

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحي جيجل

Université M-Seddik Benyahia – Jijel

Faculté des Sciences de la Nature et de
la Vie

Département : Sciences de
l'Environnement et Sciences
Agronomiques



كلية علوم الطبيعة و الحياة
قسم: علوم البيئة والعلوم
الفلاحية

Mémoire de Master

Filière : Sciences Biologiques

Option : Toxicologie Fondamentale et Appliquée

Thème

Evaluation de L'activité antifongique des extraits des lichens

Membres de Jury

- Présidente : M^{me} Derdoukh W.
- Examinatrice : M^{me} Bouziane Z.
- Encadrante : M^{me} Lemzeri H.

Présenté par :

- M^{lle} Bousenna Sara.
- M^{lle} Chabloua Zineb.

Année Universitaire 2018-2019

Numéro d'ordre (bibliothèque) :

Remerciement

En premier, nous remercions le bon dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé, le courage et de la patience pour être ce que nous sommes aujourd'hui et pour mener à terme ce modeste travail.

*Nous remercions **M^{me} Lemzeri, H** Maître-assistante et Charge de cours, à l'Université de Jijel, encadreur de cette étude, de nous avoir guidés et conseillés durant notre travail de recherche, ainsi que pour sa gentillesse et sa simplicité. Nous la remercions pour son soutien lors de la conduite de ce travail.*

*Nous adressons nos vifs remerciements à **M^{me} Derdoukhe W.**, Pour avoir aimablement accepté la Présidence du Jury.*

*Nous remercions **M^{me} Bouziane, Z** Pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

A tous les enseignants qui ont contribué à notre formation et aux étudiants de notre promotion qui nous ont fait part de leur amitié et solidarité, nous témoignons notre profonde gratitude.

Sommaire

Liste des figures	iv
Liste des tableaux.....	vi
Liste des abréviations.....	vii

Introduction générale

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Partie I Revue bibliographique

Chapitre I : Généralités sur les lichens

I. Généralité	4
I.1. Introduction	4
I.2. Définition	5
I.3. Morphologie des lichens	5
I.4. Symbiose des lichens	7
I.5. Reproduction des lichens	7
I.5.1. Reproduction végétative	7
I.5.2. Reproduction sexuée	8
I.6. Usage des lichens	8
I.6.1. Usages alimentaires	8
I.6.2. Usages médicaux	8
I.6.3. Usages industriels	9
I.7. Ecologie des lichens et bioindication lichénique	9

Chapitre II : Généralités sur les pesticides et les biopesticides

II.1. Généralité sur les pesticides	10
II.1.1. Introduction	10
II.1.2. Définition	10
II.1.3. Classification des pesticides	10

II.1.4. Effets des pesticides sur la santé	11
II.1.4.1. Intoxications aiguës	11
II.1.4.2. Intoxications chroniques	11
II.1.5. Effets des pesticides sur l'environnement	11
II.1.6. Effet des pesticides sur végétation	12
II.1.7. Effet des pesticides sur les animaux	12
II.1.7.1. Intoxication aiguë	12
II.1.7.2. Intoxication chronique	12
II.1.7.3. Intoxication secondaire	12
II.1.7.4. Effets indirects	13
II.2. Généralités sur les biopesticides	13
II.2.1. Définition	13
II.2.2. Les différentes catégories de biopesticides	14
II.2.2.1. Bio-pesticides microbiens	14
II.2.2.2 Biopesticides animaux	15
II.2.2.2.1. Hormones d'insectes	15
II.2.2.2.2 Toxines spécifiques aux insectes	15
II.2.2.2.3. Phéromone	15
II.2.2.3. Biopesticides végétaux	16
II.2.3. Biopesticides issus de lichens	16
II.2.3.1 Activités antibactériennes	16
II.2.3.2. Activités antifongiques	17
II.2.4. Avantages et inconvénients	17

III.2.4.1. Avantages	17
III.2.4.2. Inconvénients	17

Chapitre III: Généralités sur les champignons

III. Généralités.....	19
III.1. Le genre <i>Aspergillus</i>	19
III.1.1. Caractères généraux	19
III.1.2. Pouvoir pathogène	19
III.2. Le genre <i>Fusarium</i>	20
III.2.1. Caractères généraux	20
III.2.2 Pouvoir pathogène	20
III.3. Le genre <i>Botrytis</i>	21
III.3.1. Caractères généraux	21
III.3.2. Pouvoir pathogène.....	21

Partie II partie expérimentale

Chapitre IV : Matériel et Méthodes

IV.1. Matériels biologiques.....	23
IV.1.1. Les espèces lichéniques.....	23
IV.1.1.1. La Récolte.....	23
IV.1.1.2. Identification des lichens récoltés.....	24
IV.1.1.3. Séchage.....	26
IV.1.1.4. Extraction.....	26
IV.1.1.5. Rendement d'extraction.....	27
IV.1.1.6. Préparation des concentrations.....	27

IV.1.2. Les moisissures.....	28
IV.1.2.1. Recherche des agents pathogènes.....	28
IV.1.2.2. Isolement et purification de l'agent pathogène.....	30
IV.1.2. 3. Purification des isolats fongiques.....	30
IV.1.2.4. Détermination de l'activité antifongique des extraits.....	31
IV.1.2.4.1. Matériel utilisés	31
IV.1.2.4.2. Évaluation de la croissance mycélienne.....	32
IV.1.2.4.3. Évaluation de la sporulation.....	33
IV.1.2.4.4. Test de germination	33

Chapitre V : Résultats et discussion

V.1. Résultat	35
V.1.2. Rendement de l'extraction	38
V.1.3. Evaluation de l'activité antifongique des extraits de lichens	38
V.1.3.1. Effet des extraits de <i>Lobaria pulmonaria</i> sur la croissance mycélienne.....	39
V.1.3.1.1. Effet des extraits de <i>Lobaria pulmonaria</i> sur la sporulation	41
V.1.3.2. Effet des extraits de <i>Cladonia foliacea</i> sur la croissance mycélienne	43
V.1.3.2.1. Effet des extraits sur la sporulation	47
V.1.3.2.2. Effet des extraits sur la germination des spores	49
V.2. Discussion	51
Conclusion	53
Références bibliographiques.....	54

N° des figures	Titre	Page
01	Représentation des différents types des thalles lichéniques.	06
02	Schéma représentatif de la symbiose lichénique.	07
03	Schéma représentatif de la reproduction sexuée.	08
04	Mode d'action de <i>Bacillus thuringiensis</i> chez les Lépidoptères.	14
05	Image satellitaire des deux stations de la récolte à Jijel.	23
06	Protocole de préparation de l'extrait lichénique.	27
07	Zone de prélèvement des échantillons.	28
08	Aspect macroscopique des colonies de différents isolats fongiques.	30
09	Divers champignons isolés choisis dans notre étude	31
10	Schéma du procédé opératoire.	32
11	Photographies d'une culture de 7 jours de <i>Fusarium sp.</i> sur gélose SAB.	35
12	Observation microscopique de la souche <i>Fusarium sp.</i> à l'objectif × 40.	36
13	Photographies d'une culture de 7 jours d' <i>Aspergillus sp.</i> sur gélose SAB.	36
14	Observation microscopique d' <i>Aspergillus sp.</i> à l'objectif × 40.	36
15	Photographies d'une culture de 7 jours de <i>botrytis sp.</i> sur gélose SAB. à l'objectif ×40.	37
16	Rendements massiques obtenus pour l'extraction classique chez <i>Cladonia foliacea</i> et <i>Lobaria pulmonaria</i> .	38
17	Effet des extraits sur la croissance mycélienne du <i>Fusarium sp.</i>	39
18	Effet des extraits sur la croissance mycélienne du <i>Botrytis sp.</i>	40
19	Effet des extraits sur la croissance mycélienne d' <i>Aspergillus sp.</i>	40
20	Résultat de la croissance radiale du <i>Fusarium sp.</i> en présence des extraits lichéniques.	41
21	Effet des extraits sur la sporulation du <i>Fusarium sp.</i>	42

22	Effet des extraits sur la sporulation de <i>Botrytis sp.</i>	42
23	Effet des extraits sur la sporulation d' <i>Aspergillus sp.</i>	43
24	Effet des extraits sur la croissance mycélienne du <i>Cladonia foliacea</i> .	45
25	Résultat de la croissance radiale du <i>Botrytis sp.</i> en présence des extraits lichénique.	46
26	Résultat de la croissance radiale du <i>Fusarium sp.</i> en présence des extraits lichénique de <i>Cladonia foliacea</i> .	46
27	Effet des extraits du <i>Cladonia foliacea</i> sur la réduction de la sporulation.	48
28	Effet des extraits de <i>Cladonia foliacea</i> sur la réduction de la germination.	50

N° des tableaux	Titre	Page
01	Exemples de biopesticides fongiques et leur mode d'action.	14
02	Classification des espèces <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Fusarium sp.</i> et <i>Botrytis sp.</i>	22
03	Données géographiques de la station d'études.	24
04	Description botanique et classification des lichens étudiés.	25
05	Quelques maladies observées chez les cultures dans les serres.	29

AF36 : *Aspergillus flavus* 36.

ATCC: American Type Culture Collection.

B. cinerea : *Botrytis cinerea*.

B. pseudo cinerea : *Botrytis pseudo cinerea*.

B. aclada : *Botrytis aclada*

CMI : La concentration minimale d'inhibition.

DDT : dichlorodiphényl-trichloroéthane .

DMSO : diméthylsulfoxyde

g : gramme .

H : Heure.

HIV :Virus du Sida - Virus de l'immunodéficience humaine.

Ig : Inhibition de la germination.

Ic : Inhibition de la croissance mycélienne.

Is : Inhibition de la sporulation.

Km : Le kilomètre.

Min : Minute.

Mm : Millimètre.

NaCLO : l'hypochlorite de sodium.

PH : Potentiel hydrogène.

SAB : Gélose de Sabouraud.

SIDA : Le syndrome d'immunodéficience acquise.

T° : Température.

Introduction

L'agriculture est affectée négativement par de nombreux organismes nuisibles tels que bactéries, champignons, mauvaises herbes et insectes, ce qui entraîne une baisse de rendement et une qualité médiocre du produit (**Kumar, 2012**).

Les maladies des plantes sont le résultat d'une cause dite pathologique (biotique ou abiotique), provoquant une perturbation des organismes, manifestée par des signes extérieurs entraînant une réduction de la vigueur ou de la production. Parmi les causes biotiques prennent place les champignons phytoparasites. Les maladies provoquées, sont qualifiées de cryptogamiques. Le terme de moisissure est généralement employé pour désigner l'altération plus ou moins importante de tout organe végétal (feuille, tige, fruit et racine) sur la plante ou après la récolte, recouvert de traces poudreuses ou pelucheuses, présumées se rapporter à un champignon microscopique, lequel reçoit parfois (abusivement) la même appellation (**Declert,1990**).

Depuis les années 1960, la méthode la plus courante de lutte contre les ravageurs a été l'utilisation intensive de pesticides synthétiques (**Nicholson, 2007**).

Les pesticides sont largement utilisés en agriculture parce qu'ils sont peu coûteux, faciles et efficaces pour lutter contre les ravageurs, les maladies et les mauvaises herbes (**Stanley et Preetha 2016**).

La technologie de la révolution verte caractérisée par l'utilisation de variétés à haut rendement, des engrais chimiques, des pesticides et de l'eau a entraîné une croissance phénoménale de la productivité agricole. Bien que les gains ont été très impressionnants, l'agriculture intensive en intrants a eu des effets indésirables sur l'ensemble de l'environnement (**Kumar, Chandra et al., 2008**).

Cependant, l'application systématique et peu judicieuse de pesticides chimiques entraîne le développement d'une résistance chez les insectes nuisibles, la destruction des organismes utiles et l'augmentation des résidus de pesticides, ce qui peut mettre en danger la santé humaine et perturber l'équilibre écologique dans le biome vivant (**Rizvi, Choudhury et al., 2009**).

L'utilisation de biopesticides est l'une des alternatives prometteuses. Ils peuvent remplacer, au moins en partie, certains pesticides chimiques dangereux lorsqu'ils sont intégrés à une technologie de gestion intégrée des cultures (**Kumar, Talwaar et al., 2010**).

Le concept de « biopesticide » n'est pas nouveau. Dès le 7e siècle av. J.-C., des fermiers chinois utilisaient des plantes comme *Illicium lanceolatum* pour protéger leurs cultures contre les insectes (**Leng, Zhang et al., 2011**).

De même, au Moyen-Âge, des végétaux comme les aconits étaient utilisés contre les rongeurs et des récits indiens datant du 17^e siècle rapportent l'utilisation de racines de *Derriset* de *Lonchocarpus* pour leurs propriétés insecticides (**Deravel, Krier et al., 2014**).

Avant 1995, presque aucune recherche n'avait été menée sur les biopesticides, mais récemment, un grand nombre de nouveaux biopesticides ont été étudiés, testés et mis sur le marché. À la fin de 2008, il y avait environ 245 biopesticides enregistrés aux États-Unis (**Fountain et Wratten, 2013**). De nos jours, ils sont classés en trois grandes catégories selon leur origine (microbienne, végétale ou animale) (**Chandler et al., 2011 ; Leng et al., 2011**).

Les biopesticides posent moins de risques pour l'environnement et la santé humaine. Ils sont généralement moins toxiques que les pesticides chimiques, ciblent souvent des cibles spécifiques, n'ont que peu ou pas d'effets résiduels et sont acceptables pour une utilisation en agriculture biologique (**Kumar, 2012**).

Bien qu'il est recensé plus de 10 000 problèmes pathologiques, certains pathogènes (ou maladies) demeurent invariablement plus difficiles à réprimer et sont responsables d'une forte proportion des applications de fongicides en agriculture. Parmi ces maladies, la moisissure grise (chancre de tige) causée par *Botrytis cinerea*, le blanc (ou Oïdium) causé par les Érysiphales, ainsi que les pourritures racinaires (fontes de semis) causées entre autres par *Pythium* spp. causent des pertes annuelles importantes sur une vaste gamme de produits agricoles tant au niveau horticole que grande culture (**Venne et Bélanger, 2006**).

Par exemple, les céréales sont notamment soumises à la septoriose, l'oïdium, les piétins et rhizoctones, les rouilles (brune ou jaune), les charbons, l'helminthosporiose ou encore, les fusarioses (**Charmet et al., 2016**). Toutes ces maladies sont provoquées par des agents fongiques dont certains produisent aussi des mycotoxines (**Reddy et al., 2010**). Ces maladies vont généré à la fois des pertes de rendements directes au champ, mais aussi indirectes via les contaminations en mycotoxines. Il est estimé que 25% de la production alimentaire mondiale issue de cultures végétales contiendraient des mycotoxines (**Reddy et al., 2010**). Les mycotoxines considérées comme les plus problématiques sont les aflatoxines, l'ochratoxine A, la patuline, le déoxynivalénol, la zéaralénone, les fumonisines et les toxines T-2 et HT-2 (**Reddy et al., 2010; Charmet et al., 2016**). Ces métabolites présentent des toxicités variées : hépatotoxique, cancérigène, neurotoxique, perturbateur endocrinien, immunotoxique ou néphrotoxique (**Reddy et al., 2010**). Elles sont produites majoritairement par les espèces fongiques du genre *Aspergillus* et *Penicillium* pour les trois premières, et par les espèces du genre *Fusarium* pour les autres. C'est pourquoi plusieurs

efforts de recherche ont récemment été investis dans le développement de biopesticides spécifiquement adaptés à la lutte contre ces maladies.

Sur la base des plus récentes données scientifiques, on constate qu'il y a un grand retour vers la nature et les plantes qui nous donne un arsenal de produits naturels d'intérêt, ils apparaissent comme étant les plus susceptibles à une alternative technologique moins dangereuse que les produits chimiques. Ainsi dans cette vision et d'après les recherches les lichens présentent une voie prometteuse.

Les lichens sont des organismes symbiotiques composés d'un champignon (mycobionte) et d'une algue (photobionte). Ils produisent des métabolites secondaires caractéristiques, qui se produisent rarement dans d'autres organismes. Les lichens et ses métabolites exercent diverses activités biologiques, notamment antimicrobiennes, antifongiques, antivirales, antiprotozoales, antiproliférantes, antioxydant et anti-inflammatoire (**Behera et al., 2005 ; Halama et Van Haluwin, 2004 ; Ingolfssdottir, 2002; Müller,2001; Perry et al.,1999; Yamamoto et al.,1998**).

La recherche d'alternatives aux molécules synthétiques dans la lutte contre les moisissures est à l'origine de cette étude.

Cette étude comporte deux parties. La première partie comporte trois chapitres qui présentent une revue de littérature qui traite, entre autres, des lichens, de pesticides, de biopesticides et des moisissures. La seconde partie comporte deux chapitres qui sont consacrés à la description du matériel, des méthodes utilisés et rapportent les résultats, leur analyse, discussions, une conclusion et quelques perspectives clôturerons la présente étude.

Recherche bibliographique

Chapitre I

Généralités sur les lichens

I. Généralité

Les lichens constituent un groupe de végétaux souvent mal connus des naturalistes non spécialisés et pratiquement ignorés du grand public. Ils sont présents partout et impriment leur marque aux détails des paysages. Ils passent généralement inaperçus et lorsqu'ils sont remarqués, ils sont considérés comme de la "mousse" (**Asta, 1975**).

I.1. Introduction

Les lichens aient été collectés pour la première fois dans la Terre de Feu vers 1690 par George Handisyd, chirurgien de l'East Indiaman, à Modène, ils ont été collectés, décrits, illustrés et publiés jusqu'à la fin du XVIIIe siècle (**Galloway, 1991**). En 1694, les lichens ont d'abord été séparés par Tournefort (**Perez-Liano, 1944**).

Les lichens et leurs métabolites sont utilisés depuis longtemps par les humains. Dès 1907, Zopf publie un ouvrage sur les aspects chimiques, pharmacologiques et techniques des substances lichen. A cette époque, il savait peu de choses sur la chimie des lichens et ce n'est qu'entre 1920 et 1945 qu'Asahina et Shibata ont réussi à élucider les caractéristiques structurales de nombreux composés (**Huneck, 1999**).

En Algérie, des expéditions de naturalistes ont eu lieu et des collections d'espèces lichéniques récoltées ont été identifiées (**Boutabia, 2015**).

Les premières herborisations lichénologiques en Algérie furent faites en 1840 sous la direction de Bory de St-Vincent. L'étude des lichens récoltés faite par Montagne et Durieu de Maisonneuve a été publiée à Paris en 1846. Nylander dans le « Prodromus lichenographiae Galiae et Algériens » cite 189 lichens commun en Algérie. En 1854, le célèbre lichénologue publia ses 4 études sur les lichens de l'Algérie où figurent 167 espèces : 141 appartiennent à Durieu, 25 ont été récoltées par Balansa, 1 par M. Cosson d'après Flagey (1896) (**Ait Hammou, 2015**).

I.2. Définition

Les lichens sont des symbioses entre une algue et un champignon. L'algue (photobionte) fournit au lichen des éléments nutritifs par la photosynthèse, et le champignon (mycobionte) aide à l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs environnants (**Pavithra et al., 2013**).

Les lichens sont omniprésents et prospèrent bien même dans des conditions environnementales difficiles (**Sachin et al., 2018**).

I.3. La morphologie des lichens

La morphologie des lichens est sous la forte dépendance des contraintes environnementales (**Nash, 2008**). **Van Haluwyn et Asta, (2009)**, distinguent généralement 7 types de thalles (**Figure 01**) :

- **Les thalles gélatineux** : noirs et cassants à l'état sec, ils sont gélatineux, pulpeux à l'état humide.
- **Les thalles foliacés** : l'appareil végétatif présente une forme de lame ou de feuille plus ou moins lobée, et se détache généralement facilement du substrat. Le thalle est fixé au substrat soit par des rhizines soit par des crampons.
- **Les thalles fruticuleux** : la surface de contact avec le substrat est très réduite. Les thalles sont plus ou moins ramifiés, dressés ou pendants.
- **Les thalles crustacés** : le thalle pénètre parfois si profondément dans le substrat (terre, écorce ou roche) qu'on ne peut le détacher sans prélever le substrat lui-même (90% des lichens sont crustacés).
- **Les thalles squamuleux** : ces thalles se présentent sous forme de petites écailles qui peuvent se chevaucher partiellement.
- **Les thalles lépreux** : à l'œil nu, ces thalles ressemblent à de la poudre qui se détachent facilement du substrat.

- **Les thalles composites** : formés d'un thalle primaire plus ou moins foliacé ou squamuleux, adhérent au substrat, sur lequel se développe un thalle secondaire dressé, plus ou moins ramifié, ou en forme de trompette.

Thalles gélatineux	Thalles foliacés		Thalles fruticuleux
	<i>Fixation par rhizines</i> 	<i>Fixation par crampons</i> 	
<i>Collema undulatum</i> ^a Laurer ex Flot.	<i>Xanthoria elegans</i> ^a (Link) Th. Fr.	<i>Umbilicaria cylindrica</i> ^a (L.) Del.	<i>Ramalina cuspidata</i> ^a (Ach.) Nyl.
Thalles crustacés	Thalles squamuleux	Thalles lépreux	Thalles composites
			
<i>Pertusaria albescens</i> ^a (Huds.) Choisy & Werner	<i>Normandina pulchella</i> (Borrer) Nyl. ^b	<i>Lepraria neglecta</i> ^a (Nyl.) Lettau	<i>Cladonia floekeana</i> ^a (F.) Flörke

a) Photographies issues de l'association française de lichénologie.

b) Photographie issue d'Irish Lichens.

