

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère De l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université SAAD DAHLEB – BLIDA-1-
Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département de Biologie des populations et des organismes



En vue l'obtention d'un diplôme de master 2 en Biologie

Option : BPV

Thème

**Etude de la biodiversité de *Pseudevernia*
furfuracea dans différents biotopes.**

Soutenu le : 28/09/2020

Présenté par :

- REZKALLAH AMINA
- BELHADI AMEL

Devant le jury :

- | | | | |
|---------------------------------|-----|--------|--------------|
| • M ^{me} BENMANSOUR.N. | MCB | USDB 1 | Présidente |
| • M ^{me} AMEDJKOUH.H. | MAA | USDB 1 | Examinatrice |
| • M ^{me} ZERKAOUI A. | MAA | USDB 1 | Promotrice |
| • M ^r BOUHENNA .MM. | MRB | CRAPC | Co promoter |

Année universitaire : 2019 -2020

Remerciement

Je commence par remercier **ALLAH** Le tout puissant qui m'a donné la foi, qui m'a guidé durant toute ma vie et qui m'a donné la volonté et la patience pour la réalisation de ce modeste travail et durant le long de mon cursus éducatif.

A ceux qui ont toujours été à mes côtés depuis ma naissance, **mes chers parents**

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements et ma sincère reconnaissance en premier lieu à celle à qui je dois mon amour et ma passion pour cette branche, celle qui a réveillé en moi mon rêve depuis toujours, celle qui m'a encadrée durant toute la période de réalisation de ce travail, à **Mme. ZERKAOUI AHLEM**

Un remerciement spécial pour :

Je remercie **Mr BOUHENNA MUSTAPHA** pour avoir accepté d'être le Co-promoteur, pour ses orientations, ses encouragements et pour l'effort consenti à nos faire profiter de ses connaissances.

J'adresse mes sincères remerciements à **M^{me} BENMANSOUR.N.** D'avoir accepté de présider le jury.

Je tiens à remercier **M^{me} AMEDJKOUH.** Pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant d'examiner ce mémoire.

Je vous souhaite à tous le bonheur, la réussite et tout le bien que vous méritez.

Dédicaces

*Je dédie ce travail à mes chers parents, pour leurs sacrifices
et leurs soutiens tout au long de mes études*

A mes chers frères : NAZIH et SAMI

A ma grande mère MERIEM

A la famille BELHADI

A toute personne contribue à ce travail

A mes chers amies : ASMA, RAYENE, CHAIMA

*Et a tous mes amis de la promotion de Master de
biodiversité et physiologie végétale 2020*

AMEL

Dédicaces

*Avant tout je tiens à remercier le bon dieu le tout puissant de
m'avoir donné force, patience, santé et volonté afin de
mener mon travail.*

*Je tiens très respectueusement à dédier ce modeste travail
à :*

Mes chers parents : Rabah et Djahida.

Mes chers frères : Abdeljalil, Abdelkader Mohamed Nadjib.

Toute la famille Rezkallah

*Toutes mes amies : Mounia, Yamina, Anissa, Madina,
Manel, Souhila, Mimi.*

Tous ceux que j'aime et que je respecte

*Toute la promotion Master Biodiversité et Physiologie
Végétale 2019\2020.*

*Enfin, à tous ceux qui savent donner sans recevoir, qui
aident sans retour et sans être égoïstes.*

Amina

Résumé

L'objectif de ce travail se base sur l'étude de la diversité biologique de *Pseudevernia furfuracea* prélevée à partir du bord de la route jusqu'à 1200m en profondeur de la forêt à une altitude de 600m dans la région de Blida précisément au niveau du parc national de chréa.

L'étude morphométrique a concernée tous les échantillons prélevés ou des mesures de la longueur ; largeur, le rapport longueur/largeur du thalle, taille des isidies ainsi que la couleur des espèces ont été pris en considération. En plus d'une étude statistique afin de vérifier la diversité de l'espèce.

L'étude morphométrique ainsi que l'identification ont révélé la présence de deux variétés à savoir *Pseudevernia furfuracea var furfuracea* et *Pseudevernia furfuracea var ceratea*.

L'analyse statistique a montré une signification de diversité entre les deux variétés et un non signification entre le rapport longueur/largeur et la distance.

La caractérisation chimique a été effectuée au niveau du CRPC sur un extrait méthanolique suivi d'une HPLC

L'extraction de méthanol des thalles par distillation à la vapeur d'eau a donné un rendement de 9.37%. L'analyse chromatographie par HPLC appliqué au méthanol de l'espèce étudiée a révélé que notre espèce est trop riche en composés phénoliques à savoir Diosmine ;

Galangine ; penta hydroxy flavone et Naringinin.

Mot clés : *Pseudevernia furfuracea*, Chréa, étude morphométrique, caractérisation chimique,

HPLC

summary

The objective of this work is based on the study of the biological diversity of *Pseudevernia furfuracea* taken from the roadside up to 1200m deep in the forest at an altitude of 600m in the region of Blida precisely at the level of the chréa national park.

The morphometric study concerned all samples taken or length measurements; width, the length / width ratio of the thallus, size of the isidia as well as the color of the species were taken into account. In addition to a statistical study to verify the diversity of the species.

The morphometric study as well as the identification revealed the presence of two varieties namely *Pseudevernia furfuracea* var *furfuracea* and *Pseudevernia furfuracea* var *ceratea*.

Statistical analysis showed significance of diversity between the two varieties and non-significance between length / width ratio and distance.

The chemical characterization was carried out at the level of the CRPC on a methanolic extract followed by HPLC

Extraction of methanol from the thalli by steam distillation gave a yield of 9.37%. The analysis chromatography by HPLC applied to methanol of the studied species revealed that our species is too rich in phenolic compounds namely Diosmin;

Galangine; penta hydroxy flavone and Naringinin.

Keywords : *Pseudevernia furfuracea*, Chréa, morphometric study, chemical characterization, HPLC

ملخص

يعتمد الهدف من هذا العمل على دراسة التنوع البيولوجي لنبات *Pseudevernia furfuracea* المأخوذة من جانب الطريق حتى عمق 1200 متر في الغابة على ارتفاع 600 متر في منطقة البلدة بالضبط على مستوى حديقة الشريعة الوطنية. تتعلق الدراسة المورفومترية بجميع العينات المأخوذة أو قياسات الطول؛ تم أخذ العرض، ونسبة الطول / العرض للتلاوس، وحجم الإيزيدية وكذلك لون الأنواع في الاعتبار. بالإضافة إلى دراسة إحصائية للتحقق من تنوع الأنواع. كشفت الدراسة المورفومترية وكذلك التحديد عن وجود صنفين هما *Pseudevernia furfuracea var furfuracea* و *Pseudevernia furfuracea var ceratea*.

أظهر التحليل الإحصائي دلالة التنوع بين الصنفين وعدم معنوية بين نسبة الطول / العرض والمسافة. تم إجراء التوصيف الكيميائي على مستوى CRPC على مستخلص ميثانولي متبوعًا بـ HPLC استخلاص الميثانول من الثالي بالتقطير بالبخار أعطى عائد 9.37%. أظهر التحليل الكروماتوغرافي بواسطة HPLC المطبق على الميثانول من الأنواع المدروسة أن جنسنا غني جدًا بالمركبات الفينولية وهي ديوسمين، جالانجين، بينتا هيدروكسي فلافون ونارينجينين.

