

République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des sciences Biologiques et des sciences Agronomiques
Département Biochimie et Microbiologie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention de diplôme de MASTER

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologie

Spécialité : Biotechnologie et Valorisation des Plantes

Thème

**Effet bio-insecticide de la poudre de lichen
(*Parmelia tiliacea*) contre le ravageur du blé
(*Tribolium castaneum*).**

Réaliser par : KLOUL Cylia

Membres du jury

Présidente M^{me} TALEB.K

Maitre de conférences classe A à l'UMMTO

Promotrice M^m SAMOUNE. F

Maitre assistante classe A à l'UMMTO

Examineur : M^r LIMANE. A

Maitre de conférences classe B à l'UMMTO

Promotion : 2021/2022.

Remerciements

« En premier lieu, je tiens à remercier Dieu le tout puissant de m'avoir accordé le courage, la volenté, la force et la patience pour l'élaboration de ce modeste travail ».

Ce travail a été réalisé au niveau de « Laboratoire d'entomologie » de la faculté SNV de l'Université de Mouloud Mameri Tizi Ouzou.

Je tiens vivement à exprimer d'abord ma profonde remerciements à ma promotrice **M^{me} SAHMOUNE F.**, maitre assistante à la fuculté des sciences biologiques et sciences agronomiques à l'UMMTO, pour avoir encadré et dirigé ce travail avec une grande rigueur scientifique, sa disponibilité, ces conseils, sa gentillesse et la confiance qu'elle nous a accordé et ma permis de diriger ce travail.

Je m'adresse également mes plus vifs remerciements à **M^{me} TALEBK.**, la maitre de conférence de l'UMMTO qui m'a fait l'honneur en acceptant d'évaluer ce travail et de préside le jury de soutenance.

Mes sincères remerciements s'adressent également à **M^r LIMANE K.**, maitre de conférence à l'UMMTO pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de faire partie de ce jury et d'examiner et d'évaluer ce travail.

Je remercier **M^r HOUALI** et **M^{me} AIT TAYEB.**, par leur contribution et les conseils apportés durant ma manipulation au laboratoire ainsi pour avoir mis à ma disposition tous les moyens et matériels nécessaires pour la réalisation de ce mémoire.

A mes parents pour leur contribution dans chaque travail que j'ai effectué et pour tous les sacrifices consentis.

A l'ensemble des enseignants du Département de Biologie et spécialement de notre spécialité Biotechnologie et valorisation des plantes.

A tous les étudiants de Master BVP de la promotion 2022.

En bref, je remercier à tous ceux et toutes celles, qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce travail avec générosité et un égard exemplaires. Un grand merci à tous.



Dédicace

Avant toute chose je remercie Allah le tout puissant de m'avoir accordé la force, les moyens afin de pouvoir réaliser ce travail.

Je dédie ce modeste Travail à mes chers parents :

A la personne la plus chère à mon cœur, mon exemple éternel, mon soutien moral et ma source de joie et de bonheur, ses innombrables sacrifices et son encouragement pendant les moments difficiles. Ma très chère **MAMAN**.

A la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur et leur encouragement durant toutes mes études et mes recherches. Mon cher **PAPA**.

A mes très chers frères **AISSA et GHILAS**.

A mon adorable, unique et très chère sœur **KARIMA** que j'aime ainsi ma nièce **AYLA** la plus jolie que dieu la garde et la protège.

A mes très chères amies **CELIA, KAHINA**.

A mon tendre ami **ABDELKRIM** pour son soutien et sa patience.

Tous et à toutes personnes les plus proches de mon cœur.

A tous les enseignants qui m'ont suivie au long de mes études.

Et à mes collègues de promotion de Master Biotechnologie et valorisation des plantes

2021-2022.

Cylia



Liste des figures

Figure I. 01 : Un thalle gélatineux	4
Figure I. 02 : Différentes types de thalle fruticuleux.....	5
Figure I. 03 : Un thalle foliacé.....	5
Figure I. 04 : Un thalle squamuleux	5
Figure I. 05 : (a) Un thalle crustacé ; (b) Différentes types de thalle crustacés	6
Figure I. 06 : Un thalle lépreux	7
Figure I. 07 : Un thalle filamenteux.....	8
Figure I. 08 : Un thalle composite ou complexe	8
Figure I. 09 : Anatomie et structure de lichens	9
Figure I. 10 : Structure homéomère : coupe transversale du thalle	9
Figure I. 11 : Structure hétéromère stratifiée : coupe transversale du thalle	10
Figure I. 12 : Structure hétéromère radiée : coupe transversale du thalle.....	11
Figure I. 13 : Schéma présentant les organes de reproduction des lichens.....	12
Figure I. 14 : schéma représentatif de la reproduction asexuée par sorédies	13
Figure I. 15 : Schéma de la reproduction asexuée d'isidies	14
Figure I. 16 : Schéma représentatif de la reproduction sexuée	14
Figure I. 17 : Les différents types d'apothécies	15
Figure I. 18 : Coupe transversale de périthèce	16
Figure I. 19 : Changements nutritionnels entre le mycobionte et le photobionte	18
Figure I. 20 : Structures de quelques précurseurs des polycétides aromatiques	20
Figure I. 21 : Structures des précurseurs des composés de la voie de l'acide mévalonique	21
Figure I. 22 : Structure chimique de l'acide shikimique, de la phénylalanine et des composés dérivés de l'acide pulvunique.....	21

Liste des figures

Figure I. 23 : Biogenèse des substances lichéniques	22
Figure II. 01 : Image de site de récolte de l'espèce lichénique <i>Parmelia tiliacea</i>	29
Figure II. 02 : Vue dorsale d'un adulte de <i>Tribolium castaneum</i>	31
Figure II. 03 : Le cycle biologique de développement de <i>Tribolium castaneum</i>	32
Figure II. 04 : La description morphologique des stades de <i>Tribolium castaneum</i>	33
Figure II. 05 : Dégâts causée par le <i>Tribolium castaneum</i>	34
Figure II. 06 : La zone de récolte de l'espèce lichénique <i>Parmelia tiliacea</i>	35
Figure II. 07 : L'espèce lichénique <i>Parmelia tiliacea</i> sur l'écorce de l'olivier.....	36
Figure II. 08 : Espèce <i>Parmelia tiliacea</i> observé à la loupe.....	38
Figure II. 09 : Le broyage de l'espèce lichénique <i>Parmelia tiliacea</i> en poudre fine	38
Figure II. 10 : Le résultat de l'extraction des substances majoritaire de l'extrait lichénique	39
Figure II. 11 : Protocole de préparation de l'extrait lichénique.....	40
Figure II. 12 : Préparation de la cuve de la chromatographie sur couche mince.....	42
Figure II. 13 : Traitement de blé dur concassé avec différentes doses de la poudre lichénique de <i>Parmelia tiliacea</i> contre le ravageur <i>Tribolium castaneum</i>	44
Figure III. 01 : Rendement d'extraction de l'extrait acétonique de <i>Parmelia tiliacea</i>	46
Figure III. 02 : Profil CCM (135 ml de toluène, 20 ml d'acide acétique)	46
Figure III. 03 : Profil CCM (130 ml d'hexane, 20 ml d'acide formique, 80 ml de Diethylether)	47
Figure III. 04 : La structure chimique de l'acide lécanorique.....	48
Figure III. 05 : La structure chimique de l'acide l'antranorine	49
Figure III. 06 : Le taux de mortalité en % en fonction de temps pour le témoin (0g)	50
Figure III. 07 : Le taux de mortalité en pourcentage en fonction de temps pour la dose de 14g	51

Liste des figures

Figure III. 08: Le taux de mortalité en % en fonction de temps pour la dose de 6g.....	.52
Figure III. 09 : Le taux de mortalité en % en fonction de temps pour la dose de 8g.....	.53
Figure III. 10 : Le taux de mortalité en % en fonction de temps pour la dose de 10g.	54
Figure III. 11 : Le taux de mortalité en % en fonction de temps pour la dose de 12g.....	.55
Figure III. 12 : Le taux de mortalité en % en fonction de temps pour les six doses.....	.56

Liste des tableaux

Tableau II. 01 : Données géographiques de la station d'étude	30
Tableau II. 02 : Classification systématique de <i>Tribolium castaneum</i>	31
Tableau II. 03 : Description botanique et la systématique de lichen étudié	36
Tableau III. 01 : Rendement de l'extrait acétonique de <i>Parmelia tiliacea</i>	45
Tableau III. 02 : Le résultat de la Rf pour le profil CCM (135ml de toluène, 20ml d'acide acétique)	47
Tableau III. 03 : Les résultats obtenus pour le témoin (0g)	49
Tableau III. 04 : Les résultats obtenus pour la dose de 4g	50
Tableau III. 05 : Les résultats obtenus pour la dose 6g	51
Tableau III. 06 : Les résultats obtenus pour la dose de 8g.....	52
Tableau III.07 : Les résultats obtenus pour la dose de 10g.....	53
Tableau III.08 : Les résultats obtenus pour la dose de 12g.....	54
Tableau III. 09 : Les résultats globaux de mortalité en pourcentage (%) en fonction de temps (heure) pour les six doses	55

Liste des abréviations

C: Hypochlorite de calcium ou de sodium

CCM: Chromatographie sur couche mince.

C°: Degré Celsius.

E : Est.

G: Gramme.

H: Heure.

K: Potasse.

M: Mitre.

MI : Millimètre

N : Nord.

RE : Rendement d'extraction.

% : Pourcentage.

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction 1

Chapitre : Analyse bibliographique

I-Généralités sur lichens 3

I-1-Définition 3

I-2-La morphologie et anatomie des lichens 3

a)- Différents types de thalles 4

b)- La structure du thalle de lichen 8

b)-1- structure homéomère 9

b)-2-Structure hétéromère..... 10

I-3- Classification et principaux groupements lichéniques 11

I-3-1- Principaux groupements des lichens, sont divisés en trois groupes principaux..... 11

I-3-2-La classification est basée sur le partenaire fongique 12

I-4- La reproduction des lichens 12

I-4-1- La reproduction végétative ou asexuée (algue associé au champignon) 13

I-4-1-1-Reproduction asexuée par sorédies 13

I-4-1-2-Reproduction asexuée par isidies..... 13

I-4-2- Reproduction sexuée (champignon seul) 14

I-5-1- Définition de la symbiose..... 16

I-5-2- Les constituants des lichens 16

I-5-2-1- Le mycosymbiote (le partenaire fongique) 16

I-5-2-2- Le phytobionte (le partenaire algal) 17

I-6- Biochimie des lichens 18

I-6- 1- Historique 18

I-6-2- Les échanges chimiques de substances chimiques entre les associés 18

I-6-3- Substances fournies par le photosymbiote 19

I-6-3-1- Substances carbonées 19

I-6-3-2- Substances azotées..... 19

I-6-4- Les substances fournies par le mycosymbiote..... 19

I-6-5- Spécialisations biochimiques 19

I-6-6- La biosynthèse des substances lichéniques 20

Sommaire

I-6-6-1- Voie de l'acetyl-polymalonyle.....	20
I-6-6-3- Voie de l'acide shikimique	21
I-6-6-4- Localisation des substances lichéniques.....	22
I-6-7-Importance des substances lichéniques	23
1-7 - Écologie des lichens.....	23
I-7-1- La répartition géographique des lichens.....	24
I-7-2 –Les facteurs climatiques.....	24
I-7-3-Les facteurs atmosphériques	25
I-7-4 -Les facteurs biologiques	25
I-7-5- Les facteurs substratiques.....	25
I-8 Usage et l'intérêt des lichens	26
I-8-1- Usages industriels.....	26
I-8-1-1- Teinture et pigment.....	26
I-8-1-2- Parfums et cosmétiques.....	26
I-8-1-3- Utilisation en pharmacie	26
I-8-2 Usages médicaux	27
I-8-3 Usages alimentaires	27
I-8-4- Utilisation en bio-indication.....	28
I-9- Croissance des lichens	28

Chapitre II : Matériels et méthodes

II-1- Présentation du site du prélèvement.....	29
II- 2- Matériels biologique	30
II-2-1- Matériel animal.....	30
II-2-1-1- Généralités sur les <i>Tenebrionidae</i>	30
II-2-1-3- La position systématique de <i>Tribolium castaneum</i>	31
II-2-1-4- Origine et répartition.....	32
II-2-1-5- Cycle biologique de <i>T.castaneum</i>	32
II-2-1-6- Pertes et dégâts.....	33
II-2-1-7- Moyens de lutte contre le <i>Tribolium castaneum</i>	34
II-2-2- Matériel végétal	35
II-2-2-1- Récolte, identification et choix de l'espèce	35
II-2-2-2- Position systématique et description de <i>Parmelia tiliacea</i>	36
II-3- Méthodologies.....	38

Sommaire

II-3-1- Préparation de matériel végétal	38
II-3-2- Préparation de l'extrait lichénique	39
II-3-3- Rendement d'extraction	40
II-3-4- Chromatographie sur couche mince (CCM)	40
II-3-4-1- Description de la technique	40
II-3-4-2- Mode opératoire	41
II-4-4- Identification des composés lichéniques par les réactions colorées K+, KC+	43
II-5-Activité bio-insecticide de la poudre lichénique de <i>Parmelia tiliacea</i>	44

Chapitre III : Résultats et discussion

III -1-Résultats	45
III-1-1- Résultat de rendement d'extraction (RE)	45
III-1-2-Résultat de l'identification de l'extrait lichénique de <i>Parmelia tiliacea</i> par la chromatographie sur couche mince (CCM)	46
III-1-3-Résultat des colorations colorée	48
III-4-Résultat de l'activité bio-insecticide de la poudre lichénique <i>Parmelia tiliacea</i>	49
III-5- Discussion	57
Conclusion	59

Références bibliographies

Résumé



Introduction

Introduction

Le mot « lichen » vient du grec « leiken » qui lèche, car le lichen semble lécher son support (AGNES FLOUR, 2004). Le mot lichen est composé à partir d'un emprunt au mot latin lichen et au grec leichên, qui signifiait « lèpre » et « dartre » selon CHEVALIER, 2003. Les lichens étaient considérés comme des êtres simples, intermédiaires entre les algues et les champignons.

Les lichens sont des organismes singuliers résultant de l'association symbiotique entre un champignon (mycobionte) et un ou plusieurs partenaires photosynthétiques (photobiontes). Environ 85% des photobiontes sont des algues vertes et 10% sont des cyanobactéries (SHRESTA et CLAIR, 2013).

Les lichens disposent d'un large spectre de composés bioactifs appelés métabolites secondaires ou substances lichéniques. Ils exercent diverses activités biologiques, notamment les activités antioxydantes, antibactériennes, antifongiques, antivirales, anti-inflammatoires, antiprotozoales, antiproliférantes (GOGA et al., 2020).

C'est dans ce contexte, que nous nous sommes proposés d'étudier l'extraction des substances lichéniques à partir d'un lichen corticole *Parmelia tiliacea* récoltée à une altitude de 700m à Illoula-Oumalou (Bouzuène). Des essais d'identification par chromatographie sur couche mince et utilisation des réactions colorées des substances lichéniques ont été réalisés.

En effet, beaucoup d'études sont réalisées pour tester l'effet insecticide des extraits de différentes. Mais très peu une étude sur l'utilisation des substances lichéniques. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude dans laquelle nous avons utilisé pour étudier l'effet bio-insecticide de la poudre d'un lichen foliacé corticole *Parmelia tiliacea* contre un ravageur de denrée stockée du blé *Tribolium castaneum*.

L'objectif de ce travail est consacré à l'étude de l'activité insecticide de la poudre végétale comme *Parmelia tiliacea*. Cette évaluation a été réalisée contre un ravageur de denrée stockée du blé : *Tribolium castaneum*.

Nous avons structuré notre travail comme suit :

- Dans le premier chapitre, nous donnons un aperçu général des lichens.
- Le deuxième chapitre « expérimentale » est consacré à la description du matériel et une méthodologie suivie pour l'étude de l'espèce lichénique récoltée en vue d'une identification de ses substances lichéniques et l'effet de l'activité bio-insecticide de

Introduction

la poudre d'un lichen foliacé corticale : *Parmelia tiliacea* contre un insecte ravageur de denrée stockée du blé : *Tribolium castaneum*.

- Le troisième chapitre porte sur les résultats obtenus et leurs interprétations après une discussion relative aux différentes expérimentations menées et enfin nous terminerons par une conclusion générale accompagnée d'une perspective.



Chapitre I

Analyse bibliographique

I-Généralités sur lichens

Les lichens sont un groupe de végétaux appartenant aux cryptogrammes comme les mousses, les champignons et les fougères. Ils sont formés par l'association symbiotique de deux organismes l'un hétérotrophe, un champignon ou un mycobionte, l'autre photoautotrophe est le le photobionte qui peut être une algue (phycobionte) ou une cyanobactérie (cyanobionte) ou les deux à la fois.

Aujourd'hui, 25 000 espèces différentes de lichens vivent dans plus de 10% de la surface terrestre, ils ont la capacité de résister à des températures variantes de -20°C à +70°C (HANS, 2011).

I-1-Définition

Un lichen est une association symbiotique stable et indépendante entre un partenaire fongique (mycosymbiote ou l'associé champignon) qui est chargé de l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs environnants et d'un partenaire algal nommé photosymbiote ou l'associé algue qui fournit au lichen des éléments nutritifs par la photosynthèse (VAN HALUWYN et LEROND, 1993).

Il existe 13250 espèces de champignons et 40 espèces d'algues qui sont lichénisantes (VAN HALUWYN et LEROND, 1993).

Les lichens font partie des thallophytes, vaste ensemble de végétaux dépourvus de tiges, feuilles et racines, qui ne sont pas vascularisés (VAN HALUWYN et LEROND, 1993).

I-2-La morphologie et anatomie des lichens

Les lichens sont des thallophytes, ils n'ont pas de vaisseaux conducteurs. Leur appareil végétatif est un thalle qui constitue l'essentiel du lichen, il assure la nutrition, l'entretien de la vie et la croissance. Le thalle des lichens présente une morphologie spécifique, différente de celle des algues et des champignons libres (TIEVANT, 2001).

Le thalle constitue la source principale de biomasse nécessaire à la collecte et à l'étude de ces lichens. Forme une sorte de croûte adhérente au substrat et présente des multiples colorations, du gris terne au jaune lumineux en passant par les nuances de verts et de bruns, de

formes évoquant des feuilles croûtes, des poudres ou des petits buissons (VAN HALUWYN et al., 2009).

Le thalle lichénique peut être morphologiquement et structurelle variable, selon la forme il existe divers types de thalle (TIEVANT, 2001 ; VAN HALUWYN et LEROND, 1993).

a)- Différents types de thalles :

- **Thalles gélatineux :** Ils sont connus chez les lichens à cyanophycées (algues bleues), ils sont noirs et cassants à l'état sec, ils gonflent et deviennent gélatineux-pulpeux à l'état humide par exemple : *Collema flaccidum* (TIEVANT, 2001) (Figure 01). Ils ont une morphologie variable, peuvent être foliacés, squamuleux, crustacés ou fruticuleux.

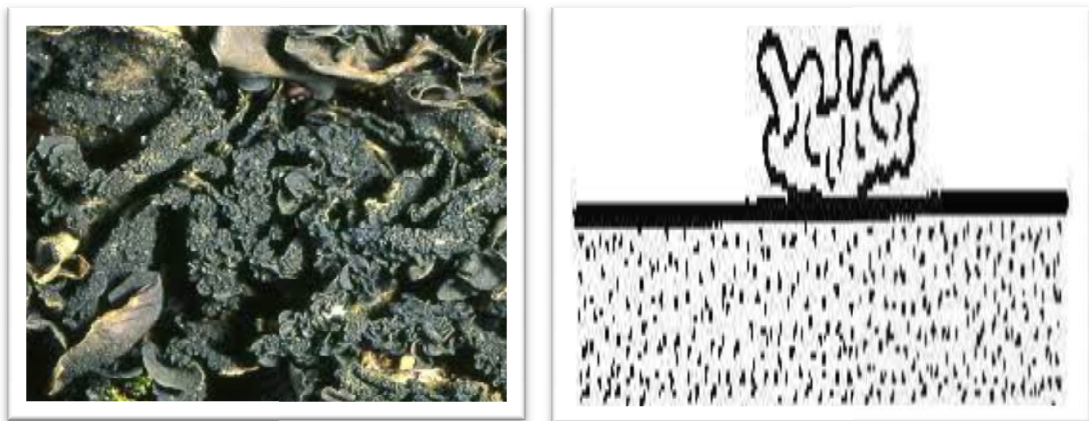


Figure 01 : Un thalle gélatineux (LAGARDE, 2017 ; TIEVANT, 2001).