Figure 01 : Représentation des différents types des thalles lichéniques (Parrot, 2014).

I.4. La symbiose lichénique

Dans les lichens, le champignon (mycobiont) assure une protection mécanique pour l'algue, limitant le risque d'assèchement ou d'éclairement, grâce à son rôle dans l'approvisionnement en eau et en minéraux (**Figure 02**). Le partenaire algal (photobiont) fournit au champignon les hydrates de carbones et les substances azotées par photosynthèse, tandis que les cyanobactéries produisent du simple glucose (**Amar, 2003**).

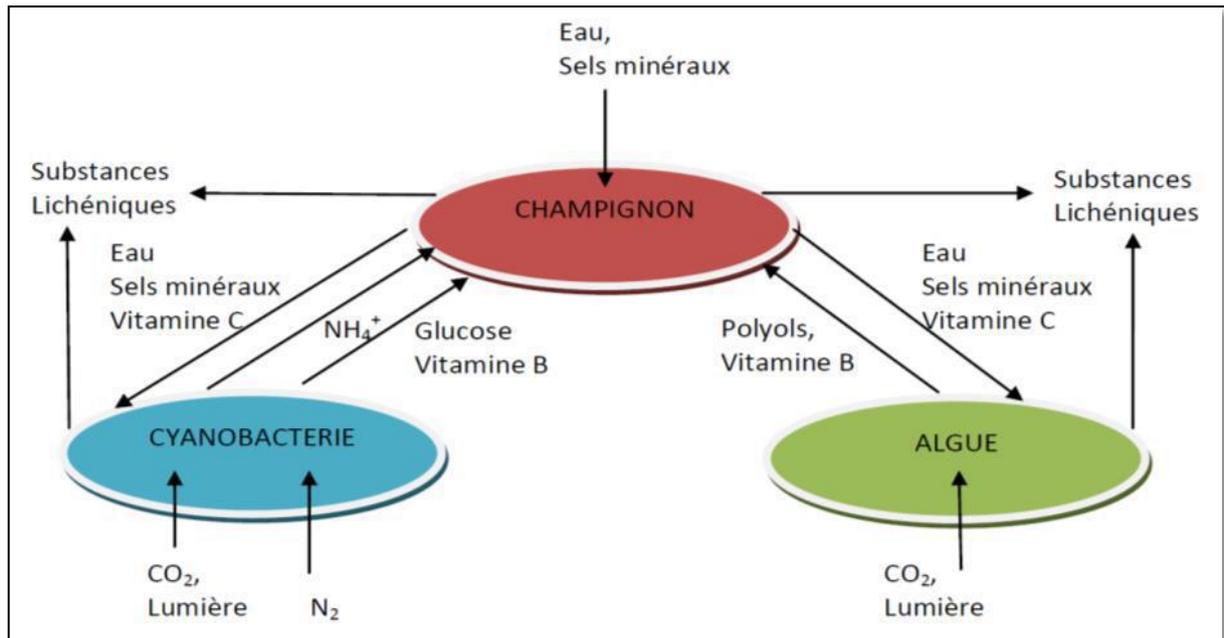


Figure 02 : Schéma représentatif de la symbiose lichénique (**Van Haluwyn et Asta, 2009**).

I.5. La reproduction des lichens

Les lichens sont capables de se reproduire selon deux modes : soit par reproduction végétative, soit par reproduction sexuée (**Murtagh et al., 2000**).

I.5.1. La reproduction végétative

Les lichens sont des organismes reviviscents, capables de subsister longtemps devenant cassant à l'état sec. Leurs fragments dispersés par le vent ou les animaux peuvent engendrer de nouveaux individus. Ce mode de reproduction est fait grâce à des organes tel que les soralies et les isidies.

Le thalle se déchire et émet des sorédies, Ces sorédies émettent de petits granules légers appelés sorédies qui se séparent facilement du thalle, transportées par le vent, la pluie, les insectes, et permettent une dissémination de l'espèce.

Le thalle émet des petits bourgeons contenant les algues et les hyphes appelés isidies. Ces isidies se détachent mais, plus lourdes, elles tombent à proximité et permettent la colonisation d'un même endroit (Sérusiaux et al., 2004 ; Nash, 2008).

I.5.2. La reproduction sexuée

Les apothécies sont des organes qui indiquent la reproduction sexuée. Les deux hyphes fongiques sexuellement (« Hyphes + » et des « hyphes - ») différenciées fusionnent et donnent des boutons appelés apothécies, ces derniers vont produire des spores. Ces spores germent et donnent des hyphes qui capturent des algues pour pouvoir redonner un nouveau thalle lichénique (Figure 03) (Sérusiaux et al., 2004 ; Nash, 2008).

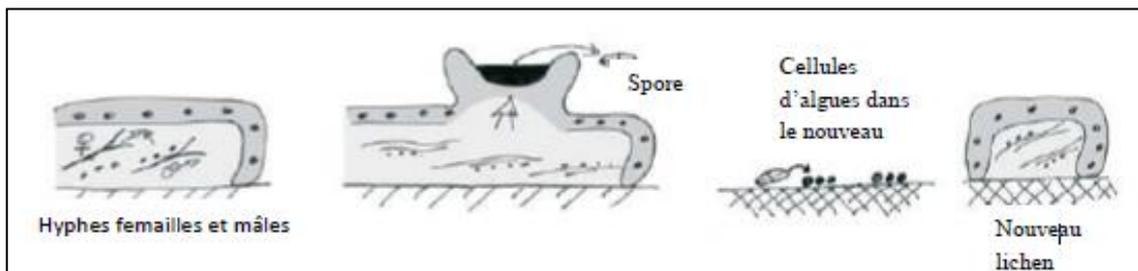


Figure 03 : Schéma représentatif de la reproduction sexuée (Bellenfant et al., 2010).

I.6. Usages des lichens

Depuis l'antiquité, les lichens ont été utilisés comme médicaments, aliments, teintures ou parfums.

I.6.1. Usages alimentaires

Plusieurs espèces lichéniques sont utilisées comme source d'alimentation pour les animaux par exemple, les rennes, porcs, d'autres peuvent également être consommés comme aliment pour l'homme dans certaines régions (Souchon, 1971).

I.6.2. Usages médicaux

La plupart des vertus médicinales de quelques lichens expliquent leur utilisation depuis les temps. Les lichens furent étudiés pour la recherche d'antibiotiques, des espèces ont révélé des

propriétés antibactériennes, antitumorales et inhibitrices de la réplication du virus du SIDA (Souchon, 1971).

I.6.3. Usages industriels

Les espèces de lichens peuvent fournir des teintures de haute qualité. En retour d'autres les utilisaient pour la confection des maquettes, des couronnes funéraires, décoration de tables (Souchon, 1971).

I.7. Ecologie des lichens et bioindication lichénique

Le grand nombre de lichens, leur extrême diversité structurale et les larges possibilités que leur offre la symbiose, entraînent une grande variété de leur écologie.

- ✓ La dépendance plus ou moins grande vis -vis du substrat, est croissante des lichens fruticuleux aux foliacés et aux crustacés, les substrats présentent des caractères physique (dureté, porosité) ou chimique (PH, teneur en calcium) influencent la répartition des lichens.
- ✓ L'exigence photophile, conséquence de la faible biomasse relative des cellules chlorophylliennes.
- ✓ La réviviscence, qui permet la colonisation de milieux à sécheresse temporaire, sans masquer pour autant la loi général, valable pour les lichens aussi, de la plus grande richesse des stations et des climats humides.
- ✓ La résistance aux basses températures, qui entraîne la richesse en lichens des montagnes et des régions nordique (Ozenda, 2000).

Les lichens sont d'excellents indicateurs des effets des polluants sur l'environnement (Deruelle, 1978). Contrairement aux végétaux supérieurs, ils n'ont pas de vaisseaux conducteurs ni de système racinaire, ce qui assure une exposition quasi exclusive aux composés d'origine atmosphérique. Ce constat a incité les chercheurs à utiliser les lichens de diverses manières. La sensibilité intrinsèque de ces espèces face aux phytotoxiques urbains permet d'établir l'ampleur des effets des polluants sur des espèces sentinelles de l'environnement (McCarthy et Vaughan, 2004). La présence d'une grande variété d'espèces et leur abondance sont généralement indicatrices d'une bonne qualité de l'air (Gombert et Asta, 2006 ; Thormann, 2006).

Chapitre II

**Généralités sur les pesticides
et les biopesticides**

II.1. Généralités sur les pesticides

II.1.1. Introduction

Les pesticides sont l'une des rares substances toxiques rejetées délibérément. Dans l'environnement pour tuer les organismes vivants. Bien que le terme pesticide soit souvent mal compris pour désigner uniquement les insecticides, il s'applique également aux herbicides, aux fongicides et aux divers autres substances utilisées pour lutter contre les ravageurs (**Matthews, 2006**).

II.1.2. Définition

Le terme "pesticides" est une appellation générique couvrant toutes les substances (molécules) ou produits (formulations) qui éliminent les organismes nuisibles, qu'ils soient utilisés dans le secteur agricole ou dans d'autres applications (**ACTA, 2005**).

Les pesticides sont des formulations contenant une ou plusieurs substances chimiques minérales ou organiques dont un petit nombre est extrait ou dérivé des plantes (**Errami, 2012**).

Les pesticides à usage agricole peuvent être désignés de différentes façons : produits phytosanitaires pour les firmes qui les fabriquent et les vendent, produits phytopharmaceutiques pour la réglementation européenne et produits agropharmaceutiques pour les scientifiques agronomes (**Merhi, 2008**).

II.1.3. Classification des pesticides

❖ Il existe principalement trois grandes familles de produits phytosanitaires selon la nature des cibles visées : les herbicides, les fongicides et les insecticides (**Mehri, 2008**).

❖ Selon la nature chimique de la substance active majoritaire. Les principaux groupes chimiques comprennent les organochlorés, les organophosphorés, les carbamates, les pyréthrinoïdes, les triazines et les urées substituées (**Mehri, 2008**).

Les pesticides peuvent être classés selon leurs modes d'action ou d'autres paramètres pris en considération.

II.1.4. Effets des pesticides sur la santé

La toxicité aiguë résultant d'une mauvaise utilisation ou d'un usage accidentel des pesticides est un phénomène connu, mais qui ne concerne qu'un contingent peu important des maladies professionnelles et des accidents domestiques (**De Jaeger et al., 2012**).

La majorité des problèmes de santé liés aux pesticides repose sur l'exposition prolongée et l'intoxication chronique à ces produits phytosanitaires, sachant que leurs effets tardifs sont d'autant plus dangereux qu'ils sont difficiles à cerner (**Payán-Rentería et al., 2012**).

II.1.4.1. Intoxications aiguës

D'après la recherche de (**Batsch, 2011**), on peut citer quelques exemples d'intoxications liées à certaines grandes familles de fongicides, insecticides et herbicides.

- ✓ **Insecticides** : tel que **les organochlorés** qui ont une action de perturbation enzymatique par stimulation du système nerveux central.
- ✓ **Fongicides** : comme **les strobilurines** qui génèrent des irritations cutanéomuqueuses.
- ✓ **Herbicides** : tel que **les triazoles** qui provoquent des irritations, une dépression du système nerveux central et une dysthyroïdie transitoire.

II.1.4.2. Intoxications chroniques

Les principales pathologies suspectées comme découlant de l'utilisation des pesticides sont les cancers (principalement plus de mélanomes et de maladies de Hodgkin), des troubles neurodégénératifs (maladie de Parkinson), et des troubles de la fertilité ou de la reproduction (**Leon et al., 2011**).

II.1.5. Effets des pesticides sur l'environnement

Les pesticides ont contaminé presque toutes les parties de notre environnement, peuvent contaminer le sol, l'eau, le gazon et toute autre végétation (**Aktar et al., 2009**).

En plus de tuer les insectes ou les mauvaises herbes, les pesticides peuvent être toxique pour une foule d'autres organismes, y compris les oiseaux, poissons, insectes utiles et plantes. Les insecticides sont généralement la classe de pesticides la plus toxique, mais les herbicides peuvent également présenter des risques pour les organismes non ciblés (**Aktar et al., 2009**).

II.1.6. Effet des pesticides sur végétation

L'exposition aux pesticides peut avoir des effets sub-létaux sur les plantes.

- **Herbicides**: conçus pour tuer les plantes, il n'est donc pas surprenant qu'elles puissent blesser ou tuer les espèces recherchées si elles sont appliquées directement sur de telles plantes, ou si elles dérivent ou se volatilisent sur elles (**Aktar et al., 2009**). L'exposition à l'herbicide clopyralid peut réduire les rendements des plants de pomme de terre (**Lucas et Lobb,1987**).

- **Insecticides et fongicides** : peuvent également endommager les plantes (**Dreistadt et al.,1994**).

II.1.7. Effet des pesticides sur les animaux

II.1.7.1. Intoxication aiguë

Une exposition courte provoque la mort de la faune, par exemple la mort de poissons causée par les résidus de pesticides entraînés dans les étangs, ou les rivières par le ruissellement de surface ou la dérive de pulvérisation, la mort des oiseaux causée par la recherche de nourriture sur la végétation, les granules, les appâts, les graines ou les insectes traités (**Lakhani et al.,2015**).

II.1.7.2. Intoxication chronique

L'exposition prolongée des animaux sauvages à des concentrations de pesticides non mortelles peut entraîner une intoxication chronique. L'exemple le plus connu d'effet chronique chez les animaux est celui de l'insecticide organochloré DDT (via le DDE métabolique) sur la reproduction de certains oiseaux de proie. Le DDT et d'autres pesticides organochlorés tels que la dieldrine, l'endrine et le chlordane ont été impliqués dans la mortalité des oiseaux résultant d'une exposition chronique (**Chaturvedi et al.,2013**).

II.1.7.3. Intoxication secondaire

Les pesticides peuvent avoir un impact sur la faune par l'intoxication secondaire lorsqu'un animal consomme des proies qui contiennent des résidus de pesticides.

Des exemples d'empoisonnement secondaire sont les oiseaux de proie tombant malades après s'être nourris d'un animal mort ou mourant d'une exposition aiguë à un pesticide, par l'accumulation et le mouvement de produits chimiques persistants dans les chaînes alimentaires de la faune (**Lakhani et al.,2015**).

II.1.7.4. Effets indirects

Un pesticide peut affecter la faune autrement que par intoxication direct ou secondaire (**Chaturvedi et al.,2013**). Les pesticides peuvent avoir un impact indirect sur la faune lorsqu'une partie de son habitat ou de son alimentation est modifiée. Par exemple, les herbicides peuvent réduire les zones de nourriture, de couverture et d'acquisition nécessaires aux populations d'insectes, d'oiseaux et de mammifères (**Lakhani et al.,2015**).

Les insecticides peuvent diminuer les populations d'insectes nourriture d'espèces d'oiseaux ou de poissons ; les insectes pollinisateurs peuvent être réduits, affectant ainsi la pollinisation des plantes (**Chaturvedi et al.,2013**). L'étude des effets indirects est un domaine émergent et difficile à étudier (**Lakhani et al.,2015**).

II.2. Généralités sur les biopesticides

II.2.1. Définition

Le biopesticide est une formulation à base de substances d'origine naturelle qui contrôle les parasites par des mécanismes non toxiques et de manière écologique. Gagne donc en importance partout dans le monde. Les biopesticides peuvent être dérivés d'animaux (par exemple, des nématodes), de plantes (*Chrysanthemum*, *Azadirachta*) et de micro-organismes (par exemple, *Bacillus thuringiensis* (**Figure 04**), *Trichoderma*, virus de la nucléopolyhédrose) et comprennent des organismes vivants (ennemis naturels), leurs produits (produits phytochimiques, microbiens) sous-produits (produits sémiochimiques) pouvant être utilisés pour lutter contre les nuisibles (**Mazid et al, 2011**).

II.2.2. Les différentes catégories de bio-pesticides

II.2.2.1. Bio-pesticides microbiens

Cette catégorie comprend les bactéries, champignons, oomycètes, virus et protozoaires. L'efficacité d'un nombre important d'entre eux repose sur des substances actives dérivées des micro-organismes (Tableau 01) (Deravel *et al.*, 2014).

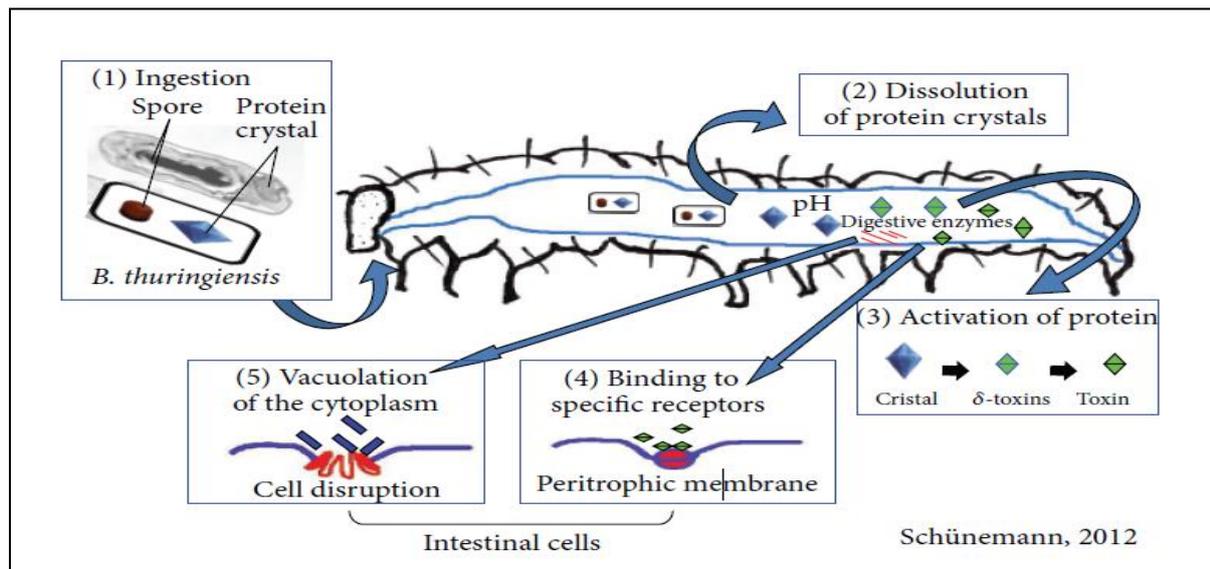


Figure 04: Mode d'action de *Bacillus thuringiensis* chez les lépidoptères: ingestion de bactérie (1); solubilisation des cristaux (2); protéine d'activation (3); liaison des protéines aux récepteurs (4); formation de pores membranaires et lise cellulaire (5) (Schünemann *et al.*, 2014).

Tableau 01 : Exemples de biopesticides fongiques et leurs modes d'action (Sudakin, 2003).

Espèces fongiques	Effet, mécanisme d'action
<i>Gliocladium catenulatum</i> strain J1446	Production de métabolites antifongiques
<i>Lagenidium giganteum</i>	Champignon aquatique, propriétés larvicides contre les moustiques
<i>Metarhizium anisopliae</i> strain ESC1	Termiticide et insecticide, pathogène pour les insectes
<i>Myrothecium verrucaria</i>	Champignon nématocidaire tué par la chaleur (mécanisme inconnu)
<i>Trichoderma harzianum</i> ATCC 20476	Inhibition compétitive des agents pathogènes espèces fongiques

II.2.2.2. Biopesticides animaux

Ces biopesticides sont des animaux comme les prédateurs ou les parasites, ou des molécules dérivées d'animaux, souvent d'invertébrés comme les venins d'araignées, de scorpions, des hormones d'insectes, des phéromones (Goettel *et al.*, 2001 ; Saidenberg *et al.*, 2009 ; Aquiloni *et al.*, 2010).

II.2.2.2.1. Hormones d'insectes

Un large éventail de processus physiologiques chez les insectes est contrôlé par des hormones d'insectes. Le grossissement, l'équilibre hydrique et le développement sont tous régulés par l'abondance d'hormones spécifiques dans le corps de l'insecte. Toutes ces hormones naturelles sont trop instables pour être utilisées seules pour lutter contre les insectes, mais certaines ont été utilisées comme structures principales pour la modification chimique et ont donné lieu à de nouveaux produits stables tels que le tebufenozide, le fénoxycarbe, le pyriproxyfène, l'hydrène et le méthoprène (Tomlin, 1997).

II.2.2.2.2. Toxines spécifiques aux insectes

Un grand nombre d'animaux prédateurs utilisent des toxines spécifiques aux insectes pour tuer leurs proies. Ces organismes vont des serpents aux scorpions, en passant par les guêpes et les abeilles, les araignées et les mites. Dans presque tous les cas, ces produits sont à base de protéines ou de polypeptides et ne sont donc pas des insecticides utilisés de manière conventionnelle (Copping et Menn, 2000).