الكلمات المفتاحية : *Pseudevernia furfuracea* ، Chréa ، دراسة مورفومترية ، التوصيف الكيميائي ، HPLC

Liste des tableaux

Tableau 01 : Représentation des différents types de thalles lichéniques	8
Tableau 02 : Moyennes des mesures effectuées sur les thalles et d'isidies du <i>Pseudevernia furfuraceae</i> var. <i>furfuracea</i>	34
Tableau 03 : Moyennes des mesures effectuées sur les thalles et d'isidies du <i>Pseudevernia furfuraceae</i> var. <i>ceratea</i>	35
Tableau 04 : Les résultats de l'analyse de la variance ANOVA de l'étude morphométrique de rapport longueur / largeur des thalles.....	36
Tableau 05 : Les résultats de l'analyse de la variance ANOVA de l'étude morphométrique rapport longueur / largeur des thalles.....	37
Tableau 06 : résultats de l'analyse de la variance ANOVA de l'étude morphométrique de rapport longueur / largeur des thalles entre les deux variétés de <i>Pseudevernia furfuraceae</i>	38

Liste des figures

- Figure 01 :** Photographies au microscope électronique à transmission (LTSEM) de structure homéomère (A) Et de structure hétéromère(B)9
- Figure 02 :** Représentations schématiques de certains organes reproducteurs et non reproducteurs.....10
- Figure 03 :**A. Cycle théorique de reproduction des lichens : phase végétative et sexuée et B. Germination des spores lichéniques (spores uniou bicellulaires : A à C ; spores géantes : D ; jeune mycélium : E ; Gonidies : F ; Fragments d’hyménium : G et Germination de deux spores:H).....12
- Figure 04 :** Photographies des différents haustoria (A. haustorium intracellulaire,B. haustorium intermédiaire et C. haustorium intrapariétal) observés au microscope électronique à balayage (Échelle : 5 μ m, m : mycobionte, p : photobionte et ip : haustorium.....14
- Figure 05 :** la morphologie des apothécies de *Pseudevernia furfuraceae*.....22
- Figure 06 :** situation géographique de parc national de chrea25
- Figure 07 :** Schéma d’une installation de hplc avec double détection30
- Figure 08 :** Schéma d’une installation HPLC.....31
- Figure 09 :** morphologie des thalles et couleur de *Pseudevernia furfuraceae var. furfuracea*.. 33
- Figure 10 :** morphologie des thalles et couleur de *Pseudevernia furfuraceae var. ceratea*.33
- Figure11 :** résultats de l’analyse de l’étude morphométrique de rapport longueur / largeur des thalles.....36

Figure 12: résultats de l'analyse de l'étude morphométrique de rapport longueur / largeur des thalles.....	
..37	
Figure 13 : Les résultats de l'analyse de la variance ANOVA de l'étude morphométrique de rapport longueur / largeur des thalles entre les deux variétés de <i>Pseudevernia furfuracea</i>	38
Figure 14 : Chromatogramme De L'extrait Methanolique De <i>Pseudevernia Furfuracea</i> De Région De Chréa.....	40

Table des matières

Introduction	1
CHAPITRE I : Synthèse bibliographique	3
1 Généralité sur les lichens	4
1.1 Définition	4
1.2 Diversité et écologie des lichens	4
1.3 Partenaires de la symbiose lichénique et leur rôle	5
1.3.1 Le mycosymbiote (le champignon)	5
1.3.2 Le phycosymbiote	5
1.3.3 Le cyanosymbiote (cyanobactérie)	6
1.4 Morphologies et anatomie des lichens : thalles, organes, et structures	6
1.4.1 Les principaux types de thalles	6
1.4.2 Structures anatomiques	8
1.5 Morphogenèse et interactions symbiotiques	9
1.5.1 Organes	9
1.5.1.1 Organes non reproducteurs	9
1.5.1.2 Organes reproducteurs	10
1.5.2 Reproduction et cycle de développement	10
1.5.2.1 Reproduction végétative : dissémination du thalle lichénique	11
1.5.2.2 Reproduction de sports par le mycobionte	11
1.5.3 Interactions symbiotiques : mycobionte et Photobionte	14
1.6 Composition chimique des lichens : métabolites primaires et spécialisés	14
1.6.1 Voies de biosynthèses et principales classes de métabolites	15
1.6.2 Activités biologiques des composés lichéniques	15
1.7 Physiologie des lichens	15
Physiologie de l'eau	15
1.8 L'écologie des lichens	16
1.8.1 Sur les rochers : les lichens saxicoles	16
1.8.2 Sur le sol : les lichens terricoles	16
1.8.3 Sur les végétaux : les lichens épiphytes	16
1.9 La nutrition	16
1.10 Rôles et usages des lichens	17
1.10.1 Usages alimentaire	17
1.10.2 Usages indicateurs	17
1.10.3 Usages médicaux	17
1.10.4 Usages industrielles	17
1.11 Influence des facteurs climatiques sur les lichens	17
1.12 Les lichens et la pollution	18
1.12.1 Choix des lichens comme bioindicateur de la pollution atmosphérique	18
1.12.2 Dommages physiologiques cause par les polluant aux lichens	19
1.12.3 Modification de la végétation lichénique en réponse au changement de la pollution atmosphérique	19
2 Pseudevernia furfuracea :	21
2.1 Définition	21
2.2 Description	21

2.3 Morphologie de <i>Pseudevernia furfuracea</i>	22
2.4 Systématique de <i>Pseudevernia furfuracea</i>	23
2.5 Composés bioactifs	23
2.6 Les usages	24
2.7 Sorption des métaux lourds	25
3. Zone d'étude	25
3.1 Présentation de la zone d'étude :(le parc national de chrea)	25
Chapitre II : Matériel et méthodes	26
II .1 Matériel et méthodes	27
1.1 Lieu de stage	27
1.2 Matériel	27
1.2.1 Échantillonnage	27
II .2 Méthodes	28
2.1 Identification de l'espèce	28
2.2 Séchage et broyage	28
2.3 Caractérisation morphométrique	28
2.4 Identification des composés phénoliques de <i>Pseudevernia furfuracea</i>	28
2.4.1 Préparation des extraits	28
2.4.2 Caractérisation par Technique de HPLC	29
2.4.2.1 Objectif	29
2.4.2.2 Principe	29
2.4.2.3Appareillage	30
Chapitre III : résultat et discussion	32
III.1 Résultats de l'identification	33
1.1 Résultats de la diversité morphométrique	34
1.2 Résultats de l'Analyse statistique	35
1.2.1 Résultat de l'étude morphométrique de la longueur et la largeur des thalles	35
1.2.2 Résultats de la variation de la couleur	39
1.3 Résultats de la caractérisation phytochimique de <i>Pseudevernia furfuracea</i>	39
Conclusion	42
Références bibliographiques	45
Annexes	49



INTRODUCTION

Introduction

La biodiversité est une dimension essentielle du vivant. Elle s'exprime par la diversité des espèces et des écosystèmes. Donc c'est la vie qui nous entoure avec toutes ses formes

Les lichens résultent de l'association durable à bénéfice réciproque entre un champignon avec une algue ou/et une cyanophycée. Cette association ou "symbiose" permet aux partenaires symbiotiques de vivre ensemble dans des conditions difficiles qui empêchent l'un ou l'autre de se nourrir tout seul (**Jahns, 2007**).

Les lichens étaient utilisés dans différents domaines et sont encore utilisés pour différentes fins : médecine, biosurveillance de la qualité de l'air, bioindication de la continuité écologique suivi du changement climatique), gestion des écosystèmes etc. Pour comprendre et mieux protéger l'écosystème, le gestionnaire doit entrer autres pouvoir disposer d'un état des lieux sur l'ensemble des groupes taxonomiques d'un point de vue descriptif puis d'un point de vue fonctionnel et interrelationnel (**Guinberteau et Courtecuisse, 1997**).

