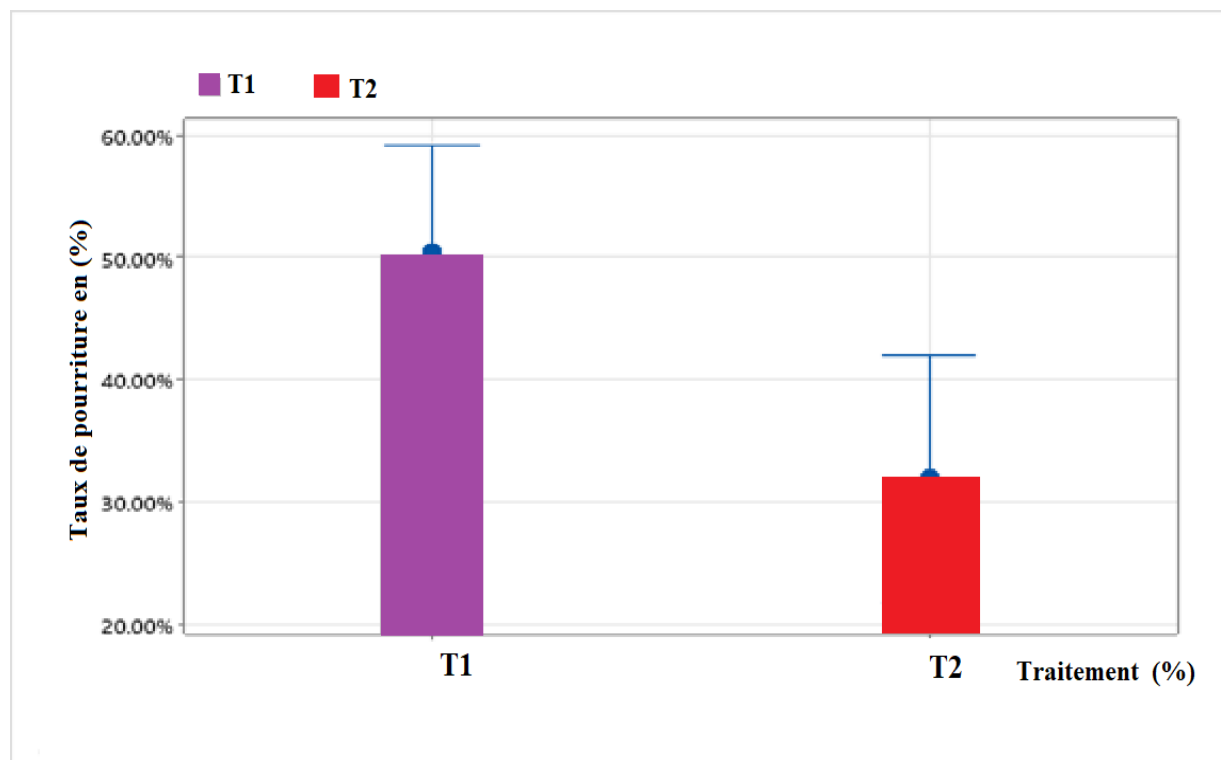


Figure 3.13 : Comparaison entre les deux traitements en huiles essentielles T1 et T2 selon leur effet curatif.

Le traitement T2 a induit un taux de pourriture relativement faible (33%), en comparaison avec celui apporté par l'application du traitement T1 (50%). Ceci indique une différence marquée dans l'efficacité des deux traitements, désignant le traitement T2 comme meilleur traitement de manier générale.

3.2.2. Résultats traitement préventif

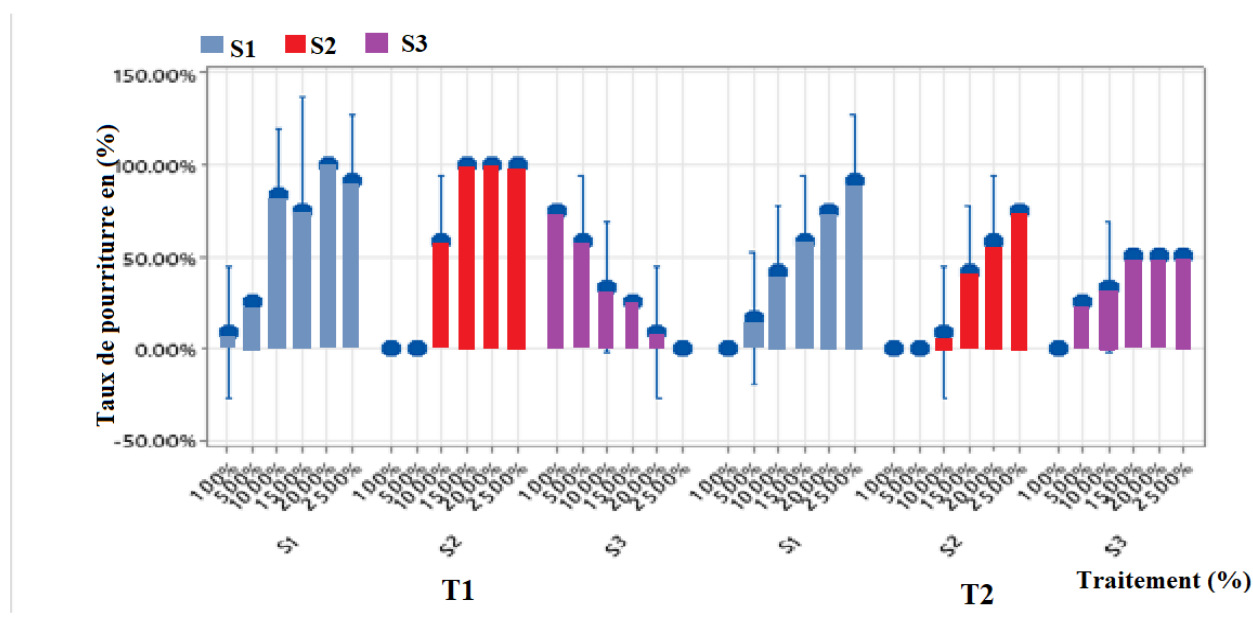


Figure 3 .14: Effet préventif des huiles essentielles à différentes concentrations vis - à vis des souches bactériennes d'*Erwinia carotovora*.