- **Thalles fruticuleux :** Présentent des formes barbues ou en lanière qui sont fixés en un seul point au support (GREGORY et DIMIJIAN, 2003), les thalles fruticuleux, sont réparties en deux groupes (Figure 02) :
 - Sous forme de tiges cylindriques plus ou moins ramifiés comme *Usnea*.
 - Sous formes de lanières tendantes ou dressées qui sont les plus longs des lichens (plusieurs décimètres) comme : *Evernia prunastri* (VAN HALUWYN et LEROND, 1993).

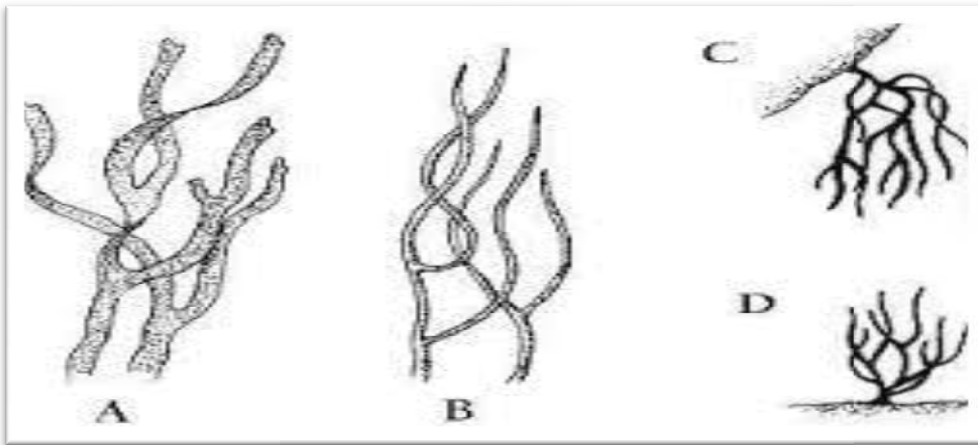


Figure 02 : Différentes types de thalle fruticuleux (TIEVANT, 2001).

A : Thalles fruticuleux en lanières.

B : Thalles fruticuleux en tige.

C : Thalles fruticuleux tendant.

D : Thalles fruticuleux dressé.

- **Thalles foliacés :** Forment des thalles en formes de lames ou des petites feuilles, plus au moins lobées ou en lanières simples ou divisées. Ils sont faiblement appliqués au substrat et sont facilement détachables par endroits. Lichen du genre de *Parmelia*, *Lobaria* (TIEVANT, 2001)(Figure 03).



Figure 03 : Un thalle foliacé (GREGORY et DIMIJIAN 2003 ; TIEVANT, 2001).

- **Thalles squamuleux :** Sont formés de petites écailles ou squamules, de plus de 1,5mm, serrées les uns contre les autres, sont contigües, plus au moins imbriquées ou même superposées, convexes, la face supérieure est plane ou concave avec un bord plus au moins adhérent au substrat comme *Psora* (TIEVANT, 2001) (Figure 04).



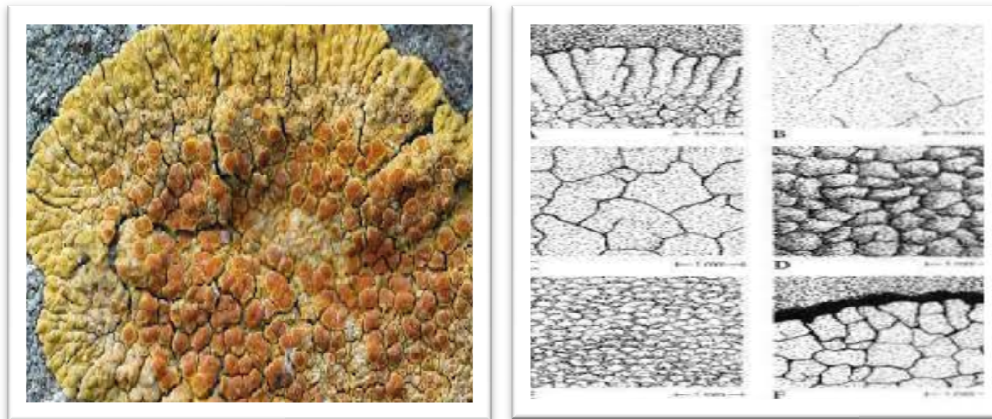
Figure 04 : Un thalle squamuleux (LAGARDE, 2017 ; TIEVANT, 2001).

➤ **Thalles crustacés** : Forment des thalles ressemblant à des croûtes, ils adhèrent au support sur toute leur surface ; ils ne peuvent pas être détachés (**Figure 05 (a)**), (souvent fendillés quand les fissures sont fines, irrégulières ou superficielles).

Au contraire, quand les fentes dans le thalle sont suffisamment profondes, elles forment un réseau de petits compartiments de tailles variées (**Figure 05 (b)**) :

- Si les compartiments ont une taille de l'ordre de 1,5mm de large, sont plutôt plats et polygonaux, le thalle est **aréolé**.
- Si les compartiments mesurent 0,5 à 1,5mm de large, sont plutôt arrondis et convexes, le thalle est **verruqueux**.
- Si les compartiments mesurent de 0,5mm de large, ils forment de petits grains, le thalle est **granuleux**.
- Si le thalle est formé de minuscule granule de 0,1 à 0,2mm, on l'appelle un thalle **lépreux**.

Les limites des thalles peuvent être imprécises ou très nettes, parfois une ligne sombre, noire ou feutrée appelée l'hypothalle.



(a)

(b)

Figure 05 : (a) : Un thalle crustacé (GREGORY et DIMIJIAN, 2003 ; (b) : Différentes types de thalle crustacés(TIEVANT, 2001).

A : Thalle crustacé lobé au pourtour.

B : Thalle crustacé fendillé.

C : Thalle crustacé aréolé.

D : Thalle crustacé verruqueux.

E : Thalle crustacé granuleux.

F : Thalle crustacé avec ligne d'hypothalle noir.

- **Thalles lépreux :** A l'œil nu, ces thalles rassemblent à la poudre qui se détache facilement du substrat par exemple : *Chrysothrix candelaris* (TIEVANT, 2001) (Figure 06).



Figure 06 : Un thalle lépreux (TIEVANT, 2001).

- **Thalles filamenteux :** Formés par des filaments très fins, emmêlés, ce genre de thalle est étalé sur le support et très adhérent au substrat (TIEVANT, 2001) (Figure 07).



Figure 07 : Un thalle filamenteux (LAGARDE, 2017 ; TIEVANT, 2001).

- **Thalles complexe ou composites** : Sont formés de deux parties distinctes, un thalle primaire plus au moins foliacé, squamuleux ou crustacé, adhérent au substrat, sur lequel se développe sur un thalle secondaire dressé, fruticuleux formé d'éléments plus au moins perpendiculaires au substrat comme : *Cladonia cristatella* (TIEVANT, 2001) (Figure 08).



Figure 08 : Un thalle composite ou complexe (LAGARDE, 2017 ; TIEVANT, 2001).

b)- La structure du thalle de lichen

La structure du thalle des lichens est dans l'ensemble, moins variable que leur morphologie. Du point de vue de la structure anatomique (Figure 09), deux structures sont classiquement reconnues : homéomère et hétéromère (VAN HALUWYN et LEROND, 1993).

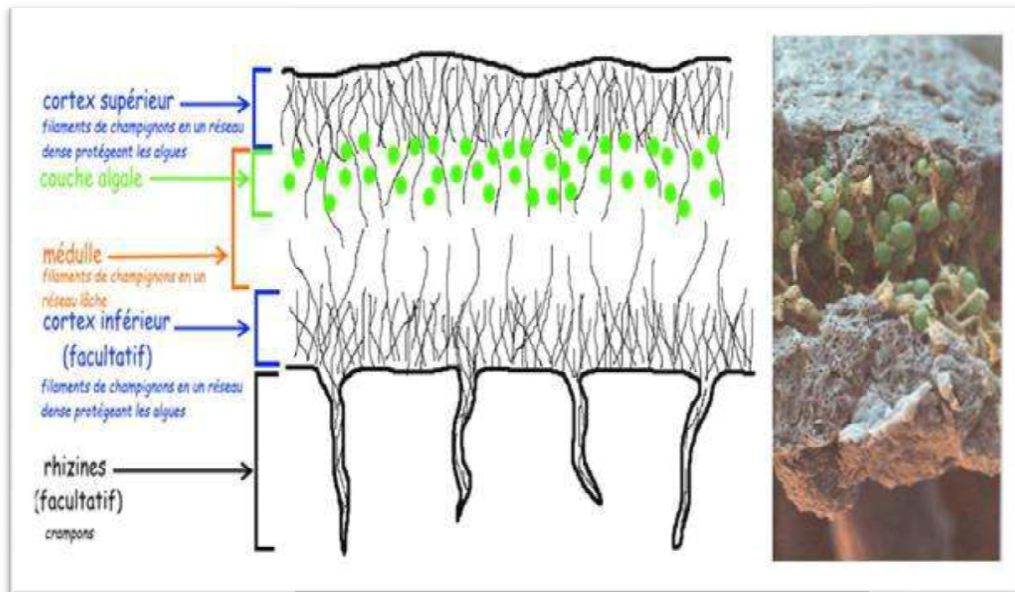


Figure 09 : Anatomie et structure de lichens (VAN HALUWYN et LEROND, 1993).

b)-1- structure homéomère :

Le thalle des lichens est dit homéomère quand l'algue y prédomine sur le champignon (**Figure10**), ou quand les cellules d'algues et d'hyphe sont mêlées et réparties dans toute l'épaisseur du thalle dans les mêmes proportions. Cette structure caractérise surtout dans les thalles gélatineux (**OZENDA et CLAUZADE, 1970**).

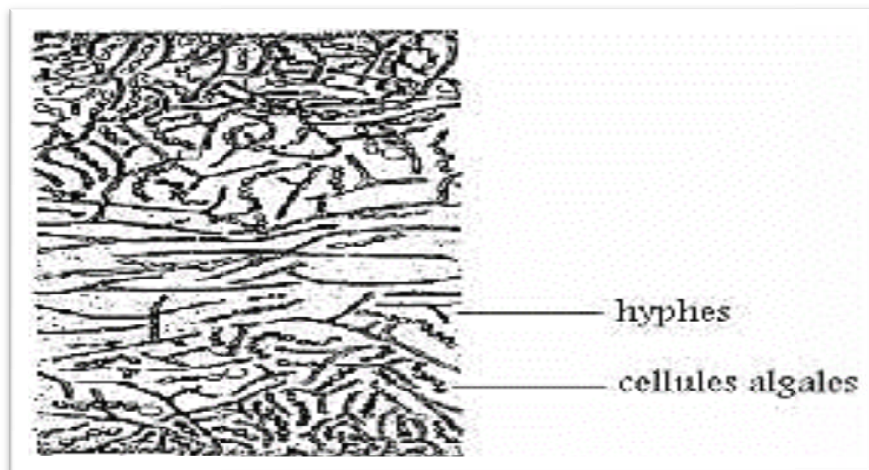


Figure 10 : Structure homéomère : coupe transversale du thalle (**OZENDA et CLAUZADE, 1970**).

b)-2-Structure hétéromère :

Thalle formé de couche anatomiquement différentes pouvant être superposées dans la structure stratifiée ou concentriques dans la structure radiée.

b)-2-A- Structure hétéromère stratifiée :

Chez la plupart des lichens foliacés, beaucoup de lichens crustacés et de quelques lichens fruticuleux. Une coupe transversale de lichen montre la succession suivante :

- Un cortex supérieur
- Une couche algale
- Une médulle
- Un cortex inférieur constitue seulement d'hyphe, très denses, peuvent donner naissance à des rhizines (**TIEVANT, 2001**) (**Figure 11**).



Figure 11 : Structure hétéromère stratifiée : coupe transversale du thalle (**TIEVANT, 2001**).

b)-2-B- Structure hétéromère radiée :

Cette structure se trouve chez les thalles fruticuleux. On y retrouve les mêmes couches, mais disposées de façon concentrique, la couche gondiale fait tout le tour de la section transversale, quelle que soit la forme, arrondie, aplatie ou irrégulière. La partie interne de la médulle peut disparaître en grande partie comme chez les *Allectoria*, le thalle est plus ou moins creux ou au contraire être formée comme chez les *Usnea*, d'hyphe très serrés, parallèles à l'axe et constituée un cordon axial (**OZENDA et CLAUZADE, 1970**) (**Figure 12**).

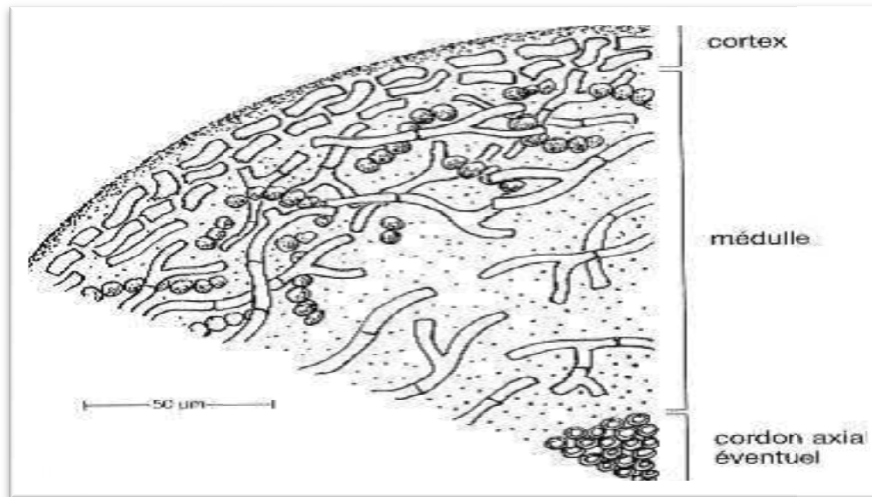


Figure 12 : Structure hétéromère radiée : coupe transversale du thalle (TIEVANT, 2001).

I-3- Classification et principaux groupements lichéniques

Avant 1860, les lichens étaient considérés comme des mousses, puis rapprochés des fougères et des algues finalement des champignons.

En 1867, un botaniste suisse SCHEWENDENER, a découvert la qualité profonde de ces organismes formés de l'union d'une algue et d'un champignon.

I-3-1- Principaux groupements des lichens, sont divisés en trois groupes principaux :

- **Terricoles et humicoles** : Ce sont des lichens qui croissent sur la terre ou l'humus, le thalle est toujours entièrement situé à la surface de substrat, mais il émet toujours des hyphes fixateurs (filaments constitutive de mycélium des champignons supérieurs et des lichens) à l'intérieur de celui-ci (OZENDA et CLAUZADE, 1970).
- **Lichens corticoles** : Ce Sont des lichens qui se développent sur les branches des arbres, les écorces des troncs. Sont les plus abondants et complexes, se divisent en plusieurs peuplements (AIT HAMMOU, 2015).
 - **Peuplements plus ou moins ombrophobes** : Plus ou moins protégé des pluies et l'écoulement.
 - **Peuplements non ombrophobes** : Se développent sur les branches des arbres.

- **Lichens saxicoles** : Se trouvent sur les murs, les toits et les roches, sont très adhérents au substrat. Ce sont des lichens les plus variés, abondants et présents (plus de $\frac{3}{4}$ des lichens présents en monde) (GREGORY et DIMIJIAN, 2004).

I-3-2-La classification est basée sur le partenaire fongique(SINGH et SINHA, 1997).

- **Ascolichens** : Ce groupe de lichens comprend presque la totalité des lichens. Leur mycosymbiote, est un ascomycète. Ils se caractérisent par la formation de spores à l'intérieur des asques.
 - a)- **Gymnocarpae** : Le corps frutant est un disque comme l'apothécie. Sont également connus sous le nom de désolichens comme : *Parmelia sp.*
 - b)-**Pyrenocarpae** : Le corps fructifère est un périthèce en forme de flacon, comme : *Dermatocarpon sp.*
- **Basidiolichens** : Leur mycosymbiote est un basidiomycète. Les spores sont produites par des basides sur un hyménium lisse, par exemple : *Corella, Dictyonema.*
- **Hypolichens** : Leur mycosymbiote est imparfait par rapport à la reproduction.

I-4- La reproduction des lichens

Les lichens subsistent longtemps à l'état sec et deviennent cassants. Leurs fragments dispersent par le vent, les animaux ou la pluie, seront capables de régénérer un thalle. La reproduction permet au lichen de coloniser de nouveaux substrats lorsque les conditions sont favorables (BELLANFANT et al, 2010). Les lichens sont capables de se reproduire selon deux modes : soit par reproduction végétative (par propagation de spores), soit par reproduction sexuée (rencontre des spores fongiques avec un photobionte) (Figure 13) (MURTAGH et al., 2000).

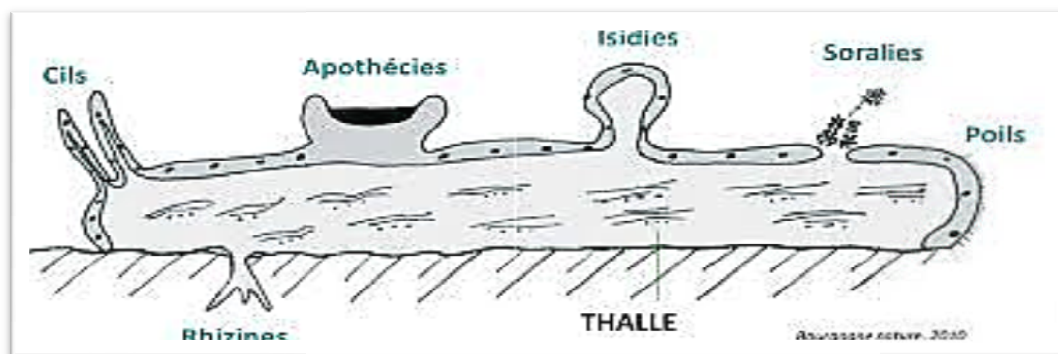


Figure 13:Schéma présentant les organes de reproduction des lichens (BELLENFANT et al., 2010).

I-4-1- La reproduction végétative ou asexuée (algue associé au champignon)

La reproduction végétative ou asexuée est assurée par des propagules végétatives symbiotiques (LAGARDE, 2017). Elle effectuée par dispersion de fragments de thalles ou d'organes spécialisés les plus importantes sont les isidies et les sorédies (BÜDEL et SCHEIDEGGER, 1996).

I-4-1-1-Reproduction asexuée par sorédies

Les sorédies ressemblent à de petits granulés poudrés situés sur le bord du thalle. Chez certaines espèces, ils peuvent apparaître n'importe où sur le thalle ou se localiser à des zones délimitées appelées soralies et peuvent prendre diverses formes. Chaque sorédie se compose de quelques cellules algales entourées d'hyphes fongiques. Les sorédies permettant la colonisation de nouveaux lieux parfois très éloignés (Figure 14) (SINGH et SINHA, 1997).

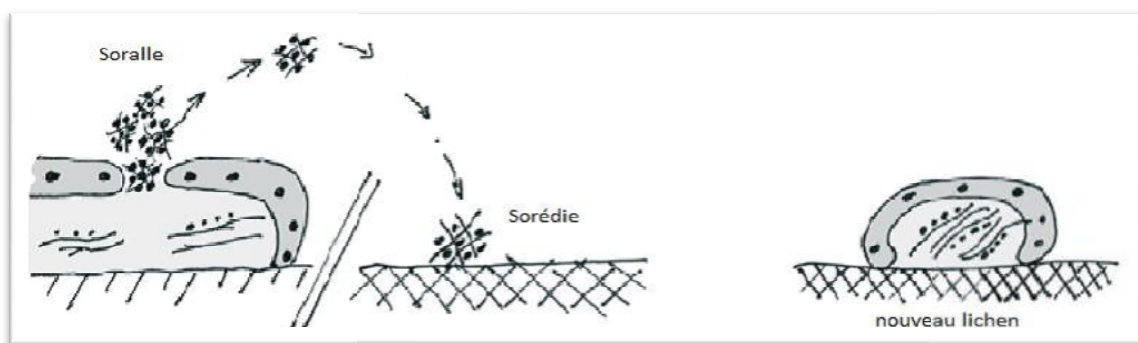


Figure 14 : schéma représentatif de la reproduction asexuée par sorédies (BELLANFANT et al., 2010).

I-4-1-2-Reproduction asexuée par isidies

Les isidies sont des petites excroissances (bourgeons) formées d'algues et d'hyphes (champignon) protégées par le cortex. Elles varient en fonction de l'espèce, de bulbaire à cylindrique ou ramifiée, parfois coralloïde. Ces isidies se détachent mais, plus lourdes, elles tombent à proximité et permettant la colonisation d'un même endroit par exemple : parois rocheuses ou murs (Figure 15) (OZENDA, 2000).