Cependant, les lichens sont des organismes à croissance lente (**Nash III, 2008**). L'accès à leurs métabolites peut s'avérer difficile lorsque le thalle est peu développé ou peu abondant. Ainsi, dans un contexte de protection des ressources naturelles, la recherche de nouvelles molécules bioactives à partir d'organismes cultivables s'avère être une voie prometteuse.

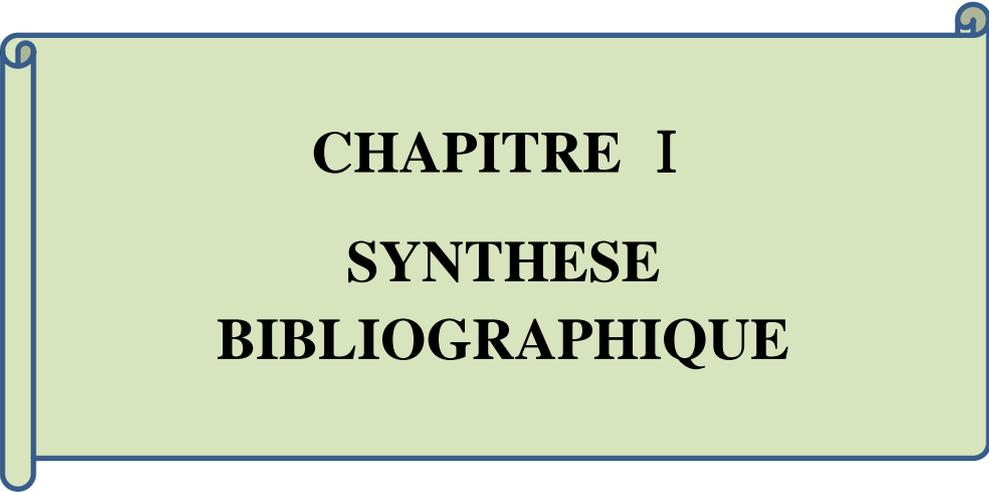
Pseudevernia furfuracea, communément appelée mousse d'arbre, est une espèce lichénisée de champignon qui pousse sur l'écorce des sapins et des pins. Le lichen est plutôt sensible à la pollution atmosphérique, sa présence indiquant généralement de bonnes conditions atmosphériques dans le lieu de culture. L'espèce a de nombreuses utilisations humaines, notamment en parfumerie, en embaumement et en médecine. De grandes quantités de mousse d'arbre sont traitées chaque année en France pour l'industrie de la parfumerie.

Le présent travail est réalisé non seulement pour arriver peu à peu à une bonne connaissance de la flore lichénique du Parc National de Chrea, mais aussi dans le but de contribuer à la révision de la flore lichénique (*Pseudevernia furfuracea*) de l'Algérie ainsi que l'élaboration d'un nouveau Catalogue ou Guide des lichens du pays.

Cette thèse s'articule en trois parties : la première partie est la synthèse bibliographique, elle traite la généralité sur les lichens et leurs caractéristiques générales la deuxième partie représente la partie expérimentale qui est subdivisée en deux chapitres : Matériel et méthode qui décrivent la méthodologie du travail. Le chapitre résultats et discussion expose les résultats sur :

- L'identification des espèces lichéniques du genre *Pseudevernia furfuracea*, récolter de parc national de Chréa.
- Résultats de la caractérisation phytochimique de *Pseudevernia furfuracea* obtenues par l'analyse chromatographie en HPLC
- Résultat de l'étude morphométrique par l'analyse de la variance (ANOVA).

Ce mémoire se termine par une conclusion qui récapitule les résultats obtenus et énonce les principales perspectives ouvertes par ce travail.



CHAPITRE I
SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

1 Généralité sur les lichens

1.1. Définition :

Un lichen est une structure autonome, le thalle lichénique, résultant de l'association symbiotique entre deux catégories de partenaires : Le partenaire fongique, hétérotrophe, appelé mycosymbiote, pratiquement toujours un champignon ascomycète, qui représente plus de 90 % de la biomasse lichénique, dont les hyphes microscopiques enchevêtrées emprisonnent le partenaire chlorophyllien, autotrophe, appelé photosymbiote, qui est une algue verte (phycosymbiote) ou une cyanobactérie (cyanosymbiote)(**Honegger,2012**)

1.2. Diversité et écologie des lichens :

Les lichens présentent une large gamme de couleur passant du orange, jaune, rouge, vert, gris, marron et au noir (**Ozenda et Clauzade, 1970**). La taille des thalles lichéniques varient de moins de quelques millimètres de long à des thalles pouvant atteindre 2 mètres (cas d'*Usneasp.*) (**Nash, 2008**).

La plupart des lichens sont des organismes pérennes, à l'exception de quelques un qui sont éphémères (*Veizdaeasp.*). D'autre part, beaucoup de lichens sont capables de survivre plus de 1000 ans et leur croissance est quasi imperceptible (**Boustie et Grube, 1999**). Cette dernière est de l'ordre de quelques millimètres par an et peut également être considérée comme importante lorsque la croissance est de l'ordre de 1 cm/an. Par conséquent, les lichens sont des organismes à croissance très lente (**Raven et al, 2000**).

Deux grands types de lichens peuvent être rencontrés : les lichens dits épiphytiques et épilithiques (**purvis, 2000**). Les lichens épiphytes sont fréquemment retrouvés sur les arbres et sur d'autres plantes et également dans certains écosystèmes dont leur biomasse peut dépasser plusieurs centaines de Kg/ha (**Evans et Lange, 2003**). Ces lichens colonisent fréquemment les sols nus où ils constituent une couche importante du sol pour les paysages arides et semi-arides (**Delmail et al, 2013**).

Les lichens épilithiques se développent à la surface des roches où ils sont incorporés de quelques millimètres dans la couche supérieure rocheuse (**Van Haluwyn, 2009**). De manière générale, la plupart des lichens sont terrestres et colonisent la plupart des écosystèmes terrestres du monde, mais un petit nombre parmi eux se développent dans des ruisseaux d'eau douce

(*Peltigerahydrothyria*), et au niveau de la zone intertidale marine (*Lichinasp.* et *Verrucariamaura*) (Parrot, 2009) Dans les écosystèmes polaires et subpolaires, les lichens constituent la dominante autotrophe.

Ces derniers sont également des éléments remarquables des écosystèmes alpins, côtiers et forestiers (les forêts pluviales tempérées de l'hémisphère sud et de la taïga de l'hémisphère nord) (Biéro et Iottin, 2008). Les espèces lichéniques à croissance plus rapide peuvent contribuer de manière plus significative à la productivité primaire et augmenter la biomasse de 20 à 40% en 1 an et jouer un rôle important dans les processus écologiques (cycle de l'azote, reminéralisation) de leur écosystème. En particulier, les cyanolichens peuvent intervenir dans le métabolisme azoté (Lambinon, 2004).

De par leur capacité de coloniser des écosystèmes variés : marins, terrestres (arides à tempérés) et même arctiques, les lichens ont mis en place des mécanismes adaptatifs (production d'osmoprotectants par exemple) afin de faire face à différentes contraintes environnementales : stress salin, sécheresse, stress hydrique (Grube, 2011).