II.2.2.2.3. Phéromone

Les biopesticides d'origine animale qui sont des signaux chimiques produits par un organisme et qui changent le comportement d'individus de la même espèce ou d'espèces différentes sont également répertoriés sous l'appellation « semio-chimiques ». Les semio-chimiques ne sont pas à proprement parler des « pesticides ». En effet, ils ne vont pas provoquer la mort des bio-agresseurs, mais plutôt créer une confusion chez ces derniers. Cette confusion les empêchera de se propager dans la zone traitée. Les phéromones d'insectes sont de bons exemples de molécules semio-chimiques utilisées comme alternative à l'utilisation des insecticides (Deravel *et al.*, 2014).

Les phéromones sont des substances chimiques volatiles produites par les insectes comme moyen de communication sur des distances relativement grandes et sont hautement spécifiques à

une espèce. Ces composés ont de nombreux effets différents et sont nommés d'après la réponse obtenue (Copping et Menn, 2000).

Ces molécules peuvent être éphémères ou persistantes, mais dans tous les cas véhiculent un message. Elles peuvent marquer un territoire, prévenir de la disponibilité de nourriture ou être un signal pour l'accouplement (Deravel *et al.*, 2014).

Les phéromones d'alarme sont produites par des insectes attaqués par un prédateur, ce qui les éloigne de la source de production. Il est également connu que les attractifs dérivés de plantes attirent les insectes vers une source de nourriture précieuse et, lorsqu'ils sont mélangés avec des attractifs dérivés des insectes, génèrent une forte attraction pour certains insectes (Copping et Menn, 2000).

II.2.2.3. Biopesticides végétaux

Les plantes produisent des substances actives ayant des propriétés insecticides, aseptiques ou encore régulatrices de la croissance des plantes et des insectes. Le biopesticide d'origine végétale le plus utilisé est l'huile de neem, un insecticide extrait des graines d'*Azadirachta indica* (Schmutterer, 1990).

D'autres extraits de plantes ont des activités insecticides ; ainsi, *Tanacetum* (*Chrysanthemum*) *cinerariaefolium*, plus communément appelé pyrèthre, est une plante herbacée vivace cultivée pour ses fleurs dont une poudre insecticide est extraite. Ses principes actifs, appelés pyréthrine, attaquent le système nerveux de tous les insectes. Cependant, ces molécules naturelles sont rapidement dégradées par la lumière (Deravel, *et al.*, 2014).

Les insecticides naturels présentent certains avantages et inconvénients par rapport aux insecticides synthétiques. Les insecticides naturels se décomposent très rapidement sous l'effet du soleil, de l'humidité et du vent, ils peuvent donc être utilisés juste avant la récolte. Cependant, bon nombre de ces insecticides cessent de nourrir leurs insectes très rapidement, bien qu'ils ne les tuent pas immédiatement. Par conséquent, la mort des insectes prend parfois quelques jours, mais cela a un effet rapide sur la prévention des dommages (Oberemok *et al.*, 2015).

II.2.3. Biopesticides issus de lichens

II.2.3.1. Activités antibactériennes

Les activités antibactériennes des lichens sont connues depuis des décennies. En 1944, Burkholder et ses collègues ont décrit pour la première fois les propriétés antibactériennes des

extraits de lichen (**Burkholder et al.,1944**).

Vartia (1973) a mené des études approfondies sur différentes espèces de lichen sont indiqué que leur potentiel antibactérien est lié à leurs types, au solvant utilisé pour l'extraction et aux souches bactériennes à cibler.**Mitrović (2011)** et ces collaborateurs expliquent la même thématique.

II.2.3.2. Activités antifongiques

Certains métabolites secondaires peuvent être actifs sur différentes souches de champignons et de levures. L'acide (+)-usnique, isolé du lichen *Usnea florida*, montre une activité antifongique sur *Microsporium gypseum*, *Trichophyton rubrum* et *trichophyton mentagrophytes* avec des CMI entre 100 et 250 µg/ml (**Schmeda-Hirschmann et al.,2008**). Aussi, il inhibe la croissance de *Fusarium moniliforme* (**Cardarelli et al., 1997**) mais il a également un effet antifongique intéressant sur *Candida orthopsilosis* et *Candida parapsilosis* à l'état planctonique et de biofilm (**Pires et al., 2012**).

II.2.4. Avantages et inconvénients de l'utilisation de biopesticides

L'utilisation de biopesticides en agriculture comporte des avantages et des inconvénients.

II.2.4.1. Avantages

- Restreindre ou éliminer l'utilisation de pesticides chimiques
- Moins toxique que les pesticides chimiques
- Diminuer les risques de développer de la résistance
- Favoriser par le nombre restreint d'insecticides homologués en serre
- Plus grande spécificité d'action
- Améliorer la qualité de vie des travailleurs agricoles
- Offrir aux consommateurs des produits sains
- Dégradation rapide des bio-pesticides, diminuant les risques de pollution
- Maintenir la biodiversité des biotopes.

II.2.4.2. Inconvénients

- Lutte souvent faite en prévention et moins efficace lorsque curative

- Effet moins drastique que les pesticides (plus d'applications)
- Seuil de tolérance très bas pour les ravageurs
- Efficacité pas toujours constante d'une production à l'autre
- Activité restreinte lors d'une grande pression du ravageur
- Conditions d'entreposage des produits biologiques (demi-vie et température plus fraîche)
- Excellente connaissance dans la relation proie – prédateur (**Brodeur et al., 2006**).

Chapitre III

Généralités sur les champignons

III. Généralités

Les champignons représentent l'un des plus importants groupes d'organismes sur terre et jouent un rôle clé dans un grand nombre d'écosystèmes (Mueller et Schmit, 2007).

Ce sont des organismes eucaryotes à mode de reproduction sexuée ou asexuée. Les spores produites peuvent avoir un rôle dans la dispersion des champignons, mais peuvent également jouer un rôle dans la survie de l'organisme lorsque les conditions environnementales deviennent défavorables (Madelin, 1994).

Leur mode de nutrition se fait par absorption en libérant dans un premier temps des enzymes hydrolytiques dans le milieu extérieur. Ces organismes sont dépourvus de chlorophylle et sont tous hétérotrophes (Carlile et Watkinson, 1994 ; Redecker, 2002)

III.1. Le genre *Aspergillus*

III.1.1. Caractères généraux

Les champignons du genre *Aspergillus* ont été décrits pour la première fois en 1729. Ce sont des champignons saprophytes, c'est-à-dire qui tirent leur nourriture de substances organiques en décomposition. Ce sont des moisissures à filaments hyalins, cloisonnés, et ils sont haploïdes. Ils font partie du groupe phylogénétique des Ascomycètes, à l'ordre des *Eurotiales* et à la famille des *Trichocomacées* ou *Aspergillacées*. Le genre *Aspergillus* comprend aujourd'hui quelque 185 espèces, dont une vingtaine sont retrouvées en pathologie humaine (Badillet et al., 1987).

Les *Aspergillus* sont présents partout dans le monde, et en région tempérée plus particulièrement à la fin de l'été, en automne et en hiver. Ces champignons ont un métabolisme aérobie (Quatresous, 2011).

III.1.2. Pouvoir pathogène

Le développement des *Aspergillus* chez leur hôte nécessite l'existence de conditions favorables. En effet certains facteurs environnementaux (comme l'abondance des spores aspergillaires dans l'air inhalé), ou certains facteurs liés au champignon (comme la taille des spores, la thermo-tolérance, les facteurs de virulence) contribuent à la fréquence de la pathologie aspergillaire. Les personnes avec une altération du système immunitaire, comme celles sous corticothérapie prolongée, ou sous chimiothérapie, mais également les personnes atteintes du SIDA ou d'une hémopathie maligne, ou celles ayant une neutropénie, sont plus exposées à une infection par *Aspergillus*.

Cependant les *Aspergillus* sont la plupart du temps des pathogènes respiratoires. L'infestation s'effectue par inhalation des conidies véhiculées par le vent. Ils sont à l'origine de sinusites ou de surinfections bronchiques au cours des broncho-pneumopathies chroniques obstructives et de la mucoviscidose. Mais l'atteinte aspergillaire chez le sujet non-immunodéprimé est dominée par l'aspergillome, qui est lié au développement du champignon dans une bronche ou dans le parenchyme pulmonaire, sous forme d'une boule fongique appelée truffe aspergillaire (Quatresous, 2011).

III.2. Le genre *Fusarium*

III.2.1. Caractères généraux

Le genre *Fusarium* (Tableau 02), décrit pour la première fois en 1809 comprend une quarantaine d'espèces cosmopolites telluriques saprophytes et pathogènes de plantes, parmi lesquelles *F. solani*, *F. verticillioides* et *F. oxysporum* qui sont le plus souvent impliquées en pathologie humaine (causant des mycotoxicoses et des infections qui peuvent être locales ou disséminées) (Esshaymi, 2012).

Les espèces de *Fusarium* sont réparties dans le monde entier et peuvent être récupérées sur une large gamme de substrats. Les organismes se présentent sous forme de phytopathogènes, de champignons présents dans le sol, de champignons aériens et d'aéroallergènes (Gupta et al., 2000).

Ces organismes sont également causant des infections qui peuvent être locales ou disséminées. On trouve les *Fusarium* dans les zones tropicales, les régions tempérées, les zones désertiques, montagneuses et même arctiques (Nelson et al., 1994).

III.2.2 Pouvoir pathogène

Les *Fusarium* sont, principalement, des phytopathogènes. Ces champignons contaminent les céréales, les légumes, les arbres fruitiers provoquant des maladies nommées fusarioses. Les *Fusarium* sont généralement impliqués dans la pourriture des racines, tiges et fruits ; dans la dégradation du système vasculaire (Ripert et al., 2013).

Le pouvoir pathogène chez l'homme et les animaux est varié. Certaines espèces sont à l'origine des kératites et endophtalmies. D'autres espèces (*F. solani*, *F. moniliforme*) sont impliquées dans des infections systémiques (Guarro et Gene, 1992).

-Fusarium verticillioides est un agent de fusarioses disséminées chez les patients infectés par le HIV (Duran et al., 1989) ;

- *Fusarium oxysporum* est un agent d'onyxis, de kératites, d'endophtalmies, de péritonites et d'infections disséminées chez les patients atteints d'hémopathie maligne (Thomas et Geraldine, 1992) ;

- *Fusarium solani* est l'espèce la plus commune, impliquée dans les fusarioses rencontrées aux patients diabétiques. Il peut également être responsable des ulcères cornéens (del Palacio *et al.*, 1985 ; Gari-Toussaint *et al.*, 1997).

III.3. Le genre *Botrytis*

III.3.1. Caractères généraux

Le genre *Botrytis* (Tableau 02) a été décrit pour la première fois en 1729 par Pier Antonio Micheli, qui l'a répertorié dans le « *Nova Plantarum Genera* ». Le genre *Botrytis* contient plus de 30 espèces (Walker, 2016).

Toutes les espèces de *Botrytis* présentent la caractéristique morphologique commune à l'origine du nom de genre : la botryose, ou grappe de raisin des conidiophores (les conidiophores portent des grappes de macroconidies ressemblant à des grappes de raisin). La taille et la forme des macroconidies ont été utilisées à plusieurs reprises comme critères pour distinguer les espèces, de même que le nombre, l'organisation et la taille des sclérotés et la morphologie du mycélium sur des supports artificiels (Hennebert 1973 ; Jarvis 1977; Zhang *et al.*, 2010a ; Li *et al.*, 2012 ; Lorenzini et Zapparoli 2014). Cependant, de nombreuses espèces sont morphologiquement similaires (*par exemple*, *Botrytis cinerea* et *Botrytis Pseudocinerea* (Walker *et al.*, 2011) *Botrytis aclada* et *Botrytis* sp. B83 (Lorenzini et Zapparoli 2014).

Botrytis cinerea et d'autres espèces de *Botrytis* sont d'importants agents pathogènes des plantes de pépinières, des légumes, des cultures ornementales, des champs et des vergers, ainsi que des produits agricoles entreposés et transportés (Elad, *et al.*, 2007).

Ces champignons sont des parasites polyphages ; ils peuvent vivre en tant que saprophytes, se nourrissant de matière organique en décomposition, ou en tant que parasites ou semi-parasites (Collado *et al.*, 2000).

III.3.2. Pouvoir pathogène

Botrytis possède des facteurs de virulence qui permettent à l'agent pathogène de compléter les étapes consécutives de son cycle de vie nécrotrophe. Ces facteurs de virulence comprennent les métabolites phytotoxiques et les protéines, ainsi que les enzymes extracellulaires qui décomposent

le matériel végétal ou inactivent les mécanismes de défense de la plante. La plupart des informations proviennent de recherches sur *Botrytis Cinerea* (Staats, 2007).

-*Botrytis cinerea* : agent pathogène de plus de 235 espèces de plantes identifiées, notamment les raisins, la laitue, les tomates, le tabac et les fraises. C'est l'agent responsable de la maladie appelée « moisissure grise », ainsi nommée en raison de la moisissure grise poudreuse qu'elle produit sur les cultures qu'elle infecte.

-*Botrytis squamosa*: agent pathogène de l'oignon qui provoque la rupture de la tige.

-*Botrytis allii* et *Botrytis byssoidea*: agents pathogènes des oignons.

-*Botrytis fabae*: agent pathogène du haricot qui provoque des taches épidémiques sur les feuilles.

-*Botrytis tulipae*: agent pathogène responsable des brûlures sur les fleurs de tulipe et de safran.

-*Borytis gladioli*: un agent pathogène des glaïeuls et des lis (Collado , Aleu et al.,2000).

Tableau 02 : Classification des espèces *Aspergillus sp.* , *Fusarium sp.* et *Botrytis sp.*

Classification	<i>Aspergillus</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Botrytis</i>
Règne	<i>Fungi</i>	<i>Fungi</i>	<i>Fungi</i>
Embranchement	<i>Ascomycota</i>	<i>Ascomycota</i>	<i>Ascomycota</i>
Sous-embranchement			<i>Pezizomycotina</i>
Classe	<i>Eurotiomycetes</i>	<i>Sordariomycetes</i>	<i>Leotiomycetes</i>
Sous-classe	<i>Eurotiomycetidae</i>	<i>Hypocreomycetidae</i>	
Ordre	<i>Eurotiales</i>	<i>Hypocreales</i>	<i>Helotiales</i>
Famille	<i>Trichocomaceae</i>	<i>Nectriaceae</i>	<i>Sclerotiniaceae</i>
Genre	<i>Aspergillus</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Botrytis</i>
Espèces	<i>Aspergillus sp.</i>	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Botrytis sp.</i>

Partie II

Partie expérimentale

Chapitre IV

Matériels et méthodes

Le présent travail a été réalisé au laboratoire d'écotoxicologie et de contrôle de qualité, faculté de science, université de Jijel.

Le but de notre travail expérimental est l'évaluation de l'activité antifongique des extraits de lichens.

Les expériences rapportées dans ce mémoire sont réalisées comme suit :

- Identifications des espèces de lichens récoltés.
- Préparation des extraits lichéniques.
- Isolement et identification des souches fongiques.
- Evaluation *in vitro*, de l'activité anti-fongique des extraits au méthanol, à l'acétone au chloroforme, à l'acétate d'éthyle et au dichlorométhane de *Cladonia foliacea*.
- Evaluation *in vitro*, de l'activité anti-fongique des extraits au méthanol, et à l'acétone de *Lobaria pulmonaria*.

IV.1. Matériels biologiques

IV.1.1. Les espèces lichéniques

IV.1.1.1. La Récolte

Les lichens ont été récoltés le mois de mai 2019 au niveau de deux régions différentes de la wilaya de Jijel; oued Azaraz qui est située à la commune de Ouled Askeur et la forêt de « bouafroune » qui est située à la commune de Djimla, à 45 Km de l'est de la ville de Jijel (**Figure 05**).

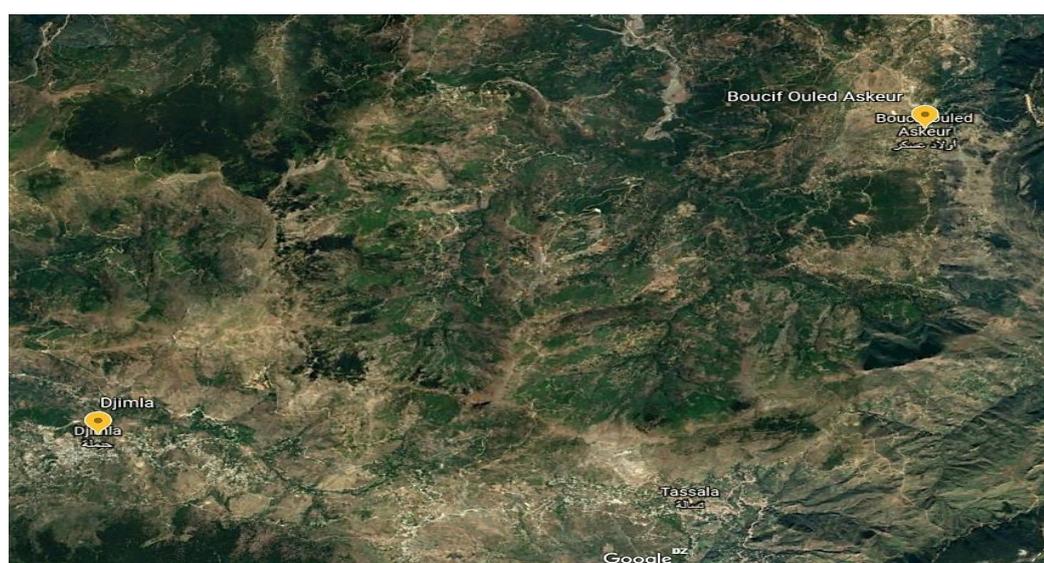


Figure 05: Image satellitaire des deux stations de la récolte à Jijel (Google earth).

Les altitudes et les coordonnées géographiques sont mesurées avec un GPS (*Global Positioning System*) (**Tableau 03**).

Tableau 03 : Données géographiques de la station d'étude.

Espèce	Nom de la station	Données géographiques	PH du substrat
<i>Lobaria pulmonaria</i>	Station : Djimla (Bouafroune)	Altitude : 910m Latitude : 36°34'11.3"N Longitude : 5°54'20.0"E	6.25

IV.1.1.2. Identification des lichens récoltés

L'identification des espèces est d'abord effectuée par observation des caractéristiques morphologiques générales, telles que la forme, la couleur, la hauteur, l'orientation des extrémités et le type de ramification. L'identification est par la suite confirmée par les réactions colorimétriques, qui donnent selon l'espèce des réactions différentes. Les réactifs sont appliqués directement sur les différentes parties du lichen, le thalle et les apothécies si elles existent. Pour ce faire, les réactifs utilisés sont l'Hypochlorite de sodium (noté C), La potasse ou hydroxyde de potassium (noté K), et la combinaison des deux(C+K), où K est appliqué en premier. Après l'ajout de quelques gouttes, une coloration est obtenue rapidement (**Friardi, 2012**). Ces observations sont comparées avec la description des espèces décrites par la littérature (**Marcel Vaillaud, 2011 ; Ait hammou et al., 2013**), La flore utilisée pour l'identification est celle de **Brodo, 2001**.

Après identification, les lichens choisis pour l'expérimentation sont *Cladonia foliacea* et *Lobaria pulmonaria*.

Tableau 04: Description botanique et classification des lichens étudiés.

L'espèce	Description de l'espèce	Classification
<p><i>Cladonia foliacea</i></p> 	<p><i>Cladonia foliacea</i> est un lichen foliacé, Il est formé des squamules divisées et recourbées à l'intérieur et laissant voir la face inférieure. La face supérieure est vert-jaunâtre. La face inférieure est jaune pale à blanchâtre.</p> <p>(Nattah et al, 2013)</p>	<p>Règne : <i>Fungi</i></p> <p>Embranchement : <i>Ascomycota</i></p> <p>Sous- embranchement : <i>Pezizomycotina</i></p> <p>Classe : <i>Lecanoromycetes</i></p> <p>Ordre : <i>Lecanorales</i></p> <p>Famille : <i>Cladoniaceae</i></p> <p>Genre : <i>Cladonia</i></p> <p>Espèce : <i>Cladonia foliacea</i></p>
<p><i>Lobaria pulmonaria</i></p> 	<p><i>Lobaria pulmonaria</i>, est un lichen foliacé généralement de grande taille.</p> <p>Elle est d'un vert-brunâtre a vert-grisâtre a l'état sec et devient vert-olive vif a l'état humide. Cette couleur verte est due au photobionte présent dans le thalle.</p> <p>L'espèce est également un bon indicateur de continuités écologiques (Rose, 1993 ; Coppins et Coppins, 2002).</p>	<p>Règne : <i>Fungi</i></p> <p>Embranchement : <i>Ascomycota</i></p> <p>Sous- embranchement : <i>Pezizomycotina</i></p> <p>Classe : <i>Lecanoromycetes</i></p> <p>Ordre : <i>Lecanorales</i></p> <p>Sous-ordre : <i>Peltigerineae</i></p> <p>Famille : <i>lobariaceae</i></p> <p>Genre : <i>lobaria</i></p> <p>Espèce : <i>Lobaria pulmonaria</i></p>

IV.1.1.3. Séchage

Les lichens récoltés sont débarrassés d'éventuels contaminants (mousses, terre, débris végétaux...etc). Puis, ils sont séchés, à l'air libre pendant environ 72 heures, et sont réduits en poudre par broyage électrique dans le but d'obtenir une poudre très fine, en effet, le broyage permet d'augmenter la surface de contact entre le solvant et le matériel végétal, et ainsi de favoriser l'extraction des composés.