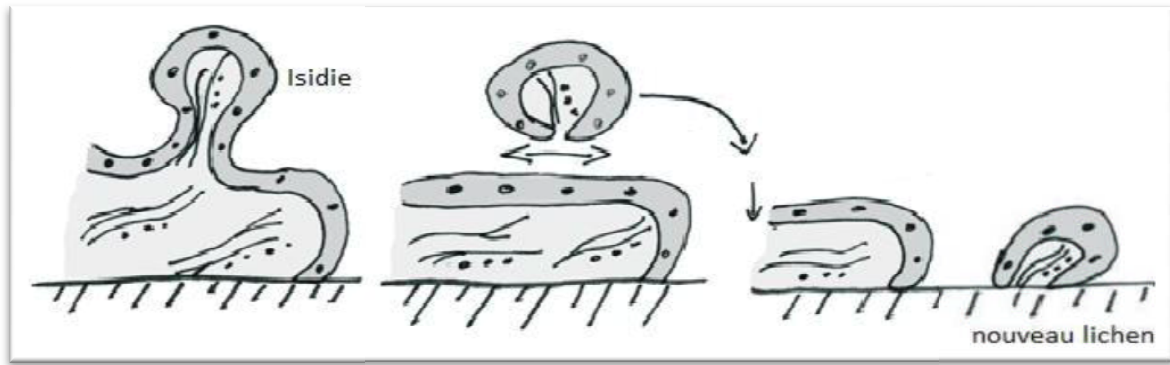


Figure 15 : Schéma de la reproduction asexuée d'isidies (BELLANFANT et al., 2010).

Les isidies et sorédies peuvent être transportées par le vent, l'eau ou les animaux. Une fois déposée sur un substrat approprié, elles peuvent générer de nouveaux thalles (LAGARDE, 2017).

I-4-2- Reproduction sexuée (champignon seul)

La multiplication des lichens par voie sexuée pose un problème particulier, seul le mycobionte est capable, il formera les fructifications typiques du champignon libre (JAHNS, 1996). L'organe reproducteur est nommé ascome chez les ascolichens et basidiome pour basidiolichens.

La reproduction sexuée implique la rencontre entre les spores issues du mycobionte et un photobionte (Figure 16) (LAGARDE, 2017).

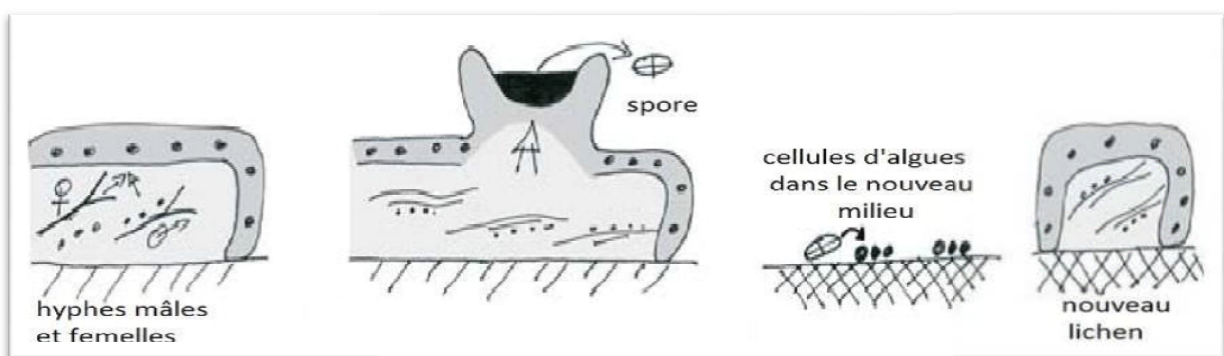


Figure 16 : Schéma représentatif de la reproduction sexuée (BELLANFANT et al., 2010).

Les deux hyphes fongiques sexuellement différenciées fusionnent et donnent, à la surface du thalle, des structures en forme de boutons (les apothécies), ou de coupes plus ou moins fermées (les périthèces).

A- Les apothécies : Sont très variables par leur taille, leur couleur et leur localisation sur le thalle (au centre, à la marge, face supérieure, face inférieure) par exemple : *Xanthoria parietina* (**Figure 17**) (**TIEVANT, 2001**).

Sont des structures de reproduction principalement rencontrées chez les ascolichens. Celles-ci sont typiquement circulaires et semblables à un disque ou une coupe.

Il existe également des espèces dans lesquelles la surface supérieure du thalle (le genre *Nephroma* est une exception) (**LAGARDE, 2017**).

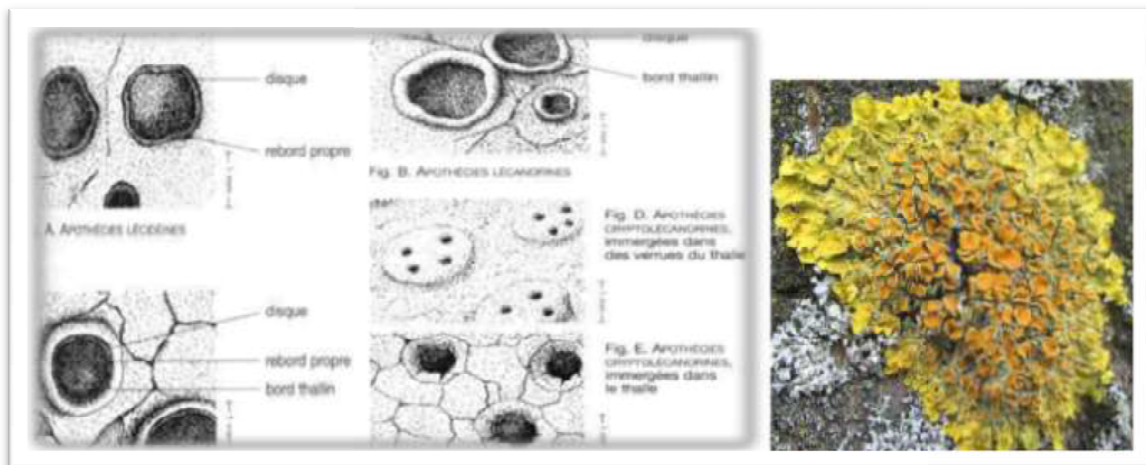


Figure 17: Les différents types d'apothécies (**TIEVANT, 2001**). *Xanthoria parietina*

B- Les périthèces : Ce sont des fructifications en forme de sphérules creuses (petite poire plus ou moins enfoncées dans le thalle ou dans le substrat comme *Pyrenulachloro* sp, ils s'ouvrant au sommet par un port ou ostiole à travers lequel sont émises des spores. Leur structure peut être relativement très simple (**Figure18**)(**CLAUZADE et ROUX, 1985**).

En fonction de l'espèce, le périthèce peut se développer totalement sur le thalle ou être incorporé dans celui-ci (**NOEL, 2017**).

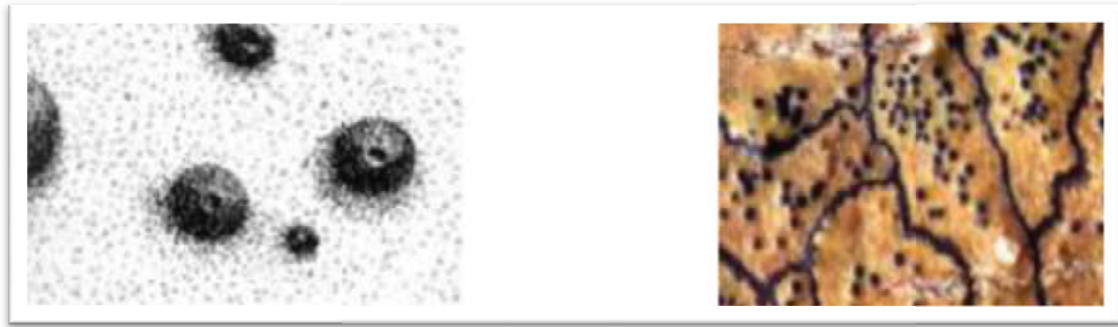


Figure 18 : Coupe transversale de périthèce (CLAUZADE et ROUX, 1989).

Pyrenula chlorospila

I-5- La symbiose des lichens

I-5-1- Définition de la symbiose

Le terme de symbiose emprunté au grec « symbiosis » signifie : vie ensemble. Ce terme a été créé par le botaniste allemand de Bary en 1879 pour caractériser l'association entre l'algue et le champignon dans l'organisme des lichens. La symbiose concerne des organismes vivants ensemble en association mutualiste ou commensale ou même antagoniste. La symbiose mutualiste implique la notion de profits plus ou moins structurés pour les partenaires, avec établissement de relations réciproque (VAN HALUWYN et LEROND, 1993).

Le champignon et la population d'algue à l'origine du lichen forment un ectosymbiose (GAC et al, 2006), où les partenaires sont seulement juxtaposés ou en contact superficiel (AGNES FLOUR, 2004).

I-5-2- Les constituants des lichens

I-5-2-1- Le mycosymbiote (le partenaire fongique)

Le champignon ou mycobionte : constitue 90% de la biomasse lichénique. Il est hétérotrophe, c'est lui qui englobe et donne la morphologie au lichen, qui assure la structure et la protection physique de l'ensemble ainsi que la reproduction sexuée (spores), qui protège l'algue de la dessiccation, limitant le risque d'assèchement ou d'éclairement grâce à son rôle dans l'approvisionnement en eau et en sels minéraux. Aussi, fournit au photobionte l'eau, les sels minéraux, des vitamines telles que la vitamine C, les polyols et le glucose, fournis par le

champignon en polysaccharides et en métabolites secondaires appelés substances lichéniques (**Figure 19**)(VAN HALUWYN et al., 2009).

Le mycobionte peut parfois vivre en saprophyte en exploitant les substances organiques du milieu, ou en parasite sur un autre lichen (**AGNES FLOUR, 2004**).

I-5-2-2- Le phytobionte (le partenaire algal)

Dans 90% des cas, ces algues sont des Chlorophycées : algues vertes qui ont le plus souvent des cellules avec un noyau, un chloroplaste vert et des grains d'amidon.

Les algues vertes produisent de nombreux composés nécessaires au champignon, en particulier de la vitamine B et des polyols et dérivés des sucres (**DIEU, 2015**).

Dans 10% des cas, ce sont des cyanobactéries : algues bleues dont les cellules bleu-vert (chlorophylle et phycocyanine) n'ont pas de noyau. Le photobionte apporte, via la photosynthèse, la matière organique carbonée, ce qui fait du lichen un organisme autotrophe (**VAN HALUWYN et al., 2009**).

Dans le cas des cyanobactéries, le carbone est cédé au champignon plutôt sous forme de glucose. Elles sont aussi capables de fixer l'azote atmosphérique, fourni au champignon sous forme d'ammonium. Les polyols et le glucose sont ensuite transformés par le champignon en polysaccharides (du D-mannitol et du D-arbitol) qui contribueront à la création de métabolites secondaires plus complexes, appelés substances lichéniques (**Figure 20**) (**VAN HALUWYN et al., 2009**). L'association symbiotique permet donc la production de composés originaux et spécifiques qui ne pourraient pas être synthétisés par chaque individu.

Il arrive qu'il y'a association tripartite et qu'un champignon s'associe à une cyanobactérie et à une algue verte. Les photobiontes occupent alors des sites séparés dans le thalle, les cyanobactéries étant localisées dans des céphalodies par exemple : *Lobaria pulmonacea*.

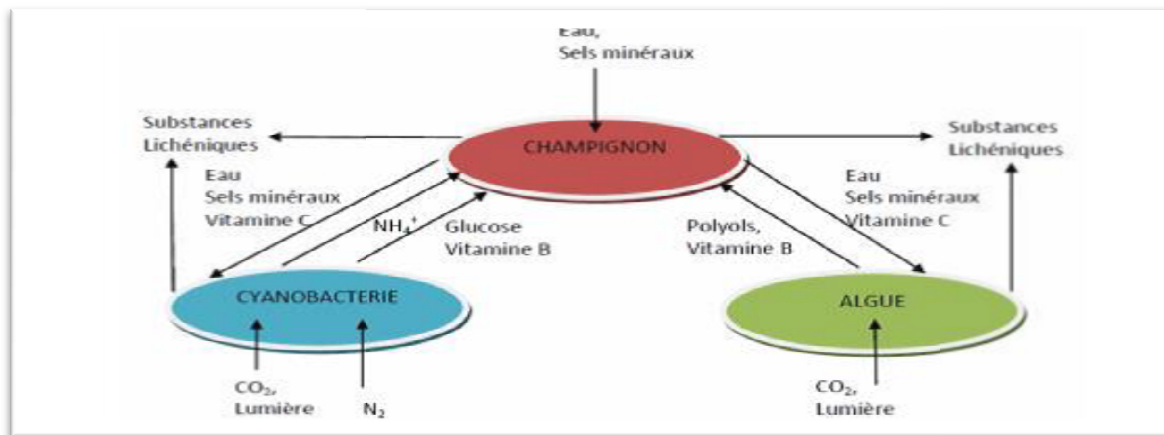


Figure 19 : Changements nutritionnels entre le mycobionte et le photobionte (VAN HALUWYN et al., 2009).

I-6- Biochimie des lichens

I-6- 1- Historique

Le point de départ de la lichénologie a été établi avec les travaux de Zopf et Hesse (LAGARDE, 2017). En 1970, Zopf publie ses travaux sur 150 composés lichéniques. En 1912, environ 180 substances ont été décrites chez les lichens. En 1954, Asahina et Shibata, ont publié leurs travaux dans le livre « Chemistry of Lichen Substances » contenant des structures de nombreux composés, des méthodes d'isolement, de purification et d'identification de substances lichéniques notamment des méthodes de micro-cristallisation. L'utilisation de chromatographie sur couche mince a été ajoutée par Culberson et Elix dans les années 70 en recensant plus de 430 molécules lichéniques (CULBERSON et ELIX, 1989). L'ouvrage de référence des substances lichéniques a été publié par Huneck et Yoshimura en 1996 (HUNECK et YOSHIMURA, 1996). En 2008, environ 1050 métabolites spécialisés ont été identifiés (STOKCER-WÖRGÖTTER, 2008). Une troisième édition du catalogue des substances lichéniques a été publiée par la suite en 2014 (ELIX, 2014 ; LAGARDE, 2017).

I-6-2- Les échanges chimiques de substances chimiques entre les associés

Il existe des relations anatomiques entre l'algue et le champignon. En d'autres, ces contacts s'établissent entre un producteur (l'algue ou cyanobactérie autotrophe) et un consommateur (le champignon hétérotrophe). Les algues vertes produisent de nombreux

composés nécessaires au champignon, notamment de la vitamine B et des polyols dérivés des sucres (VAN HALUWYN et LEROND, 1993).

I-6-3- Substances fournies par le photosymbiote

I-6-3-1- Substances carbonées :

Les hydrates de carbone cédés par le photosymbiote sont ensuite transformés par le champignon en Mannitol et Arabitol. Ces deux sucres-alcools sont les principaux hydrates de carbone solubles présents chez la plupart des champignons. En effet, de leur structure chimique et de la pression osmotique élevée qu'ils assurent de l'intégrité du thalle lors des dessiccations (VAN HALUWYN et LEROND, 1993).

I-6-3-2- Substances azotées :

Dans le cas des cyanobactéries, le carbone est cédé au champignon plutôt sous forme de glucose. Sont aussi capables de fixer l'azote atmosphérique, fourni au champignon sous forme d'ammonium (VAN HALUWYN et LEROND, 1993).

I-6-4- Les substances fournies par le mycosymbiote

Les substances glucidiques peuvent également provenir du substrat à travers le champignon. Il existe donc un transfert de photosynthèse vers le mycosymbiote, d'eau et de substances dissoutes, voire même de glucides vers le photosymbiote.

Au sein du lichen, le mycosymbiote assure la structure, la protection physique et la reproduction sexuée. Grâce aux rhizines, le champignon joue un rôle de fixateur sur le substrat, ainsi fournit au photosymbiote l'eau, les sels minéraux, des vitamines comme vitamine C, les polyols et le glucose, fournis par le champignon en polysaccharides et en métabolites secondaires, appelés substances lichéniques (VAN HALUWYN et LEROND, 1993).

I-6-5- Spécialisations biochimiques

Les acides lichéniques, ou plus exactement les substances lichéniques ou métabolites secondaires, sont des substances cristallines, extracellulaires, localisées dans le cortex, la médulle ou d'autres structures (thécium, excripulum...). Ces substances sont hydrophobes mais solubles dans les solvants organiques.

Le champignon est sous l'impulsion de l'algue qui lui impose certaines voies de synthèse (VAN HALUWYN et LEROND, 1993).

I-6-6- La biosynthèse des substances lichéniques

Il existe trois voies de synthèse à la base de nature chimique et la biogenèse de substances lichéniques :

I-6-6-1- Voie de l'acetyl-polymalonyle

La voie de l'acetyl-polymalonyle donne des esters phénoliques substitués depsides et des esters phénoliques appelés depsidones. Toutes ces substances sont incolores. Ces substances dérivent toutes de deux diphénoles, l'orcinoïl et β orcinoïl ou plus exactement de l'acide orsellinique (DIEU, 2015).

L'acide orsellinique et ses dérivés conduisent à la formation des depsides de la famille de l'orcinoïl.

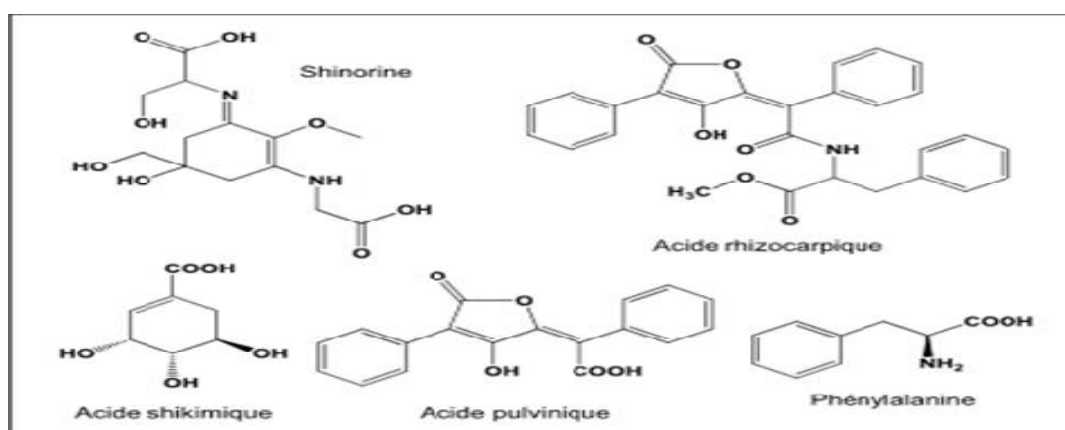


Figure 20 : Structures de quelques précurseurs des polycétides aromatiques (DIEU, 2015).

I-6-6-2- Voie mévalonate

La voie de l'acide mévalonique conduit essentiellement à la synthèse de mono-, di-, tri-, sester-, et sesquiterpènes, stéroïdes et caroténoïdes. Pour la plupart, ils ne sont pas spécifiques des lichens et sont issus de l'assemblage d'unités isopréniques formées à partir de l'acétyl-coenzyme A (acétyl-COA) (Figure 20)(DIEU, 2015).

Pour la plupart, ils ne sont pas spécifiques des lichens et sont issus de l'assemblage d'unités isopréniques formées à partir de l'acétyl-coenzymeA (acétyl-COA). L'isopentenylpyrophosphate (unité en C5), obtenu à partir de l'acide mévalonique, conduit

soit au géranylgéranylpyrophosphate (unité en C20), précurseur des diterpènes et des caroténoïdes, soit aux sesterterpènes (unité en C25), soit au squalène (unité en C30), précurseur des stéroïdes et des triterpènes (**Figure 21**)(DIEU, 2015).

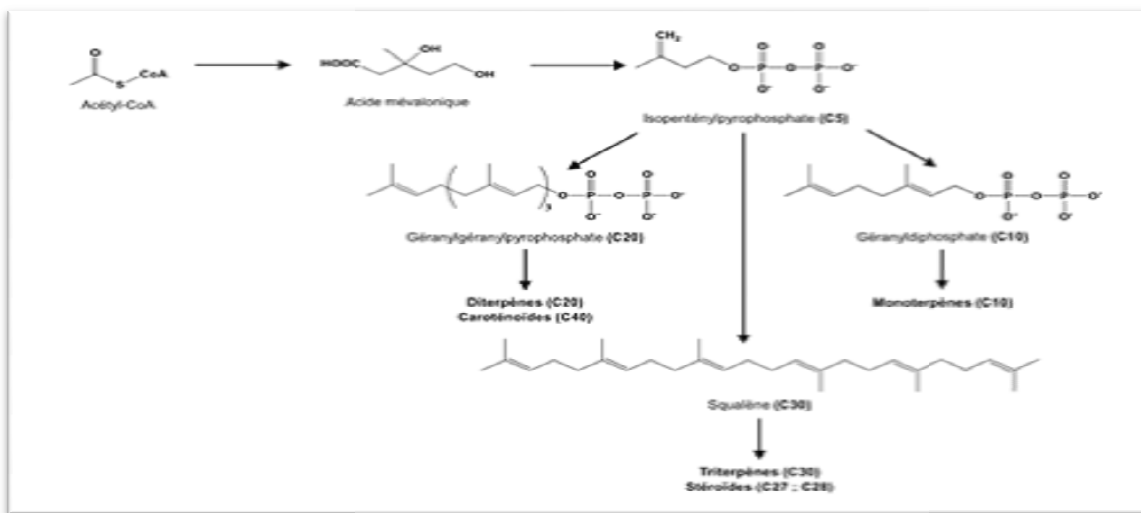


Figure 21 : Structures des précurseurs des composés de la voie de l'acide mévalonique (DIEU, 2015).