L'effet du Traitement T1 sur les trois souches d'*Erwinia carotovora* variait de manière progressive en fonction de la concentration, avec des différences marquées dans la réponse entre les souches.

Concernant son application sur la souche S1, le taux de pourriture à la dose de 1% était faible (10%) et l'infection s'est propagée progressivement avec l'augmentation de la concentration, atteignant les 100% à la dose de 20%.

Pour ce qui est des échantillons imprégnés par la souche S2, nous avons observé une absence totale de pourriture aux faibles concentrations (1% et 5%), tandis qu'aux concentrations élevées (15% ,20% et 25%), le taux de pourriture a atteint les (100 %).

Quant à la souche S3, elle a montré une réponse opposée à celle des souches S1 et S2, le taux de pourriture était élevé (75%) à la concentration de 1%, et a diminuée progressivement pour atteindre 0% à la dose maximale de 25%.

Après l'application du traitement T2, la pourriture a été observé au niveau de tous les échantillons inoculés par les trois souches.

Pour les tranches de pomme de terre inoculés par la souche S1, le taux de pourriture a continué d'augmenter progressivement jusqu'à atteindre 80% à la dose de 25%.

Chez les échantillons inoculés par la souche S2, les premiers signes de pourritures sont apparus à un taux de 10%, puis a augmenté pour atteindre les 75% à 25% de concentration du traitement.

Dans les échantillons inoculés par la souche S3, nous avons observé les premiers signes de pourriture après l'application de la dose 5%, donnant un taux de 5% de pourriture, puis celui-ci s'est stabilisé à 50% aux concentrations de 15%, 20% et 25%.

3.2.2.1. Evaluation de la sensibilité et la résistance des souches d'*Erwinia carotovora* aux huiles essentielles selon pourcentage de pourriture molle

Le graphique montre la moyenne globale des taux de pourritures observées après l'application des traitements préventifs à base de T1 et T2, sur les trois souches étudiées.

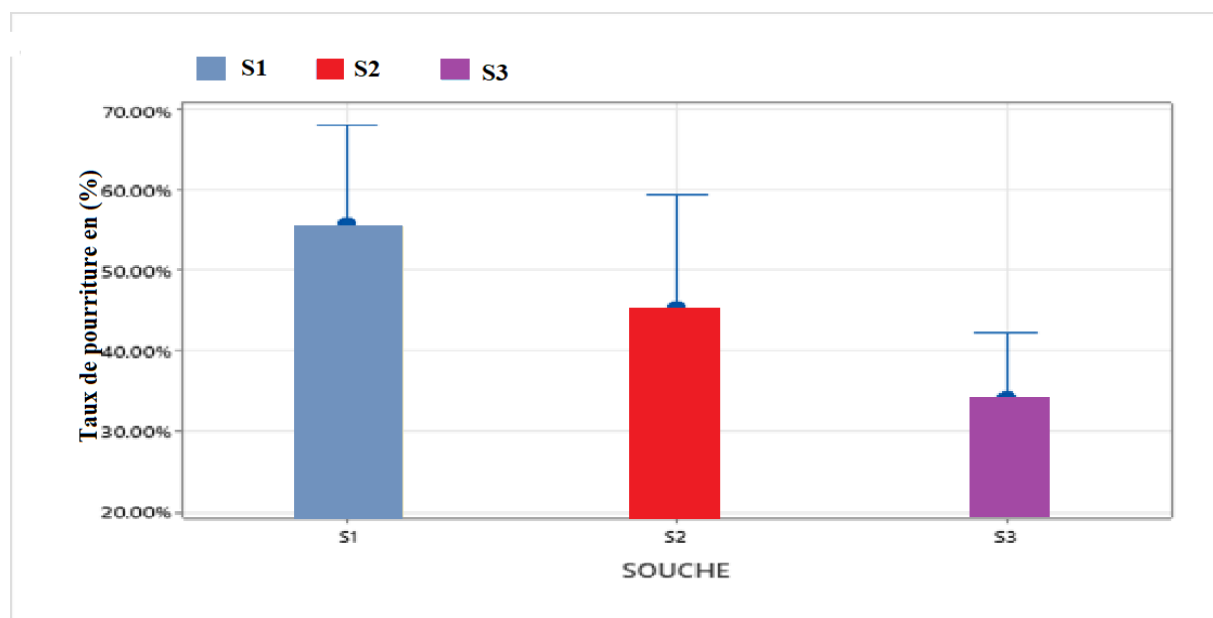


Figure 3.15 : Comparaison entre les différentes souches utilisées selon leurs taux de résistances aux différents traitements.

Après l'application des traitements testées, le taux de pourriture le plus faible a été enregistré chez les échantillons imprégnés par la souche S3, environ 33%. Chez les échantillons inoculés par la souche S2, le taux de pourriture est estimé à 45.5%.

Tandis que ceux inoculés par la souche S1, ont présenté le taux le plus élevé, atteignant les 55%, ce qui reflète une efficacité limitée du traitement à son égard.

3.2.2.2. Evaluation de l'effet générale par le teste in vivo des deux traitements en huiles essentielles T1 et T2 sur l'activité antibactérienne à l'encontre de *Erwinia carotovora*

Le graphique précédant illustre l'effet comparatif de l'application des deux traitements préventifs T1 et T2 sur le taux global de la pourriture molle observée chez les tranches de pomme de terre.