1.3. Partenaires de la symbioselichéniques et leur rôle :

1.3.1. Le mycosymbiote : le champignon.

Le champignon est un organisme thallophyte, Eucaryote, dépourvu de chlorophylle, dépourvu de vaisseaux conducteurs et se reproduisant à l'aide de spores (Krugler, 2013). La paroi contient de la callose, de l'hémicellulose et de la chitine (voisine de la chitine des insectes) ; on y trouve également du mannitol, de l'arabitol et des glucides assurant une pression osmotique élevée ce qui limite la dessiccation du thalle (Zopt et al, 1990). Ce mycosymbiote protège les cellules algales contre la dessiccation et l'excès de lumière. Les hyphes en relation directe avec l'atmosphère et le substrat captent l'eau et les sels minéraux. Le champignon des lichens est en général un ascomycète, rarement un basidiomycète exceptionnellement un autre champignon (COLLOMBET, 1989).

1.3.2. Le phycosymbiote :

L'algue est un organisme eucaryote se présentant sous forme de petites cellules sphériques isolées ou en colonies (Nardelli et Bernard, 2009). Elle est pourvue de chloroplastes contenant la chlorophylle pouvant utiliser l'énergie solaire pour élaborer certains de constituants organiques à partir de CO₂ atmosphérique, de l'eau et des sels minéraux fournis

par le champignon . Dans la plupart des lichens, l'algue est une Chlorococcale appartenant au genre *Trebouxia*, elle se reproduit par bipartition ou par spores non flagellées ; en seconde position une Trentepohliale (genre *Trentepohlia*) contenant des pigments rouge orangés. Les réserves glucidiques sont de l'amidon et de nature lipidique chez les Trentepohliales (**Oettl et al, 2007**).

1.3.3. Le cyanosymbiote : la cyanobactérie.

La cyanobactérie est un organisme procaryote, sans noyau ni chloroplaste ; contenant des pigments assimilateurs vert bleuâtre (chlorophylle a et caroténoïdes associés à une protéine, la phycocyanine) et la ; cyanophycine comme réserve protidique. La reproduction, asexuée, se fait bipartition (pas de spores) (**Chollet et Kragler, 2013**). Les Nostocales (avec le genre Nostoc) sont les plus fréquentes et présentent le plus souvent des files de cellules ± dissociées. Environ 10 % des lichens contiennent des cyanobactéries (16 genres) qui sont dispersées dans le thalle ou groupées à sa surface où elles forment les céphaloïdes (**Goossens et al, 2012**).

Les lichens sont des organismes pionniers colonisant tous les milieux terrestres, où ils recherchent des supports stables (roches, écorces, sol nu...) (**Barger et herrick, 2010**). Ils participent à la formation progressive d'un sol et à l'installation des végétaux. En effet, l'association lichénique apporte des propriétés qu'on ne trouve pas chez l'un ou l'autre des partenaires :

- La reviviscence : la capacité de passer rapidement, réversiblement et répétitivement de l'état sec à l'état hydraté.
- Un pouvoir lithogène : qui leur permet de s'installer en pionnier sur des substrats difficiles.
- La résistance aux températures extrêmes: l'assimilation peut encore être active à - 40 °C; L'originalité des voies métaboliques avec l'élaboration de substances spécifiques, les métabolites secondaires encore appelées acides lichéniques.

1.4. Morphologies et anatomie des lichens : thalles, organes & structures

1.4.1. Les principaux types de thalles :

L'appareil végétatif du lichen est un thalle (Thallophytes) ne présentant ni feuilles, ni tiges, ni racines ni appareil conducteur. Il est de forme variée et portent divers types d'organes

reproducteurs. L'observation à l'œil nu ou à la loupe des lichens permet de distinguer plusieurs types morphologiques (Elix, 2008):

A. Les thalles crustacés :

Les lichens au thalle crustacé forment une croûte qui adhère au support sur toute la surface et ne peut en être détachée.

B. les thalles squamuleux :

Ces espèces sont composées d'écailles ou de lobes plus ou moins adhérents au substrat, mais pouvant aisément s'en détacher.

C. Les thalles foliacés :

Ce type de lichens a la forme d'une feuille plus ou moins ramifiée, adhérente à son substrat, ou bien fixée au substrat par un crampon central unique

D. Les thalles fruticuleux :

Les lichens fruticuleux présentent des formes barbues ou en lanière (petit arbuste dressé), fixés en un seul point au support

E. Les thalles gélatineux :

Le thalle gorgé d'eau constitue une masse gélatineuse. Quand il est sec, il devient noir et friable. Les filaments mycéliens sont associés à des cyanobactéries

F. les thalles complexes ou (composites) :

Sont formés d'un thalle primaire plus ou moins foliacé, squamuleux ou crustacé, adhérent au substrat, sur lequel se développe un thalle secondaire dressé, podétions des *Cladonia* et pseudopodétions des *Stereocaulon*. Les pseudopodétions sont buissonnants recouverts d'écailles à fonction assimilatrice (les phylloclades), alors que les podétions sont de formes très diverses : «tiges» simples plus ou moins pointues ou évasées en entonnoirs (ils sont dans ce dernier cas nommés scyphes), buissons plus ou moins denses et plus ou moins squamuleux.

Le tableau 1 résume les différents types de thalles cités ci-dessus :

Tableau1 : Représentation des différents types de thalles lichéniques.

<p>Thalle gélatineux</p>  <p><i>Collemaundulatum</i></p>	<p>Thalles foliacés Fixation par rhizines fixation par crampons</p>  <p><i>Xanthoria elegans</i> <i>Umbilicaria cylindrica</i></p>		<p>Thalle fruticuleux</p>  <p><i>Ramalina cuspidataa.</i></p>
<p>Thalles crustacés</p>  <p><i>Pertusariaalbescens</i></p>	<p>Thalles lépeux</p>  <p><i>Leprarianeglecta</i></p>	<p>Thalles squamuleux</p>  <p><i>Normandinapulchella</i></p>	<p>Thalles composites</p>  <p><i>Cladonia floekeana</i></p>

1.4.2. Structures anatomiques

Bien que les lichens soient très différents morphologiquement, leur structure anatomique est au contraire très uniforme et assure leur unité (van Haluwyn et al, 2009) et suivant que le constituant algal est une algue verte ou bleue, on peut distinguer deux types de structure (figure1) :

. **Structure homéomère** : champignons et algues ou cyanobactéries sont entremêlés de façon homogène (figure1.A)

.**Structure hétéromère** : on observe une disposition par couches. La structure est donc stratifiée et on observe de la face supérieure à la face inférieure (figure1.B):

- Un cortex supérieur formé par des cellules jointives de champignons

- Une couche algale, mélange d'algues et de champignons lichéniques telles que pour *Cladonia rangiferina*

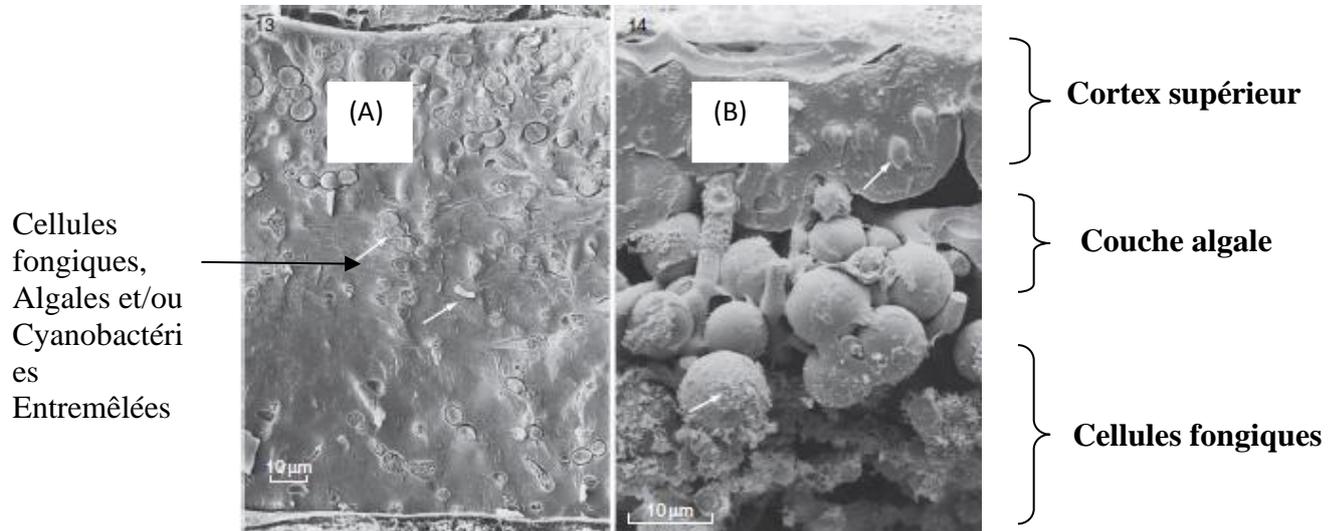


Figure 1 : Photographies au microscope électronique à transmission (LTSEM) de structure homéomère (A) Et de structure hétéromère(B)(Nash et al,2008).