I-6-6-3- Voie de l'acide shikimique

Cette voie permet la synthèse d'acides aminés aromatiques (phénylalanine, tyrosine, tryptophane), qui chez les plantes sont les précurseurs des flavonoïdes, des coumarines ou encore des alcaloïdes. (**Figure 22**) (Stocker-Wörgötter, 2008).

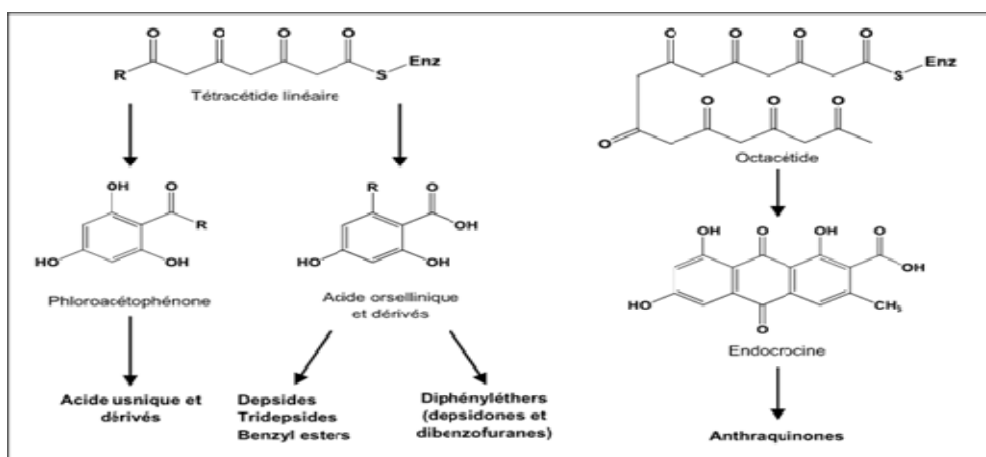


Figure 22 : Structure chimique de l'acide shikimique, de la phénylalanine et des composés dérivés de l'acide pulvunique (DIEU, 2015).

I-6-6-4- Localisation des substances lichéniques

Certains composés tels que les dibenzofuranes (acide usnique), depsides, depsidones, sont retrouvés dans les lichens, la plupart de ces métabolites secondaires existent sous forme de cristaux sur les surfaces externes des hyphes dans le cortex supérieur ou dans la médulle du thalle (**Figure 23**) (**BOUSTIE, 2011**).

Plusieurs activités de ces molécules lichéniques, principalement celles issus de la voie des acétates polymalonates, ont un intérêt pour la cosmétique : photoabsorbantes, antioxydantes et l'inductrices de la mélanogénèse. Ces propriétés ont été étudiées pour un nombre encore limité de métabolites secondaires, la majorité dérive de l'orcinol ou du β -orcinol. En assemblant des unités de l'un ou l'autre on obtient les différents dérivés d'intérêt avec : (**MITROVIE, 2011**).

- Une liaison ester qui conduit à des depsides
- Une liaison éther qui conduit à des diphenyléthers
- Un couplage oxydant qui conduit à la formation de dibenzoquinones, dibenzofuranes et depsidones.

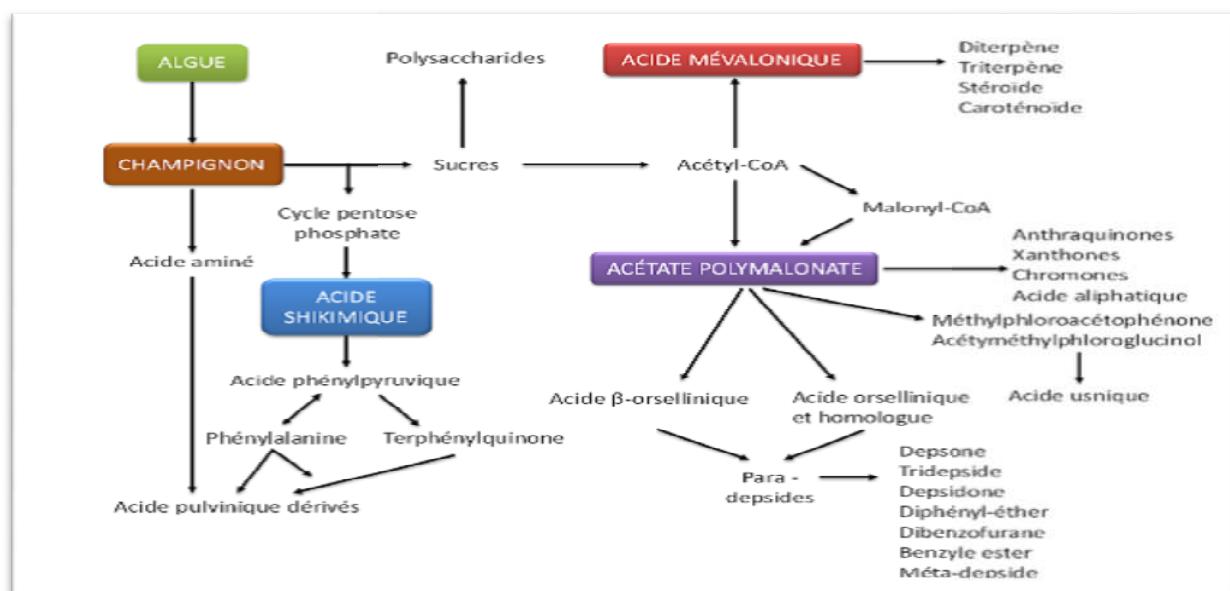


Figure 23 : Biogenèse des substances lichéniques(VAN HALUWYN et LEROND, 1993).

I-6-7-Importance des substances lichéniques

Le lichen tire profit des caractéristiques suivantes des substances lichéniques :

- **Hydrophobie** : Les substances lichéniques contribuent au maintien de l'équilibre hydrique du thalle en limitant l'évaporation de l'eau à la surface du thalle et en contrôlant les voies de transfert à l'intérieur du thalle.
- **Propriétés chélatantes** : Les substances lichéniques peuvent assurer une certaine protection par chélation des métaux lourds essentiellement présents dans le milieu. Des travaux réalisés sur le lichen *Disproschistes muscorum*, hyperaccumulateur de zinc, ont mis en évidence la formation de complexes de ce métal avec l'acide oxalique ainsi qu'avec les substances lichéniques (CUNYS et al., 2004). Ce phénomène de complication a été également observé pour le plomb et le calcium.
- **Propriétés antibiotiques** : De nombreuses substances lichéniques, ont des propriétés antibiotiques, tels que l'acide usnique. Cette activité antibiotique est considérée comme étant son principal rôle biologique au sein du lichen. Elle a été évaluée par une étude réalisée par Chaba, 2012 sur les bactéries à gram positif et des bactéries à gram négatif.
- **Propriétés anti herbivores** : Protection contre les herbivores par production de substance toxique (LAWREY, 1986).

Du fait de leur faible valeur nutritionnelle, les lichens sont peu consommés par les herbivores. Néanmoins, dans plusieurs situations écologiques, les lichens représentent une ressource considérable pour les herbivores. Ainsi, dans les régions boréales de l'hémisphère Nord, le lichen *Cladonia rangiferina* est la nourriture principale des rennes en hiver. Ces derniers ne consomment pas les lichens contenant les acides fumarprocétrarique, salazinique et plysadique (RUNDEL, 1978).

En effet, des travaux sur des campagnoles roussâtres (NYBAKKEN et al, 2010) ont montré le rôle anti herbivore de plusieurs composés tels que l'atranorine et les acides usniques

1-7 - Écologie des lichens :

Les lichens sont répartis sur toute la terre ils forment la dernière végétation qu'on rencontre vers les pôles et en altitude à la limite des neiges et des glaces permanentes.

Ils colonisent tous les substrats possibles : terre, écorces, bois, feuilles coriaces, rochers siliceux ou calcaire, vieux, murs, verre.

I-7-1- La répartition géographique des lichens

Les lichens recouvrent près de 8 % de la surface terrestre de la planète (**LANGÉ et al., 2001**).

Les lichens sont des végétaux pionniers qui colonisent tous types de milieux terrestres, ils sont toutefois plus abondantes au nord qu'au sud. D'une façon générale, les lichens préfèrent les pays à climat humide : climat de type océanique, étage montagnard des pays tempérés, montagnes tropicales.

Elles peuvent s'installer sur des roches qu'elles corrodent en sécrétant des acides lichéniques. Leur action favorise la succession par des bryophytes, puis par d'autres plantes supérieures, la répartition des lichens est influencée par différents facteurs : les facteurs climatiques, les facteurs biologiques, les facteurs substratiques et les facteurs atmosphériques (**CLAUZADE et ROUX, 1987**).

I-7-2 – Les facteurs climatiques

La répartition des lichens est influencée par différents facteurs :

a. L'eau : L'eau est très importante, il joue un rôle primordial dans la répartition des lichens, notamment parce que le degré d'hydratation du thalle conditionne les fonctions vitales et qu'un même lichen peut passer très rapidement de l'état active à celui de vie ralentie, suivant les variations de son hydratation (phénomène de reviviscence) (**OZENDA et CLAUZADE, 1970**)

b. La lumière : Les lichens sont tous des végétaux héliophiles ; seule une minorité d'espèce, comprenant presque exclusivement des lichens à cyanophycées, préfèrent les habitats ombragés, par exemple sous couvert forestier. Pour tous les autres lichens, la richesse tant d'espèces qu'individus augmente avec la luminosité des stations, comme on l'observe pour les roches ou les troncs d'arbres isolés. Les lichens ont 4 à 10 fois moins de chlorophylle que les plantes à poids égal, c'est une nécessité pour eux d'avoir des exigences en lumière plus grandes (**OZENDA et CLAUZADE, 1970**).

c. La température : Nous considérons deux aspects de son action : d'une part l'effet sur l'intensité des fonctions métaboliques et d'autre part la résistance aux conditions extrêmes de température.

I-7-3-Les facteurs atmosphériques

a- Le vent : son action physiologique est indirecte et se fait par le biais d'augmentation de vitesse de dessiccation des thalles. Une action directe, mécanique, est la dispersion des fragments de lichens, jouant un rôle important dans la multiplication végétative du lichen (**OZENDA et CLAUZADE, 1970**).

b- Les pollutions chimiques : les lichens sont extrêmement sensibles, beaucoup plus semble-t-il que les autres végétaux, aux impuretés contenues dans l'atmosphère et en particulier aux fumées et aux poussières industrielles et domestiques, ce qui les élimine des grandes villes et de leur périphérie mais permet en revanche de localiser ces zones de pollution, donc les lichens sont des marqueurs biologiques (**OZENDA et CLAUZADE, 1970**).

I-7-4 -Les facteurs biologiques

- La concurrence vitale s'exerçant entre les lichens eux-mêmes et entre les lichens et les autres végétaux (mousses et plantes vasculaires).

- L'influence de la végétation de bryophytes et de plantes vasculaires qui modifie localement les conditions climatiques et substratiques, créant des microclimats et des microstations.

- L'action des animaux et principalement de l'homme, se manifestant surtout mécaniquement : Piétinement, fragmentation des thalles et chimiquement par l'enrichissement de l'atmosphère et du substrat en ammoniac, sels ammoniacaux, nitrate, phosphates (**OZENDA et CLAUZADE, 1970**). Elle permet ainsi la colonisation des lichens dans les nouvelles stations : il est à noter également la pollution de l'air par l'homme dont l'influence sur les lichens est considérable et dans l'ensemble néfaste (**HAWKSSWORTH et ROSE, 1976**).

I-7-5- Les facteurs substratiques

Les lichens se développent dans des milieux extrêmement variés. Ils existent dans les stations les plus diverses et sur presque tous les substrats naturels ou artificiels, souvent inattendus comme les métaux, le verre, le cuir, les os, le carton etc. Toute fois les lichens font

défaut dans la mer (sauf sur les rochers littoraux) et dans les grandes villes (à cause des goudrons et des gaz toxiques contenus dans les fumées) (OZENDA et CLAUZADE, 1970).

D'après (VAN HALUWYN et al.,2009), les lichens sont regroupés en cinq principaux groupements selon la nature du substrat :

- Sur les arbres, ils sont dits **épiphytes** [les corticoles (tronc) et follicules (feuilles)].
- Sur le sol, **terricoles**.
- Sur les roches, **saxicoles**.
- Sur les mousses, **muscicoles**.
- Sur les vieux bois, **lignicoles**.

I-8 Usage et l'intérêt des lichens

Les lichens ont un rôle important dès l'antiquité, ont été utilisés comme plantes médicinales et pour une foule d'usages alimentaires ou artisanaux. Ils ont été employés comme nourriture pour l'homme ou le bétail, mais seulement dans les régions très pauvres ou bien en période de guerre et comme source d'antibiotiques ou comme indicateurs des conditions de milieu naturel (OZENDA, 2000).

I-8-1- 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-8-1-1- Teinture et pigment

De nombreux lichens sont anciennement été utilisés comme colorants par l'artisanat puis dans l'industrie textile. Ces espèces étaient dénommées « orseille de terre ou orseille de mer » selon leur lieu de ramassage (LEBAIL BEF, 1853).

I-8-1-2- Parfums et cosmétiques

Plusieurs lichens ont été également utilisées pour la parfumerie comme *Evernia prunastri*, *Lobaria pulmonaria* et *Pseudevernia furfuracea*, est la plus utilisée pour leur essence dans la fabrication de différents parfums et de savon, fournissent des extraits à odeur persistante et tenace (TIEVANT, 2001)

I-8-1-3- Utilisation en pharmacie

Les lichens produisent de très nombreux composants chimiques qui sont propres et susceptibles d'avoir des applications pharmaceutiques. Ainsi certaines de ces molécules qui ont une activité antibiotique ou anti-inflammatoire remarquable ou bien encore des propriétés photo protectrices (OZENDA, 2000).

I-8-2 Usages médicaux

Le principal intérêt des lichens en médecine est la possibilité d'extraire des antibiotiques. L'acide usnique des *Usnées* semble actif contre une vingtaine de bactéries dont le Colibacille et divers agents de la tuberculose (OZENDA, 2000).

Les lichens furent étudiés pour la recherche d'antibiotiques, des espèces ont révélé de propriétés antibactériennes, anti-tumorales et inhibitrices de la réplication du virus du SIDA (SOUCHON, 1971).

En 1989, des chercheurs ont trouvé des propriétés anti-tumorales et inhibitrices de la réplication du virus du SIDA, preuve de l'intérêt médical pour les molécules issues des plantes. Enfin des substances lichéniques sont encore aujourd'hui utilisées en homéopathie pour la fabrication sirops et de pastilles (GAC et al, 2006).

I-8-3 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 pauvres (SOUCHON, 1971).

Dans l'alimentation humaine, seule *Cetraria islandica*, dit "Mousse d'Islande" a été utilisée dans les pays nordiques sous forme de farine mélangée à la farine panifiable ou préparée en bouillie. Plusieurs espèces d'*Umbilicaria* ont été occasionnellement consommées au Canada par les trappeurs sous le nom de "tripes de roches" et l'une d'elle est utilisée au Japon. Enfin, *Lecanora esculenta* a été utilisé dans les desserts asiatiques.

Les lichens peuvent être utilisés dans l'alimentation des animaux tels que les mammifères alpins mais c'est essentiellement dans la nutrition du Renne, le Caribou. Les mêmes lichens ont été notamment *Cetraria islandica* utilisés dans les pays nordiques à la nourriture des porcs, des chevaux et des vaches (OZENDA, 2000).

Les lichens tel que *Cetraria*, *Cladonia* sont utilisés comme fourrage des rennes en Laponie (*Lecanora esculenta*) est consommé en Iran par les paysans qui en font une sorte de pain (AGNES FLOUR, 2004).

I-8-4- Utilisation en bio-indication

De nombreuses espèces de lichens ont une écologie très précise de sorte que leur présence est susceptible de donner des indications sur les caractères physiques ou chimiques du milieu considéré. L'utilisation des lichens permet donc d'étudier, par exemple : la chimie et la stabilité des sols, la hauteur moyenne de l'enneigement (certaines espèces ne supportent pas l'humidité permanente due à la couverture nivale), le degré de pureté de l'atmosphère (GREGORY et DIMIJIAN, 2003).

I-9- Croissance des lichens

Les lichens sont caractérisés par la faiblesse de taux de croissance. La croissance du thalle est liée aux facteurs de l'environnement. Le climat aura un rôle important, la croissance des lichens n'est réellement effective que 120 jours par an. A la suite d'une pluie, le champignon stocke l'eau dans ses hyphes, les deux partenaires vont alors fonctionner pendant un certain temps (photosynthèse pour l'un et croissance pour l'autre) : le lichen en profitera donc pour se nourrir et développer son thalle. En période de sécheresse, le lichen devient sec, inactif, mais il est capable de survivre jusqu'à la prochaine pluie : c'est le phénomène de reviviscence (SHUKLA et al, 2010).

Le substrat reste toujours un facteur primordial, selon ses particularités physiques et chimiques. Généralement, la croissance annuelle est de :

- 0,5 à 2 mm pour un crustacé.
- 0,5 à 4 mm pour un foliacé.
- 1,5 à 5 mm pour un fruticuleux.

Cette vitesse n'est pas constante tout au long de la vie du lichen. Elle est d'abord faible au début puis s'accélère pour les thalles déjà moyens avant d'atteindre un plateau. La lente croissance du thalle est attribuée à la faible activité photosynthétique, la productivité est de 5 à 10 fois plus faible que celle des végétaux supérieurs et des algues vivantes librement (ELIX et SROCKER- WÖRGÖTTER, 2008).



Chapitre II

Matériels et méthodes

II-1- Présentation du site du prélèvement

❖ Illoula-Oumalou

La récolte de l'espèce lichénique, *Parmelia* a été effectuée au mois de mai 2022, au le site Illoula-Oumalou (Bouzugéne), est une commune de la wilaya de Tizi-Ouzou situé à 700 m d'altitude, au sud- est de la wilaya de Tizi-Ouzou (**Figure 01**).

Le lichen est séparé de son substrat naturel à l'aide d'un couteau ou bien à la main.

Les échantillons sont recueillis dans des sachets en papier, par la suite ils sont transportés au niveau de laboratoire d'entomologie à l'université MOULOUD MAMMERRI de Tizi-Ouzou et déposés sur du papier afin d'être séchés.

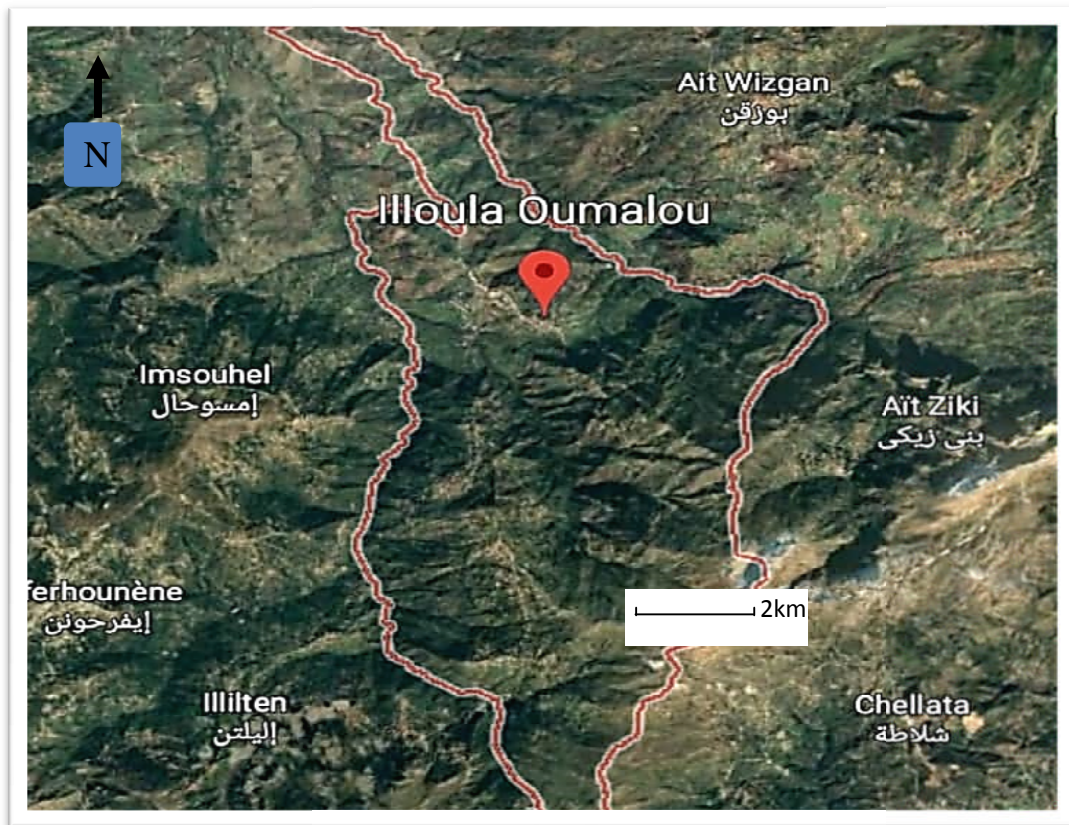


Figure 01 : Image de site de récolte de l'espèce lichénique *Parmelia tiliacea* (Source google maps, 2022).