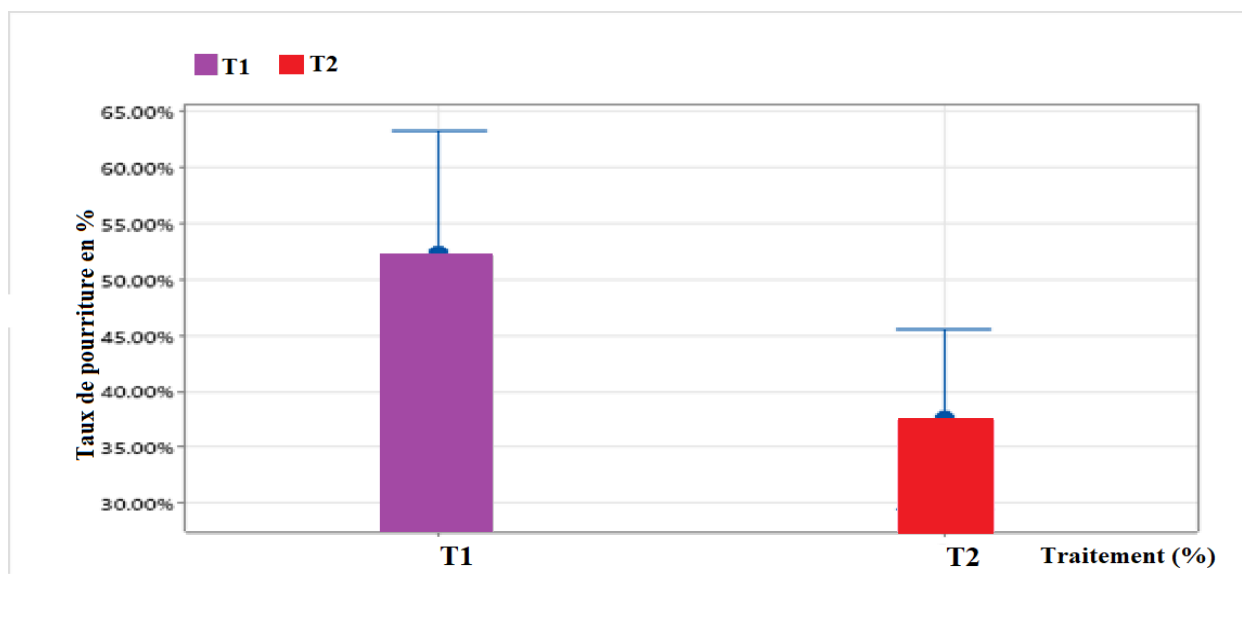


Figure 3.16 : Comparaison entre les deux traitements en huiles essentielles T1 et T2 selon leur effet préventif.

On constate que l'application du traitement T1 a induit le plus faible taux de pourriture molle (environ 36%) par rapport au traitement T2 (environ 52%), ce qui reflète une différence nette dans l'effet des deux traitements.

3.3. Discussion des différents résultats retrouvés

Dans cette étude l'activité antibactérienne des deux huiles essentielles T1et T2 évaluée in vitro et in vivo vis- à- vis de trois souche bactérienne d' *Erwinia carotovora* .

Les résultats obtenus ont révélé un effet inhibiteur significatif par les deux traitements sur la croissance des souches.

Les données ont montré une efficacité remarquable aux différente concentrations étudiées. Il existe une relation positive entre l'augmentation des concentrations et le diamètre des zones inhibitions.

D'après le diamètre d'inhibition le traitement T1 a exercé une forte action sur la souche S3 avec un diamètre d'inhibition de 24mm, tandis que le traitement T2, a induit une zone d'inhibition de 15mm sur les souches S1et S3.

Ces résultats sont partiellement en accord avec ceux rapportés par (**Guergah et Kafi., 2017**) qui avaient enregistré une zone d'inhibition maximale de 36,1 mm pour l'huile essentielle d'eucalyptus face à la souche BOU1 d'*Erwinia carotovora*, et de 23,1 mm pour l'huile de Tea Tré vis-à-vis de la même souche. Cela indique que nos huiles, malgré leur efficacité, présentent des diamètres d'inhibition moins importants.

Des recherches supplémentaires, tel que celles de (**Jafarpour et al.,2013**) en Iran, ont observé une activité antibactérienne significative de l'huile essentielle d'Ajowan (46,67 mm à 400 ppm), suivie par celle du thym (30,67 mm) et de la menthe (15,33 mm) vis-à-vis *Erwinia carotovora* . Ces résultats surpassent ceux que nous avons obtenus dans notre recherche, en particulier en termes de diamètres d'inhibition.

Cependant, la recherche de (**Viswanath et al.,2018**) a démontré une efficacité moins marquée pour les extraits de feuilles de *Datura stramonium* (11,7 mm) et de *Ficus carica* (9,5 mm) sur genre *Erwinia carotovora*, qui est inférieure à l'activité notée dans notre étude, en particulier avec l'huile T1.

En comparaison, les huiles essentielles étudiées dans notre travail, notamment T1, ont démontré une activité antibactérienne appréciable, ouvrant ainsi des perspectives prometteuses pour leur utilisation comme alternatives naturelles aux antibiotiques classiques, surtout face à la montée de la résistance bactérienne.

Selon les résultats retrouvés après l'application en mode curatif des traitements, nous avons remarqué que le traitement T1 a présenté une effet intéressant sur la souche S1, en réduisant

l'intensité des symptômes à 10% à la concentration la plus élevée (25%).

Nos résultats rejoignent ceux de (**vichová et al.,2024**) qui a montré que certaines huiles essentielles, comme celles contenant la cinnamaldéhyde et le carvacrol possèdent un effet curatif notable sur *pectobacterium carotovorum subsp. et pectobacterium atrosepticum* .ceci a également été confirmé par nos données.

L'application préventive des traitements a montré que seule le traitement T1 a eu une efficacité mesurable sur la souche S3, réduisant l'incidence de la maladie à 0 %.

vichová et al.,2024 a également rapporté des résultats similaires, montrant que l'application préventive de certaines huiles essentielles permet de limiter l'apparition des symptômes .