1.5. Morphogénèse et interactions symbiotiques :

1.5.1 Organes :

1.5.1.1 Organes non reproducteurs :

Le thalle peut également porter un certain nombre d'organes divers. D'un côté, on peut être en présence d'organes de nature fongique, protégeant contre les radiations, limitant l'évapotranspiration mais n'ayant aucune fonction assimilatrice : poils et cils. D'un autre côté, on retrouve des organes comme des (1) fibrilles augmentant la surface photo synthétisante, spinules, haptères, (4) rhizines facilitant l'adhésion au substrat, papilles, tubercules, (6) céphalodies, (7) cyphelles, nodules, veines et (8) pseudocyphelles ayant un rôle important dans les échanges gazeux avec l'atmosphère (Figure 2)(Biéro et Nash,2008).

1.5.1.2. Organes reproducteurs :

Des structures plus organisées peuvent également se former. Elles contiennent toujours l'algue et le champignon. C'est le cas des schizidies, des phyllidies, (2) des soralies, (3) des isidies

assurant la reproduction végétative et (5) des apothécies (deux sous morphologies : lecanorine (présence de cellules algales) et lécideine (absence de cellules algales) assurant la reproduction sexuée (**Figure 2**) (**Biéro et al, 2008**).

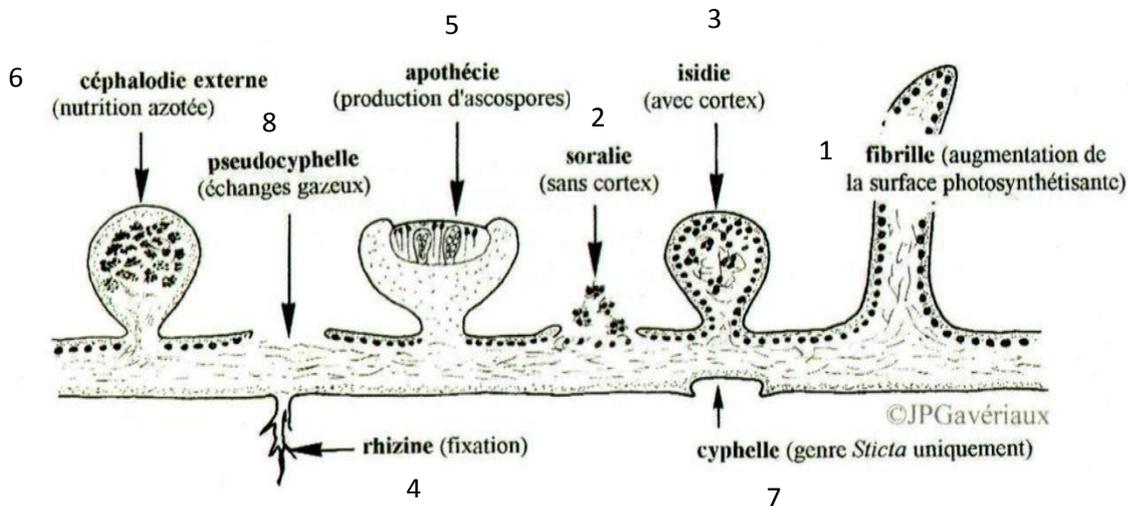


Figure 2 : Représentations schématiques de certains organes reproducteurs et non reproducteurs (Biéro et al, 2008)

1.5.2. Reproduction et cycle de développement

Deux cas de reproduction sont retrouvés chez les lichens : une reproduction végétative et une reproduction sexuée (**Sérusiaux et al, 2004**) Pour cette dernière et comme c'est le cas chez les champignons, la majorité des ascomycètes lichénines ont un cycle de vie présentant une phase sexuée et une phase asexuée. Chez les lichens, le mycobionte assure la reproduction sexuée et aussi la reproduction asexuée. Le mode de reproduction du photobionte est réduit à l'étape de lichénisation qui est dépendante de la rencontre des spores (fongiques) avec les partenaires photosynthétiques appropriés pour pouvoir rétablir la symbiose. En plus des organes sexués (téleomorphes) et asexués (anamorphes), les ascomycètes lichénisés sont impliqués dans de nombreuses propagules végétatives par lesquels les deux partenaires (Photobionte et mycobionte) sont disséminés (**Evans et Johansen, 1999**).

1.5.2.1. Reproduction végétative : dissémination du thalle lichénique :

Les lichens sont des organismes reviviscents, capables de subsister longtemps devenant cassant à l'état sec. Leurs fragments dispersés par le vent ou les animaux peuvent engendrer de nouveaux individus. De plus, des organes comme des soralies et des isidies peuvent également contribuer à ce mode de reproduction. En effet, les soralies par déchirures du thalle vont être à

l'origine d'émission des sorédies, formées d'un enchevêtrement d'algues et d'hyphes (**Raven,2000**).

Ces sorédies forment la soralie dont la couleur est généralement différente de celle du thalle (**Coxons et Nadkami, 1995**). Légères, elles sont facilement transportées par le vent, la pluie, les insectes et permettent une dissémination de l'espèce. D'un autre côté, les isidies à sa surface du thalle sous forme de petits bourgeons (sphériques, cylindriques, ramifiés...) contenant les algues et les hyphes (**Placzek et al,2009**). Ces isidies, plus lourdes que les soralies, ne peuvent être transportées aussi loin, elles assurent plutôt une colonisation du substrat (Figure 3).

1.5.2.2.Reproduction sexuée : production de spores par le mycobionte

Lors de la reproduction sexuée, 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, dans lesquelles des cellules particulières (les asques) vont élaborer les ascospores (en général 8 spores par asque mais le nombre peut varier, et des mitoses post-méiotiques permettent d'obtenir dans certains cas ascospores, ou beaucoup moins si certaines cellules méiotiques avortent) (**Parrot et al,2013**).

Entre les asques se trouvent des cellules stériles : les paraphyses, dont les extrémités renflées peuvent contenir des pigments responsables de la couleur de l'hyménium. Après leur libération, ces spores issues d'une reproduction sexuée, germent et donnent des hyphes qui capturent des algues pour pouvoir redonner un nouveau thalle lichénique (Figure 3A et B) (**Biéro et al,2004**).