IV.1.1.4. Extraction

Afin de déterminer le solvant d'extraction adéquat, différents essais ont été effectués sur certaines espèces de lichen et en présence de différents solvants, en procédant soit à des extractions classiques (avec un seul solvant), soit à des extractions séquentielles (solvants de polarité croissante). Cette étape consiste à extraire le maximum de molécules chimiques contenus dans les lichens en utilisant des solvants organiques qui accélèrent et augmentent le rendement d'extraction (**Andraud-Dieu, 2015**).

- **Extractions classiques**

Pour apprécier le contenu en métabolite secondaire d'espèces de lichen, une extraction par macération a été réalisée dont son principe consiste à faire imprégner une quantité de poudre de lichen de chaque espèce séparément dans un volume des solvants sous agitation mécanique pendant 48h. L'extraction a été effectuée selon le protocole décrits dans la (**Figure 06**), pour chaque espèces l'extraction a été répéter 5 fois avec renouvellement du solvant à une T° ambiante. Les extraits obtenus sont évaporés à une température ambiante. Les résidus secs obtenus sont récupérés séparément puis conserver au réfrigérateur à une T° de (-4C°) pour une utilisation ultérieure.

Les essais d'extraction par l'acétone, le chloroforme, l'acétate d'éthyle, dichlorométhane et méthanol ont donc été mis en œuvre sur *Cladonia foliacea*. Pour *Lobaria pulmonaria* la poudre obtenue est soumise à l'extraction uniquement par l'acétone et le méthanol.

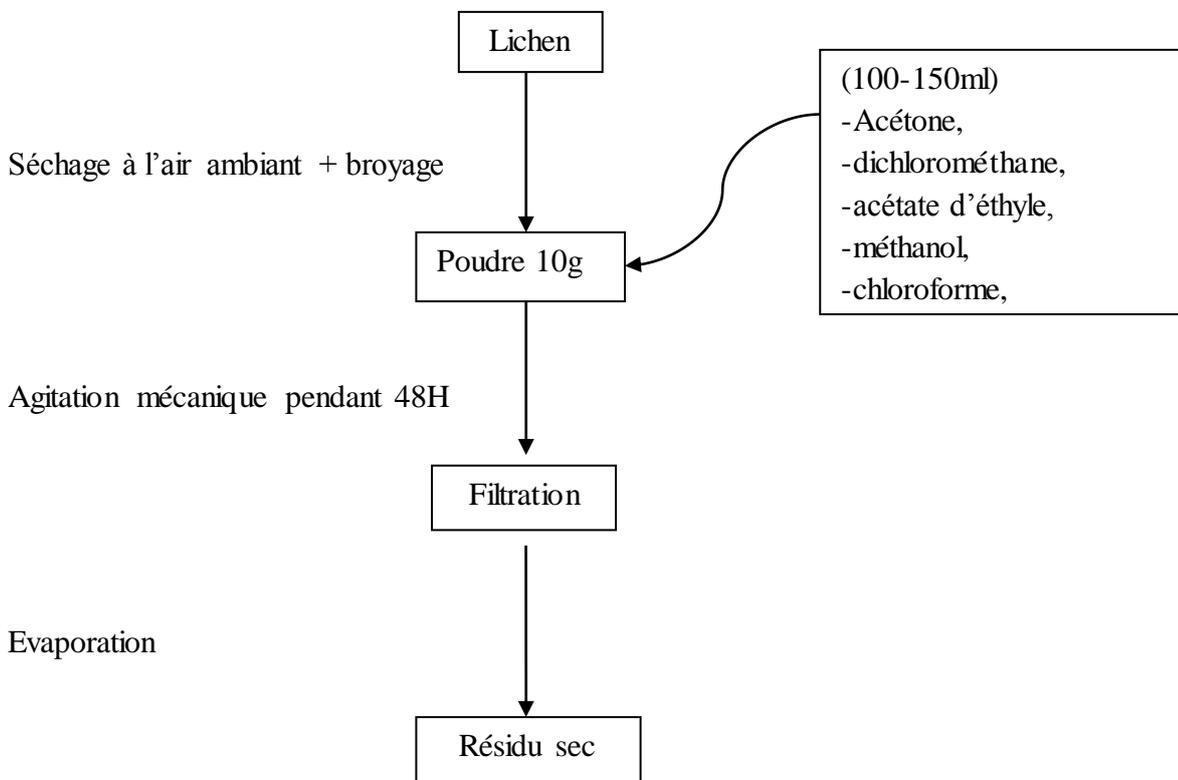


Figure 06 : Protocole de préparation de l'extrait lichénique (Mitrović et al.,2011).

IV.1.1.5. Rendement d'extraction

Les rendements des extractions sont calculés suivant la formule ci-dessous (Mohammedi, 2006) :

$$\text{Rendement d'extraction (\%)} = \frac{P_s}{P_p} * 100$$

Sachant que :

P_s : poids de l'extrait sec en gramme (g).

P_p : poids de la poudre en gramme (g).

IV.1.1.6. Préparation des concentrations

Une fois les résidus secs de lichens récupérés, nous avons procédé à la préparation d'une gamme de concentrations « 5mg/ml- 10mg/ml- 20mg/ml -30mg/ml » par la dissolution de résidus sec dans le DMSO à 10%.

IV.1.2. Les moisissures

IV.1.2.1. Recherche des agents pathogènes

La serriculture est bien développée dans la région de Jijel cette dernière est bien connue pour sa vocation en cultures maraîchères, néanmoins son climat humide favorise le développement d'organismes nuisibles pour les cultures. Les conditions de mise en culture dans les serres favorisent aussi l'attaque des pathogènes. Ce phénomène force les serricultures à utiliser régulièrement les mêmes pesticides ce qui augmente les risques de développement de la résistance.

Durant le mois de mai De l'année 2019, nous avons effectué un dépistage d'agents pathogènes auprès d'un serriculteur de Sidi Abdelaziz possédant une dizaine de serres (**Figure 07**), des échantillons ont été récoltés au niveau des tiges, feuilles, et des légumes présentant des symptômes différents de quelques maladies, Les échantillons sont placés dans des sacs en papiers stérile, étiquetés puis ramenés au laboratoire de contrôle de qualité de l'université de Jijel (**Tableau 05**).



Figure 07 : Zone de prélèvement des échantillons

Tableau 05 : Quelques maladies observées chez les cultures dans les serres.

Espèce végétale	Maladies	Photo	Traitement	Matière actif	Famille chimique
Tomate	Goudron		VIDAN 25	Trépadiminol	Triazol
Tomate	Mineuses		ACEPLAN 20 SP ABAMECTIN 1,8 EC	Acetamipride abamectine	/
Tomate	Pourriture		VAPCOTOP	thiophanate- methyl	/
Citrouille	Oïdium		VIDAN 25	Triadimenol	triazol
Courgettes	Non identifier		RIDOMIL GOLD	Metalaxyl -M (Méfénoxam)	Dithiocarbamats phénylamides
Aubergine	Pucerons Blanc		MORSPILAN 20SP	Acetamipride	Chloronicotinil
Haricots	Pucerons Noire		MORSPILAN 20SP	Acetamipride	Chloronicotinil

Le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne (I_c) des champignons testés est calculé selon la formule suivante (Leroux et Credet, 1978).

$$I_c(\%) = \frac{D_0 - D_c}{D_0} \times 100$$

D_0 : étant la croissance diamétrale du témoin

D_c : la croissance diamétrale du champignon en présence d'une concentration (c) du fongicide ou de l'extrait.

IV.1.2.4.3. Évaluation de la sporulation

Pour la sporulation, quatre disques de 6 mm de diamètre sont prélevés des cultures ayant servi à la croissance mycélienne et placés dans un tube contenant 10 ml d'eau distillée. Après écrasement des disques et agitation au vortex, des dilutions sont fait dans les cas nécessaires. On procède à un comptage du nombre total des spores à l'aide d'une cellule de Thoma à raison de 10 comptages par suspension. Les valeurs sont exprimées en nombre de spores par unité de surface (mm^2). Le pourcentage d'inhibition de la sporulation (I_s) est déterminé par la formule suivante (Leroux et Credet, 1978).

$$I_s(\%) = \frac{N_0 - N_c}{N_0} \times 100$$

N_0 : étant le nombre moyen de spores estimé chez le témoin

N_c : le nombre moyen de spores estimé en présence du fongicide.

IV.1.2.4.4. Test de germination

- **Préparation de suspension monosporale**

L'*Aspergillus sp.*, *Botrytis sp.*, et *Fusarium sp.* Sont cultivé sur le milieu Sabouraud à une T° de 25°C pendant 3 jours, puis 10 ml d'eau distillée stérile sont ajoutés à la boîte de pétri, cette suspension est récupérée dans un tube stérile (solution mère), et incubée à une T° de 25°C pendant 3 jours. Après incubation, on procède à faire des dilutions de la solution mère avec l'eau distillée stérile, puis on prélève une goutte de la suspension sporale diluée pour un comptage par la cellule de Thoma.

- **Évaluation de la germination des spores**

Le comptage des spores, germées ou non, est déterminé sous microscope. Une spore est considérée germée si la longueur du tube germinatif est supérieure à son plus petit diamètre. Le pourcentage d'inhibition de la germination des spores (Ig) est déterminé selon la formule suivante (Leroux et Credet, 1978).

$$Ig(\%) = \frac{N_0 - N_c}{N_0} \times 100$$

N_0 : étant le nombre de spores ayant germé dans le milieu de culture sans fongicide.

N_c : le nombre de spores germées en présence d'une concentration (c) du fongicide.

Chapitre V

Résultats et discussion

V.1. Résultats

Les lichens sont donc des organismes uniques possédant une remarquable capacité d'adaptation aux conditions environnementales extrêmes en produisant une multitude de métabolites secondaires spécifiques. Cependant, la disponibilité de la ressource lichénique pose un problème d'apport en matières premières, compte tenu de la croissance lente de ces derniers.

L'objectif principal a été la recherche de substances naturelles pour contribuer au développement de biopesticides de faible toxicité pour l'être humain et son environnement. Dans cette thématique nous avons étudié les activités antifongiques des extraits méthanoliques, acétoniques, chloroformique, dichlorométhanique et acétate d'éthyle de *Cladonia foliacea* et des extraits méthanoliques et acétoniques de *Lobaria pulmonaria*, contre trois souches fongiques à savoir *Fusarium sp.*, *Aspergillus sp.* et *Botrytis sp.*

V.1.1. Confirmation de l'identité de la souche fongique

➤ Identification morphologique

L'identification des souches étudiées est faite à partir du jours 7 d'incubation.

A-Fusarium sp

Les colonies sont généralement caractérisées par un morphotype cotonneux, présente un mycélium aérien très abondant, épais et dense avec une couleur blanche et ils sont de couleur rose sur le revers de la boîte et avec une croissance lente de (6,0 –8,3 cm de diamètre à 25 °C sur milieu SAB).

L'observation microscopique révèle un mycélium fin blanc, ramifié Les chlamydozspores sont intercalaires, formées dans le mycélium, sub-globuleuses et hyalines. Le mycélium produit des spores caractéristiques du genre *Fusarium* : des microconidies souvent unicellulaires et quelques fois bicellulaires et des macroconidies variables, ovales à ellipsoïdes, droites à légèrement courbées, cloisonnées et pointues aux deux extrémités (**Figure 11**).



Recto



verso

Figure 11 : Photographies d'une culture de 7 jours de *Fusarium sp.* sur gélose SAB.



Figure 12 : Observation microscopique de la souche *Fusarium sp.* à l'objectif $\times 40$.

B-*Aspergillus sp*

L'aspect macroscopique des colonies d'une culture de 7 jours sur gélose SAB à 25°C a démontré des colonies d'abord blanches, puis jaunes et enfin granuleuses noires en surface, et un revers incolore à jaune pâle (**Figure 13**)

L'observation microscopique a démontré un mycélium septé, une tête aspergillaire bisériée radiée, une vésicule globuleuse, des phialides insérées sur la vésicule grâce à des métules, un conidiophore lisse, hyalin long et des conidies globuleuses, échinulées dispersées ou en chaîne (**Figure 14**).

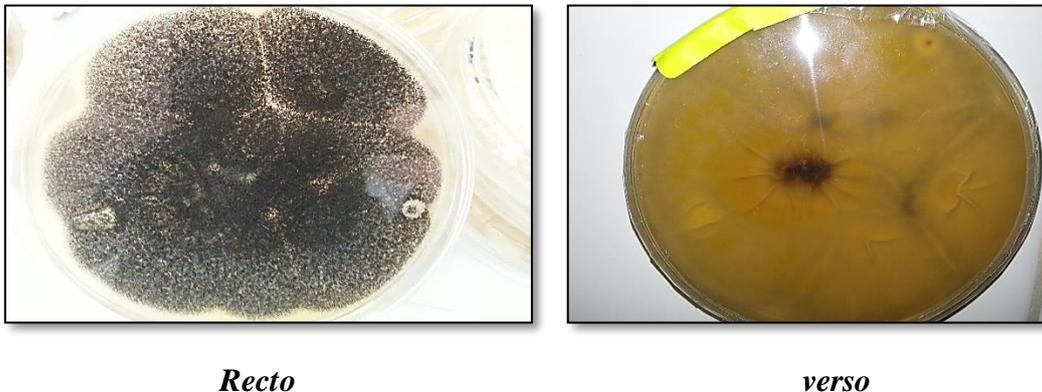


Figure 13: Photographies d'une culture de 7 jours d'*Aspergillus sp.* sur gélose SAB.

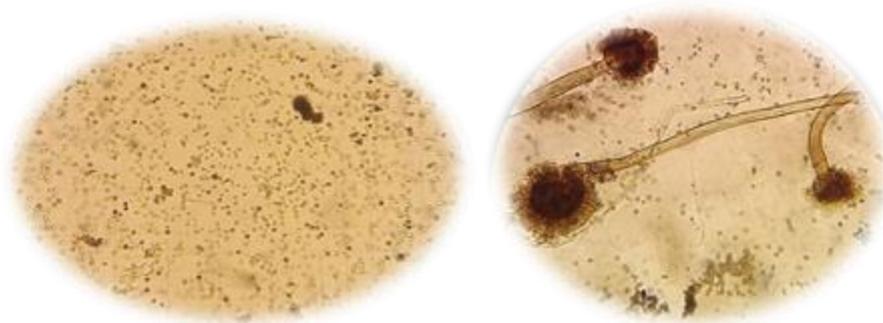


Figure 14 : Observation microscopique d'*Apergillus sp.* à l'objectif $\times 40$.

C-*Botrytis sp*

L'agent pathogène, *Botrytis* produit un mycélium à filaments articulés, brunâtres ou olivâtres, quelque fois cylindrique au niveau de la cloison médiane dont le diamètre varie considérablement suivant les conditions de développement des hyphes. Lorsque le mycélium est au stade fructigène, il produit des touffes de conidiophores grisâtres, ramifiés arrondis contenant des grappes de conidies qui sont libéré facilement par temps humide et sont portés par courants d'air. Le champignon produit des sclérotés irréguliers qui jouent un rôle important dans la survie du champignon ; ils se composent de deux parties différentes le cortex et la medula (**Figure 15**) (Holz *et al.*, 2004).

Les sclérotés sont des formes de résistance.

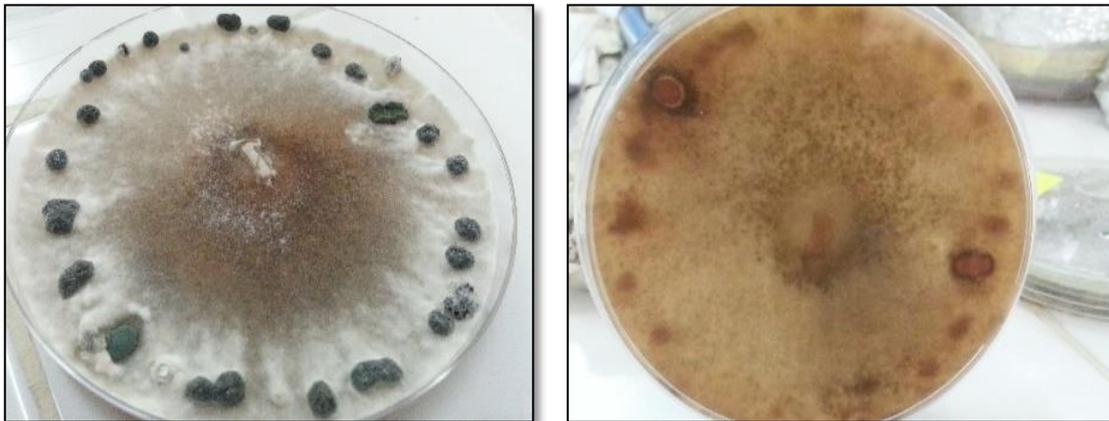
**Recto****verso**

Figure 15 : Photographies d'une culture de 7 jours de *Botrytis sp.* sur gélose SAB. à l'objectif $\times 40$.

V.1.2. Rendement de l'extraction

Les rendements en % ont été calculés à partir de la masse des extraits obtenus et de celle de la matière sèche utilisée pour l'extraction (**Figure 16**).

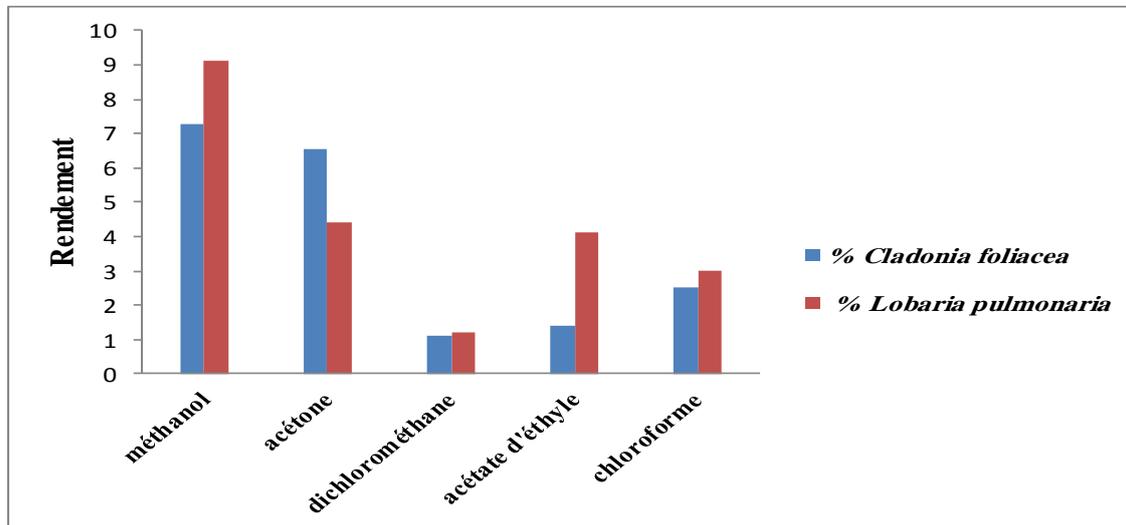


Figure 16 : Rendements massiques obtenus pour l'extraction classique chez *Cladonia foliacea* et *Lobaria pulmonaria*

Le rendement de tel extrait est exprimé par le poids de cet extrait obtenu pour 10 g de matière végétale sèche. La **figure 16** illustre les rendements des extraits des différentes espèces de lichens ciblées. Il s'avère que les rendements sont relativement moins importants pour toutes les espèces étudiées dont les plus faibles ont été obtenus par dichlorométhane et l'acétate d'éthyle (1.1%) et (1.4%) pour *Cladonia foliacea* respectivement. Et (1.2%) et (4.1%) chez *Lobaria pulmonaria*. En revanche, les meilleurs rendements ont été obtenus par le méthanol et l'acétone (9.1%) et (4.4%) pour *Lobaria pulmonaria* et (7.27%) et (6.54%) chez *Cladonia foliacea* respectivement. Alors que le chloroforme donne un rendement moyen de (3 %) pour *Lobaria pulmonaria* et (2.5%) pour *Cladonia foliacea*.

V.1.3. Evaluation de l'activité antifongique des extraits de lichens

Le potentiel antifongique des différents extraits de *Cladonia foliacea* et *Lobaria pulmonaria* a été testé contre trois souches fongiques agents pathogènes majeures, à savoir *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.* et *Botrytis sp.* La valeur d'inhibition de la croissance était enregistrée en calculant le pourcentage inhibition (P_I), le pourcentage de réduction de la sporulation (I_s), et de la germination (I_g).

V.1.3.1. Effet des extraits de *Lobaria pulmonaria* sur la croissance mycélienne

La croissance mycélienne en présence des différents extraits a été évaluée après incubation à une température de 25°C correspondant à l’optimum de la croissance du *Fusarium sp.* a (Hibar et al., 2002), *Aspergillus sp.* (Samson,1994), *Botrytis sp.* (Holz, 2007).

a. *Fusarium sp.*

Les résultats sont illustrés et représentés graphiquement dans la **Figure 17** ci-dessous.