Conclusion générale

CONCLUSION

L'activité antibactérienne de deux traitements T1 et T2 sur les trois souches bactériennes d'*Erwinia carotovora* agent pathogène responsable de la jambe noire chez la pomme de terre a été évaluée in vitro par la méthode antibiogramme et par la méthode in vivo.

Les évaluations in vitro ont révélé une activité antibactérienne significative par l'application des deux traitements testés. Le traitement T1 s'est distinguée par une inhibition plus marquée, notamment vis-à-vis de la souche S3 avec un diamètre de zone d'inhibition atteignant 24 mm à la concentration de 25%. Le traitement T2 a exercé un effet inhibiteur, bien que légèrement inférieur avec un diamètre de 15 mm observé vis-à-vis des souches S1 et S3. Une corrélation positive a été constatée entre l'augmentation de la dose et l'extension des zones d'inhibition, ce qui confirme l'influence dose-dépendante de ces substances naturelles.

Les résultats in vivo, dans le cadre des traitements curatifs et préventifs, ont également confirmé l'efficacité des deux huiles T1 et T2, avec une supériorité notable de l'huile T1.

En traitement curatif, T1 a permis de réduire significativement l'intensité des symptômes sur la souche S1, particulièrement à la concentration de 25%. Quant au traitement préventif, il a permis une inhibition complète de la maladie (0% d'incidence) sur la souche S3, démontrant un potentiel préventif très prometteur. L'huile T2 a également montré une certaine efficacité, mais avec une intensité plus modérée.

Ainsi, les deux traitements testés (T1 et T2) et en particulier T1, apparaissent comme des alternatives naturelles intéressantes aux traitements chimiques classiques dans la lutte intégrée contre *Erwinia carotovora*. Ces huiles présentent un potentiel d'utilisation aussi bien en prévention qu'en curatif.

Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre leurs mécanismes d'action, évaluer leur innocuité, leur stabilité et leur efficacité dans des conditions agronomiques réelles.

A la lumière des résultats obtenus, le travail ouvre la voie à d'autres perspectives. Dans le but d'entrevoir la valorisation des huiles essentielles de point de vue production et commercialisation en vue d'utilisation diverses dont notamment comme alternative dans la lutte contre les maladies bactériennes, il serait intéressant de compléter le travail plus particulièrement par :

- L'étude de l'activité antibactérienne in vivo des huiles essentielles à l'état naturelle.
- Évaluation de leur efficacité en conditions agronomiques réelles, notamment dans les chaînes de stockage et de conservation des tubercules, pour prévenir les maladies bactériennes durant l'entreposage.
- Exploration d'autres formes de formation pour améliorer la conservation, l'efficacité et la maniabilité des traitements.
- L'étude de l'effet des composants mineurs et les associations entre les différents composants des huiles essentielles.
- Investigation des mécanismes d'action des huiles essentielles.
- Recherche d'autres possibilités de formation et l'utilisation des huiles essentielles.

Annexes

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Tableau de Matériel et produits utilisés

Technique	Matériel	Produits chimique
Préparation des dosages d'huiles essentielles	Micropipette Eppendorf Bicher Papier aluminum	Les huiles essentielles Eau distillée stérile DMSO
Préparation de suspension bactérienne	Flacon verre stérile Pipette pasteur Souche bactérienne	Solution physiologique
Préparation du milieu culture ANS	Balance Papier Agitateur Des flacons verres Bicher Autoclave Cylindres gradués	Peptone Extrait de levure Agar Eau distillée Glucose
Activité antibactérienne	Disque stériles en papier wattman (6mmde diamètre) Suspension bactérienne Boites de pétri Milieu culture ANS Vortex Etuve Pipette pasteur Pince Micropipette Papier absorbant Différentes concentrations de huiles essentielles (1% 5% 10% 15%20%25)	L'alcool

Efficacité préventive et curative	Tranche de Pomme de terre Papier absorbant Couteau stérile Des boites plastique transparentes stériles Des seringues stériles Suspections bactériennes Différentes concentrations de huiles essentielles (1% 5% 10% 15%20%25) Pipette pasteur .	Solution d'eau javel a 10% L'eau distillée
--	---	--

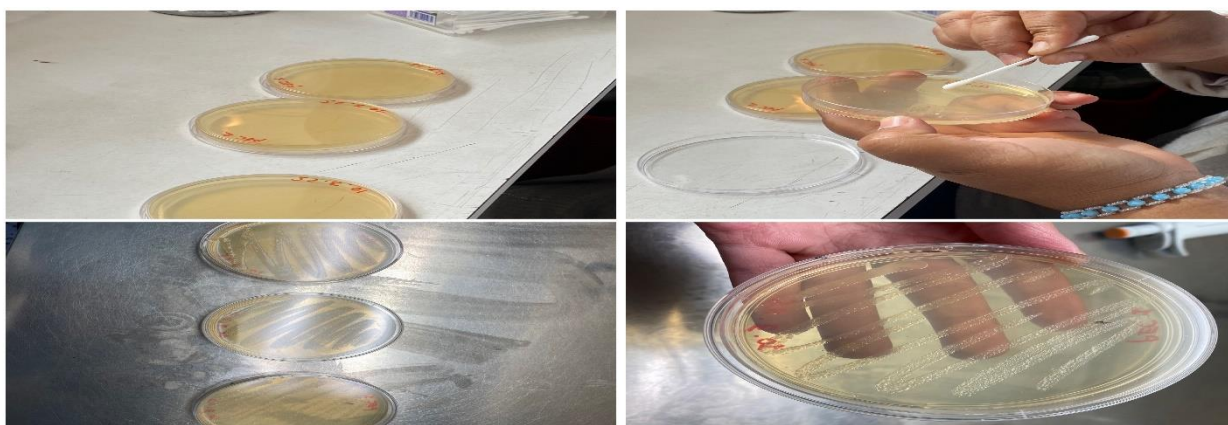
Annexe 2: Préparation de suspension bactérienne