Chapitre II Matériels et méthodes

Les altitudes et les coordonnées géographiques sont mesurées avec un GPS (Global Positioning System) (Tableau 01).

Espèce	Nom de station	Données géographiques	PH du substrat
<i>Parmelia tiliacea</i>	Station : Illoula-Oumalou (Bouzugène)	Altitude : 700 m Latitude : 36,5833 (36° 34'60''N) Longitude : 4,41667 (4° 25'0''E)	Phorophyte

Tableau 01 : Données géographiques de la station d'étude.

II- 2- Matériels biologiques

II-2-1- Matériel animal

II-2-1-1- Généralités sur les *Tenebrionidae*

Les ténébrionidés sont des coléoptères de taille comprise entre 2mm à 80mm de forme très varié, à téguments le plus souvent rigides, épais, noir mat ou luisant, de teinte sombre, coloré ou métallique par interférence, avec des yeux généralement grands, ovales ou ronds chez certaines sous-familles. Les antennes sont constituées de 11 articles, plus rarement 10 aptères ou ailées, avec nervation alaire du type primitif, 5 sternites abdominaux, pattes longs ou tout au contraire, contractées, souvent fouisseuse (BALACHOWSKY, 1972).

Un certain nombre de *tenebrionidae* ont été signalés comme nuisibles sur les plantes cultivées et autres s'attaquent aux denrées alimentaires stockées ou emmagasinées. Parmi ces dernières le genre *Tribolium* est une espèce cosmopolite et nuisible.

II-2-1-2- Description de *Tribolium castaneum* (Ver rouge de la farine)

C'est un insecte appartenant à la famille des *Ténébrionidae*. L'adulte de *Tribolium castaneum* mesure de 3 à 4mm, de couleur uniformément brun rougeâtre. Il est étroit, allongé, à bords parallèles (Figure 02). La tête est la partie supérieure du thorax sont couvertes de minuscules ponctions. Les ailes et les élytres sont striés sur toute leur longueur. Le dernier article des antennes est légèrement renflé avec des yeux de couleur rouges. Le prothorax a généralement des bords tranchants. Les tarsi antérieurs et moyens comportent cinq articulations, alors que les tarsi postérieurs n'ont que quatre. Les téguments sont presque toujours très robustes et de teinte foncée (CHRISTINE, 2001). Il est très difficile de distinguer

Chapitre II Matériels et méthodes

les mâles des femelles sauf au stade nymphal. Rapporte qu'il est possible de les séparer, le mâle porte au niveau des pattes une épine à soie (HINTON, 1984).



(1cm =1mm)

Figure 02 : Vue dorsale d'un adulte de *Tribolium castaneum* (CHRISTINE, 2001).

II-2-1-3- La position systématique de *Tribolium castaneum*

En se référant à plusieurs auteurs dont PERRIER (1961), (1965) et WEIDNER et RACK (1984), la classification se résume comme suit :

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous -embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Sous-classe	Pterygota
Super-ordre	Mécoptéroïdes
Ordre	Coleoptera
Sous-ordre	Polyphaga
Famille	Tenebrionidae
Sous-famille	Ulominae
Genre	<i>Tribolium</i>
Espèce	<i>Tribolium castaneum</i> L, 1753

Tableau 02 : Classification systématique de *Tribolium castaneum*.

II-2-1-4- Origine et répartition

Le *Tribolium* est aujourd'hui tellement cosmopolite et commensal de l'homme que son origine est incertaine. Il proviendrait de la région d'Asie méridionale au climat chaud et sec. On le trouve dans les céréales stockées sous forme de grains ou dans la farine (BONNETON, 2010).

II-2-1-5- Cycle biologique de *T.castaneum*

La longévité de l'insecte est de 2 à 8 mois suivant la condition abiotique des trois jours pour les œufs. La femelle dépose ses œufs en vrac sur les graines et pond entre 500 et 800 œufs (KASSEMI, 2014). Les larves sont mobiles et se nourrissent, ils sont d'une teinte blanche avec du jaune et passent par 5 à 11 mues avant d'atteindre 5mm à la fin de leur croissance. Au terme de stade larvaire, les larves s'immobilisent, cessent de se nourrir et se transforment en nymphes blanchâtres et immobiles. Ce processus s'étend sur 3 à 9 semaines (Figure 03). Les nymphes se retrouvent nues, dans les mêmes aliments que les larves. Elles sont blanches au départ mais leur couleur s'assombrit graduellement avant de devenir adultes. 9 à 17 jours plus tard, les adultes se nourrissent des mêmes aliments que les larves et vivent entre 15 et 20 mois. On peut rencontrer cinq générations par an (GUEYE et al., 2011).

C'est une espèce dont l'optimum thermique se situe entre 32c° et 33 c°, et résiste très bien aux basses hygrométries. La durée du cycle dure environ un mois (KASSEMI, 2014).

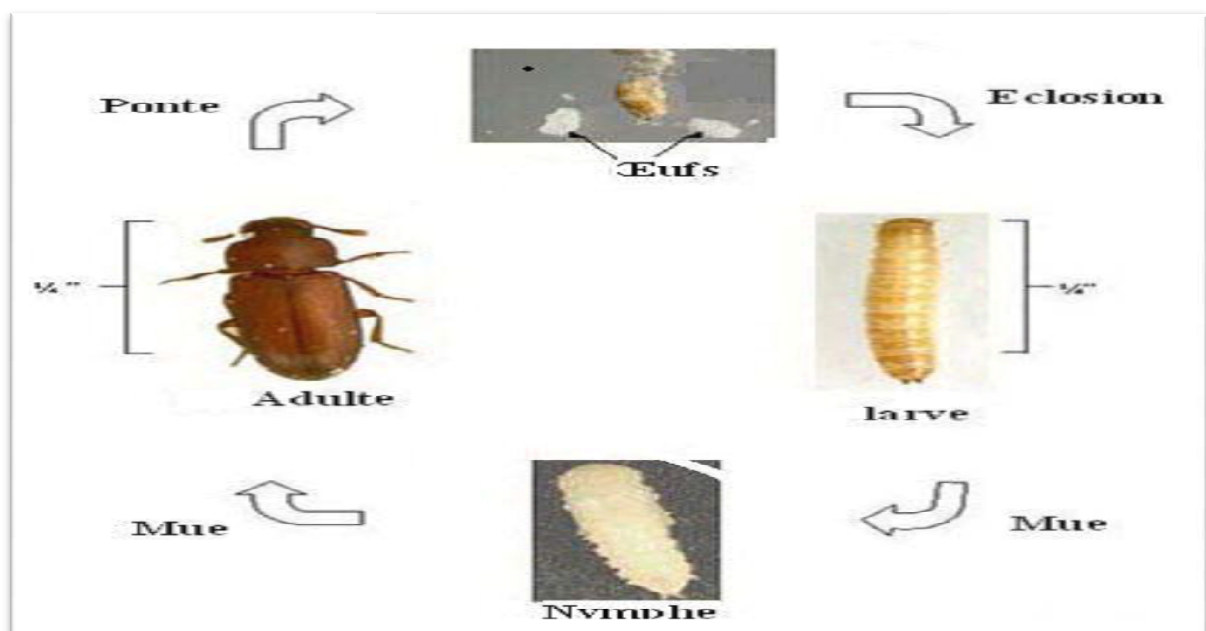


Figure 03 : Le cycle biologique de *Tribolium castaneum* (ARAB, 2012).

❖ **Description morphologique des différents stades du *Tribolium castaneum* (Figure 04)**

- ✓ **Œufs** : Les œufs sont blanchâtres ou sans couleur et d'une taille microscopiques et est d'environ 5mm, avec des particules de nourriture adhérentes à la surface
- ✓ **Larve** : Les larves de *Tribolium castaneum* sont de forme cylindrique d'une couleur jaune. Les larves qui ne dépassent pas 1,4mm lors de l'éclosion, atteignent 6 à 7mm à l'achèvement de leur croissance. Le nombre de mues, 4 au minimum 11 au maximum, varie selon de nombreux facteurs : température, humidité, qualité de l'alimentation (STEFFAN, 1978).
- ✓ **Nymphe** : La nymphe de *Tribolium castaneum* à une forme cylindrique, de couleur blanchâtre virant vers le jaune. La partie terminale de l'abdomen porte deux épines (CHRISTINE, 2001).

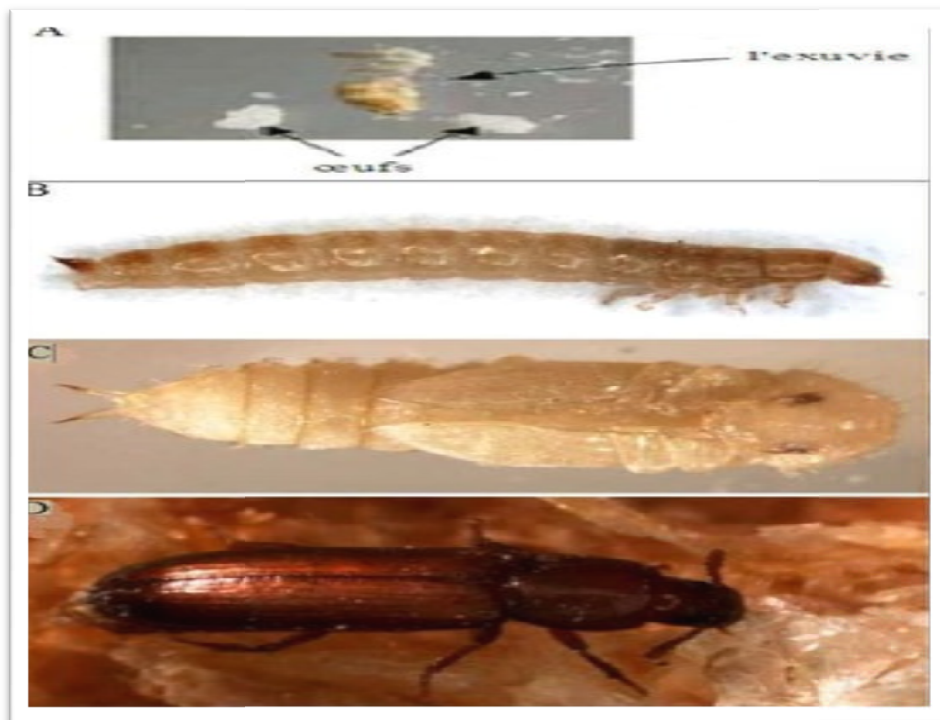


Figure 04 : Description morphologique des stades de *Tribolium castaneum* (CHRISTINE, 2001).

A : Œufs

C : Nymphe

B : Larve

D : Adulte

II-2-1-6- Pertes et dégâts

Le *Tribolium castaneum* est un insecte cosmopolite, qui affectionne les farines dans lesquelles il creuse des galeries et il communique une teinte brunâtre et une odeur âcre et rend la panification difficile. Il attaque les produits céréaliers stockés tels que les céréales, les craquelins, les pâtes et même les mélanges à gâteaux (**Figure 05**). Il peut infester les aliments séchés pour les animaux domestiques, les fleurs séchées, le chocolat, les noix, les graines et même les spécimens de musée séchés (**CAMPEL et RUNNION, 2003**). Souvent, l'infestation par les *Triboliums* favorise le développement de moisissures, qui contribuent à réduire considérablement la qualité et la valeur du grain (**CAMARA, 2009**).



Figure 05 : Dégâts causés par le *Tribolium castaneum* (**DIDIER, 2004**).

II-2-1-7- Moyens de lutte contre le *Tribolium castaneum*

Les insectes ravageurs des céréales, peuvent causer la perte totale d'un stock. Le moyen de lutte le plus courant pour limiter leurs activités est l'usage des pesticides dont les effets indésirables, de ces produits sont malheureusement très nombreux. Ce moyen de lutte qui a provoqué une intoxication humaine et environnementale au cours des deux dernières décennies.

De nombreux travaux ont été menés dans le but de rechercher des méthodes de protection des denrées plus douces, respectueuses de la santé humaine et de l'environnement (**NGAMO et HANCE, 2007**).

II-2-2- Matériel végétal

II-2-2-1- Récolte, identification et choix de l'espèce

Le matériel végétal utilisé dans notre étude est constitué de l'espèce lichénique *Parmelia tiliacea* a été récolté au mois de mai de l'année 2022, le prélèvement a été effectué au niveau de la région Illoula-Oumalou, dans la localité de Bouzeguène, qui se situe au sud-est de la wilaya de Tizi-Ouzou à une altitude de 700m. Située à 115 km à l'est d'Alger et à 37 km au sud-est de Tizi-Ouzou, dans la région de Kabylie. Cette zone présente un relief très accidenté englobant plusieurs chaînons montagneux et bénéficie d'une diversité floristique assez importante. Grace à la forte humidité relative de l'air (78%) qui favorise l'installation et le maintien de la végétation.

L'espèce lichénique choisie est *Parmelia tiliacea*, récoltée à partir des troncs d'arbre de l'olivier (*Olea europaea* L, 1753)(**Figure 06 ; Figure 07**).



Figure 06 : Zone de récolte de l'espèce lichénique *Parmelia tiliacea* (**Originale, 2022**).



Figure 07 : *Parmelia tiliacea* sur l'écorce de l'olivier (Originale, 2022).

II-2-2-2- Position systématique et description de *Parmelia tiliacea*


La systématique L'espèce	Description de l'espèce	L'espèce
<p>Règne : Fungi</p> <p>Embranchement : Ascomycota</p> <p>Sous-embranchement : Pezizomycotina</p> <p>Classe : Lecanoromycetes</p> <p>Ordre : Lecanorales</p> <p>Famille : Parmeliaceae</p> <p>Genre : <i>Parmelia</i></p> <p>Espèce : <i>Parmelia tiliacea</i></p>	<p><i>Parmelia tiliacea</i> est un lichen foliacé fortement isidié. C'est un lichen corticole coriace, assez épais. Les extrémités ont des lobes arrondis, mais entaillés. Le dessous est brun foncé, mais devient plus lumineux vers le bord (CLAUDE, 2014).</p>	 <p><i>Parmelia tiliacea</i> (Originelle, 2022).</p>

Tableau 03 : Description botanique et la systématique de lichen étudié (CLAUDE, 2014).

❖ La description des caractères morphologiques de *Parmelia tiliacea*

Le substrat de l'espèce est corticole, rarement saxicole calcifuge, photophile ou héliophile, non nitrophile ; jusqu'à l'étage montagnard supérieur (CLAUDE, 2014). L'observation à la loupe montre la morphologie de notre espèce à étudier ses organes les suivantes (Figure 08) :

- ✓ **Thalle** : Un thalle foliacé gris clair, pouvant atteindre 15cm dans sa plus grande longueur, lobes de 5-10 mm de largeur plus ou moins imbriqués les uns dans les autres (surtout à la marge), parfois un peu ciliés, arrondis aux extrémités peu découpées, muni des cils marginaux, à isidies grises à brun noir, cylindriques à sphériques.
- ✓ **Face supérieure** : Lisse, blanc-gris pâle, gris pâle. Cette face est couverte à partir du centre d'isidies gris-brunâtre, plus sombres au sommet, simples, cylindriques, clavées ou coralloïdes, mais pas de soralies.
- ✓ **Face inférieure** : Noire au centre et brun foncé vers la marge, entièrement couverte de rhizines simple à fourchues.

❖ Caractères écologiques de *Parmelia tiliacea* selon KIRSCHBAUM et WIRTH, 1997 :

- ✓ Un indice de luminosité de 6 qui comprend à une espèce semi-héliophile.
- ✓ C'est une espèce supportant les stations à faibles précipitations.
- ✓ Une toxitolérance moyenne vis-à-vis des polluants atmosphériques.

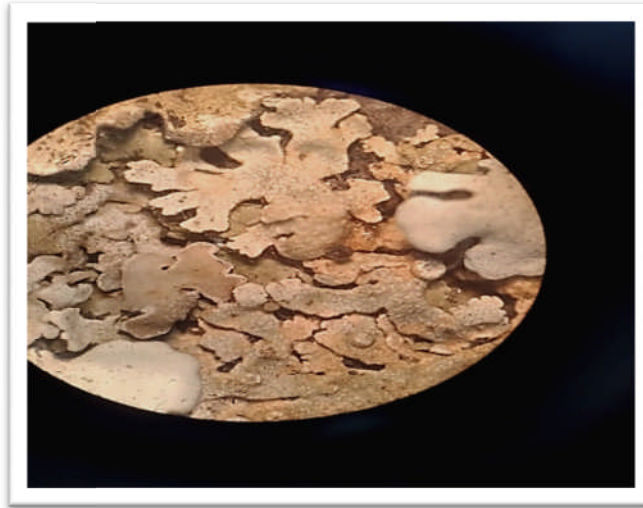


Figure 08 : Espèce *Parmelia tiliacea* observé à la loupe en grossissements x 100 (**Laboratoire d'entomologie, 2022**)

II-3- Méthodologies

II-3-1- Préparation de matériel végétal

- ❖ **Séchage :** L'espèce récolté de *Parmelia tiliacea* a été soigneusement nettoyée, débarrassé de tous artefacts (poussière, support, mousses...etc.), puis séchés à l'air libre à température ambiante pendant 72h.
- ❖ **Broyage :** Le lichen séché et pesé puis broyé en poudre fine à l'aide d'un mortier (**Figure 09**), cette étape facilite et augment la surface de contact de la matière végétale (lichen) avec le solvant et ainsi favoriser l'extraction des composés.



Figure 09 : Le broyage de l'espèce lichénique *Parmelia tiliacea* en poudre fine (**Laboratoire d'entomologie, 2022**).

II-3-2- Préparation de l'extrait lichénique

- ❖ **Macération** : Le principe consiste à faire imprégner 0.3 g de la poudre de l'espèce lichénique dans un volume de solvant polaire (acétone) (**Figure 10**) et de solvant apolaire (hexane), sous agitation manuelle de temps en temps. L'extraction à été répétée quatre fois jusqu'à épuisement des thalles lichéniques (afin d'extraire un maximum de métabolites) à température ambiante.
- ❖ **Extraction** : L'extraction a été effectuée selon le protocole décrit dans la **figure 11**, les extraits obtenus sont ensuite réunis séparément, puis filtrés en utilisant du papier filtre (Watman). Les résidus secs obtenus sont évaporés à une température ambiante puis le conserver pour une utilisation ultérieure.

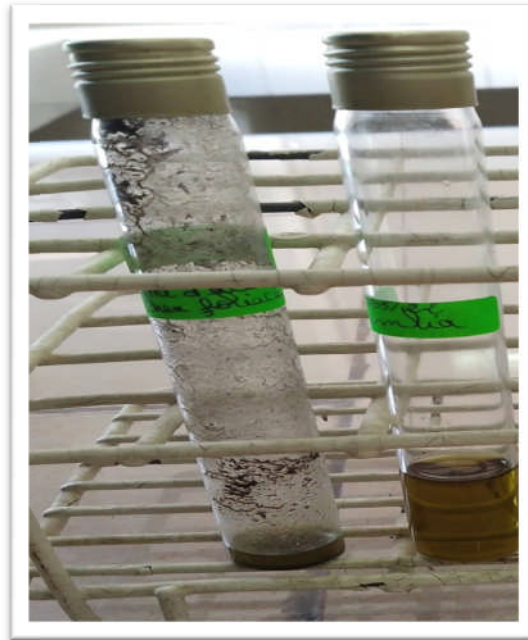


Figure 10 : Le résultat de l'extraction des substances majoritaire de l'extrait lichénique (Laboratoire d'entomologie, 2022).