Parmi les solvants utilisés pour l'extraction, l'extrait acétonique a montré la plus forte activité d'inhibition suivie par l'extrait méthanolique (Le champignon a été inhibé presque de manière similaire par les extrais lichéniques à toutes les concentrations). L'évaluation de l'activité antifongique a été basée sur la mesure du diamètre d'inhibition de la croissance observée en (cm). La plus forte activité est enregistrée par l'extrait acétonique avec un taux de (43.37%) à la concentration de 20mg/ml néanmoins elle reste inférieure au contrôle standard HEXAVIL qui marque une inhibition de (78.31%) à la concentration de 0.025mg/ml. Par comparaison entre les extraits, l'activité la plus faible était enregistrée par l'extrait au méthanol avec un taux d'inhibition de (36.74%) toujours à la concentration de 20mg/ml (**Figure 16**) Le témoin présente un optimum de croissance.

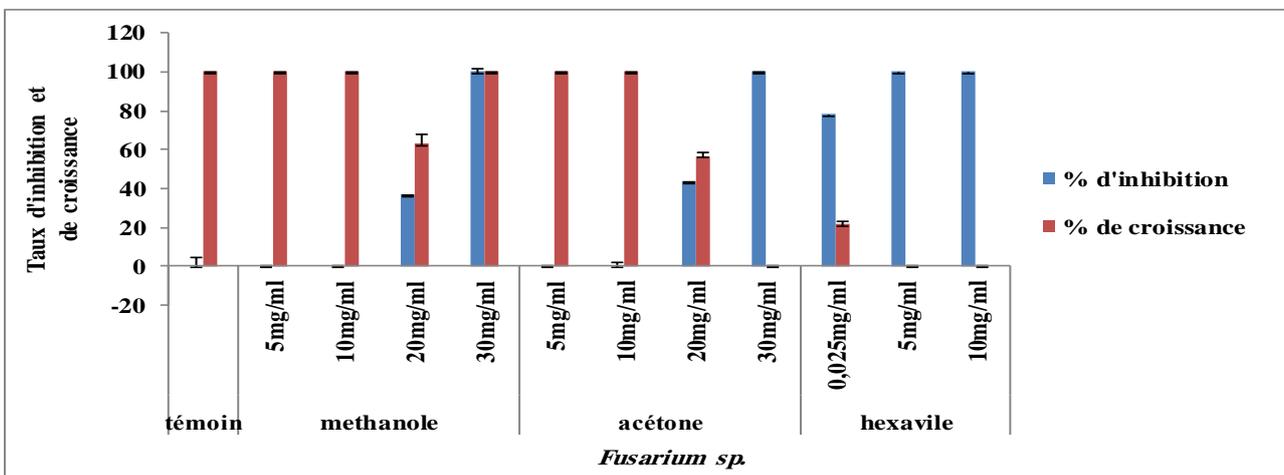


Figure 17: Effet des extraits sur la croissance mycélienne du *Fusarium sp.*

b. *Botrytis*

Les résultats sont illustrés et représentés graphiquement dans la **Figure 18** ci-dessous.

L'évaluation de l'activité antifongique a été basée sur la mesure du taux de croissance et du taux d'inhibition de celle-ci, d'après l'analyse des résultats ; l'extraits méthanolique a montré la plus forte activité d'inhibition suivie par l'acétone. Par comparaison au fongicide commerciale et au

témoin, la plus forte activité est présentée par l'extrait méthanolique avec une inhibition de 100% dans toutes les concentrations qui est identique au contrôle standard HEXAVIL. L'activité la plus faible était présentée par l'extrait acétonique (0%) à la concentration de 5 et 10mg/ml néanmoins son activité est bien marquée à partir de la concentration 20mg/ml et 30 mg/ml (Figure 18).

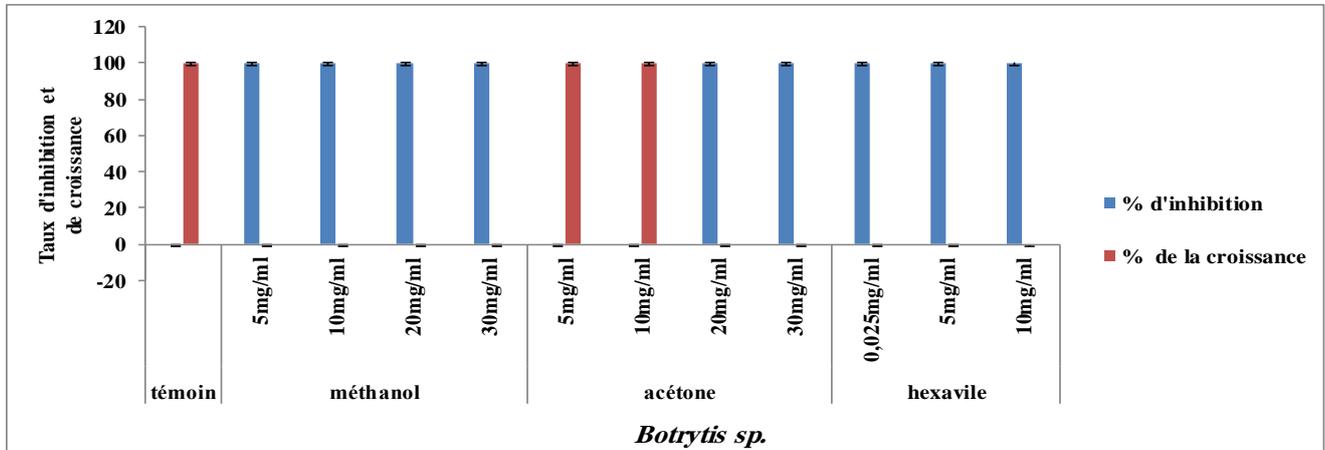


Figure 18 : Effet des extraits sur la croissance mycélienne du *Botrytis sp*

c. *Aspergillus sp*

Parmi les deux solvants utilisés pour l'extraction, les extraits d'acétone ont montré la plus forte activité d'inhibition suivie par le méthanol contre ce pathogène. La plus haute activité présentée par l'extrait d'acétone contre l'*Aspergillus sp*. est de (20.48%) à la concentration de 10mg/ml qui était inférieur au contrôle standard HEXAVIL dont son inhibition de la croissance est de (100%) à la concentration de 5mg/ml. Par contre l'activité la plus faible était présentée par l'extrait métanolique contre le même agent pathogène avec une inhibition de (3.01%) à la concentration de 10mg/ml (Figure 19). Le témoin présente un optimum de croissance.

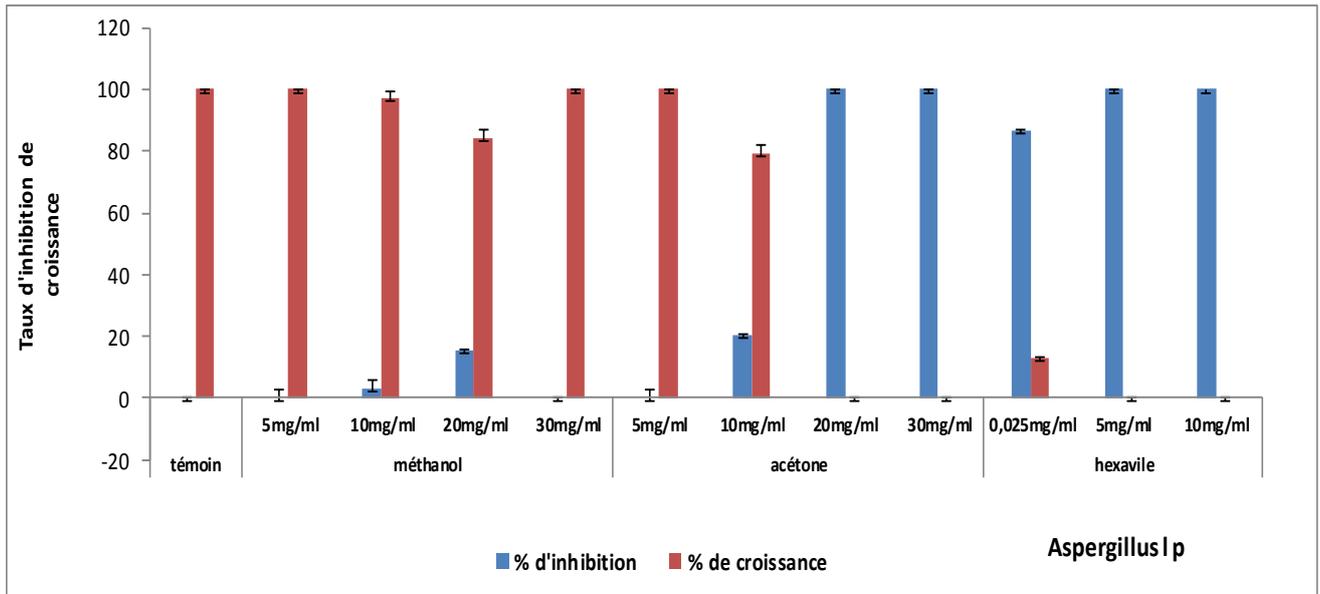


Figure 19 : Effet des extraits sur la croissance mycélienne d'*Aspergillus sp.*

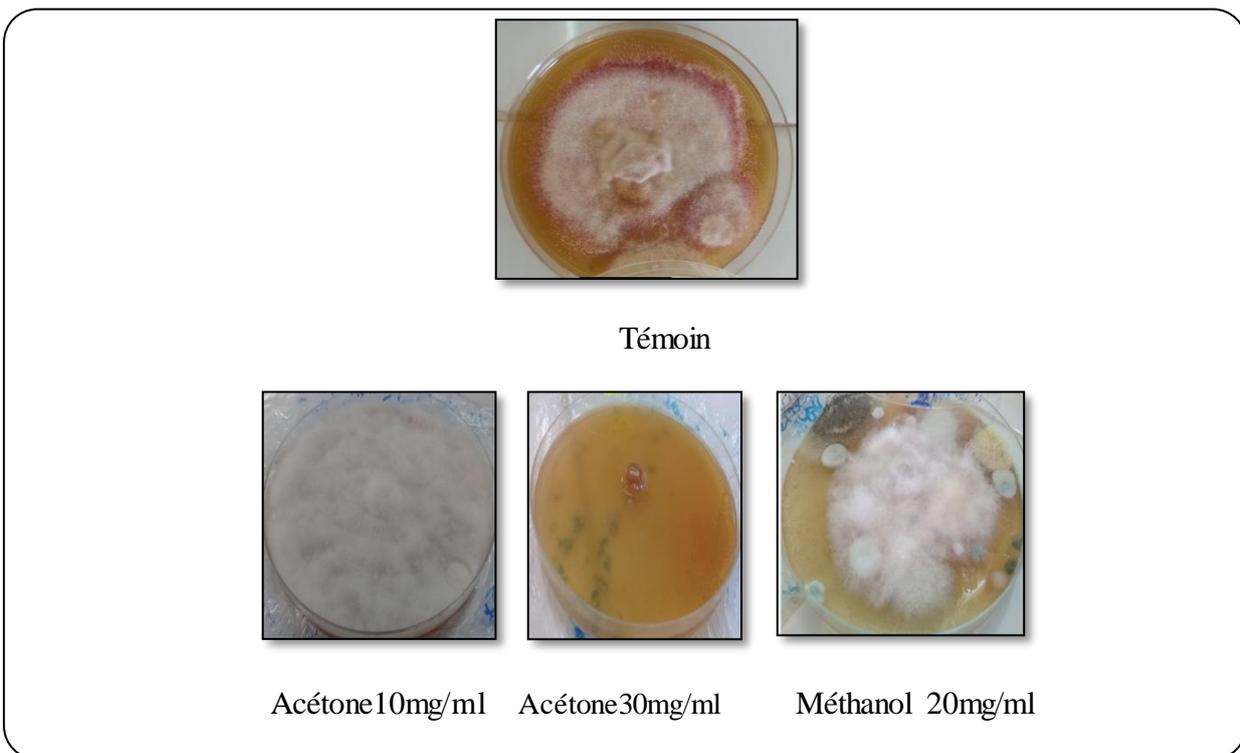


Figure 20 : Résultat de la croissance radiale du *Fusarium sp.* en présence des extraits lichénique.

V.1.3.1. Effet des extraits de *Lobaria pulmonaria* sur la sporulation

a. *Fusarium sp.*

L'évaluation de l'efficacité des extraits testés repose sur le calcul du pourcentage d'inhibition de la sporulation. La **Figure 21** montre que l'extrait d'acétone à un effet inhibiteur très

important sur le *Fusarium sp.* qui a un effet identique au contrôle standard HEXAVIL dont son taux d'inhibition est toujours (100%). Des résultats, on remarque que l'effet est proportionnel aux concentrations. En ce qui concerne l'extrait méthanolique son effet inhibiteur sur le *Fusarium sp.* est graduel par rapport aux concentrations ; moyennement important au concentrations 5mg/ml et 10 mg/ml en comparaison avec le fongicide standard, mais l'effet devient important à la concentration 20 et 30 mg/ml, qui est identique au contrôle l'HEXAVIL.

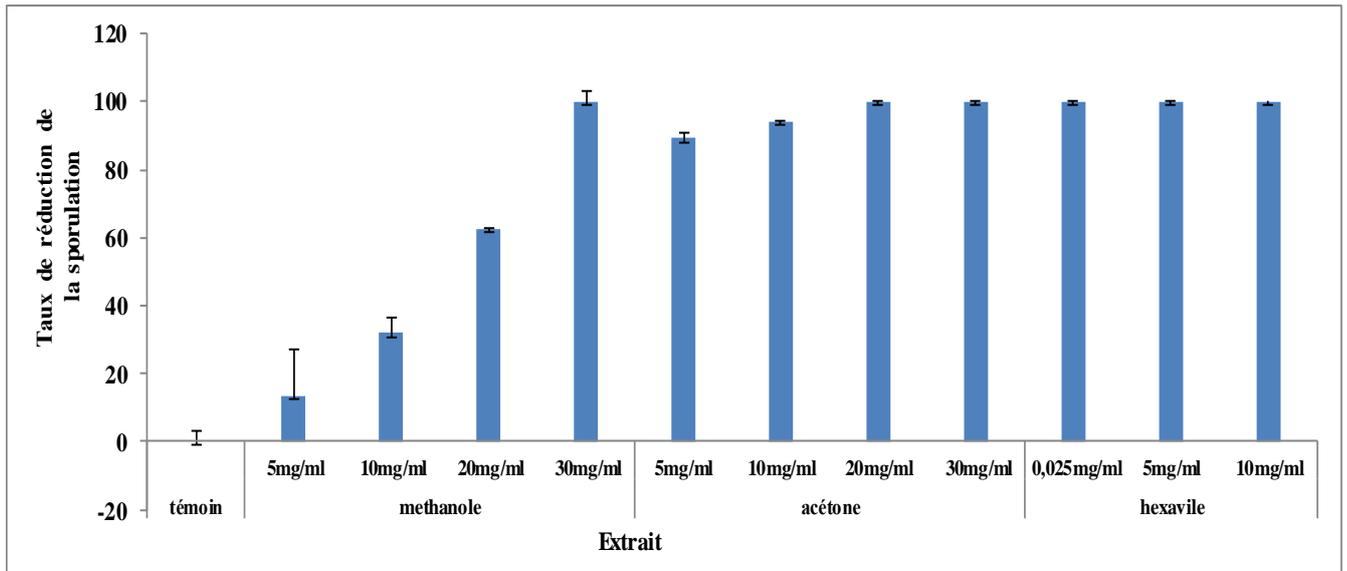


Figure 21 : Effet des extraits sur la sporulation du *Fusarium sp.*

b. Botrytis sp.

La **figure 22** montre que tous les extraits ont un effet inhibiteur très important qui est de l'ordre de 100% pour toutes les concentrations, en comparaison avec le contrôle standard HEXAVIL (100%) sur le *Botrytis sp.* au cours de la sporulation.

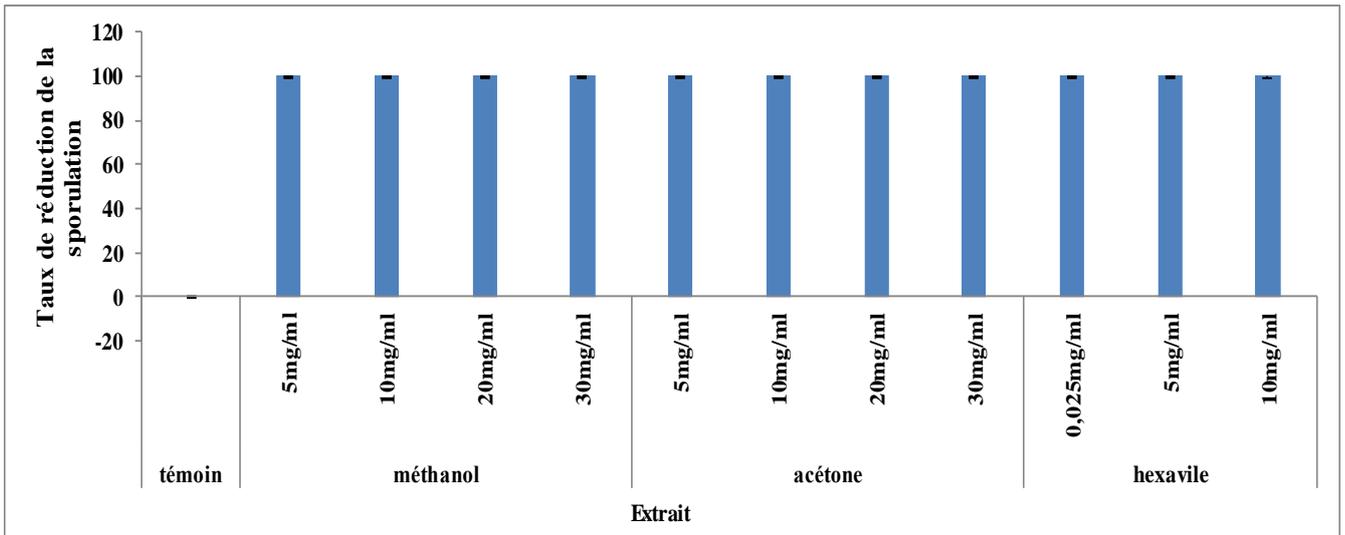


Figure 22 : Effet des extraits sur la sporulation de *Botrytis sp.*

c. *Aspergillus sp.*

La figure 23 montre que l'extrait de méthanol a peu d'effet inhibiteur sur l'*Aspergillus* au cours de la sporulation à toutes les concentrations. Par contre, l'extrait acétonique a un effet inhibiteur très important dont le meilleur taux d'inhibition atteint 100% à toutes les concentrations, effet identique au contrôle standard HEXAVIL qui est toujours (100%).

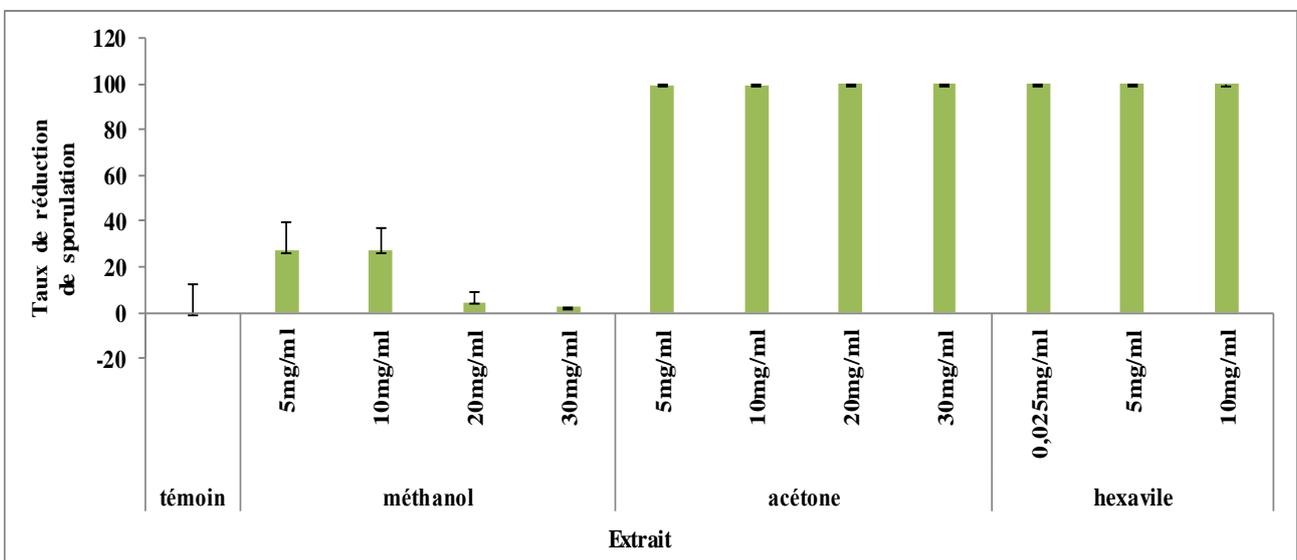


Figure 23 : Effet des extraits sur la sporulation d'*Aspergillus sp.*

V.1.3.2. Effet des extraits de *Cladonia foliacea* sur la croissance mycélienne

La croissance mycélienne en présence des différents extraits a été évaluée après incubation à une température de 25°C correspondant à l'optimum de la croissance d'*Aspergillus sp.*, *Botrytis sp.* et *Fusarium sp.* (Figure 24).

a. *Botrytis sp.*

Tous les extraits ont montré une forte activité d'inhibition. La plus forte activité est de 100% elle était identique au contrôle standard HEXAVIL qui provoque une inhibition de la croissance de 100% pour toutes les concentrations. Néanmoins aux concentrations 5mg/ml et 10mg/ml l'activité était faible pour deux extraits ; le chloroforme et le dichlorométhane contre le même agent pathogène. On remarque aussi un développement du champignon dans l'extrait acétonique à la concentration de 20mg/ml chose qui nous insiste à explorer profondément les résultats vus que les faibles concentrations possèdent une meilleure activité.

b. *Aspergillus sp*

Pour ce pathogène l'activité anti-fongique est particulièrement marquée aux faibles concentrations. Elle n'est pas proportionnelle au gradient de concentrations. L'extrait au méthanol, par contre n'a pas d'effet sur ce pathogène. Le fongicide standard n'inhibe pas totalement la croissance du champignon à la concentration de 0,025 mg/ml appliquée au champ.

c. *Fusarium sp*

On remarque la même chose pour le fusarium, l'activité est plus marquée dans les faibles concentrations dans presque tous les solvants. Le fongicide standard aussi n'inhibe pas totalement la croissance du champignon à la concentration de 0,025 mg/ml appliquée au champ.