Annexe 3 : Collage de milieu



Annexe 4: Repiquage de bactéries



Annexé 5: Activité antibactérienne

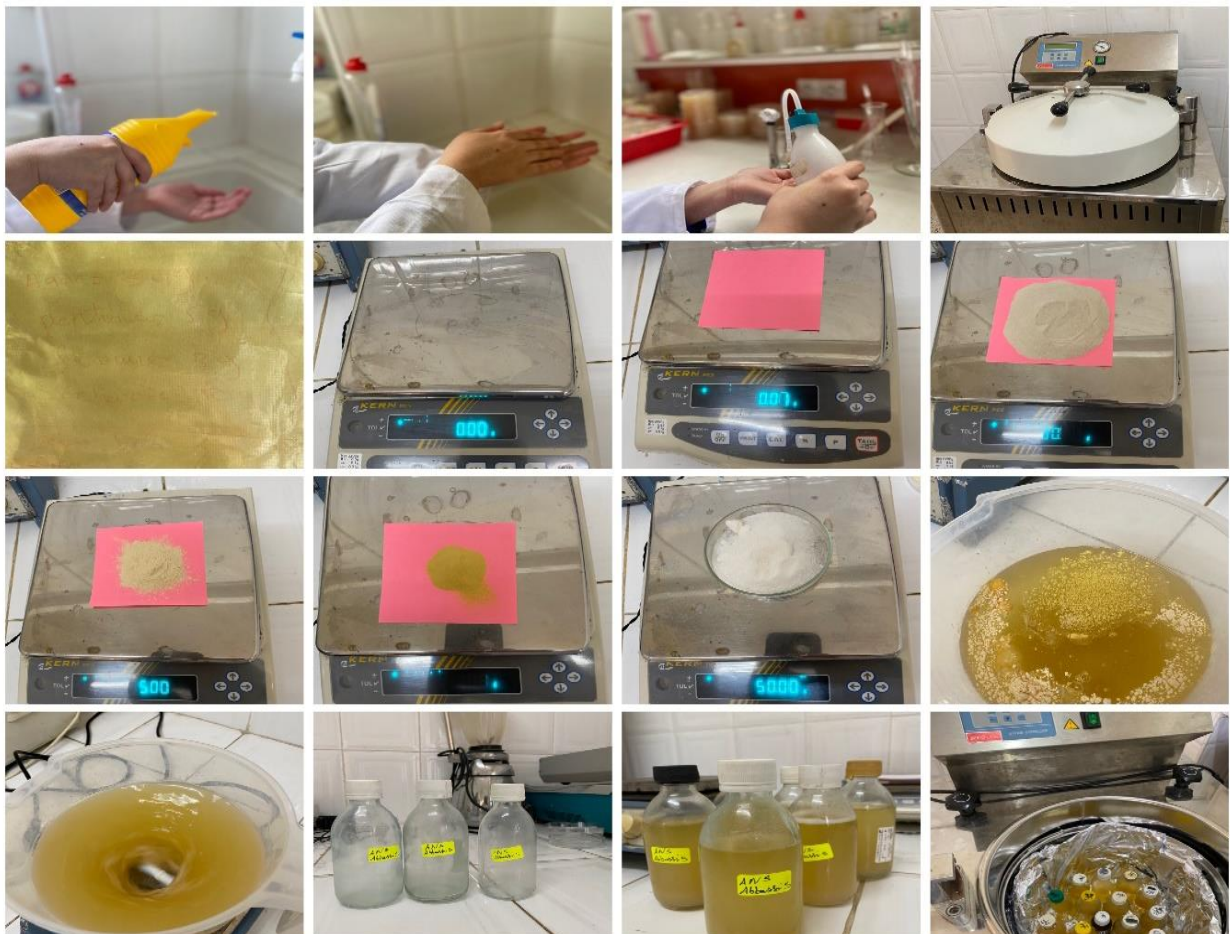


Annexe 6 : Préparation des dosages d'huiles essentielles

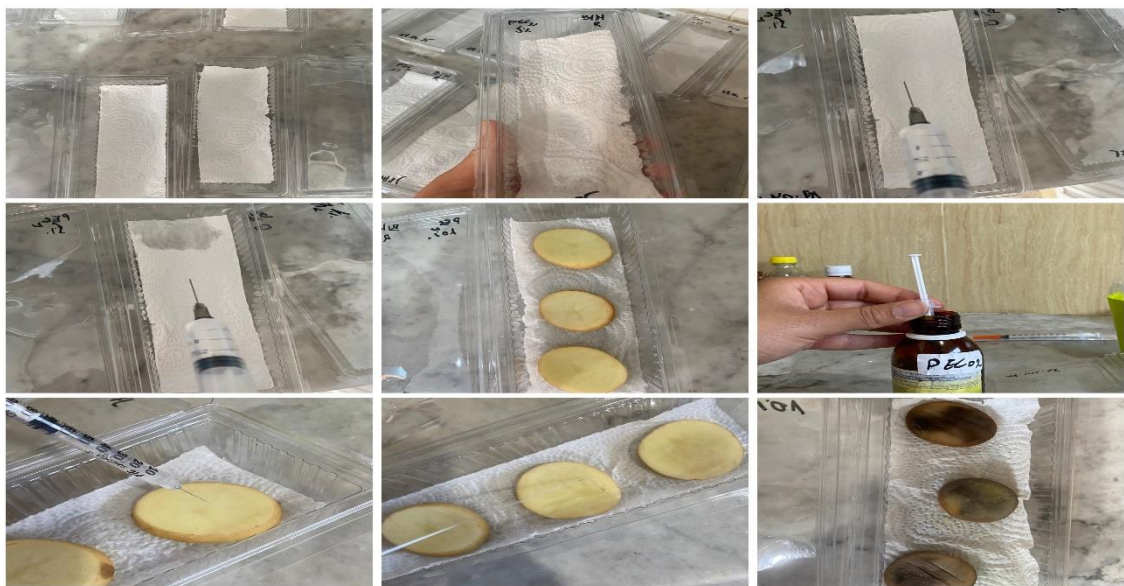


Annexe7 : Préparation du milieu culture ANS

Le milieu de culture ANS est à base de : agar 30g/l, saccharose 50 g/l, peptone 3g/l, glucose 10g/l, extrait de levure 3g/l, ph .