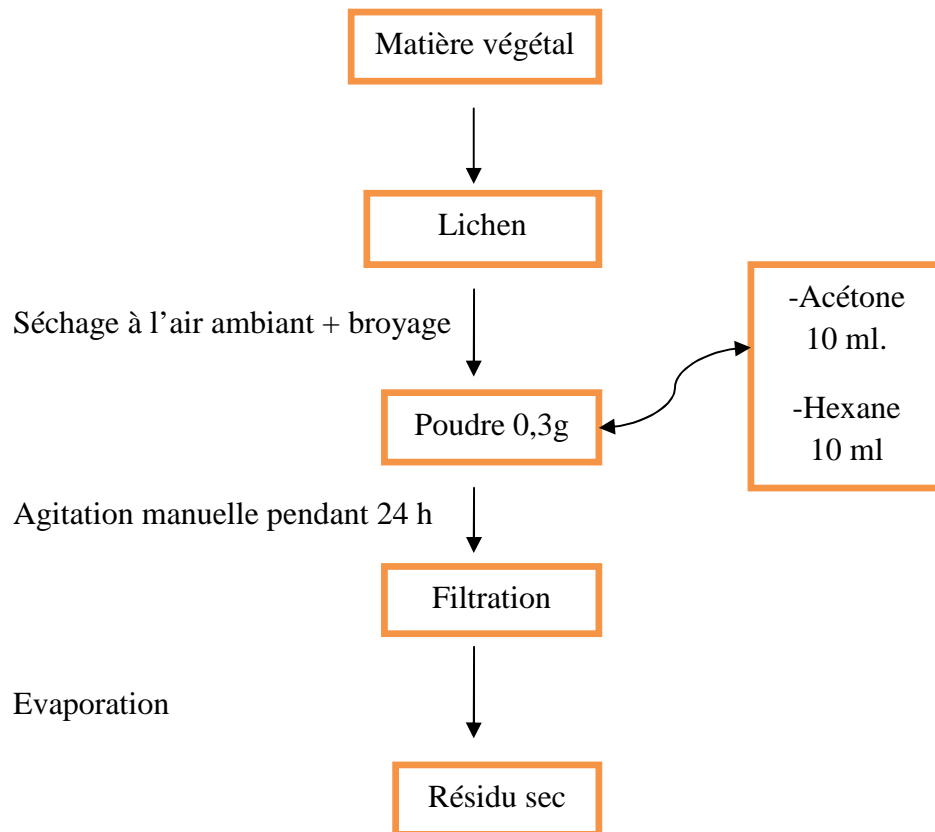


Figure 11 : Protocole de préparation de l'extrait lichénique.

II-3-3- Rendement d'extraction

Le rendement de l'extraction a été calculé selon la formule suivante :

$$RE\% = \frac{pr}{pi} \times 100$$

- **RE%** : Rendement d'extraction en pourcentage (%).
- **PR** : Poids du résidu en gramme (g).
- **PI** : Poids initial en gramme (g) de la prise d'essai.

II-3-4- Chromatographie sur couche mince (CCM)

II-3-4-1- Description de la technique

Une technique semi-quantitative facile à mettre en œuvre, permettant la séparation et la détection des composés bioactifs présents dans un extrait. Elle est réalisée sur une plaque de verre ou d'aluminium recouverte d'une fine couche de phase stationnaire (ou appelée

également fixe), l'autre dite phase mobile ou éluant, elle est entraînée par un solvant approprié qui migre par capillarité sur la plaque. Donc la chromatographie sur couche mince est une méthode de séparation de composés qui permet d'analyser la complexité d'un mélange (BURGOT, 2002).

Principe :

La chromatographie d'absorption est basée sur le partage des solutés entre l'absorbant fixe et la phase liquide mobile, un mélange de composés est déposé sur un support solide (phase stationnaire) qui est plongé dans un solvant (phase mobile) puis par capillarité, se déplace le long de la phase stationnaire. La phase mobile va entraîner les composés qui migrent à une hauteur variant en fonction de leur affinité pour la phase stationnaire et la phase mobile. Ainsi, les composés sont caractérisés selon leur R_f appelé rapport frontal : rapport de la distance de migration du composé par à celle du solvant.

II-3-4-2- Mode opératoire

- La cuve de migration est partiellement remplie de solvant (phase mobile) afin qu'elle doit saturée en vapeur d'éluant pour faciliter et améliorer la migration. Nous avons choisi deux systèmes de solvants :
 - Système I : 130 ml hexane, 80 ml d'Ethyle Ether et 20 ml d'acide formique.
 - Système II : 135 ml de Toluène et 20 ml d'acide acétique.
- Les échantillons sont déposés, sur une ligne tracée à 1 cm du bord de la plaque. Cette dernière est mise au contact de la phase mobile, dans la cuve jusqu'à migration de l'éluant à 1,5 cm du bord supérieur de plaque.
- A la fin de la chromatographie, la plaque est pulvérisée d'un révélateur constitué de H_2SO_4 à 10% dans l'eau. Cette plaque ensuite séchée pendant 15 min à l'étuve à une température de 100 °C.
- Après séchage, des taches colorées correspondant à la présence des molécules dans les échantillons, apparaissent. Ces taches sont immédiatement entourées à l'aide d'un crayon afin de calculer les R_f .

- Calcul de Rf

Chacun des constituants migre avec une vitesse qui dépend de son coefficient de partage. A la fin de l'opération après révélation, chaque substance se présente sous forme d'un spot circulaire. On introduit la notion de Rf par la relation suivante :

$$Rf = \frac{\text{Distance parcourue par la substance}}{\text{Distance parcourue par le front du solvant}}$$

Les distances sont mesurées à partir du centre du dépôt initial du mélange jusqu'au centre du spot de la substance après migration (CLUBERSON et KRISTINSON, 1970).

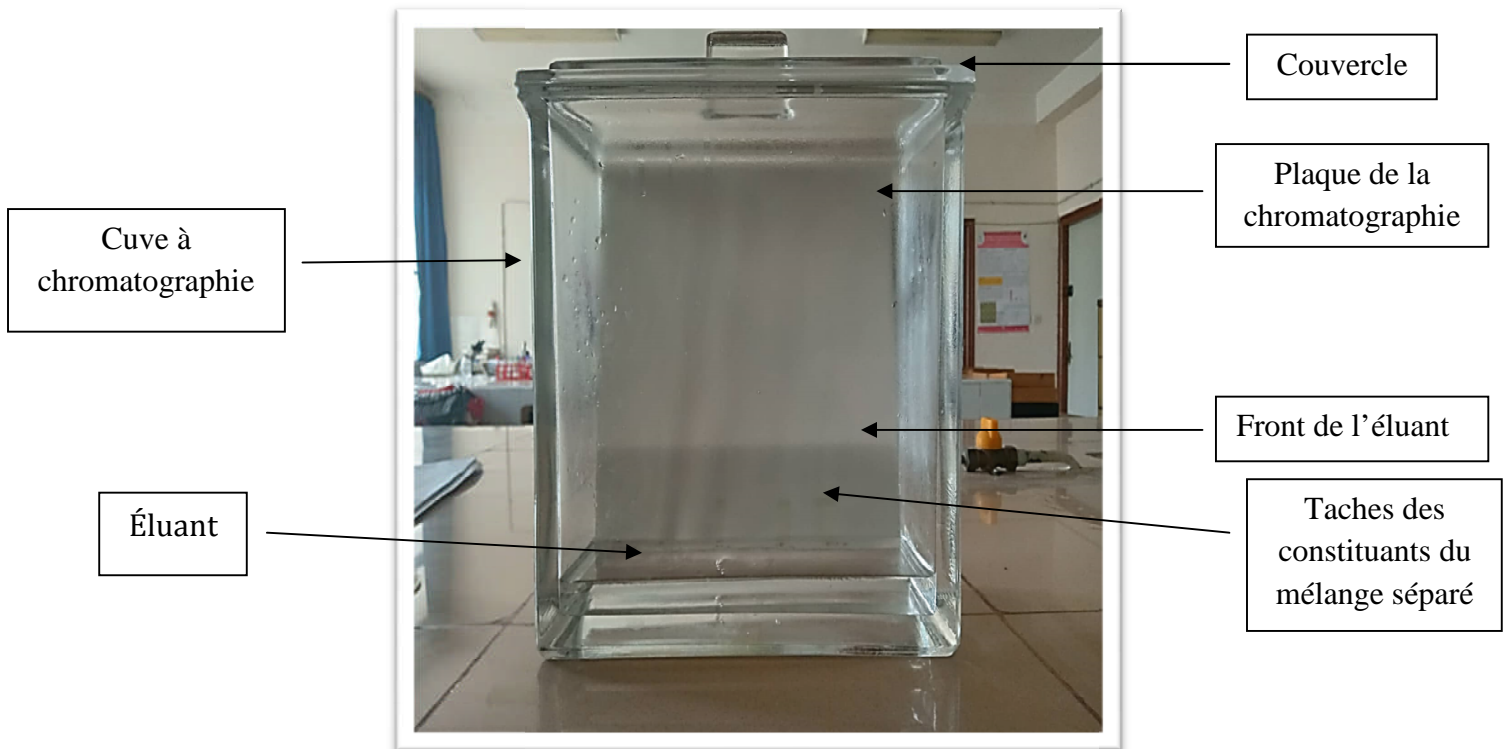


Figure 12 : Préparation de la cuve de la chromatographie sur couche mince (Laboratoire d'entomologie, 2022).

II-4-4- Identification des composés lichéniques par les réactions colorées K⁺, KC⁺

II-4-4-1- Description de la méthode

L'association algue-champignon permet la synthèse des métabolites secondaires (acides lichéniques et pigments) que l'on recherche à l'aide de réactifs microchimiques spécifiques.

Ces réactions colorées s'effectuent en déposant le réactif directement sur le thalle et sur la médulle préalablement mise à nue en rayant ou grattant le cortex supérieur. Le thalle donne des colorations spécifiques :

- S'il n'y a aucune réaction, on note sur la fiche le signe « - ».
- Si la réaction est positive, on note le signe « + ».

❖ Parmi les réactifs utilisés et produits on note :

L'eau de javel ou hypochlorite de sodium noté (C).

La potasse ou hydroxyde de potassium noté (K).

II-5-Activité bio-insecticide de la poudre lichénique de *Parmelia tiliacea*

Nous avons utilisé la poudre lichénique de *Parmelia tiliacea* contre un ravageur de denrée stockée, *Tribolium castaneum*.

Nous avons introduit le blé dur concassé dans des boîtes en plastique contenant préalablement des adultes survêtéments émergés de *Tribolium castaneum* ont été prélevés aléatoirement puis utilisés dans le bio-test.

Ce bio-test par contact est réalisé avec 50 g de blé dur concassé avec différentes doses de la poudre lichénique de *Parmelia tiliacea*. Les doses additionnées au blé dur concassé sont de l'ordre de 4, 6, 8, 10 et 12 g. Une boîte témoin (0g) est utilisée seulement avec le blé dur concassé, sans l'addition de la poudre lichénique. Pour chaque boîte, nous avons introduit 20 individus adultes de *Tribolium castaneum* (**Figure 15**).

Le dénombrement des individus morts est réalisé chaque jour pendant 10 jours. Les insectes morts sont éliminés de la boîte après chaque comptage



Figure 15 : Traitement de blé dur concassé avec différentes doses de la poudre lichénique de *Parmelia tiliacea* contre le ravageur *Tribolium castaneum*(**originale, 2022**).



Chapitre III

Résultats et discussion

III -1-Résultats

III-1-1- Résultat de rendement d'extraction (RE)

Les résultats de rendement d'extraction acétonique est exprimé en pourcentage (%) de l'extrait lichénique de *Parmelia tiliacea*, il est calculé à partir du poids du résidu sec obtenu après évaporation sous vide et la prise d'essai initiale pour les doses de 4g, 6g, 8g, 10g, 12g.

La relation suivante est :

$$RE\% = \frac{\text{Poids final}}{\text{Poids initial}} \times 100$$

Tableau 01 : Rendement de l'extrait acétonique de *Parmelia tiliacea*.

Dose	Rendement (%)
4g	37,5
6g	55
8g	65
10g	75
12g	85

Le rendement de tel extrait est exprimé par le poids de cet extrait obtenu pour les six doses de matière végétale sèche.

Un rendement de 37,5%, 55%, 65%, 75% , 85% après une extraction acétonique effectuée sur les matières sèches de 4g, 6g, 8g, 10g, 12g , donc avec chaque augmentation de dose y'aura une augmentation de rendement.

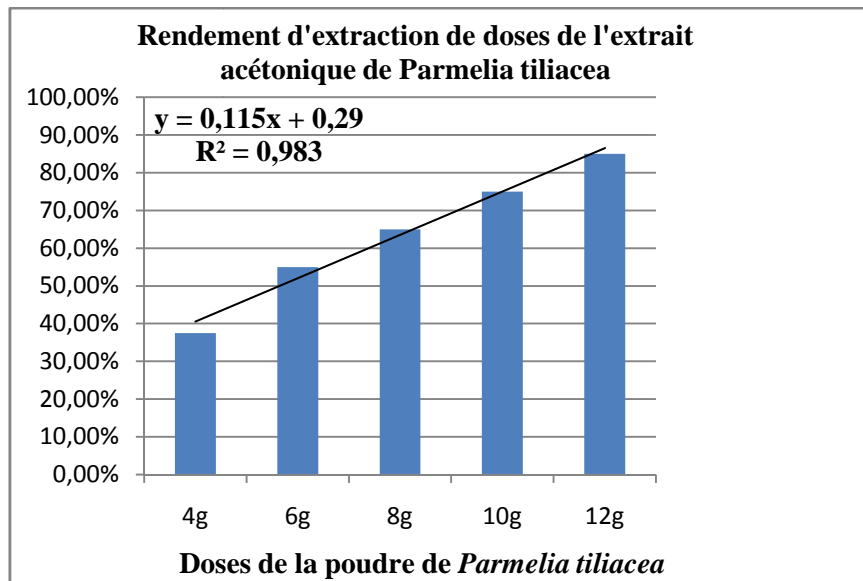


Figure 01 : Rendement d'extraction de l'extrait acétonique de *Parmelia tiliacea*.

La figure 01 représente un histogramme des rendements d'extraction en pourcentage (%) de l'extrait acétonique de *parmelia tiliacea* pour les six doses (0g, 4g, 6g, 8g, 10g, 12g).

III-1-2- Résultat de l'identification de l'extrait lichénique de *Parmelia tiliacea* par la chromatographie sur couche mince (CCM)

❖ L'observation de la plaque chromatographique

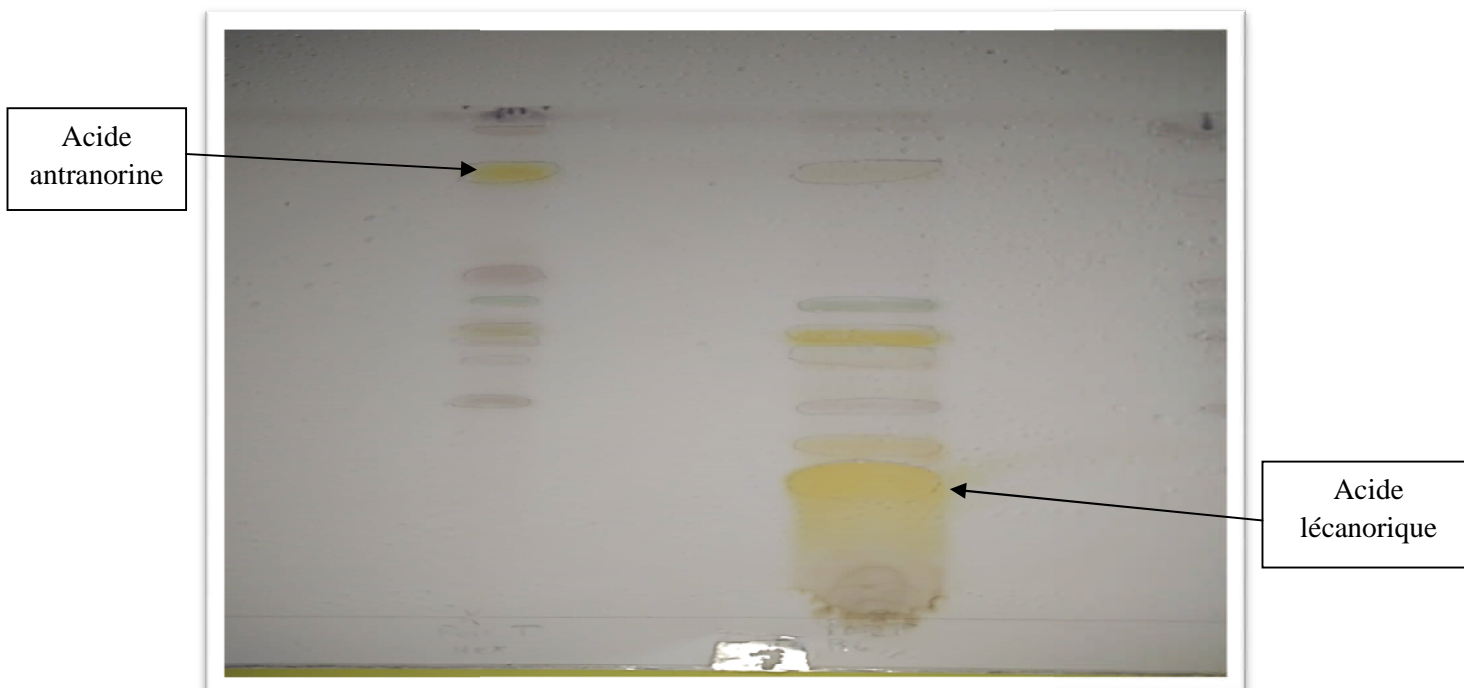


Figure 02 : Profil CCM (135 ml de toluène, 20 ml d'acide acétique) (Laboratoire d'entomologie, 2022).

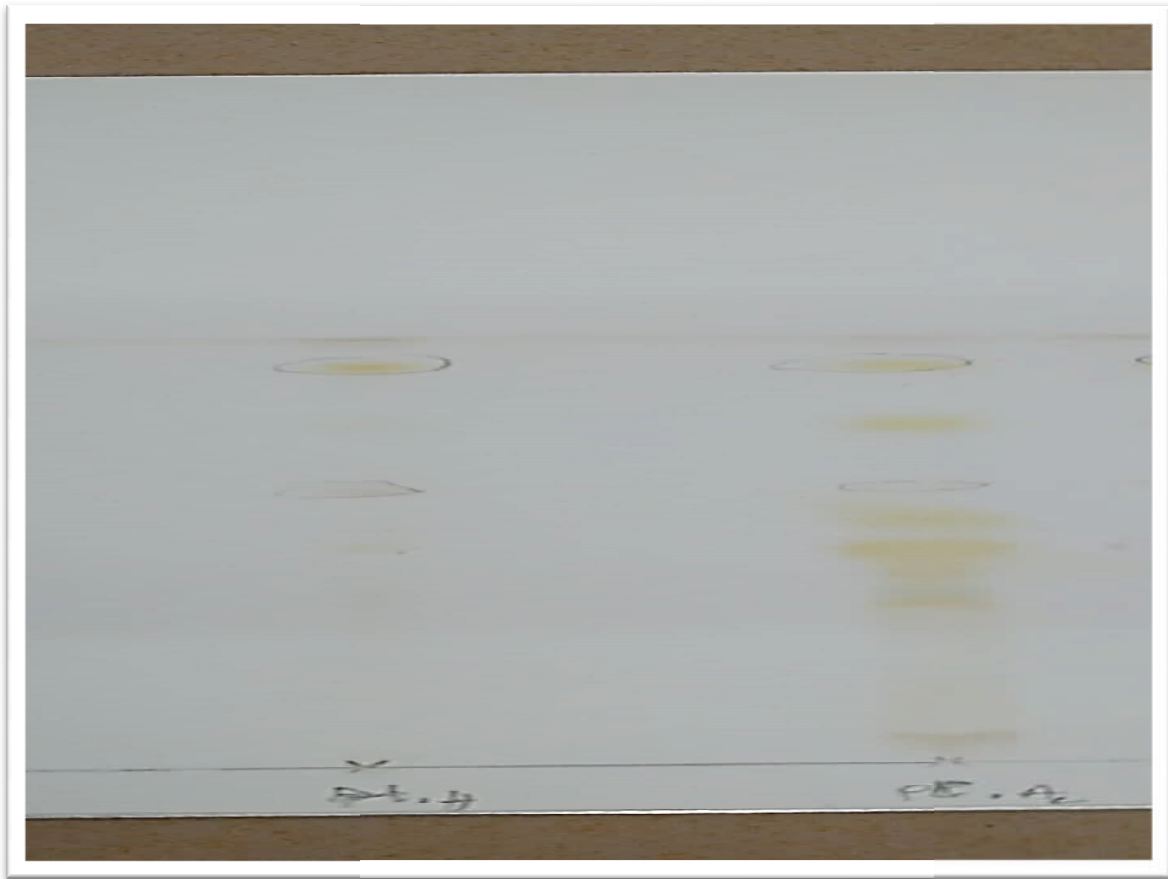


Figure 03 : Profil CCM (130 ml d'hexane, 20 ml d'acide formique, 80 ml de Diethylether)
(Laboratoire d'entomologie, 2022).