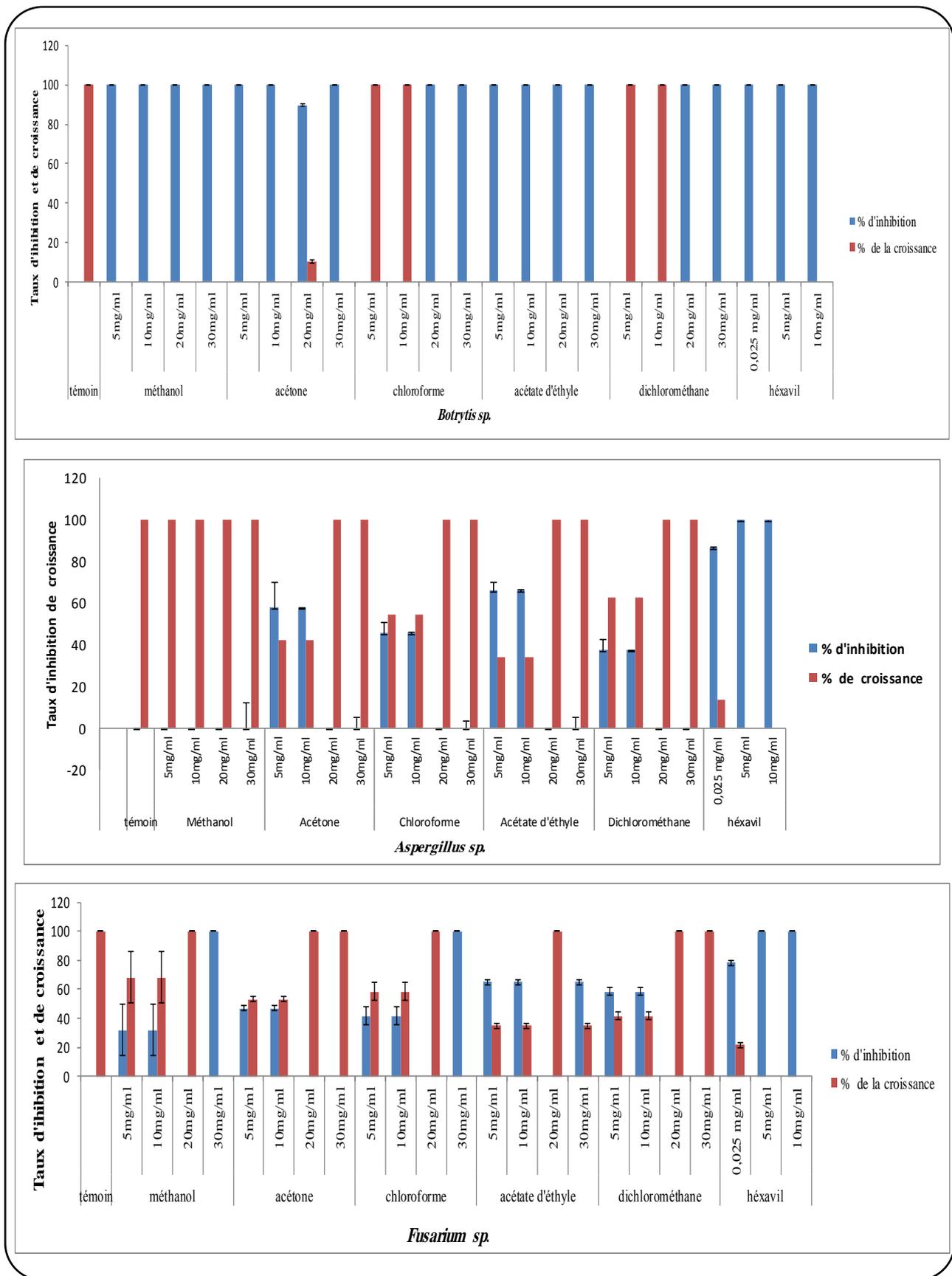


Figure 24 : Effet des extraits sur la croissance mycélienne du *Cladonia foliacea*.

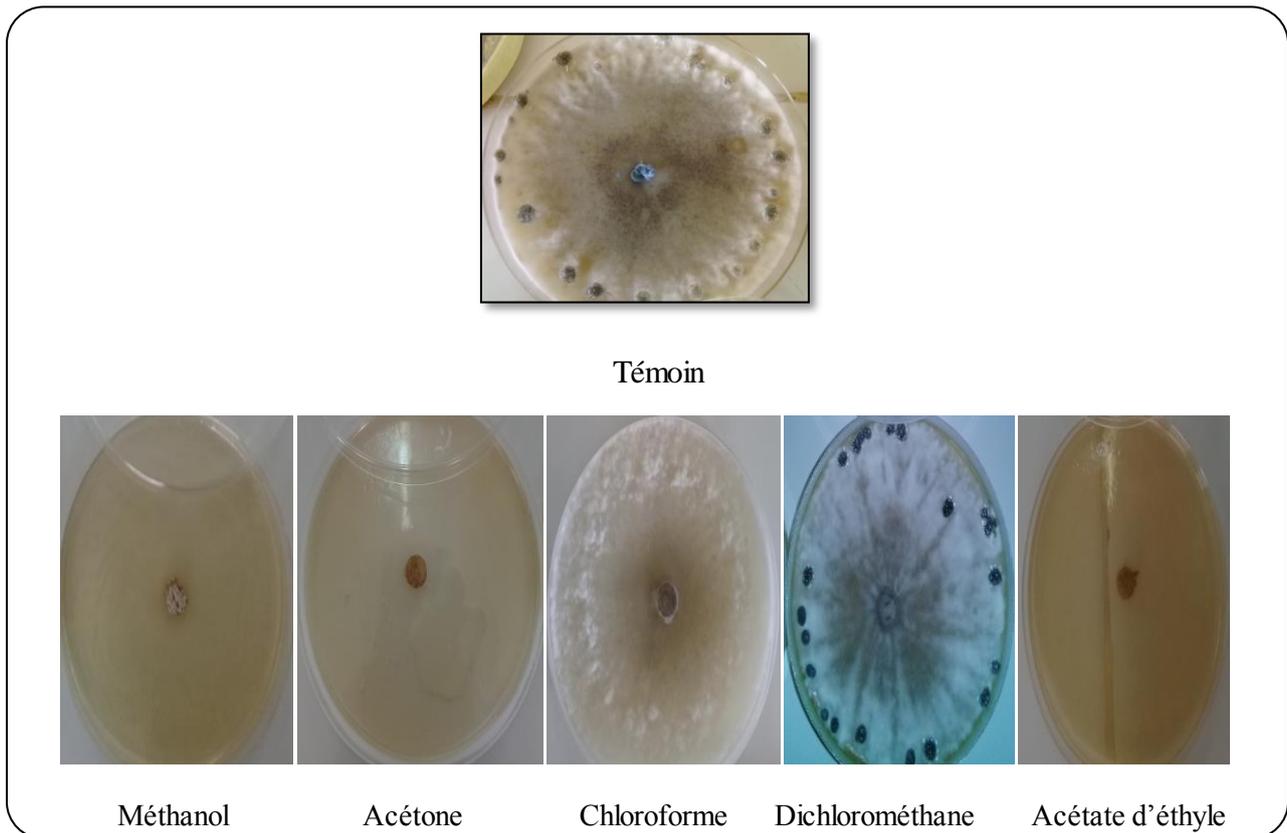


Figure 25 : Résultat de la croissance radiale du *Botrytis sp.* en présence des extraits lichénique.

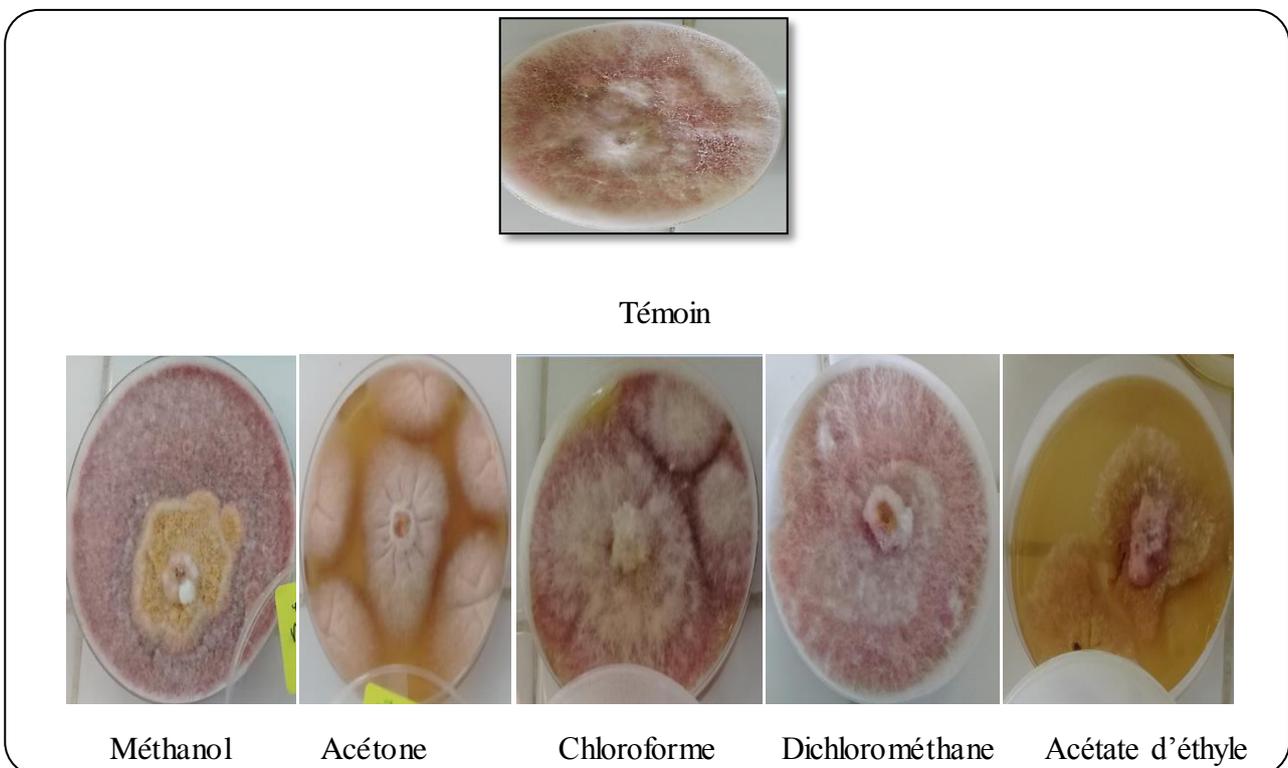


Figure 26 : Résultat de la croissance radiale du *Fusarium sp.* en présence des extraits lichénique de *Cladonia foliacea*.

V.1.3.2.1. Effet des extraits sur la sporulation :

L'évaluation de l'efficacité des extraits testés repose sur le calcul du pourcentage d'inhibition de la sporulation. La figure 26 montre que :

L'extrait de méthanol, d'acétone et d'acétate d'éthyle présentant une activité très importante vis-vis de la sporulation du *Fusarium sp.* dont le meilleur taux d'inhibition atteint 90,90% et 76,40% aux concentrations 5,10 et 30 mg/ml. L'extrait dichlorométhane a un effet inhibiteur sur le même agent pathogène qui est similaire à l'effet du chloroforme aux concentrations 5 et 10 mg/ml.

L'extrait de dichlorométhane, a un effet inhibiteur très important sur le *Botrytis sp.* dont le meilleur taux d'inhibition atteint 78,01% dans toutes les concentrations, D'autre part, les extraits de méthanol et d'acétate d'éthyle ayant un effet inhibiteur très important aux concentrations de 20 et 30mg/ml qui est estimée à 100%. Aussi l'extrait de chloroforme a un effet inhibiteur très important au cours de la sporulation aux concentrations 20 et 30 mg/ml dont le meilleur taux d'inhibition atteint 100%. Par contre l'extrait d'acétone présente une activité modérée sur la sporulation dont le meilleur taux d'inhibition n'atteint que 52%.

Les extraits de chloroforme et d'acétate d'éthyle ont un effet inhibiteur très important sur l'*Aspergillus sp.* à toutes les concentrations avec un taux d'inhibition qui varie environ entre (59,19% - 40%). D'autre part, l'extrait d'acétone et dichlorométhane a un très faible effet inhibiteur sur le même agent pathogène au cours de la sporulation à toutes les concentrations dont le meilleur taux d'inhibition n'a pas atteint 12%.

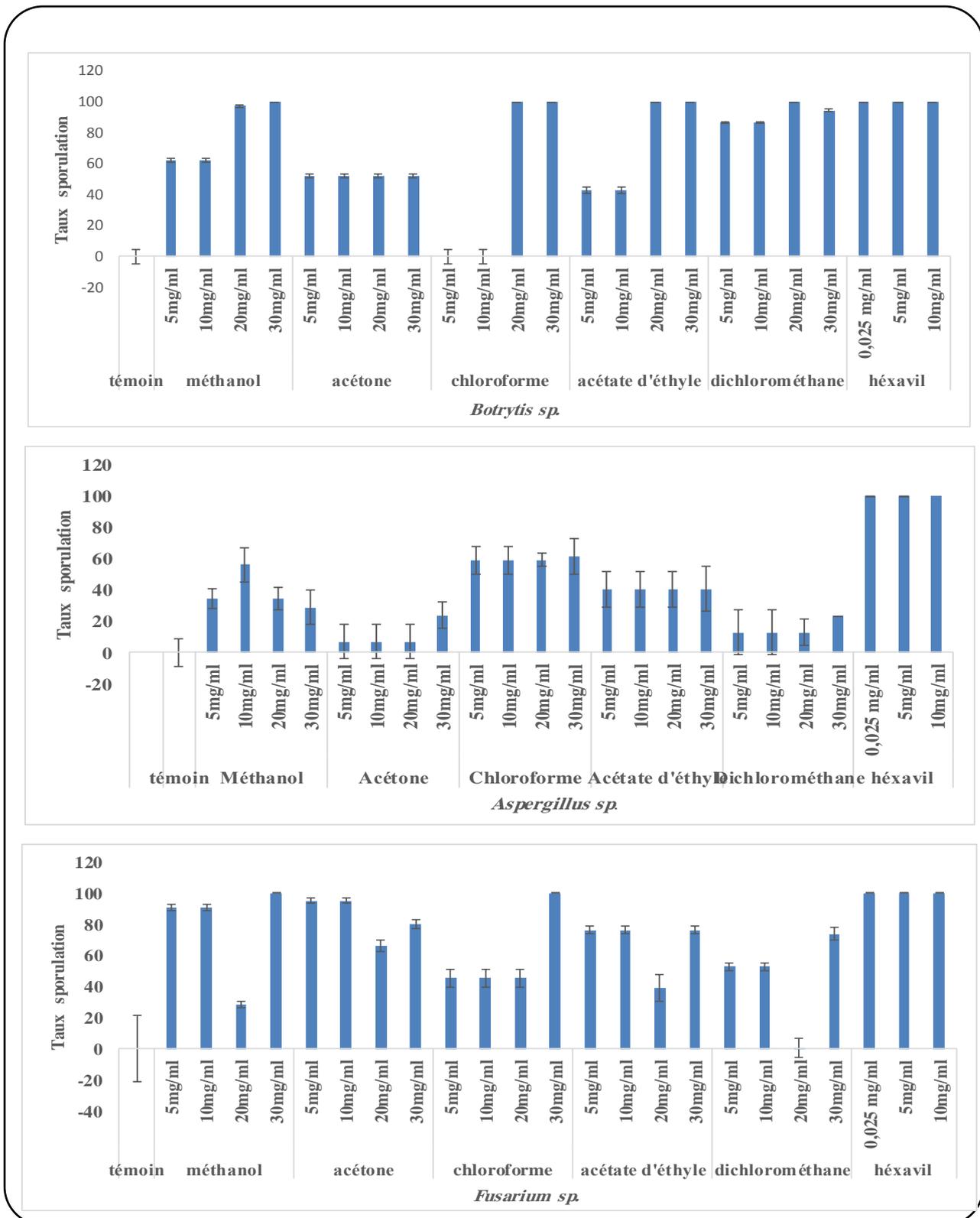


Figure 27 : Effet des extraits du *Cladonia foliacea* sur la réduction de la sporulation.

V.1.3.2.2. Effet des extraits sur la germination des spores :

L'évaluation de l'efficacité des extraits testés sur la germination des spores repose sur le calcul du pourcentage de la germination en présence de les extraits et dans les témoins.

Parmi tous les extraits lichéniques testés, seuls les extraits de méthanol, d'acétate d'éthyle et de dichlorométhane ont présenté un effet inhibiteur de germination des spores très important contre *Aspergillus sp.* et *Fusarium sp.* dans toutes les concentrations dont le meilleur taux d'inhibition est 100% était identique au contrôle standard HEXAVIL.

L'extrait d'acétone a également montré une bonne activité inhibitrice de germination des spores contre *Aspergillus sp.* dans toutes les concentrations, dont le meilleur taux d'inhibition est 100% était identique au tel contrôle standard HEXAVIL. L'effet inhibiteur des spores de *Fusarium sp.* atteint 99,35% au concentration 5, 10 et 20mg/ml. D'un autre coté cet extrait possède un effet inhibiteur de germination des spores très important contre le *Botrytis sp.* qui atteint 100% aux concentration 20 et 30mg/ml, tandis qu'au concentrations d e5 et 10mg/ml l'effet inhibiteur de germination des spores est très faible il n'atteint que 26%.

L'extrait de chloroforme a également montré une bonne activité inhibitrice de germination des spores contre *Aspergillus sp.* dans toutes les concentrations dont le meilleur taux d'inhibition est 100% était identique au contrôle standard HEXAVIL. Suivi par l'effet contre le *Fusarium sp.* qui est de 88,96% à la concentration 5 et 10mg/ml, tandis que à la concentration de 20 et 30 mg/ml l'effet inhibiteur de germination des spores est très important dont le meilleur taux est de 100%. D'autre part cet extrait à un effet inhibiteur de germination des spores très important chez le *Botrytis sp.* dont le meilleur taux d'inhibition est de 100% à la concentration de 20 et 30 mg/ml, alors que dans la concentration de 5 et 10 mg/ml aucun effet inhibiteur de germination n'est effectué.



Figure 28 : Effet des extraits de *Cladonia foliacea* sur la réduction de la germination.

V.2. Discussion

Les lichens produisent des métabolites secondaires appelés « substances lichéniques », qui comprennent les depsidones, les dibenzofuranes, les xanthones et les dérivés terpéniques. Ces métabolites constituent parfois plus de 30% de la masse sèche du thalle. Diverses activités biologiques des lichens et de leurs métabolites sont connues comme antiviraux, antibiotiques, antitumoraux, antiallergiques, antiherbivoraux et inhibent la croissance des plantes ainsi que diverses enzymes. Il a été observé que les extraits de lichens et les substances à base de lichen produisent des agents antimicrobiens et l'utilisation continue et incontrôlée de drogues de synthèse ont conduit à la nécessité de trouver de nouvelles préparations à base de produits naturels. Les produits naturels bioactifs ont des effets plus bénéfiques sur l'organisme par rapport aux produits synthétiques. En considérant la multirésistance des agents pathogènes, cette étude a été réalisée pour la recherche d'alternative aux molécules synthétiques dans la lutte contre les moisissures. Les substances à base de lichen en tant que composés bioactifs gagnent du terrain par rapport aux agents hémicaux traditionnellement connus en raison de leur efficacité améliorée par rapport aux composés synthétiques (**Huneck1999**).

Des extraits de thalles de lichen ont démontré une forte activité antifongique contre divers champignons pathogènes de végétaux (**Gulluce et al. 2006 ; Halama et Van Haluwin 2004**).