Annexe 8: Efficacité préventive et curative



Annexe 9 : La lecture des résultats



REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M., 2008: Biological effects of essential oils review, Food chemical Toxicology, 46 p [446-475].

Bamouh H., 1999: Technique de production la culture de Pomme de terre, bulletin mensuel d'information et de liaison du PNRTA, 58 p [1-15].

Bendjolloul F., 2018 : Détermination du pouvoir antibactérien de l'huile essentielle de *Mentha pulegium* L. Sur quelques microorganismes phytopathogènes, Mémoire de master, Université Abdejhamid Ibn Badis, Mostaganem, 50 p.

Benmoussa N., 2016: Contribution à l'étude de la transformation de la pomme de terre en produits agroalimentaires. Mémoire de master, université Blida, 95p.

Bernhards U., 1998 : La pomme de terre *Solanum tuberosum* L. Monographie, Institut National Agronomique Paris – Grignon, 290 p [40-50].

Bonn W.G., et van der Zwet T., 2000: Distribution and economic importance of fire blight, In J. Vanneste, (sous la direction de) Fire blight: The disease and its causative agent, *Erwinia amylovora*. Wallingford, Royaume-Uni, CAB International, 370 p [37-54]

Boufares K., 2012 : Comportement de trois variétés de pomme de terre (Spunta, Désirée et CHUBAK) entre deux milieux de culture : substrat et hydroponique, Thèse de magistère, Université Abou bekr Belkaid, Tlemcen, 120 p.

Boumlik. 1995 : Systématique des spermatophytes. Edition Office des Publications Universitaires. Ben Aknoun, Alger, 80 p.

Boutekrabt N., 2022 : Essai de culture d'une plante médicinale en vue de l'optimisation du rendement de la plante et ses biomolécules, Thèse doctorat, Université Blida1, p 187. In Boutekrabt

Bradbury J.F., 1986: Guide to plant pathogenic bacteria, Kew, Surrey, Royaume-Uni, CAB International Mycological Institute, 332 p.

Brunton J., 1999 : Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. Tec et Doc Lavoisier, 3^{ème} édition, Paris, 52 p.

- Bruton B.D., 1998:** "Solanum species as hosts of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) ,Journal of Economic Entomology,91(3) p [634-638].
- Burrill T.J., 1883:** New species of *Micrococcus* (bacteria), The American Naturalist, 17 p [319].
- Burt S., 2004:** Essential Oils: their antibacterial properties and potential applications in foods a review, International Journal of Food Microbiology,94(3) p [224-253].
- CIPV., 2023:** PD 13 , *Erwinia amylovora* ,Protocoles de diagnostic pour les organismes nuisibles réglementés ,FAO , Rome , 25 p .
- Charkowski A.O., 2006 :** L'*Erwinia* à pourriture molle. In : Gnanamanickam S.S. (éd.) , *Bactéries Associées aux Plantes*, Springer ,Dordrecht, p [423-505.]
- Christ B.J., 1989:** Effect of planting date and inoculum level on incidence and severity of powdery se ab on potato , Potato Res, 32 p [419-424].
- Compant S., Duffy B., Nowak J.t al., 2005 :** Use of plant growth promoting bacteria for Biocontrol of plant diseases , principals, mechanisms of action ,and future prospects , Applied and Environmental Microbiology, 71 p [4951-9].
- Darpoux R., Dubelley M., 1967 :** Les plantes sarclées. Edition. J.B. Baillière et fils, Collection d'Enseignement Agricole, France, 307 p.
- Dickey R.S., Victoria J.I., 1980 :** Classification et description amendée des souches d'*Erwinia* isolées de *Musa paradisiaca Linnaeus*. Journal International de Bactériologie Systématique, 30 p [129-134].
- Dorman H.J.D., Deans S.G., 2000 :** Antimicrobial agents from plants, activity of plant volatile oils ,Journal of Applications Microbiology, 88 p [308-316].
- Duffy B., Scouten A.,2003 :** Pathogen self –defense, mechanisms to counteract microbial antagonism, Annual Review of Phytopathology, 41 p [501-538].
- Düring K., Porsch P., Fladung M., 1993 :** Transge- nic potato plants resistant to the phytopathogenic bacterium *Erwinia carotovora*, the Plant Journal,, 3 p [587-98].
- Dutertre J., 2011:** Enquête prospective au sein de la population consultanat dans les cabinets de mèdeicine général sur l'île de la Reunion : à propos des pla tes médicinales, utilisation, effets,

innocuité et lien avec le médecin généraliste. These doctorat d'État, Univ. Bordeaux 2-victor, France, 33 p.

Dye D., 1996: taxonomic study of genre, *Erwinia carotovora* group N.Z.J.SCI, 12 p [81].

El Tassa S.O.M., et Duarte V., 2006 : Identification de *pectobacterium carotovorum* subsp .brasilensis Através de PCR-RFLP do Gene *reca*. *Fitopatologia brasileira*, 31p [23-28].

Epstein L., Bassain S., 2003 : Patterns of pesticide use in california and the implications for strategies for reduction of pesticides, 41 p[351-75].

FAO, 2013: World food and agriculture. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. 289p.

FAO, 2017 : Revue du secteur de la pomme de terre en Algérie. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome.

Forbes I., 2006 : Governing the empire of biotechnology, N Genet Soc, 25 p [69-88].