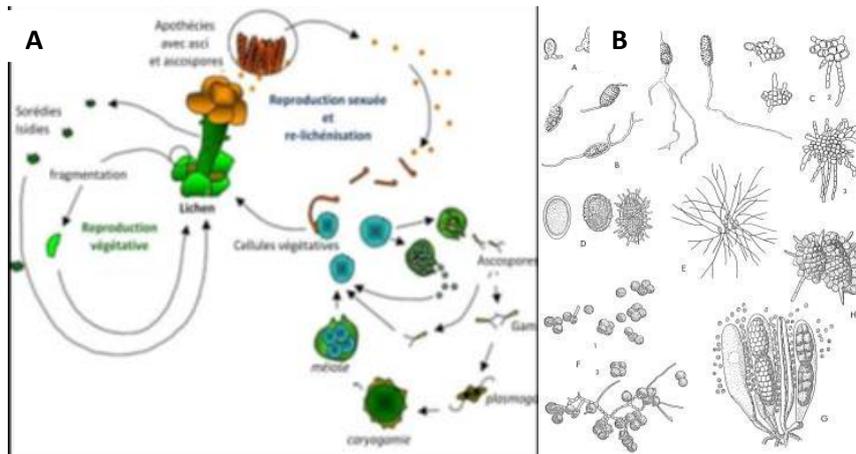


Figure 3 :A. Cycle théorique de reproduction des lichens : phase végétative et sexuée(Boustie et al, 2005) (<http://home.cc.umanitoba.ca/~pierceyn/lifecycle.html>) et **B**. Germination des spores lichéniques (spores uniou bicellulaires : A à C ; spores géantes : D ; jeune mycélium : E ; Gonidies : F ; Fragments d’hyménium : G et Germination de deux spores : H)

1.5.3 Interactions symbiotiques : mycobionte et Photobionte

Au sein de la symbiose, les différents partenaires la constituant contribuent chacun à leur manière au développement et à la croissance du lichen (**Lambinon et Ferrantia, 2004**). La protection offerte par le mycobionte permet au photobionte de maintenir une photosynthèse active dans des conditions drastiques de stress abiotique et donc de maintenir en vie l’organisme tout entier(**Gilbertz et al, 2007**). Lorsque les conditions ne permettent plus au lichen de maintenir son métabolisme (teneur en eau inférieure à 30%), celui-ci passe dans un état de vie ralentie. Selon les lichens cet état peut durer de quelques jours à plusieurs années. Une simple ré-humidification suffit alors à réactiver rapidement le métabolisme, c’est le phénomène de reviviscence(**Breusse et al, 2009**).

La base de l’association repose sur l’apport d’hydrates de carbone par un organisme autotrophe pour le carbone : **le photobionte**, à un organisme hétérotrophe pour cet élément : **le mycobionte**. Dans le cas des algues vertes ces hydrates de carbone sont fournis au champignon sous forme de polyols tandis que les cyanobactéries fixent le CO₂ sous forme de glucose(**Thorseth et al, 2004**). En plus de cet apport indispensable, les algues fournissent le champignon en vitamines nécessaire à leur croissance ainsi qu’en ammonium dans le cas des

cyanobactéries (capables de réduire le diazote atmosphérique). Ainsi, le photobionte permet d'assurer l'activité photosynthétique seule (cas des Chlorophycées) ou d'assurer l'activité photosynthétique mais également la fixation de l'azote atmosphérique (cas des Cyanophycées).

De l'autre côté, le mycobionte contribue à la croissance du photobionte qu'il abrite. Ainsi, le rôle du mycobionte ne se limite pas à la protection et la fixation, il assure lui aussi un rôle nutritif vis-à-vis du photobionte en lui fournissant eau et sels minéraux puisés sur le substrat et en synthétisant des vitamines (notamment la vitamine C) nécessaires au développement de son photobionte (**Tiévant, 2001**). Cette coopération permet notamment la synthèse de métabolites spécifiques originaux (substances lichéniques) que le mycobionte seul serait dans la plupart des cas incapable de produire.

Des éléments structuraux et fonctionnels à l'interface mycobionte-photobionte : les haustoria et/ou les appressoria sont également présents (Figure 4). Ces structures particulières sont dépendantes de la taxonomie du photobionte et du mycobionte. En effet, tous les Photobionte n'ont pas la capacité de mettre en place de telles structures. Cette capacité est dépendante de la composition chimique de la paroi algale. Si cette dernière est constituée de bio polymère non dégradables enzymatiquement (comme des like-sporopollenin composés) comme chez les Coccomyxa et les Elliptochloris, la formation d'haustorium est impossible.

Dans les cas contraire, où toutes les conditions sont favorables, différents types d'haustorium peuvent être observés selon la nature du thalle lichénique (figure 4):

- **Haustorium intracellulaire** (lichens crustacés simples) : les hyphes transpercent la paroi algale avec des saillies sous la forme de doigts au niveau d'une invagination de la membrane plasmique du photobionte (**figure 4.A**)

- **Haustorium intermédiaire** : les interactions se produisent lorsque le mycobionte forme une courte et globuleuse saillie enveloppée dans la paroi algale localement élargie. Par la suite, le complexe haustorial se développe de manière coordonnée et sur toute la surface jusqu'à maturité scellant ainsi une continuité hydrophobe entre les deux partenaires (**figure 4.B**) hydrophobie est augmentée également par la formation de métabolites spécifiques cristallisant à la surface

- **Haustorium interpariétal** (lichens foliacés et/ou fruticuleux) : les hyphes entrent mais ne pénètrent pas la paroi cellulosique du photobionte (**figure 4.C**)

Ainsi, l'eau, les nutriments solubles et les métabolites solubles algaux et fongiques sont passivement trans-localisés par une force motrice principale (cycle séchage/mouillage du lichen) sous ce continuum hydrophobe apoplastique (Nash et Goossens, 2007).

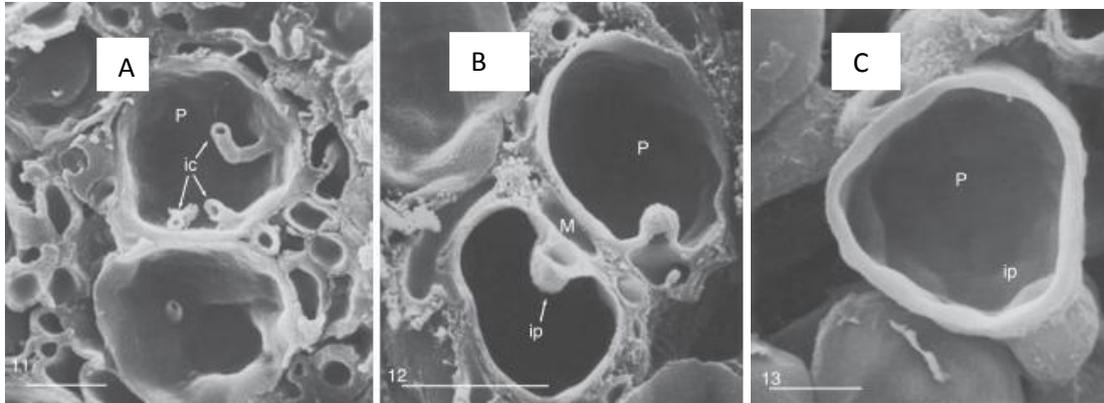


Figure 4: Photographies des différents haustoria (A. haustorium intracellulaire, B. haustorium intermédiaire et C. haustorium interpariétal) observés au microscope électronique à balayage (Nash, 2008) (Échelle : 5 μ m, m : mycobionte, p : photobionte et IP : haustorium)

1.6. Composition chimique des lichens : métabolites primaires et spécialisés.

1.6.1 Voies de biosynthèse & principales classes de métabolites

Il existe deux grands groupes de métabolites : les métabolites primaires (indispensables au développement et à la reproduction de l'organisme) et les métabolites spécialisés (non essentiels à la croissance mais ayant un rôle dans la fonction écologique) (Werz, 2012). Ces composés, en particulier les métabolites spécialisés résultent de différentes voies de biogenèse et présentent des structures spécifiques par rapport à celles observées chez les champignons ou chez les plantes. Trois voies de biosynthèse sont présentes : (1) la voie de l'acide shikimique (assez peu représentée), (2) la voie des acides mévaloniques avec des composés appartenant à la famille des terpènes ou des stéroïdes et (3) la voie des acétates polyacétates (grande majorité et diversité des métabolites spécialisés lichéniques) représentée par des composés appartenant à la famille des depsidones, des depsides, des depsones, des dibenzofuranes, des acides usniques, des quinones/anthraquinones et à la famille des xanthonnes (Dobson, 2005).