(Gomes et al.2002; Ranković 2008, 2010) dans leurs études, montrent que la meilleure efficacité comparative de l'extrait au méthanol et à l'acétone de *Parmotrema tinctorum* contre certains champignons phytopathogènes bien connus , peut être attribuée à des substances à base de lichen comme l'acide lecanorique et l'acide orsellinique, connu pour leurs propriétés antifongiques.

Les lichens sont intrinsèquement résistants aux infections microbiennes en raison de la production d'un grand nombre de métabolites secondaires uniques. La recherche de nouveaux composés bioactifs issus de ressources naturelles pour améliorer les applications pharmaceutiques, cosmétiques et agricoles est une pratique ancienne et reprend actuellement de plus en plus d'importance (**Huneck, 1999**).

Les résultats obtenus dans la présente étude indiquent que les deux espèces lichéniques possèdent des propriétés antifongiques potentielles. L'activité antifongique avec différents paramètres étudiés révèle le pouvoir fongicide de ces espèces, supposé être dû aux composés bioactifs présents dans ces lichens. Semblable aux études de Madamombe et Afolayan (2003), Yilmaz et al., (2005).

D'après les résultats obtenus on peut constater que l'*Aspergillus sp.* est résistant à l'extrait méthanolique et sensible pour les autres extraits à certaines concentrations, ainsi que, le *Fusarium sp.* Résiste à tous les extraits à certaines concentrations, par contre le *Botrytis sp.* est sensible à l'extrait méthanolique, acétonique et l'acétate d'éthyle et résiste à l'extrait dichlorométhane et chloroforme.

Les résultats du pourcentage de réduction de sporulation ($I_s\%$) ont montré que l'agent pathogène *Fusarium sp.* est sensible pour tous les extraits, par contre l'*Aspergillus sp.* résiste à tous les extraits, d'autre part le *Botrytis sp.* elle est sensible à l'extrait dichlorométhane et méthanol et résiste aux autres extraits.

Les résultats du pourcentage de réduction de germination des spores des agents pathogènes montrent que le *Fusarium sp.* Et l'*Aspergillus sp.* sont très sensibles pour tous les extraits tandis que, le *Botrytis sp.* est très sensible pour l'extrait de dichlorométhane et méthanol et pour les autres extraits à certains concentration (concentration élevé 20 et 30mg/ml).

D'après les résultats obtenus on conclut que les agents pathogènes fongiques sélectionnés présentent une résistance et une sensibilité aux extraits lichéniques : *Aspergillus sp.* Est l'agent pathogène le plus résistant à l'extrait lichénique du *Cladonia foliacea* par rapport aux autres agents pathogène, suivi par le *Fusarium sp.* Qui est moins résistant, alors que le *Botrytis sp.* était le plus sensible, cette différence dans ces réactions varie en fonction du type de solvant d'extraction et du type de lichen.

Pour *Lobaria pulmonaria* et d'après les résultats obtenus concernant la croissance on peut constater que l'*Aspergillus sp.* Est très sensible pour l'extrait d'acétone aux concentrations élevées, tandis que le *Fusarium sp.* Est sensible à l'extrait de méthanol et d'acétone à des concentrations élevé, alors que le *Botrytis sp.* est très sensible pour les deux extraits à des concentrations élevées.

Les résultats du pourcentage de réduction de sporulation ($I_s\%$) ont montré que l'agent pathogène *Botrytis sp.* est très sensible pour l'extrait d'acétone et de méthanol, d'autre part les agents pathogènes *Aspergillus sp.* et *Fusarium sp.* sont très sensible pour l'extrait d'acétone et résistent à l'extrait de méthanol.

Conclusion et perspective

Conclusion et perspective

Les lichens sont des organismes symbiotiques singuliers capables de s'adapter à des conditions environnementales extrêmes. Les lichens ont été consommés en temps de famine, et ils sont utilisés depuis des siècles en médecine traditionnelle, soit dans leur intégralité, soit sous forme d'extraits.

La majorité des problèmes de santé liés aux pesticides repose sur l'exposition prolongée et l'intoxication chronique à ces produits phytosanitaires.

Notre travail a pour objet l'évaluation de l'effet des extraits lichéniques sur l'activité antifongique de deux espèces lichéniques : *Cladonia foliacea*, et *Lobaria pulmonaria* sur trois souches de moisissures à savoir *Aspergillus sp.*, *Botrytis sp.* et *Fusarium sp.*

L'étude en conditions contrôlées a permis de mettre en évidence l'effet des fongicides sur les moisissures, à des doses croissant égales de celles recommandées pour épandage sur les champs.

Après avoir évalué le potentiel antifongique de *Cladonia foliacea* et *Lobaria pulmonaria*, il a été observé que ces deux espèces de lichen possèdent une activité antifongique.

Principalement l'extrait méthanolique, suivi de l'extrait d'acétonique car une inhibition de la croissance fongique a été observée. Les résultats dépendaient de plusieurs facteurs : différents solvants d'extraction, la concentration en extrait de lichen, la quantité de composés actifs présents dans l'extrait, l'espèce de moisissure testée et le procédé de diffusion mis en œuvre.

D'après les résultats obtenus on conclut que les agents pathogènes fongiques sélectionnés présentent une résistance et une sensibilité aux extraits lichéniques : *Aspergillus sp.* est l'agent pathogène le plus résistant à l'extrait lichénique du *Cladonia foliacea* par rapport aux autres agents pathogènes, suivi par le *Fusarium sp.* qui est moins résistant, alors que le *Botrytis sp.* était le plus sensible, cette différence dans ces réactions varie en fonction du type de solvant d'extraction et du type de lichen. Ces résultats peuvent impliquer que les espèces de lichen utilisées diffèrent les unes des autres en fonction de constituants chimiques non identifiés dans cette étude.

A l'issue de notre étude, plusieurs questions ont surgi et qui peuvent ouvrir des perspectives intéressantes :

- Caractérisation des extraits actifs par chromatographie.
- Évaluation d'un essai au champ.

-A-

ACTA. (2005). Index Phytosanitaire.41ème. Association de Cordination Technique Agricole. France. pp. 820 in Merhi, M. (2008). Etude de l'impact de l'exposition à des mélanges de pesticides à faibles doses: caractérisation des effets sur des lignées cellulaires humaines et sur le système hématopoïétique murin. Thèse de doctorat. INPT.

Ait Hammou, M. (2015). Analyse taxonomique et écologique des lichens de la région de Tiaret. *Oran*: these de Doctorat. Université d'Oran.

Aktar, W., Sengupta, D., et Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary toxicology*, 2(1), 1-12. <https://doi.org/10.2478/v10102-009-0001-7> .

Amar, N. R. (2003). Cyanolichens: Nitrogen metabolism. *Cyanobacteria in symbiosis, Kluwer academic* in Nguyen, T. T. T. (2014). *Screening of mycosporine-like compounds in the dermatocarpongenus: phyto chemical study of the lichen dermatocarpon luridum (WITH.) JR Laundon* (Doctoral dissertation, Rennes 1).

Andraud-Dieu, A. (2015). Recherche de molécules antimicrobiennes d'origine lichénique : Etude phytochimique de trois lichens et approche synthétique de deux composés actifs (Doctoral dissertation, Limoges).

Aquiloni, L., et Gherardi, F. (2010). The use of sexpheromones for the control of invasive populations of the crayfish *Procambarus clarkii*: a field study. *Hydro biologia*, 649(1), 249-254 in Deravel, J., F. Krier and P. Jacques (2014). "Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique)." *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 18(2): 220-232.

Asta, J. (1975). Ce monde méconnu des lichens. *Bull. Bio. Club, Grenoble*, 69-90 in Collombet, C. (1989). Lichen d'Islande et lichen pulmonaire, *Sciences pharmaceutiques. L'Université Joseph Fourier Grenoble I*.

-B-

Badillet, G., Bievre, C., et Gueho, E. (1987). Champignons contaminants des cultures. *Champignons opportunistes. Atlas clinique et biologique. Varia*, 2, 132-216 in Quatresous, N. (2011). *Aspergillose humaine : Épidémiologie, diagnostic biologique, contrôle* (Doctoral dissertation, Thèse Pharmacie, Université de Limoges).

Batsch, D. (2011). L'impact des pesticides sur la santé humaine. Thèse de doctorat. UHP-Université Henri Poincaré - Nancy 1 .

Behera, B. C., Verma, N., Sonone, A., et Makhija, U. (2005). Evaluation of antioxidant potential of the cultured mycobiont of a lichen *Usnea ghattensis*. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 19(1), 58-64 in Oh, S., Jeon, H., Lim, K., Koh, Y., et Hur, J. (2006). Antifungal activity of lichen-forming fungi isolated from Korean and Chinese lichen species against plant pathogenic fungi. *Plant Pathology Journal*, 22(4), 381. <https://doi.org/10.5423/PPJ.2006.22.4.381>.

Bellenfant S., Vallade J., Beguinot J., Sirugue D., Lemmel C., et le Groupe Lichens de Bourgogne (GLIB). (2010). Les lichens une symbiose exemplaire Textes et illustrations., Rev. sci. Bourgogne-Nature - 12-2010, 30-45.

Bessadat, N. (2013). isolement, identification et caractérisation des *Alternaria sp.* Responsable de la détérioration des plantes maraichères par des systèmes enzymatiques et moléculaires, université d'Oran.

Botton, B., Breton, A., Fevre, M., Gauthier, S., Guy, P., Larpent, J.P., Reymond, P., Sarglier, J.J., Vayssier, Y., Veau, P.(1990). Moisissures utiles et nuisibles : importance industrielle. Paris, Milan, Barcelone : Masson, « Collection Biotechnologies (Paris) », 2e ed. rev. Et compl., 512 p

Boutabia, L.(2015). Etude systématique et bioécologique des lichens corticoles de différents phorophytes au niveau de la région d'El Kala (Nord-Est algérien). Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar Annaba.

Brodeur, J., et Caron, J. (2006). Recherche et développement de biopesticides et pesticides naturels à faible toxicité pour les organismes non ciblés et respectueux de l'environnement—Présenté au Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP) Rapport final—Volet Entomologie.

Burkholder, P. R., Evans, A. W., McVeigh, I., et Thornton, H. K. (1944). Antibiotic activity of lichens. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 30(9), 250 in Yousuf, S., Choudhary, M. I., et Atta-ur-Rahman. (2014). Lichens. In *Studies in Natural Products Chemistry* 43: 223- 259.

Cardarelli, M., Serino, G., Campanella, L., Ercole, P., Nardone, F. D. C., Alesiani, O., et Rossiello, F. (1997). Antimitotic effects of usnic acid on different biological systems. *Cellular and Molecular Life Sciences CMLS*, 53(8), 667-672. <https://doi.org/10.1007/s000180050086> .

Carlile M.J., Watkinson S.C. The Fungi. (1994). (Academic Presseds).**Caron D. (2000).**Fusarioses des épis, Sait-on prévoir leur développement. Perspectives Agricoles, pp 56-62 in Ghorri, S. (2015). Isolement des microorganismes possédant une activité anti-Fusarium. Université frères Mentouri. Département de Microbiologie. Thèse de doctorat.

Chandler, D., Bailey, A. S., Tatchell, G. M., Davidson, G., Greaves, J., et Grant, W. P. (2011).The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. *Philosophical Transactions of the Royal Society B :Biological Sciences*, 366(1573), 1987-1998. In Deravel, J., Krier, F. et Jacques, P. (2014). Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*18(2): 220-232.

Chaturvedi, M., Sharma, C., et Chaturvedi, M. (2013). Effects of pesticides on human beings and farm animals: A case study. *Research Journal of Chemical and Environmental Sciences*, 1(3), 14-19.

Collado, I. G., Aleu, J., Hernández-Galán, R., et Durán-Patrón, R. (2000). *Botrytis* species an intriguing source of metabolites with a wide range of biological activities. Structure, chemistry and bioactivity of metabolites isolated from *Botrytis* species. *Current Organic Chemistry*, 4(12), 1261-1286. <https://doi.org/10.2174/1385272003375815>.

Copping, L. G., et Menn, J. J. (2000). Biopesticides: a review of their action, applications and efficacy. *Pest Management Science : formerly Pesticide Science*, 56(8), 651-676. [https://doi.org/10.1002/1526-4998\(200008\)56:8<651::AID-PS201>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/1526-4998(200008)56:8<651::AID-PS201>3.0.CO;2-U).

Coppins, A. M., et Coppins, B. J., (2002). *Indices of ecological continuity for woodland epiphytic lichen habitats in the British Isles*. London: British Lichen Society. In Collin, P., ET Ferrez, Y., (2015). Le point des connaissances sur la répartition du lichen pulmonaire (*Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm.) en Franche-Comté.

-D-

Davet, P., & Rouxel, F. (1997). *Détection et isolement des champignons du sol*. Quae.

De Jaeger, C., Voronska, E., Fraoucene, N., et Cherin, P. (2012). Exposition chronique aux pesticides, santé et longévité. Rôle de notre alimentation. *Médecine et Longévité*, 4(2), 75–92. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mlong.2012.05.002>.

Declert C. (1990). Manuel de phytopathologie maraichère tropicale. Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération. Editions de l'ürstüm. P329.

Del Palacio H. A., Gutierrez A., Gutierrez E. (1985). Ulcer corneal pour *Fusarium solani*, *Rev.Iber. Micol.*, 2, 29-35 .in Ghorri, S. (2015). Isolement des microorganismes possédant une activité anti-Fusarium. Université frères Mentouri. Département de Microbiologie. Thèse de doctorat.

Deravel, J., Krier, F. et Jacques, P. (2014). Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 18(2): 220-232.

Dreistadt, S. H, Clark, J. K., et Flint, M. L. (1994). Pests of landscape trees and shrubs. An integrated pest management guide. University of California Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3359 in Aktar, W., Sengupta, D., et Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary toxicology*, 2(1), 1-12. <https://doi.org/10.2478/v10102-009-0001-7>.

Duran J.A., Malvar A., Pereiro M., Pereiro Jr. M.(1989). *Fusarium moniliforme keratitis*, *Acta ophthalmol., Scand.* 67, 710-713 in Ghorri, S. (2015). Isolement des microorganismes possédant une activité anti-Fusarium. Université frères Mentouri. Département de Microbiologie. Thèse de doctorat.

-E-

Elad, Y., Williamson, B., Tudzynski, P., et Delen, N. (2007). *Botrytis* spp. And diseases they cause in agricultural systems—an introduction. In *Botrytis : Biology, pathology and control* (pp. 1-8). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2626-3_1.

Errami, M. (2012). Devenir atmosphérique de bupirimate et transfert de ses métabolites (les diazines) dans l'atmosphère, sa dissipation dans les fruits de tomate et sa dégradation électrochimique. Thèse de doctorat. Reims.

Esshaymi, M. (2012). Les mycoses émergentes à propose de 4 cas cliniques. Thèse de doctorat. Université Mohammed v, faculté de Médecine et de Pharmacie-Rabat.

-F-

Fountain, E. D., et Wratten, S. D. (2013). Conservation biological control and biopesticides in agricultural. Lincoln University, Canterbury, New Zealand 377-381.<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.00539-X> .

-G-

Galloway, D. J. (1991). Phytogeography of southern hemisphere lichens. In *Quantitative approaches to phytogeography* (pp. 233-262). Springer, Dordrecht.https://doi.org/10.1007/978-94-009-2063-7_8 .

Gari-Toussaint M., Leguay J.M., Zur C., Michiels J.F., Ferraen L., Negre S., Le Fichoux Y.(1997).Keratite à *Fusarium solani* chez une patiente diabétique, *J. Mycol. Med.*, 7, 227-231 in Ghorri, S. (2015).Isolement des microorganismes possédant une activité anti-*Fusarium*. Université frères Mentouri. Département de Microbiologie. thèse de doctorat.

Goettel, M. S., et Hajek, A. E. (2001).Evaluation of non-target effects of pathogens used for management of arthropods. *Evaluating indirect ecological effects of biological control*, 81-97 in Deravel, J., F. Krier and P. Jacques (2014). "Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique)." *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement***18**(2): 220-232.

Guarro, J., et Gené, J. (1992). *Fusarium* infections. Criteria for the identification of the responsible species: *Fusarium- Infektionen. Kriterien zur Identifizierung der ätiologisch bedeutsamen Arten. Mycoses*, 35(5-6), 109-114.<https://doi.org/10.1111/j.1439-0507.1992.tb00830.x>.

Gupta, A. K., Baran, R., et Summerbell, R. C. (2000). *Fusarium* infections of the skin. *Current opinion in infectious diseases*, 13(2), 121-128.

-H-

Halama, P., et Van Haluwin, C. (2004). Antifungal activity of lichen extracts and lichenic acids. *Bio Control*, 49(1), 95-107.in Oh, S., Jeon, H., Lim, K., Koh, Y., et Hur, J. (2006). Antifungal activity of lichen-forming fungi isolated from Korean and Chinese lichen species against plant pathogenic fungi. *Plant Pathology Journal*, 22(4), 381.<https://doi.org/10.5423/PPJ.2006.22.4.381>.

Hennebert, G. L. (1973). *Botrytis and Botrytis-like genera. Persoonia*, 7(2), 183-204 in Walker, A. S. (2016). Diversity within and between species of Botrytis. In *Botrytis—the fungus, the pathogen and its management in agricultural systems* (pp. 91-125). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23371-0_6 .

Hibar, K. (2002). La fusariose du collet et des racines de la tomate: Pathogénicité et moyens de lutte. *Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Protection des Plantes et Environnement. Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Elevage de Chott Mariam.*

Holz, G., Coertze, S., et Williamson, B. (2007). The ecology of Botrytis on plant surfaces. In *Botrytis: Biology, pathology and control* (pp. 9-27). Springer, Dordrecht.

Huneck, S. (1999). The significance of lichens and their metabolites. *Naturwissenschaften*, 86(12), 559-570. <https://doi.org/10.1007/s001140050676> .

-I-

Ingolfssdottir, K. (2002). Molecules of interest: usnic acid. *Phytochemistry* 64 :729-736 in Oh, S., Jeon, H., Lim, K., Koh, Y., et Hur, J. (2006). Antifungal activity of lichen-forming fungi isolated from Korean and Chinese lichen species against plant pathogenic fungi. *Plant Pathology Journal*, 22(4), 381. <https://doi.org/10.5423/PPJ.2006.22.4.381>.

-J-

Jarvis, W. R. (1977). *Botryotinia and Botrytis species: taxonomy, physiology and pathogenicity.*

-K-

Kumar, S. (2012). Biopesticides: a need for food and environmental safety. *J Biofertil Biopestic*, 3(4), 1-3. in Kumar, S., et Singh, A. (2015). Biopesticides: present status and the future prospects. *J Fertil Pestic*, 6(2), 100-129. <https://doi.org/10.4172/2471-2728.1000e129> .

Kumar, S. (2012). Biopesticides: a need for food and environmental safety. *J Biofertil Biopestic*, 3(4), 1-3. <https://doi.org/10.4172/2155-6202.1000e107>.

Kumar, S., Arul, L., et Talwar, D. (2010). Generation of marker-free Bt transgenic indica rice and evaluation of its yellow stem borer resistance. *Journal of applied genetics*, 51(3), 243-257 in Kumar, S. (2012). Biopesticides: a need for food and environmental safety. *J Biofertil Biopestic*, 3(4), 1-3. <https://doi.org/10.4172/2155-6202.1000e107>

Kumar, S., Chandra, A., et Pandey, K. C. (2008). *Bacillus thuringiensis* (Bt) transgenic crop: an environment friendly insect-pest management strategy. *J Environ Biol*, 29(5), 641-653. in Kumar, S. (2012). Biopesticides: a need for food and environmental safety. *J Biofertil Biopestic*, 3(4), 1-3. <https://doi.org/10.4172/2155-6202.1000e107>.

-L-

Lakhani, L., Soni, D., et Alune, B. (2015). Dangers Of Pesticides On Wildlife Ecology. *International Journal of Research - GRANTHAALAYAH*, 3, 1- 3.

Leng, P., Zhang, Z., Pan, G., et Zhao, M. (2011). Applications and development trends in biopesticides. *African Journal of Biotechnology*, 10(86), 19864-19873. In Davel, J., Krier, F. et Jacques, P., (2014). Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 18(2): 220-232.

Leon, M. E., Freeman, L. E. B., Douwes, J., Hoppin, J. A., Kromhout, H., Lebailly, P., Nordby, K.C., Schenker, M., Schüz, J., Worning, S. C., Alavanja, M. C., Annesi-Maesano, I., Baldi, I., Dalvie, M. A., Ferro, G., Fervers, B., Langeseth, H., London, L., Lynch, C. F., Mclaughlin, J., Merchant, J. A., Pahwa, P., Sigsgaard, T., Stayner, L., Wesseling, C., Yoo, K. Y., Zahm, S. H., Straif, K., Blair, A. (2011). AGRICOH: a consortium of agricultural cohorts. *International journal of environmental research and public health*, 8(5), 1341-1357 in Batsch, D. (2011). L'impact des pesticides sur la santé humaine. Thèse de doctorat. UHP-Université Henri Poincaré - Nancy 1 .