Gardan L.Gouy.C., Christen R.,et Sanson R., 2003: Elevation of three subspecies of *pectobacterium carotovorum* to species level, *Pectobacterium atrosepticum* sp,nov *Pectobacterium betavascularum* sp .NOV et *Pectobacterium wasabiae*.sp .nov, International journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 53 p [381-391]

Gebhardt C., Valkonen J.P.T, .2001: Organization of genes controlling disease resistance in the potato genome, Annu Rev Phytopathol , 39p [79-102].

Guergah B., Kafi S., 2017: Etude de l'activité antibactérienne des trois huiles essentielles sur *Erwinia carotovora* ,agent responsable de la pourriture molle de la pomme de terre (*solanum tuberosum* l.) ,mémoire master , université 8 mai,guelma ,p 77.

Hamnache Hayat., 2017 : Durabilité de la culture de pomme de terre à Ourgla ,Mémoire de master, Université kasdi merbah, Ourgla ,78 p.

Hawkes J. G., 1990 : The potato, Evolution, Biodiversity and genetic resources, Belhaven Press, London, 259p.

Hélias v ., Androvon D ., Jouan B ., 2000 : Development of symptoms caused by *Erwinia carotovora subsp .Atroseptica* under field conditions and effects of these symptoms on the yield of individual potato plants , *plant pathology* , 49 p [23-32].

Hélias V., 2008 : *Pectobacterium sp* et *Dikeya sp* de pomme de terre nouvelle nomenclature pour *erwinia ssp* . symptomatologie ,épidémiologie et prophylaxie , 17 p [349-54].

Heuer H., Small K ., 1999 : Bacterial phyllosphere communities of *Solanum tuberosum L.* and T4-lysozyme-producing transgenic variants, *FEMS Microbiol Ecology* , 28 p [357-71].

INRA, 1999 : Techniques de Production de la Pomme de Terre au Maroc. *Transfert de Technologie en Agriculture*, 52 p [1-40].

Insart H., 1972 : Rapport d'homologation des variétés de pomme de terre I.T.C.M.I staoueli, Algérie, 12 p.

Iserin P., Masson M., Restellini J., Ybert E., De Laage A., Moullard F., Zha E., DE la Roque R., 2001: Larousse des plantes médicinales Identification, préparation soins, paris, 15 p.

ITCMI., 2008: la conservation et le stockage sous froid de la pomme de terre, 3p.

Jafarpour M., Golparvar A.R., Lotfi A., 2013 :Antibacterial activity of essential oils from *Thymus vulgaris* ,*trachyspermum ammi* and *mentha aquatica* against *Erwinia carotovora* in vitro ,p [115-118] .

Janse J.D.,Ruissen, M.A., 1988 : Characterization and classification of *Erwinia chrysanthemi* strains from several hosts in the Pays-Bas, *Phytopathology*, 78 p [800-808].

Johnson A., 2003 : Invitation à la chimie organique Editions de boeck ,Paris- bruxelles, 459 p.

Kalembe D., Kunicha A ., 2003 : Antibacterial et antifungal properties of essential oils ,current medicinal chemistry ,10 p [810-829].

Kenneth S., 1966 : Plants de pomme de terre, sources d'approvisionnement et traitement édit.I.C.N.P.D.T la Haye, 142 p.

Kloepper JW ., 1983 : Evaluation effect of seed piece inoculation with plant growth-promoting Rhizobacteria on populations of *Erwinia carotovora* on potato roots and in daughter tubers, *Phytopathologie*, 73 p [217-9].

Lahouel Z., 2015 : Etude diagnostique de la filière pomme de terre dans la région de Tlemen, thèse doctorat , université Tlemcen ,180 p.

Latour X.,Lemanceau P., 1997 : Métabolisme énergétique et carboné des *pseudomonas spp* Fluorescents a oxydase positive , Agronome,17 p [217-9].

Latour X., Delorme S., .Mirleau P., 2003 : Identification of traits implicated in the rhizosphere competence of fluorescent pseudomonas description of a strategy based on population and model strain studies, FEMS Microbiologie Ecology ,23 p [397-405].

Lelliott, R.A.; Dickey, R.S. 1984: Genus VII, *Erwinia*. In Bergey's manual of systematic bacteriology, Williams and Wilkins, Baltimore, Etats-Unis , p [469-476].

Lemage B., Kakuhenzire R., Ewell P., Priou S., 2005 :Integrated control of potato bacterial wilt in Estern africaa ,bacterial wilt disease and the ralstonia salanurisu, spraiice complex,American phytopatological press, USA , p [145-158].

Lottmann J., Heuer H., de Vries J.,2000 : Establishment of introduced antagonistic bacteria in the rhizosphere of transgenic potatoes and their effect on the bacterial community ,FEMS Microbiol Ecology ,32 p [41-49].

Lottmann J., Heuer H., Smalla K.,1999 : Influence of transgenic T4-lysozyme-producing potato plants on potentially beneficial plant associated bacteria, FEMS Microbiol Ecology , 29 p [365-77].

Loza T.H., 1999 : Monoterpenes in Essential oils, biosynthesis and properties, phytochemistry, 6 p [313-339].

Lyon GD.,1989 : The biochemical basis of resistance of potatoes to soft rot *Erwinia sp.* , Plant pathology, 38 p [313-39].

Moreau M., feuilloley M.G.J., Orange N., 2005 : Lethal effect of the gliding arc discharges on *Erwinia sp.*,Journal of Applied Microbiology , 98 p [1039-1046].

Myskja B.k., 2006 : The moral difference between intragenic and transgenic modification of plants , Journal of Agricultural and Environmental Ethics, 19 p [225-238].

Ngwira N., Samson, R., 1990 : *Erwinia chrysanthemi* description of two new biovars by 8 by 9

isolated from kalanchoe and maize host plants, *Agronomie*, 10 p [341-345].

Pasco c.,2005a : Comportement variétal de pomme de terre vis-à-vis des pourritures molles :test sur tubercules en conditions contrôlées, *Cahiers Technique INRA*, p [183-7].