Ces substances lichéniques (150 décrites dans le livre *Die flechtenstoffe* en 1907) (Zopt, 1907) aux structures chimiques diverses (aliphatiques et aromatiques) sont généralement des molécules de faible poids moléculaire. Elles sont plutôt produites par le mycobionte et s'accumulent dans le cortex ou la médulle. A l'heure actuelle, si on compte également les produits issus des cultures cellulaires de lichens, il y aurait environ 1050 métabolites spécialisés décrits chez les lichens et de nombreux autres restent encore à caractériser.

1.6.2 Activités biologiques des composés lichéniques

Le rôle des métabolites spécialisés lichéniques au sein de la symbiose est encore peu connu. Ils sont suspectés d'aider le thalle lichénique à se protéger dans son environnement, souvent hostile, contre les herbivores, les pathogènes et des facteurs abiotiques tels que l'irradiation UV. Pour cette raison, la plupart des molécules isolées des lichens font souvent preuve de multiples activités biologiques comme l'acide usnique (l'acide (+)-usnique et l'acide (-)-usnique selon les sources lichéniques), présentant à la fois des activités antimicrobiennes, antiprolifératives et aussi connu pour son absorption UV (**Molnar, 2010**).

Sans entrer dans les détails, différentes activités décrites peuvent être énumérées pour les molécules lichéniques:

- Activité anti-herbivore et insecticide
- Activité antibiotique, antivirale, antifongique
- Activité antitumorale, cytotoxique
- Activité antipyrétique, anti-inflammatoire et analgésique - Activité antioxydante et de photoprotection.

Certains effets néfastes ont également pu être mis en évidence tels que des phénomènes d'allergie à certaines molécules. ^{64,65} Ce phénomène pose quelques problèmes, notamment dans l'industrie des cosmétiques qui utilise l'extrait d'*Evernia prunastri* dans de nombreuses préparations parfumées. En Juillet 2008, l'IFRA (International Fragrance Association) a recommandé dans son 43ème amendement l'utilisation d'extraits de lichens contenant moins de 100 ppm d'atranol et de chloroatranol (**directive européenne 2003/15/CE**).

1.7. Physiologie des lichens :

Du point de vue biochimique, les substances fondamentales des lichens sont communes à tous les êtres vivants : eau, substances organiques et substances minérales (**Coste, 2008**).

.Physiologie de l'eau :

La teneur en eau des lichens est très variable selon les fluctuations microclimatiques, les variations de teneur en eau sont plus grandes pour les lichens croissant sur des substrats exposés au soleil que pour ceux des stations ombragées (**Friardi, 2012**).

L'absorption de l'eau se produit surtout au niveau des ouvertures dans le cortex ou des structures arachnoïdes quand elles sont externes (**Bjelland et al, 2007**).

Le stockage se fait dans les méats entre les éléments du thalle ainsi que dans les membranes qui gonflent. Mais c'est surtout au niveau de la zone médullaire que la teneur en eau est la plus forte. Le mécanisme de l'absorption et de la rétention de l'eau est essentiellement dû à des forces physiques ou aux caractères hygroscopiques des substances membranaires (**Heiss, 2010**). Les constituants membranaires sont différents pour l'algue et le champignon. Ce sont

essentiellement la cellulose externe doublée par une couche interne de callose pour les algues. La membrane des hyphes de champignon est caractérisée par l'absence de cellulose et la présence constante de callose et de chitine. D'autres substances voisines des hémicelluloses ont été observées ainsi que des substances groupées sous le nom de lichénines de formule brute $(C_6H_{10}O_6)_n$ (polymère de glucose). Les lichens possèdent également un équipement enzymatique et vitaminique. Les enzymes sont entre autres une lichénase et une maltase. Les vitamines sont produites par les deux symbiotes et jouent un rôle important dans le métabolisme. La vitamine C est produite en quantité appréciable avec d'autres vitamines du groupe B (biotine, riboflavine, acide folique ...) (Coste, 2008).

1.8. L'écologie des lichens:

Les lichens colonisent les milieux terrestres suffisamment stables et humides, et se rencontrent même dans certains milieux aquatiques ainsi on peut distinguer trois principaux types de peuplements :

1.8.1. Sur les rochers : les lichens saxicoles :

Les lichens qui colonisent les rochers sont très nombreux et diversifiés ; il est possible de distinguer des lichens calcifuges (sur terrains non calcaires) et d'autres calcicoles.

1.8.2. Sur le sol : les lichens terricoles :

Les lichens terricoles se trouvent sur le sol nu ou sur les mousses du sol ou des rochers. Dans des pelouses, landes, bois clairs. Un certain nombre d'entre eux vivent en saprophytes aux dépens de la matière organique présente dans le sol.

1.8.3. Sur les végétaux : les lichens épiphytes :

Colonisant les écorces de nombreux arbres et arbustes, les lichens corticoles sont très abondants et variés. Les essences, résineuses montrent une flore légèrement différente de celle notée sur les essences feuillues. D'autres groupements se rencontrent sur le bois mort (lichens lignicoles) ou sur les feuilles persistantes (lichens folicoles).

1.9. La nutrition :

La nutrition carbonée du thalle est assurée par la photosynthèse de l'algue-gonidie. Cependant, il n'est pas exclu que le mycosymbiote puisse, en saprophyte, tirer d'un substrat organique, bois, humus, une partie de son alimentation carbonée (Kroll, 1969 ; Strack, 1972).

L'absorption de l'eau se fait par toute la surface du thalle ; elle est rapide dans le cas d'eau mouillante, mais elle s'exerce également à partir de l'humidité de l'air. Le pouvoir rétenteur est faible et les thalles perdent leur eau par temps sec. Un état optimal d'humidité du thalle est nécessaire pour que s'accomplissent les fonctions vitales : sec, il passe à l'état de vie ralentie ; il reprend ensuite son activité quand l'humidité redevient suffisante. Cette faculté de reviviscence est une caractéristique essentielle de la biologie des Lichens (Bogo, 2010).

La nutrition azotée se fait soit à partir des poussières qui se déposent sur le thalle, celles-là contenant toujours quelques substances azotées, soit à partir du substrat (Tomasi, 2012).

Certaines espèces, en effet, recherchent les rochers recouverts d'excréments d'oiseaux, riches en acide urique et en produits de sa dégradation qui, grâce à des enzymes sécrétées par les thalles, passent sous une forme assimilable (Bernard, 2009 ; Remais, 2013).

Quant à la nutrition minérale, elle se fait à partir des poussières, du substrat et des sels dissous apportés par l'eau.

1.10. Rôles et usages des lichens :

Les lichens ont été utilisés depuis l'Antiquité comme plantes médicinales et pour de multiples autres usages alimentaires ou artisanaux (Collembert, 1989).

1.10.1. Usages Alimentaire :

Dans l'écosystème, Les lichens s'insèrent dans les chaînes alimentaires sont une source importante de nourriture pour de nombreuses espèces, y compris parfois pour de grands mammifères et certaines chenilles de papillons nocturnes.