Leroux, P., et Credet, A. (1978). Document sur l'étude de l'activité des fongicides. *INRA, Versailles, France*, 26. In Serghat, S., Mouria, A., Touhami, A. O., Badoc, A., et Douira, A. (2004). Effet de quelques fongicides sur le développement in vitro de *pyricularia grisea* et *helminthosporium oryzae*. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 143(7), 14.

Li, X., Kerrigan, J., Chai, W., et Schnabel, G. (2012). *Botrytis caroliniana*, a new species isolated from blackberry in South Carolina. *Mycologia*, 104(3), 650-658 in Walker, A. S. (2016). Diversity within and between species of *Botrytis*. In *Botrytis—the fungus, the pathogen and its management in agricultural systems* (pp. 91-125). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23371-0_6 .

Lorenzini, M., et Zapparoli, G. (2014). An isolate morphologically and phylogenetically distinct from *Botrytis cinerea* obtained from with red grapes possibly represents a new species of

Botrytis. *Plant pathology*, 63(6), 1326-1335 in Walker, A. S. (2016). Diversity within and between species of *Botrytis*. In *Botrytis—the fungus, the pathogen and its management in agricultural systems* (pp. 91-125). Springer, Cham.https://doi.org/10.1007/978-3-319-23371-0_6 .

Lucas, W. J., et Lobb, P. G. (1987).Response of potatoes, tomatoes and kumaras to foliar applications of MCPA, MCPB, 2, 4-D, clopyralid, and amitrole. In *Proc. 40th NZ Weed and Pest Control Conf* (Vol. 40, pp. 59-63) In Aktar, W., Sengupta, D., et Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary toxicology*, 2(1), 1-12.<https://doi.org/10.2478/v10102-009-0001-7>.

-M-

Madelin, T. M. (1994). Fungal aerosols: areview. *Journal of aerosol science*, 25(8), 1405-1412.[https://doi.org/10.1016/0021-8502\(94\)90216-X](https://doi.org/10.1016/0021-8502(94)90216-X).

Matthews, G.A., (2006). Pesticides: Health, Safety and the Environment. Blackwell Publishing, Oxford, UK. In Kim, K. H., Kabir, E., et Jahan, S. A. (2017). Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Science of the Total Environment*, 575, 525-535.<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.009>.

Mazid, S., Kalita, J. C., et Rajkhowa, R. C. (2011).A review on the use of biopesticides in insect pest management. *Int J Sci Adv Technol*, 1(7), 169-178 in Kumar, S. (2012). Biopesticides: a need for food and environmental safety. *J Biofertil Biopestic*, 3(4), 1-3.<https://doi.org/10.4172/2155-6202.1000e107> .

Merhi, M. (2008). Etude de l'impact de l'exposition à des mélanges de pesticides à faibles doses: caractérisation des effets sur des lignées cellulaires humaines et sur le système hématopoïétique murin. Thèse de doctorat. INPT.

Mitrović, T., Stamenković, S., Cvetković, V., Nikolić, M., Tošić, S., et Stojičić, D. (2011).Lichens as source of versatile bioactive compounds. *Biologica Nyssana*, 2(1) in Yousuf, S., Choudhary, M. I., et Atta-ur-Rahman. (2014). Lichens. In *Studies in Natural Products Chemistry* 43: 223- 259.

Mohammedi, Z. (2006). Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et Flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen. Mémoire de magister, Tlemcen.

Mueller, G. M., et Schmit, J. P. (2007).Fungal biodiversity: what do we know? What can we predict? *Biodiversity and Conservation*, 16(1), 1-5.<https://doi.org/10.1007/s10531-006-9117-7> .

Müller, K. (2001). Pharmaceutically relevant metabolites from lichens. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 56(1-2), 9-16 in Oh, S., Jeon, H., Lim, K., Koh, Y., et Hur, J. (2006).Antifungal activity of lichen-forming fungi isolated from Korean and Chinese lichen species against plant pathogenic fungi. *Plant Pathology Journal*, 22(4), 381.<https://doi.org/10.5423/PPJ.2006.22.4.381> .

Murtagh, G. J., Dyer, P. S., Crittenden, P. D. (2000).*Nature*.404, 564-564 in Andraud-Dieu, A. (2015). Recherche de molécules antimicrobiennes d'origine lichénique : Etude phytochimique de trois lichens et approche synthétique de deux composés actifs. Thèse de doctorat. Limoges.

-N-

Nash, T. H.(2008).Lichen Biology; Cambridge, Royaume-uni,p.498in Parrot, D. (2014). Etude de quatre lichens marins, maritime ou terrestre et des bactéries associées : Evaluation de la diversité bactérienne et recherche de métabolites d'intérêt (Doctoral dissertation, Rennes, INSA).

Nattah, A., Touhami, A. O., Benkirane, R., et Douira, A. (2013).Study of some lichens found in the Sidi Boughaba reserve, including a new species to the lichen flora of Morocco: *Pyrenula macrospora*. *Journal of Animal and Plant Sciences (JAPS)*, 18(3), 2802-2817.

Nelson, P. E., Dignani, M. C., et Anaissie, E. J. (1994).Taxonomy, biology, and clinical aspects of *Fusarium* species. *Clinical microbiology reviews*, 7(4), 479-504 in Hocquette, A., Grondin, M., Bertout, S., etMallié, M. (2005). Les champignons des genres acremonium, beauveria, chrysosporium, fusarium, onychocola, paecilomyces, penicillium, scedosporium et scopulariopsis responsables de hyalohypho mycoses. *Journal de mycologie médicale*, 15(3), 136-149.<https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2005.06.002> .

Nicholson, G. M. (2007).Fighting the global pest problem: preface to the special Toxicon issue on insecticidal toxins and their potential for insect pest control. *Toxicon*, 49(4), 413-422in Kumar, S., et Singh, A. (2015). Biopesticides: present status and the future prospects. *J Fertil Pestic*, 6(2), 100-129.<https://doi.org/10.4172/2471-2728.1000e129>

-O-

Oberemok, V. V., Laikova, K. V., Gninenko, Y. I., Zaitsev, A. S., Nyadar, P. M., et Adeyemi, T. A. (2015). A short history of insecticides. *Journal of Plant Protection Research*, 55(3),221- 226

In Emsen, B., et Aslan, A. (2018). Use of lichens as natural insecticides. *Anatolian Journal of Botany*, 2(1), 22- 27. <https://doi.org/10.17221/101/2014-PPS>.

Ozenda P. (2000). Les végétaux: organization biologique 2^{ème} Ed; Dunod, Paris, ISBN210 00 46 84S

-P-

Pavithra, G. M., Vinayaka, K. S., Rakesh, K. N., Junaid, S., Dileep, N., Siddiqua, S., et Naik, A. S. (2013). Antimicrobial and antioxidant activities of a microlichen *Usnea pictoides* G. Awasthi (Parmeliaceae). *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 3(8), 154. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2013.3827>.

Payán-Rentería, R., Garibay-Chavez, G., Rangel-Ascencio, R., Preciado-Martínez, V., Muñoz-Islas, L., Beltrán-Miranda, C., et al. (2012). Effect of chronic pesticide exposure in farm workers of a Mexico community. *Archives of environmental et occupational health*, 67(1), 22-30 in De Jaeger, C., Voronska, E., Fraoucene, N., et Cherin, P. (2012). Exposition chronique aux pesticides, santé et longévité. Rôle de notre alimentation. *Médecine et Longévité*, 4(2), 75–92. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mlong.2012.05.002>.

Perez-Llano, G. A. (1944). Lichens their biological and economic significance. *The Botanical Review*, 10(1), 1. <https://doi.org/10.1007/BF02861799> .

Perry, N. B., Benn, M. H., Brennan, N. J., Burgess, E. J., Ellis, G., Galloway, D. J., Lorimer, S. D., et Tangney, R. S. (1999). Antimicrobial, antiviral and cytotoxic activity of New Zealand lichens. *The Lichenologist*, 31(6), 627-636. In Oh, S., Jeon, H., Lim, K., Koh, Y., et Hur, J. (2006). Antifungal activity of lichen-forming fungi isolated from Korean and Chinese lichen species against plant pathogenic fungi. *Plant Pathology Journal*, 22(4), 381. <https://doi.org/10.5423/PPJ.2006.22.4.381>.

Pires, R. H., Lucarini, R., et Mendes-Giannini, M. J. S. (2012). Effect of usnic acid on *Candida orthopsilosis* and *C. parapsilosis*. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 56(1), 595-597. <https://doi.org/10.1128/AAC.05348-11>.

Pitt, J. (1988). I.A laboratory guide to common Penicillium species. North Ryde, W.S.W., Australia: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Division of Food Processing, 187 p.

-Q-

Quatresous, N. (2011). *Aspergillose humaine: Épidémiologie, diagnostic biologique, contrôle* (Doctoral dissertation, Thèse Pharmacie, Université de Limoges).

-R-

Redecker, D. (2002). New views on fungal evolution based on DNA markers and the fossil record. *Research in microbiology*, 153(3), 125-130. In Ghorri, S. (2015). Isolement des microorganismes possédant une activité anti-Fusarium. Université frères Mentouri. Département de Microbiologie. Thèse de doctorat.

Ripert, C., Aubry, P., Bastide, J.-M., Bellanger, A.-P., et Guiguen, C. (2013). *Mycologie médicale*. Paris: Tec et Doc : Lavoisier.

Rizvi, P. Q., Choudhury, R. A., et Ali, A. (2009). Recent advances in biopesticides. In *Microbial Strategies for Crop Improvement* (pp. 185-203). Springer, Berlin, Heidelberg in Wei, D. A. I., Yao, L. I., Jun, Z. H. U., GE, L. Q., YANG, G. Q., et Fang, L. I. U. (2019). Selectivity and sub lethal effects of some frequently-used biopesticides on the predator *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter (Hemiptera: Miridae). *Journal of integrative agriculture*, 18(1), 124-133. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61845-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61845-8).

Rose, F. (1993). Ancient British woodlands and their epiphytes. *British Wildlife*, 5, 83-83. In Collin, P., et Ferrez, Y. Le point des connaissances sur la répartition du lichen pulmonaire (*Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm.) en Franche-Comté.

-S-

Sachin, M. B., Mahalakshmi, S. N., et Kekuda, P. T. R. (2018). Insecticidal efficacy of lichens and their metabolites-A mini review. *J Appl Pharm Sci*, 8(10), 159-164. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2018.81020>.

Saidemberg, D. M., Ferreira, M. A., Takahashi, T. N., Gomes, P. C., Cesar-Tognoli, L. M., da Silva-Filho, L. C., et Palma, M. S. (2009). Monoamine oxidase inhibitory activities of in dolyl alkaloid toxins from the venom of the colonial spider *Paraxiphiopsis bistriata*: functional characterization of PwTX-I. *Toxicon*, 54(6), 717-724 in Deravel, J., F. Krier et P. Jacques (2014). "Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique)." *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 18(2): 220-232.

Samson, R. A. (1994). Taxonomy—current concepts of *Aspergillus* systematics. In *Aspergillus* (pp.1-22). Springer, Boston, MA.

- Schmeda-Hirschmann, G., Tapia, A., Lima, B., Pertino, M., Sortino, M., Zacchino, S., Rojas de Arias, A., et Feresin, G. E. (2008).** A new antifungal and antiprotozoal depside from the Andean lichen *Protousnea poeppigii*. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 22(3), 349-355. <https://doi.org/10.1002/ptr.2321>.
- Schmutterer, H. (1990).** Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Annual review of entomology* 35(1): 271-297. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.35.010190.001415>.
- Schünemann, R., Knaak, N., et Fiuza, L. M. (2014).** Mode of Action and Specificity *Bacillus thuringiensis* Toxins in the Control of Caterpillars and Stink Bugs in Soybean Culture. *ISRN Microbiology*, 2014, 1- 12. <https://doi.org/10.1155/2014/135675>.
- Sérusiaux, E., Diederich, P., Lambinon, J. (2004).** Les macrolichens de Belgique, du Luxembourg et du nord de la France - Clés de détermination; Ferrantia. ; Luxembourg, p. 192. in Parrot, D. (2014). Etude de quatre lichens marins, maritime ou terrestre et des bactéries associées: Evaluation de la diversité bactérienne et recherche de métabolites d'intérêt (Doctoral dissertation, Rennes, INSA).
- Souchon, C. (1971).** Les lichens. Press. Univ. De France, Coll. « *Que sais-je* » in Boutabia, L. (2015). Etude systématique et bioécologique des lichens corticoles de différents phorophytes au niveau de la région d'El Kala (Nord-Est algérien). Thèse de Doctorat *Sciences en Biologie Végétale*.
- Staats, M. (2007).** *Botrytis species on flower bulb crops: Phylogeny, genetic variation and host specificity* (pp7-18).
- Stanley, J., et Preetha, G. (2016).** Pesticide Toxicity to Non-target Organisms: Exposure, Toxicity and Risk Assessment Methodologies. Springer in Wei, D. A. I., Yao, L. I., Jun, Z. H. U., GE, L. Q., YANG, G. Q., et Fang, L. I. U. (2019). Selectivity and sub lethal effects of some frequently-used biopesticides on the predator *Cyrtorhinus livi dipennis* Reuter (Hemiptera: Miridae). *Journal of integrative agriculture*, 18(1), 124-133. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61845-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61845-8).
- Sudakin, D. L. (2003).** Biopesticides. *Toxicological reviews*, 22(2), 83-90. <https://doi.org/10.2165/00139709-200322020-00003>.

U.S. Geological Survey. (1998). National Water-Quality Assessment. Pesticide National Synthesis Project. Pesticides in surface and ground water of the United States; Summary of results of the National Water Quality Assessment Program. <http://water.wr.usgs.gov/pnsp/allsum/fig02.gif>

in Aktar, W., Sengupta, D., et Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinaire toxicology*, 2(1), 1-12. <https://doi.org/10.2478/v10102-009-0001-7>.

-T-

Thomas, P. A., et Geraldine, P. (1992). Fungal keratitis due to *Fusarium* and other fungi. *Journal de mycologie médicale*, 2(3), 121-131. In Ghorri, S. (2015). Isolement des microorganismes possédant une activité anti-Fusarium. Université frères Mentouri. Département de Microbiologie. Thèse de doctorat.

Tomlin, C. D. S. (1997). (Ed.), *The Pesticide Manual*, Eleventh Edition, BCPC Publications, Farnham, UK (1997) in Copping, L. G., et Menn, J. J. (2000). Biopesticides: a review of their action, applications and efficacy. *Pest Management Science : formerly Pesticide Science*, 56(8), 651-676. [https://doi.org/10.1002/1526-4998\(200008\)56:8<651::AID-PS201>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/1526-4998(200008)56:8<651::AID-PS201>3.0.CO;2-U).

-V-

Van Haluwyn, C., Asta, J. (2009). Guide des lichens de France : Lichens des arbres ; Belin, Paris, p. 231. in Parrot, D. (2014). Etude de quatre lichens marins, maritime ou terrestre et des bactéries associées : Evaluation de la diversité bactérienne et recherche de métabolites d'intérêt (Doctoral dissertation, Rennes, INSA).

Vartia, K. O. (1973). ANTIBIOTICS IN LICHENS. In *the Lichens* (p. 547- 561) in Yousuf, S., Choudhary, M. I., et Atta-ur-Rahman. (2014). Lichens. In *Studies in Natural Products Chemistry* 43: 223- 259.

Venne J et Bélanger R. (2006). Recherche et développement de biopesticides et pesticides naturels à faible toxicité pour les organismes non ciblés et respectueux de l'environnement. Projet PARDE . 3333.52.02.01. Université Laval.

-W-

Walker, A. S. (2016). Diversity within and between species of *Botrytis*. In *Botrytis—the fungus, the pathogen and its management in agricultural systems* (pp. 91-125). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23371-0_6.

Walker, A. S., Gautier, A., Confais, J., Martinho, D., Viaud, M., Le Pêcheur, P., Dupont, J., et Fournier, E. (2011). *Botrytis pseudo cinerea*, a new cryptic species causing gray mold in French vineyards in sympatry with *Botrytis cinerea*. *Phytopathology*, 101(12), 1433-1445 in Walker, A. S. (2016). Diversity within and between species of *Botrytis*. In *Botrytis—the fungus, the pathogen and its management in agricultural systems* (pp. 91-125). Springer, Cham.https://doi.org/10.1007/978-3-319-23371-0_6.

-Y-

Yamamoto, Y., Kinoshita, Y., Matsubara, H., Kinoshita, K., Koyama, K., Takahashi, K., Kurokawa, T. and Yoshimura, I.(1998). Screening of biological activities and isolation of biological active compounds from lichens. *Recent Res. Dev. Phytochem.*2:23-34 in Oh, S., Jeon, H., Lim, K., Koh, Y., et Hur, J. (2006). Antifungal activity of lichen-forming fungi isolated from Korean and Chinese lichen species against plant pathogenic fungi. *Plant Pathology Journal*, 22(4), 381.<https://doi.org/10.5423/PPJ.2006.22.4.381>.

-Z-

Zhang, J., Wu, M. D., Li, G. Q., Yang, L., Yu, L., Jiang, D. H., Huang, H. C., et Zhuang, W. Y. (2010). *Botrytis fabiopsis*, a new species causing chocolate spot of broad bean in central China. *Mycologia*, 102(5), 1114-1126 in Walker, A. S. (2016). Diversity within and between species of *Botrytis*. In *Botrytis—the fungus, the pathogen and its management in agricultural systems* (pp. 91-125). Springer, Cham.https://doi.org/10.1007/978-3-319-23371-0_6.

Thème : Evaluation de L'activité antifongique des extraits des lichens

Présenté par :

- Boussema Sara
- Chabloua Zineb

Date de soutenance : juillet 2019

Résumé

Dans notre travail on s'intéresse à la détermination de l'effet biopesticide sur l'activité antifongique des extraits des lichens *Cladonia foliacea* et *Lobaria pulmonaria* récoltés à Jijel sur trois agent pathogène *Aspergillus sp.*, *Botrytis sp.* et *Fusarium sp.* par différentes concentrations des extraits lichéniques 5,10, 20 et 30 mg/ml.

Les résultats obtenus ont montré que *Lobaria pulmonaria* possède un rendement élevé de 9.1% à l'extrait de méthanol par rapport au *Cladonia foliacea* de 7.27%, tandis que l'extrait d'acétone de *Cladonia foliacea* est de 6.54%. Alors que, l'extrait de *Lobaria pulmonaria* est de 4.4 %.

Le potentiel antifongique des différentiels extraits de lichens révèle que l'*Aspergillus sp.* résiste à l'extrait de méthanol et sensible pour les autres extraits, *Botrytis sp.* est sensible pour l'extrait de méthanol et l'acétone, tandis que, le *Fusarium sp.* est résistant à tous les extraits à certains concentration.

Mot clés : lichens, *Cladonia foliacea*, *Lobaria pulmonaria*, *Aspergillus sp.*, *Botrytis sp.*, *Fusarium sp.*, activité antifongique.

Abstract

In our work we are interested in the determination of the biopesticide effect on the antifungal activity of lichen extracts *Cladonia foliacea* and *Lobaria pulmonaria* collected in Jijel on three pathogenic agents *Aspergillus sp.*, *Botrytis sp.* and *Fusarium sp.* by different concentration of lichen extracts 5.10, 20 and 30 mg / ml.

The results obtained showed that *Lobaria pulmonaria* has a high yield 9.1% with methanol extract compared to *Cladonia foliacea* 7.27%, while acetone extract of *Cladonia foliacea* 6.54%. While the extract of *Lobaria pulmonaria* 4.4%

The antifungal potential of lichen-derived differentials reveals that *Aspergillus sp.* is resistant to methanol extract and sensitive to other extracts, *Botrytis sp.* is sensitive for methanol extract and acetone, while *Fusarium sp.* is resistant to all extracts at certain concentrations.

Key words: lichens, *Cladonia foliace*, *Lobaria pulmonaria*, *Aspergillus sp*, *Botrytis sp*, *Fusarium sp*, antifungal activity.

الملخص

في عملنا، نحن مهتمون بتحديد تأثير المبيدات الحيوية على النشاط المضاد للفطريات لمستخلصات الأشنات *Cladonia foliacea* و *Lobaria pulmonaria* التي تم جمعها في جيجل على ثلاثة عوامل مسببة للأمراض *Aspergillus sp.* و *Botrytis sp.* و *Fusarium sp.* بتركيزات مختلفة لمستخلصات الأشنات 5.10 و 20 و 30 ملغ / مل. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها تبين أن *Lobaria pulmonaria* لديه عائد مرتفع 9.1% مع مستخلص الميثانول مقارنة مع 7.27% *Cladonia foliacea*، بينما مستخلص الأسيتون *Cladonia foliacea* 6.54% في حين أن مستخلص *Lobaria pulmonaria* 4.4%. تكشف الإمكانيات المضادة للفطريات في الفوارق المستخلصة من الأشنات أن *Aspergillus sp.* مقاوم لمستخلص الميثانول وحساس للمستخلصات الأخرى، *Botrytis sp* حساس لمستخلص الميثانول والأسيتون، بينما *Fusarium sp.* مقاوم لجميع المستخلصات بتركيزات معينة.

الكلمات المفتاحية: الأشنات، *Cladonia foliacea*، *Lobaria pulmonaria*، *Aspergillus sp.*، *Botrytis sp.*، *Fusarium sp.*، نشاط مضاد للفطريات.