❖ **Calcul de la Rf de l'espèce lichénique *Parmelia tiliacea***

Rf	Acide	Couleur
0,86	Acide Atranorine	Orange-Jaune
0.53	Acide lécanorique	Jaunâtre

Tableau 02 : Le résultat de la Rf pour le profil CCM (135ml de toluène, 20ml d'acide acétique).

La chromatographie sur couche mince nous a également révélée la présence de deux acides selon (WHITE et JAMES, 1985) :

- Une tache jaunâtre qui correspond à l'**acide Lécanorique**.
- Une tache Orange- Jaune qui correspond à l'**acide Atranorine**.

III-1-3- Résultats des réactions colorées

Nous avons réalisé des réactions colorées sur le thalle lichénique dont les résultats sont les suivants :

- K⁺ (couleur jaune).
- KC⁺ (couleur rouge-carmin).

L'utilisation de la potasse (K) nous a permis de mettre en évidence la présence d'un pigment jaune cortical l'**atranorine**.

L'utilisation de K suivie de l'eau de Javel (C) a mis en évidence la présence de l'**acide Lécanorique**, résultant d'une condensation de deux acides orselliniques.

Les réactions colorées ont pour le but de détecter la présence de composés majoritaires dans le thalle lichénique. Dans le cas de notre espèce lichénique *Parmelia tiliacea*, il s'agit de l'atranorine : pigment corticale jaune et l'acide lécanorique est une substance médullaire.

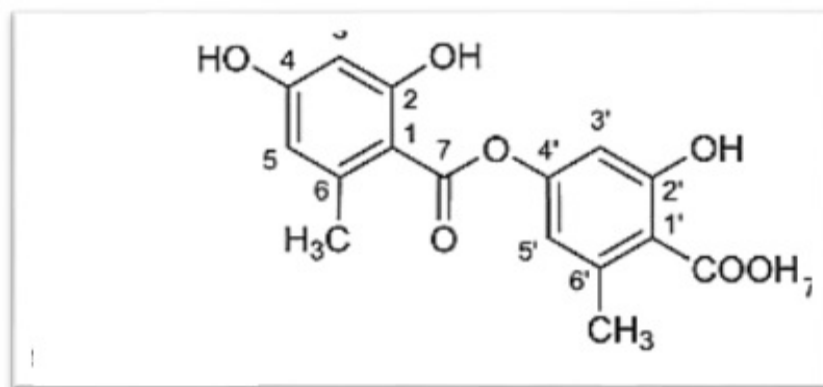


Figure 04 : La structure chimique de l'acide lécanorique.

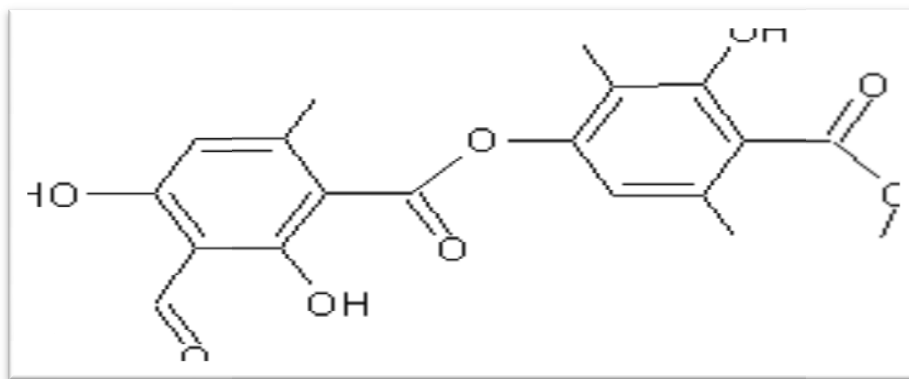


Figure 05 : La structure chimique de l'acide l'antranorine.

III-4-Résultat de l'activité bio-insecticide de la poudre lichénique *Parmelia tiliacea*

Le bio-test effectué a permis de dresser les tableaux suivants qui regroupent le détail des résultats obtenus, le taux de mortalité, un essai et différentes d'exposition allant de 24h à 244h de l'insecte (*Tribolium castaneum*) du blé dur à la poudre lichénique de *Parmelia tiliacea*.

Tableau 02 : Les résultats obtenus pour le témoin (0g).

Heure	24h	48h	72h	96h	120h	144h	168h	192h	216h	240h
Le taux de mortalité	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	5%

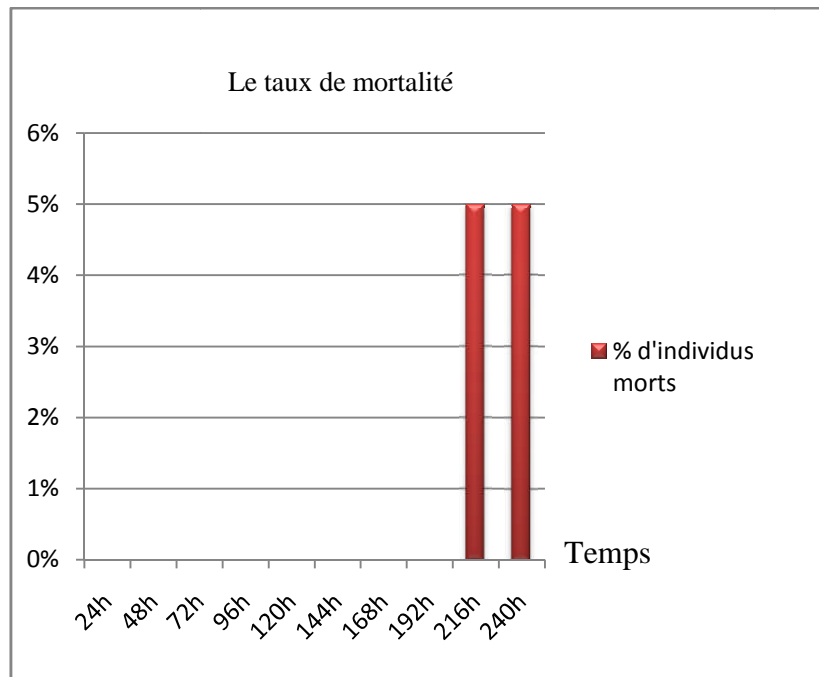


Figure 06 : Le taux de mortalité en % en fonction de temps pour le témoin (0g).

La figure 06 représente un histogramme du taux de mortalité en pourcentage (%) en fonction du temps (heure) pour le témoin (0 g).

Le taux de mortalité est nul pour le témoin (0g) dans tous les 192h, puis elle augmente légèrement dès les 216h jusqu'à 240h, où nous avons observé un taux de mortalité de 5%.

Tableau 03 : Les résultats obtenus pour la dose de 4g.

Heure	24h	48h	72h	96h	120h	144h	168h	192h	216h	240h
Taux de mortalité	0%	0%	0%	0%	0%	5%	10%	0%	0%	5%

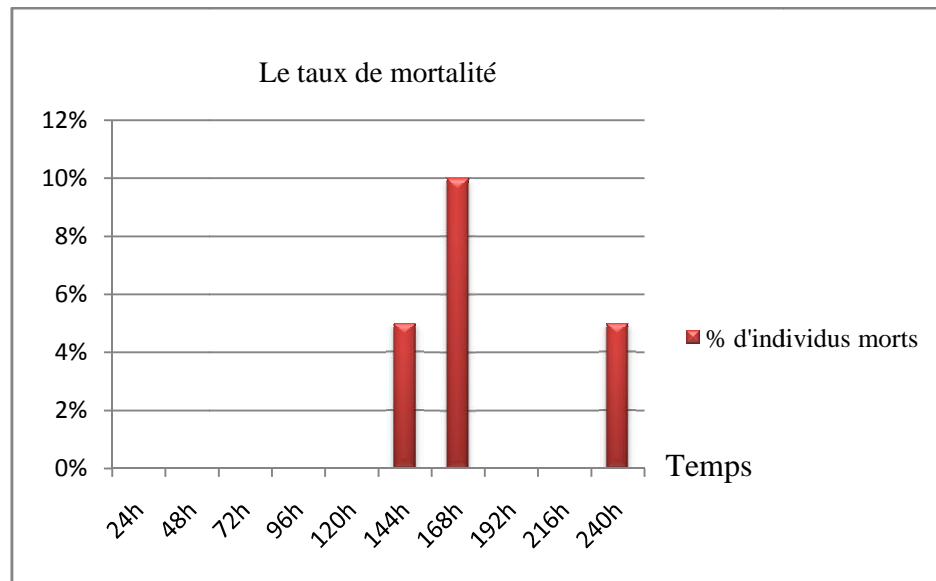


Figure 07 : Le taux de mortalité en pourcentage en fonction de temps pour la dose de 4g.

La figure 07 représente un histogramme du taux de mortalité en pourcentage (%) en fonction de temps (heure) pour la dose de 4g.

Dans les 120h nous n'avons enregistré aucune mortalité.

En effet, nous remarquons une augmentation de taux de mortalité dès les 144h jusqu'à 168h à des valeurs comprises de taux entre 5% et 10%, puis une diminution dès les 192h jusqu'à 216h, puis y'aura une augmentation dès les 240h à un taux de 5%.

Tableau 04 : Les résultats obtenus pour la dose 6g.

Heure	24h	48h	72h	96h	120h	144h	168h	192h	216h	240h
Taux de mortalité	0%	5%	0%	5%	5%	5%	0%	5%	10%	10%

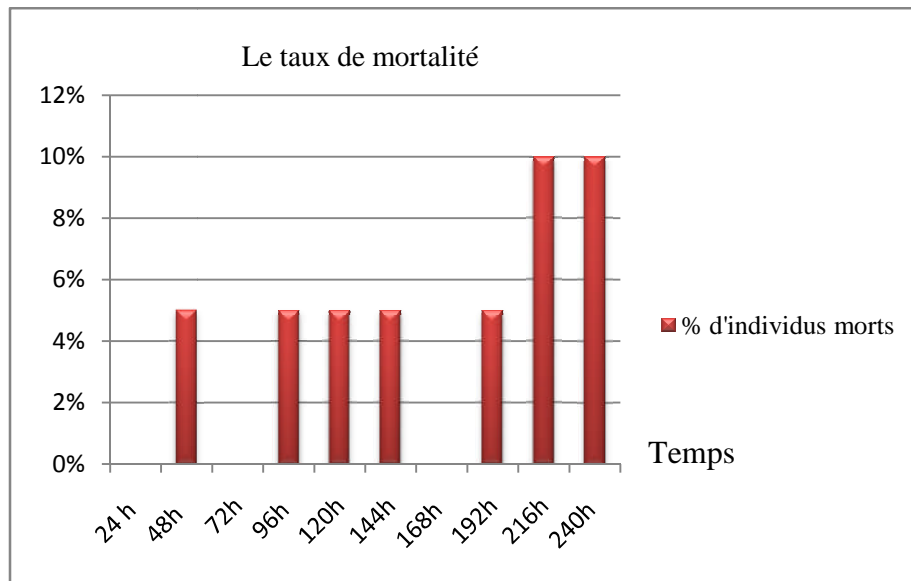


Figure 08: Le taux de mortalité en % en fonction de temps pour la dose de 6g.

La figure 08 représente un histogramme du taux de mortalité en pourcentage (%) en fonction de temps (heure) pour la dose de 6g.

La mortalité débute dès les 48 jusqu'à 144h à taux de 5%, puis on enregistre aucune mortalité dès les 72h et 168h, puis nous avons enregistré une augmentation du taux dès les 192h jusqu'à les 240h à un taux de 10%.

Tableau 05 : Les résultats obtenus pour la dose de 8g.

Heure	24h	48h	72h	96h	120h	144h	168h	192h	216h	240h
Taux de mortalité	0%	5%	0%	5%	5%	5%	0%	5%	10%	10%

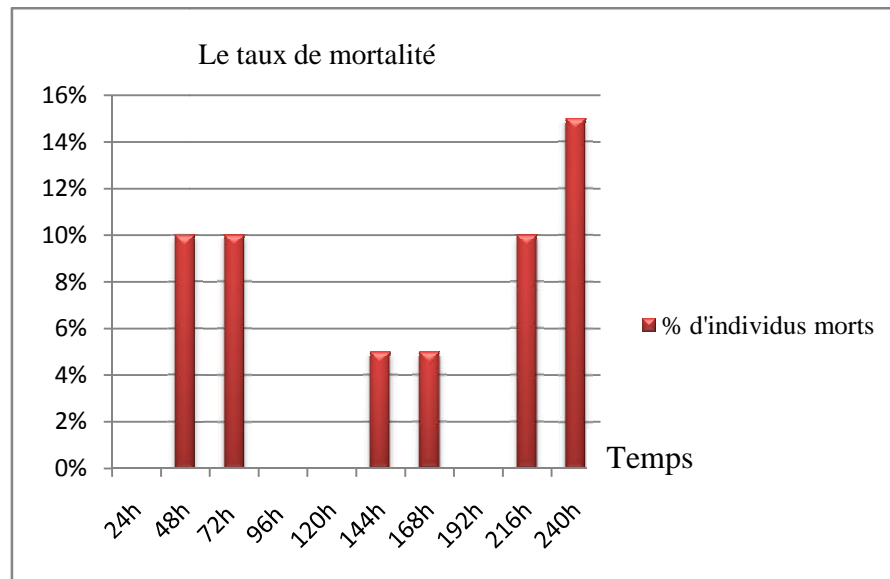


Figure 09 : Le taux de mortalité en % en fonction de temps pour la dose de 8g.

La figure 09 représente le taux de mortalité en pourcentage (%) en fonction du temps (heure) pour la dose de 8g.

La mortalité débute dès les 48h jusqu'à les 72h à une valeur du taux de 10 %, puis nous avons enregistré aucune mortalité dès les 96h et 120h, après nous avons une mortalité dès les 144h et 168h à taux de 5% de mortalité, ensuite y'aura aucune mortalité dès les 192h.

Enfin y'a une augmentation rapide de mortalité dès les 216h à taux de 10 % puis dès les 240h un taux élevé de 15%.

Tableau 06 : Les résultats obtenus pour la dose de 10g.

Heure	24h	48h	72h	96h	120h	144h	168h	192h	216h	240h
Taux de mortalité	5%	5%	0%	10%	5%	0%	10%	5%	10%	15%

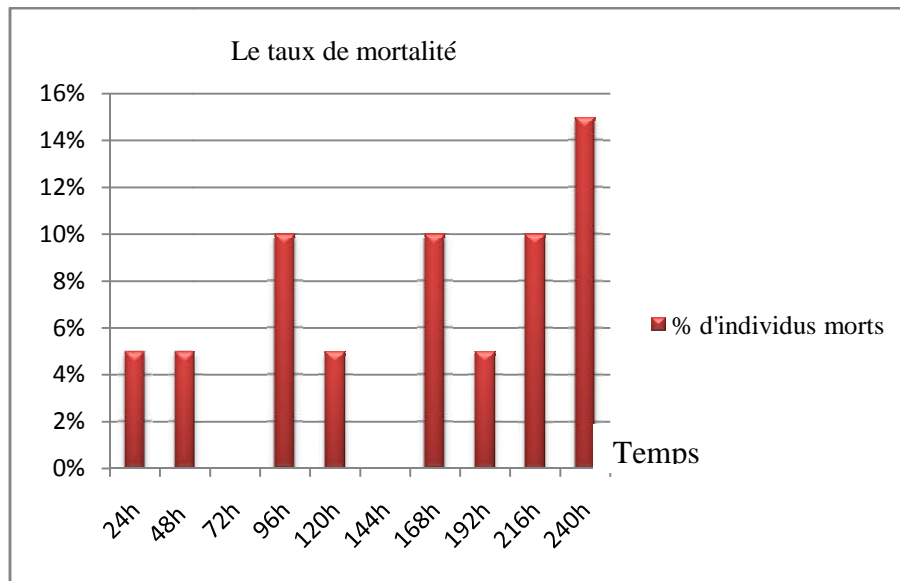


Figure 10: Le taux de mortalité en % en fonction de temps pour la dose de 10 g.

La figure 10 représente un histogramme en pourcentage (%) en fonction de temps (heure) pour la dose de 10g.

Une mortalité remarquable dès les 24h, donc ceci nous avons enregistré une mortalité augmente en fonction de la dose à un taux de 5 % jusqu'à 15% du pourcentage de mortalité dès les 240h.

Tableau 07 : Les résultats obtenus pour la dose de 12g.

Heure	24h	48h	72h	96h	120h	144h	168h	192h	216h	240h
Taux de mortalité	0%	5%	5%	10%	15%	15%	10%	15%	5%	20%

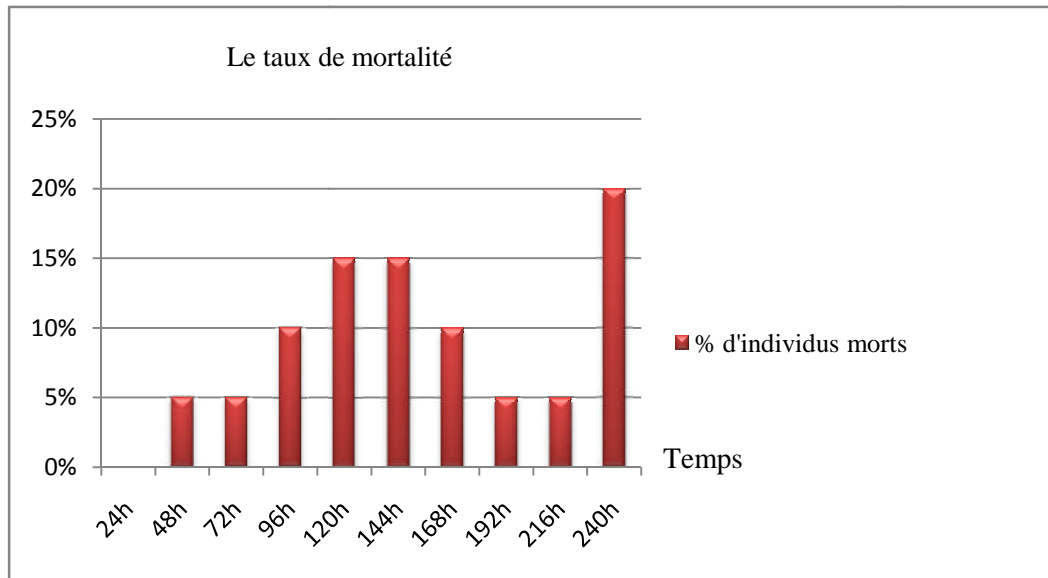


Figure 11: Le taux de mortalité en % en fonction de temps pour la dose de 12g.

La figure 11 représente un histogramme en pourcentage (%) en fonction de temps (heure) pour la dose de 12g.

Ceci nous montre un taux de mortalité enregistré de toute la durée du comptage, qu’a une activité insecticide élevée de ce l’égard un effet le plus remarquable dès les 240h avec un taux de 20%.

Tableau 08 : Les résultats globaux de mortalité en pourcentage (%) en fonction de temps (heure) pour les six doses.