Pasco c .,2005b : Comportement variétal de pomme de terre vis-à-vis des pourritures molles et de jambe noir , test au champ et en conditions contrôlées, *Cahiers Technique INRA* , p [177-81].

Pèromblelon M.C.M., 1972 : Sites of contamination and numbers of *Erwinia Carotovora* present in stored seed potato stoks in Scotland *Annales Applied Biology* ,74 p [59-65].

Pèromblelon M.C.M., 1992: Diversity in *Erwinias* as plant phatogense, *Plant phatogenic bacteria*, France, p [9-12].

Pèromblelon M.C.M., 2002: Potato diseases caused by soft rot *Erwinias* , an overview of pathogenesis, *plant pathology*, 11p [231-235].

Pèromblelon M.C.M., and Kelman A., 1980: Ecology of the soft rot *Erwinias* .*Annual Review of phytopathology* , 18 p [361-387].

Pèromblelon M.C.M., and Kelman A.,1987 :Blackleg and other potato diseases caused by soft rot erwinias ;proposel for revision of terminology, *Plant Disease*, 71 p [283-285].

Powney R., Beer S., Plummer K., Luck J., et Rodoni B.,2011: The specificity of PCR-based protocols for detection of *Erwinia amylovora*. *Australian Plant Pathology*, 40 p [87-97].

Powney R., Smits T.H., Sawbridge T., Frey B., Blom J., 2011b: Genome sequence of an *Erwinia amylovora* straine ,*Journal oh biotevhnology*,193 p [2024-2025].

Priou S., Jouan B.,1996 : Les maladies provoquées par Les bactéries pathogènes du genre *Erwinia*, *INRA* ,France ,56 p.

QUEZEL P., ET SANTA S., 1963 : Nouvelle flore de l'Algérie et des Régions Désertiques, méridionales. Ed.Centre de Recharche scientifiques (C.N. R. S),Paris, p [571,1170].

Rhodes DJ ., Logan C ., 1987: A method for selecting fluorescent pseudomonas inhibitory To seed tuber deceay, potato resesarch ,30 p [603-611].

Rousselle P., Robert Y., et Grossuer J.C., 1996 : La pomme de terre production, Amélioration, Ennemis et Maladies Utilisation, R Doun, 278 p.

Rousselle P., Robert Y., et Crosnier, J.C. 1996 : La pomme de terre : Production amélioration, ennemis et maladies, utilisation, INRA ,278 p .

Rousselle, P., Robert, Y., Crosnier.J.C., 1996 : La pomme de Terre production, Amélioration, Ennemis et maladies, Utilisations, INRA,ITCF,ITPT,Paris. ,278 p

Sanogo R., 2006: le rôle des plantes médicinales en médecine traditionnels développement, Environnement et santé, 53p

Scott L., 1998: Heroin A Hundred-Year Habit, History Today, (9) 48p.

Semal J.,1989 : Les bactéries phytopathogènes : biologie et taxonomie. Presses Agronomiques Gembloux ,160 p.

Soltner D., 2005 : Les grandes productions végétales céréalières, plantes sarclées prairies, 20^{ème}Ed, collection sciences techniques agricoles,464p.

Slamani L., et Itouchene D., 2016 :Etude de l'activité antibactérienne des extraits végétaux d'une gamme de plantes contre l'agent responsable de la pomme de terre (*Erwinia sp*) , Mémoire de Master ,Université M Bougara , Boumerdes , 92 p.

Starr M.P., Cardona C., ;Folsom D., 1951 : Bacterial fire blight of raspberry, Phytopathology, 41 p [515-559].

Van der Zwet T., 2004: Present worldwide distribution of fire blight and closely related diseases, Acta Horticulturae, 704 p [35].

Varzakas T.H., Arvanitoyannis I.S., 2007:. The politics and science behind GMO acceptance, Critical Reviews in Food Science Nutrition , 47 p[335-61].

Vichova J., Jilkova B.,Kmoche M.,2024:In vitro and in vivo antibacteriel activity of selected essential oil coponentes against *pectobacterium carotovorum subsp.*and *pectobacterium atrosepticaum* causing bacterial soft rot of potato ,10(11) p [e32081] .

Wichtl M., Anton R., Bernard M., Czygan F., 2003: Plantes thérapeutiques tradition pratique officinale science et thérapeutiques, Ed Médicinales internationale ,15p.

Xu G.W., Gross D.C., 1986 : Selection of fluorescent pseudomonas antagonistic to *Erwinia carotovora* and suppressive of potato seed piece decay, phytopathology , 76 p [414-22] .

Yaganza E., 2004 : Ultrastructural alterations of *Erwinia carotovora subsp .atroseptica* caused by treatment with aluminum chloride and sodium metabisulfite, Applied and Environmental Microbiology , 70 p [6800- 6808].

Yaganza E.,2005 : Utilisation post -récolte de ses organique et inorganique pour lutter contre la pourriture molle de la pomme de terre : base physico-chimique, Thèse PH, Université Laval, Québec, Canada, 188 p.

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB BLIDA 1

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DÉPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE ET AGROÉCOLOGIE



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master Académique

Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes

**EVALUATION DU POTENTIEL ANTIBACTÉRIEN DE DEUX HUILES
ESSENTIELLES VIS À VIS DE *Erwinia Carotovora* AGENT CAUSAL DE
LA JAMBE NOIRE DE LA POMME DE TERRE AU COURS DE LA
CONSERVATION.**

Présenté par :

Serir Hania

Abbassi Fatima

Date de soutenance :

30/06/2025

Devant le jury :

BACHIR K.	M.C.B	U. BLIDA 1	Présidente
MESSGO MOUMENE S.	Pr.	U. BLIDA1	Examinatrice
BOUTEKRAÏT N.	M.C.B	U. ALGER 1	Promotrice
SADDEK D.	M.C.B	I.N.P.V	Co-promotrice

Blida, 2024-2025.

Dr. Rouane S.