Heure \ Dose	24h	48h	72h	96h	120h	144h	168h	192h	216h	240h
0g	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	5%
4g	0%	0%	0%	0%	0%	5%	10%	0%	0%	5%
6g	0%	5%	0%	5%	5%	5%	0%	5%	10%	10%
8g	0%	10%	10%	0%	0%	5%	5%	0%	10%	15%
10g	5%	5%	0%	10%	10%	0%	15%	5%	10%	15%
12g	0%	5%	5%	10%	15%	15%	10%	5%	5%	20%

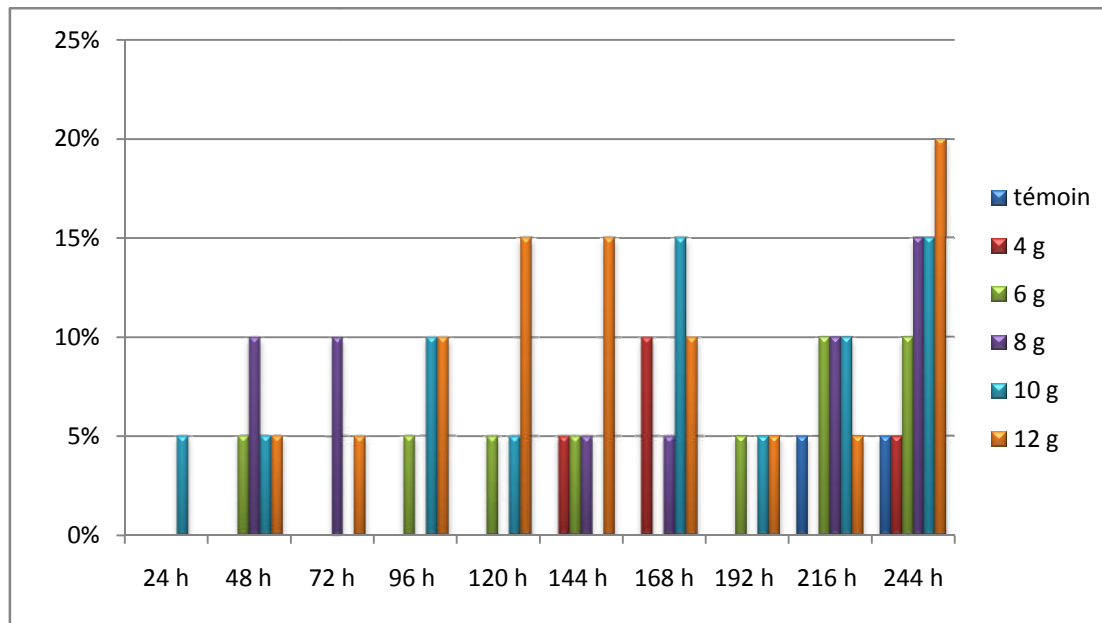


Figure 12 : Le taux de mortalité en % en fonction de temps pour les six doses.

La figure 12 représente un histogramme global de taux des mortalités en pourcentage (%) des adultes de *Tribolium castaneum* du blé dur, traités par les six doses (0g, 4g, 6g, 8g, 10g, 12g) de la poudre lichénique de *Parmelia tiliacea* pendant 240 heures (10 jours).

Nous avons constaté que le pourcentage de mortalité augmente en fonction de la dose à l'effet de la poudre lichénique de *Parmelia tiliacea*.

- ❖ Pour la dose de 4g un taux de mortalité qui apparaît jusqu'à 5% dès les 244h d'exposition.
- ❖ Pour la dose de 6g un taux de mortalité qui arrive jusqu'à 10% dès les 216h et 244h d'exposition.
- ❖ Pour la dose de 8g un taux de mortalité il atteint 15% dès les 244h d'exposition.
- ❖ Pour la dose de 10g un effet néfaste d'après les 24h d'exposition avec un taux de 5 % et une augmentation de mortalité dès les 244h à un taux de 15%.
- ❖ Pour la dose de 12g un taux de mortalité élevé durant la durée d'exposition à un taux qui arrive jusqu'à 20% dès les 244h d'exposition.

III-5- Discussion

Les résultats de la chromatographie sur couche mince nous avons constaté la présence de deux composés, une tache orange-jaune, ayant un $R_f = 0,86$ qui est l'acide l'antranorine et une tache jaunâtre avec un $R_f = 0,53$ qui est l'acide lécanorique qui résulte d'une condensation de deux acides orselliniques, c'est un depside médullaire dérivé de l'orcinol, d'après (WHITE et JAMES, 1985). Ces acides lichéniques sont très caractéristiques de notre espèce lichénique étudiée. Nous concluons que ce sont ces deux substances lichéniques qui sont responsables de la mortalité d'un ravageur de denrée stockée : *Tribolium castaneum*.

Les réactions colorées K^+ et KC^+ nous ont permis de mettre en évidence la présence de deux composés : Atranorine et l'acide lécanorique.

Ceci a été confirmé par la chromatographie sur couche mince (CCM).

Les techniques utilisées les réactions colorées et la CCM nous ont permis d'identifier deux composés majoritaires : **Atranorine**, pigment cortical et **l'acide lécanorique**, substance incolore médullaire. Ces deux composés appartiennent à la famille des depsides, composés aromatiques issus du couplage entre deux unités orselliniques par estérification du groupement carboxylique d'une molécule avec le groupement hydroxyde d'une autre molécule.

Les depsides ne sont pas spécifiques aux lichens car ils sont retrouvés dans certaines plantes appartenant à la famille des Lamiacées, des Papavéracées ou des Géraniacées.

Les deux depsides majoritaires présents chez *Parmelia tiliacea*, à l'instar des métabolites secondaires des végétaux supérieurs de l'octopamine qui est neuro-hormone et un neuromédiateur chez invertébrés. L'utilisation de ces composés comportent des groupements hydroxydes induirait une activité biopesticide vis-à-vis de ce ravageur du blé. En effet, l'antranorine et l'acide lécanorique possèdent des groupements hydroxydes dans leur structure. Ce qui pourrait expliquer leur activité bio-pesticide sur le ravageur du blé *Tribolium castaneum*.

En effet selon ROEDER, (1999), les composés secondaires des végétaux se fixent sur les récepteurs de l'octopamine qui est neuro-hormone et un neuromédiateur des invertébrés.

Dans notre étude nous avons observé une mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* de blé dur concassé, traité par des différentes doses (0g, 4g, 6g, 8g, 10g, 12g) de la poudre lichénique de *Parmelia tiliacea*.

- A dose de 0g (témoin), la mortalité est nulle, nous avons observé que dès les 216h jusqu'à 240h un taux de mortalité de 5%
- Le pourcentage (%) de rendement d'extraction pour la dose de 4g est de 37,5% à un taux de mortalité de 5% débute les 144h.
- Le pourcentage (%) de rendement d'extraction pour la dose de 6g est de 55% à un taux de mortalité de 10%.
- Le pourcentage (%) de rendement d'extraction pour la dose de 8g est de 65% à un taux de mortalité de 15%.
- Le pourcentage (%) de rendement d'extraction pour la dose de 10g est de 75% à un taux de mortalité de 15%.
- Le pourcentage (%) de rendement d'extraction pour la dose de 12g est de 85% à un taux de mortalité de 20%.

D'après les résultats obtenus ont été démontré que le taux de mortalité est proportionnel augmente avec l'augmentation de la dose appliquée, montrent que l'extrait de la poudre à base de lichen foliacé corticole *Parmelia tiliacea* présente une suprématie de toxicité sur les adultes ravageurs de denrées stockées : *Tribolium castaneum* qui dépend du temps et aussi des fortes doses pour avoir une mortalité.

En effet. Le taux de mortalité de cet insecte est observé à la dose de 12g de la poudre dont le rendement d'extraction de substances est de 85% qui est beaucoup plus important que dans les autres doses. A titre comparatif, une étude réalisée (Alouche et Slimane en 2021) de la poudre d'un lichen fruticuleux corticole *Evernia prunastri*, comme bio-pesticide a montré une forte mortalité d'un insecte ravageur du riz *Sitophilu soryzae.L* à la dose de 6g avec un pourcentage d'extraction de 87,5%.



Conclusion

Conclusion

Cette étude entre dans le cadre de la recherche des méthodes de lutte alternative contre les ravageurs des céréales stockées, un domaine très peu étudié afin de contribuer à limiter les inconvénients d'utilisation des insecticides chimiques.

De cela nous nous avons utilisé la poudre lichénique *Parmelia tiliacea*, qui a nous montré que l'activité de cette espèce foliacée corticale a provoqué une mortalité des adultes du blé à la dose de 12g.

D'après les résultats obtenus on conclut que :

- ✓ Les réactions colorées K⁺ et KC⁺ nous a montré la présence de deux composés lichéniques : un pigment cortical l'atranorine révélé en jaune et une substance incolore médullaire révélée en rouge.
- ✓ La CCM, nous permet de donner ce profil lichénique de cette espèce foliacée lichénique qu'il contient de nombreuses substances lichéniques (métabolites secondaires), notamment l'acide lécanorique dans les références sont respectivement Rf = 0,53 et 0.86.
- ✓ Les deux composés lichéniques majoritaires comportent des groupements hydroxydes de leur structure qui induit une activité bio-pesticide vis-à-vis de ce ravageur du blé.
- ✓ La mortalité obtenue avec les doses (0g, 6g, 8g, 10g, 12g) nous a montré un rendement d'extraction augmente qui dépend de forte dose et ainsi le temps.
- ✓ Le traitement par la poudre de *Parmelia tiliacea* utilisé à un effet bio-insecticide efficace contre les adultes des *T.castaneum* du blé puis y'a une mortalité de ces adultes en fonction des différents doses testés et de temps d'exposition par apport aux témoins.
- ✓ La dose de 12g s'avère un taux fort de mortalité très efficace dès le 10^{ème} jours de temps d'exposition.
- ✓ Le fort taux de mortalité des adultes du blé sont dû à la composition chimique de notre espèce lichénique *Parmelia tiliacea* qu'il s'agirait probablement à la présence de ces deux composés majoritaires Atranorine et l'acide lécanorique comportant des groupements hydroxydes.

En perspectives de recherche, il serait intéressant d'approfondir cette étude en isolant ces deux substances lichéniques majoritaires et de les tester sur ce ravageur.



**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques

A

- **AGNES, F (2004).** Observation biologique des lichens éducation : Moissac. France, p 172.
- **AIT HAMMOU, M (2015).** Analyse taxonomiques et écologiques des lichens de la région de Tiaret. Thèse de doctorat en sciences. Université Ahmed Ben Bella D'Oran, faculté des sciences de la nature et de la vie.
- **ANDRAUD-DIEU, A (2015).** Recherche de molécules antimicrobiennes d'origine lichénique : Etude phytochimique de trois lichens et approche synthétique de deux composés actifs. Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'Université de Limoges, Français. Biologie moléculaire.
- **ARAB, R (2012).** Effet insecticide des plantes *Melia azedarach* L. et *Peganumharmala* L. sur l'insecte des céréales stockées *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera, Tenebrinide). Thèse de Magister, Sétif : Algérie.
- **BALACHOWSKY, A (1972).** Blood suckingticks (Ixodoidea) – vectors of diseases of man and animals. Mix. Publ. Ent. Soc. Am., p 161-376.

B

- **BALACHOWSKY, A (1972).** Blood suckingticks (Ixodoidea) – vectors of diseases of man and animals. Mix. Publ. Ent. Soc. Am., p 161-376.
- **BELLANFANT, S.** Beguinot J, Sirugue D, Lemmel C, (2010). Groupe Lichens de Bourgogne (GLIB).Les lichens une symbiose exemplaire textes et illustrations. Rev. Sci. Bourgogne-Nature. p 45.
- **BENNETON, J (2010).** The beetle by the name of Tribolium Typology and etymology of *Tribolium castaneum* herbst, 1797. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 38, p 377-379.
- **BUSTIE, JTOMAST,S., GRUBE, M.** Phytochemistry Reviews (2011). 10, p 287-307. In AMANDINE ANDRAUD-DIEU (2015).
- **BÜDEL, B& SCHEIDEGGER, C (1996).** Thallus morphology and antomy. In lichen biology, nash T.H 3^{ème} édition. Cambridge university press. Cambridge. p 37-64.
- **BURGOT, G (2002).** Méthodes instrumentales d'analyse chimiques et applications. Paris. lavoisier.

Références bibliographiques

C

- **CAMARA, A (2009).** Lutte contre *Sitophilusoryzae l.* (colioptere : curculionidae) et *Tribolium castaneum herbst* (coleoptera : tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en basse-guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétale. Université québec à montréal. Thèse de doctorat en sciences de l'environnement.2-27p.
- **CHRISTINE, B (2001).** Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux. Guide pratique, 2^{ème} Edition, p 124-154.
- **CLAUZADE, G & ROUX, C (1987).** Généralités sur les lichens et leur détermination. Tome 18, Dignac, Paris p 148.
- **CLAUZADE, G & ROUX, C (1989).** Likenoj de Okcidedenta Europo. Suplemento 3a. bull. Soc. Linn. Provence, p 40 : 73.
- **CLAUDE, R & Coll (2014).** Catalogue des lichens de France, p 786-787.
- **CULBERSON, C. F., ELIX J.A., DEY P.M., HARBORNE J.B, (1989).**LICHEN SUBSTANCES. IN Methodds in Plant Biochemistry. Plant Phenolics. AcademicPress London. vol. 1: p 509-535.
- **CUNYS, DENAYER F. de Foucault B, COLENINP P, VAN HALUWYN C, (2004).** Patterns of metalsoil contamination. Environmental pollution 129-289-297.

D

- **DIDIER, POL., (2004).** Le petit ver de farine *Tribolium castaneum* : élevage et utilisations, Planet Vie, consulte sur : <https://planet-vie.ens.fr-article/1528/petit-ver-farine-tribolium-castaneum-elevage-utilisations>.

E

- **ELIX, J.A (2014).** Biochemistry and secondary metabolites. Lichen Biology. T. H. NASH Cambridge, university press, p154-180. In : Rossignol, P (2013). Les lichens et les cosmétiques. Université de RENNES 1. U.F.R. sciences Médicales et Pharmaceutiques. Laboratoire de Pharmacognosite et de Mycologie.

G

Références bibliographiques

- **GAC, E.** Miralles B.M, Brosseau L. De champeaux E, (2006). Les lichens : structure, écologie et intérêt, Mem, lic, Univ de Rennes 1 UFR SVE, p135.
- **GAVERIAX, J.P (2003).** Principaux produits lichéniques utilisés en lichénologie. Bull. Ass. Fr. lichénologie.vol.28 (1) : p 45-60.
- **GREGORY, G et DIMIMIJIAN, M.B (2003).** Les lichens et la qualité de l'air. Fascicule enseignants. Université catholique de Louvain, p 40.
- **GUEYE, M.T, seck D.WATHELET et Lognay, G J.P (2011).**Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique Occidentale : synthèse bibliographique. Biotechnologie. Agronomie. Soc. environnement 15(1), p 183-194.

H

- **HANS, M.J (2011).**Guide des fougères, mousses et lichens d'Europe : plus de 650 espèces photographiées. Ed. Delachaux et Niestlé SA, Paris, p 257.
- **HAWKSSWORTH, L & ROSE, F (1976).**QUALITATIVE SCALE FOR ESTIMATION Sulphur dioxide air pollution and Wales using epiphytic lichens, nature, 227, p 145-148.
- **HINTON, H.E (1984).** A synopsis of the genus *Tribolium* Macleay with some remarks on the evolution of its species. Bull. ENT. Res, p 39-13-55.
- **HUNECK, S & YOSHIMIRA, L (1996).**Identification of lichen substances. S pringer-Verlag, Berlin, 493p. In : Wiveche, D ; (2003). Contribution à l'étude des métabolismes secondaires chez les lichens fructiculeu *Cladina stellaris* et *Cladina rangiferina*. Option : Biochimie, Université de Québec à Chicoutimi, p 24.

J

- **JAHNS, H.M (1996).**Guide des fougères, mousses et lichens d'Europe, p 21-26.

K

- **KASSEMI, N (2014).**Activité biologique des poudres et des huiles de deux plantes aromatiques (*Pseudocytisusintergrifoliussalib* et *Nepeta nepetella*) sur les ravageurs du blé

Références bibliographiques

et des légumes secs. Thèse de doctorat : Ecologie et environnemnt. Tlemcen : Université Abou BekrBelkaid, p 147.

- **KIRSCHBAUM et WIRTH (1997).**Les lichens bio-indicateurs : les reconnaitre évaluer la qualité de l'air. 2^{ème} édition Eugen Ulmer, p116-122.

L

- **LAGARDE, A (2017).**Etudes phytochimiques de lichen *Nephroma laevigatum* et de ses champignons endolichéniques. Evaluation des activités antiprolifératives et anti-biofilms. Thèse pour obtenir docteur de l'université de Limoges. Chimie appliquée. Chimie des substances naturelles, p 230.
- **LAWREY, J.D (1986).**Biological role of lichen substances. The Bryologist 89: p 111-122.
- **LEBAIL BEF (1853).**Des lichens considérés sous le point de vue économique, médical et physiologique (nutrition). Rignoux.

M

- **MITROVIE, T. STAMENKOVIE, S. CVETKOVIE, V. TOSIE, S (2011).**International Journal of Molecular Sciences, 12 p 5428-5448. In : AMANDINE ANDRAUD-DIEU (2015).
- **MURTAGH, G.J. DYER, P.S. CRITTENDEN, P.D (2000).**Reproductive systems-sex and single lichen. Nature, p 404-564-564.

N

- **NGAMO, L.S.T& HANCE, T.H (2007).**Diversité des Ravageurs des Denrées et Méthodes Alternatives de lutte en milieu Tropical. Tropicultura 25(4), p 215-220.
- **NOEL, A (2017).**Obtention de composés azotes bioactifs d'origine naturelle. Etude de biotransformation par des bactéries associées aux lichens. Thèse pour obtenir la garde de docteur de l'Université de Rennes 1. Bretagne. Chmie, p 325.
- **NYBAKKEN, L., HELMERSON, A-M., Y.SELAS, V (2010).**Lichen. Compounds reslain fee ding by Bank voles (*myodesglareolus*). J.chem.Ecol.36, p 298-304.

Références bibliographiques

O

- **OZENDA, P (2000)**. Les végétales organisations et diversité biologique, 2^{ème} édition Dunoud. Paris.
- **OZENDA & CLAUZADE (1970)**. Les lichens : étude biologique et flore illustrée. Ed. Paris, Masson.
- **ORANGE, A.JAMES P.W, et WHITE F.J. (2010)**. Microchemical methods for the Identification of lichens. The british lichen society, p 101.

P

- **PERRIER, R (1961)**. La faune de la France, coléoptères. Ed, Delagrave, Paris. Tome VI, p 215.

R

- **RUNDEL, P.W (1978)**. Biochemical Systematics and Ecology, 6, p 157-170. In : Amandine Andraud-Dieu (2015).

S

- **SHUKLA, V. JOSHI, G.P, RAWAT, M S M (2010)**. "Lichen as a potential natural source of bioactive compounds: A review", Phytochemistry Reviews, 9 (2), p 304.
- **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.
- **STEFFAN, J.R (1987)**. Description et Biologie. Les insectes et les Acariens des céréales stockées, Ed A.F.N.O.R, Paris, p 238.
- **STOCKER & WORGÖTTER, E (2008)**. Metabolic diversity of lichen-forming ascomycetous fungi: culturing, polyketide and shikimate metabolite production, and genes. Natural Product Reports. 25, p 188-200.

Références bibliographiques

T

- **TIEVANT, P (2001).**Guide des lichens. 350 espèces des lichens d'Europe.Paris Edition Delachaux et Niesté,

V

- **VAN HALUWYN, C et LORROND, M (1993).**Guide des lichens. Edition Lechevalier, Paris, p 344.
- **VAN HALUWYN, C, ASTA, J. gavériaux, J.P (2009).**Guide des lichens de France-Lichens des arbres (BELIN).

W

- **WEINDER, H& RACK, G (1984).**Tables de détermination des principaux ravageurs des denrées entreposées dans les pays chauds, Eschborn, p 80, méridionales, Tome II, Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, p 325.
- **WHITE, F.J & JAMES, P.W (1985).** A new guide to microchemical techniques for the identification of lichen society Bulletin, p 41 .

Résumé

Les lichens sont des organismes résultant de l'association symbiotique de deux partenaires : un champignon est un mycobionte et une algue qui est appelée un photobionte. Grâce à cette symbiose de nombreuses substances sont élaborés par le mycobionte, localisées sur la paroi externe des hyphes du champignon. Une approche d'identification a été réalisée, notamment les réactions colorées et la chromatographie sur couche mince. Ces méthodes nous ont permis d'identifier deux composés majoritaires l'atranorine et l'acide lécanorique.

Les résultats obtenus sur l'utilisation de plusieurs doses de la poudre lichénique de *Parmelia tiliacea*, comme bio-insecticide, sur un ravageur de denrée stockée de blé *Tribolium castaneum*, nous a montré l'effet insecticide sur ce ravageur.

Mots clés : lichen, photobiontes, mycobiontes, *Parmelia tiliacea*, *Tribolium castaneum*, substances lichéniques, activité insecticide.

Abstract

Lichens are organisms resulting from the symbiotic association of two partners a champion is a mycobionte and an algae which is called photobionte. Thanks to this symbiosis, many substances are produced by the mycobiont located on the outer wall of the hyphae of the fungus. An identification approach was carried out including color reactions and thin layer chromatography. This methods enabled us to identify two major compounds, atranorine and lecanoric acid.

The results obtained on the use of several doses of the lichen powder of *Parmelia tiliacea* as a bioinsecticide on a pest of stored food stuff *Tribolium castaneum*. Showed us the insecticide effect on this pest.

Keywords: lichen, mycobionte, photobionte, *Parmelia tiliacea*, *Tribolium castaneum*, lichen substance, insecticidal activity.