1.10.2. Bio indicateurs:

Du fait de leur sensibilité ou de leur capacité d'accumulation de polluants, les lichens sont des indicateurs de pollution utilisés pour la bio surveillance. Ils permettent d'étudier, 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), et surtout le degré de pureté de l'atmosphère.

1.10.3. Usages médicaux :

Depuis toujours, les lichens sont utilisés en médecine traditionnelle dans toutes les sociétés humaines pour leur potentiel antibiotique. Ils sont également utilisés en homéopathie pour la fabrication de sirops et de pastilles.

1.10.4. Usages industriels

Les huiles essentielles de certaines espèces de lichens sont utilisées pour la fabrication de parfums et pour la fabrication artisanale de teintures. D'autres utilisations telles que la décoration des tables, la confection des maquettes (où ils représentent des arbres) et celle de couronnes funéraires sont courantes dans certains pays.

1.11. Influence des facteurs climatiques sur les lichens :

L'atmosphère constitue un ensemble de facteurs très importants car elle apporte une partie de l'eau, du dioxyde de carbone et des sels minéraux utilisés par les lichens.

A. Eau

L'eau joue un rôle capital dans l'écologie des lichens car le degré d'hydratation du thalle conditionne les fonctions fondamentales. Certains organismes peuvent passer rapidement de l'état de vie active quand ils sont humides à l'état de vie ralentie quand ils sont secs et inversement (phénomène de **reviviscence**).

A l'état sec, la teneur en eau est évaluée entre 15 et 20% du poids sec, alors qu'à l'état humide, la teneur peut atteindre 200 à 350%. Les lichens à thalle gélatineux, riches en mucilages présentent les teneurs en eau les plus élevées (jusqu'à 3500 % du poids sec). L'imbibition par l'eau liquide se réalise en un temps inférieur à 1 à 2 mn alors que l'absorption de la vapeur est plus lente et demande parfois plusieurs semaines. Inversement, la dessiccation s'effectue très rapidement.

B .Lumière et température

La lumière agit sur la photosynthèse et sur l'excédent possible de celle-ci sur la respiration (**Aptroot, 2011**). Certains lichens préfèrent les stations éclairées ou supportent le plein ensoleillement. En revanche, certains recherchent les stations plus ombragées, par exemple, sous couvert forestier ou, pour les lichens saxicoles, les parois rocheuses en surplomb.

Quand ils sont secs, les lichens sont très résistants aux **températures extrêmes**. En haute altitude, les lichens peuvent supporter de longues périodes de très basses ou de très fortes températures, par exemple, à la surface de rochers où le rayonnement solaire entraîne des températures pouvant aller jusqu'à 50°C. La répartition de certaines espèces est conditionnée par les variations de température sur une longue durée : on constate actuellement une extension de l'aire de répartition de lichens vers le nord en relation avec le réchauffement climatique (**Thor et al , 2009**).

C .L'action du vent

Elle s'effectue de deux façons :

- une action indirecte, physiologique, qui se traduit par l'augmentation de la vitesse de déshydratation.
- une action directe, mécanique, qui joue un rôle dans la dissémination des fragments de thalle et des propagules de multiplication végétative.

1.12. Les lichens et la pollution :

Les lichens sont très diversifiés et leur sensibilité à divers polluants (ozone, métaux lourds, azote, etc.) est différente en fonction des espèces(**Wang et yokota, 2007**).

A. Choix des lichens comme bioindicateur de la pollution atmosphérique:

Les lichens possèdent de nombreuses particularités biologiques et structurales qui en font des témoins fidèles de la pollution(**Jorgensen et al, 2011**) N'ayant ni racine, ni tige, ni feuille, ni appareil conducteur, ils sont incapables d'effectuer une régulation hydrique. Ils sont soumis aux fluctuations du milieu et peuvent absorber et accumuler sans distinction des quantités très importantes de substances prélevées dans l'atmosphère (air, eau, poussières, substances et gaz dissous).

Contrairement aux plantes supérieures, ils sont dépourvus de moyens de lutte contre la pollution. Sans cuticule, ni stomate pour se protéger, les lichens absorbent les polluants en même temps que les éléments qui leur sont essentiels pour vivre (**Sochting et Thor, 2007**).

B. Dommages physiologique causes par les polluants aux lichens :

Plusieurs caractéristiques structurelles et physiologiques déterminent la sensibilité des lichens à la pollution atmosphérique, leur alimentation en eau dépend principalement de l'atmosphère, sous forme pluie, de brouillard, de brume ou de rosée (**Larson, 1987**).

, et cesse par temps chaud et sec.

C .Modification de la végétation lichénique en réponse aux changements de la pollution atmosphérique

D'après **Fiore-Donno (1996)**, On distingue cinq zones de végétation lichénique soit :

1. Désert lichénique.
2. Ville et zone industrielle : zone à forte pollution due essentiellement au SO₂ qui réduit radicalement le nombre d'espèce fréquent ailleurs, produit une acidification secondaire des écorces, ces condition favorisent la présence d'espèces acidophiles et réduisent celle d'espèces basophiles.
3. Auteur des villes, il existe une zone où coexistent la pollution due au so₂ et l'effet fertilisant de la compagne environnante .les espèces baso-nitrophiles résistantes à la pollution, fréquentes ailleurs, sont présentes, même si de manière réduite.
4. En s'éloignant des zones polluées, on trouve une situation intermédiaire, où apparaissent des espèces sensible, mais des signes d'eutrophisation des écorces sont donnés par l'absence d'espèce qui ne supporte pas cette dernière.
5. Dans la zone la moins polluée, en plus des espèces citées auparavant, on trouve des espèces acidophiles.

2 *Pseudevernia furfuracea* :

2.1 Définition :

Pseudevernia furfuracea, communément appelée mousse d'arbre, est une espèce lichénisée de champignon qui pousse sur l'écorce des sapins et des pins. Le lichen est plutôt sensible à la pollution atmosphérique, sa présence indiquant généralement de bonnes conditions atmosphériques dans le lieu de culture. L'espèce a de nombreuses utilisations humaines, notamment en parfumerie, en embaumement et en médecine. De grandes quantités de mousse d'arbre sont traitées chaque année en France pour l'industrie de la parfumerie (Jullianet al, 2002).

2.2 Description

La *Pseudevernia furfuracea* est associée aux Photobionte du genre d'algues vertes *Trebouxia* (Kranter, 2002).

Il se reproduit de manière asexuée par les isidies (Hale et Moi, 1968). L'ontogénie du développement des isidies et son rôle dans l'échange de gaz CO₂ chez *Pseudevernia furfuracea* ont été étudiés (Tretiach et al, 2005). Les surfaces de croissance préférées pour *Pseudevernia furfuracea* sont les écorces dites «pauvres en éléments nutritifs», y compris le bouleau, le pin et l'épinette (Diva –portel et al).

L'espèce possède deux variétés morphologiquement identiques qui se distinguent par les métabolites secondaires qu'elles produisent: var. *ceratea* Zopf produit de l'acide olivétorique et d'autres acides physodique, tandis que var. la *furfuracée* produit de l'acide physodique mais pas olivétorique. Certains auteurs (par exemple, Hale et al, 1968) ont séparé les schétypes au niveau des espèces, désignant les spécimens contenant de l'acide olivétorique comme *Pseudevernia olivetorina*, mais la littérature plus récente les sépare au niveau variétal (Halvorsen et al, 2008).

2.3 Morphologie de *Pseudevernia furfuracea* :

Pseudevernia furfuracea, est un lichen fruticuleux représenté par un thalle en touffe dressée ou pendante de 5-15 cm dans sa plus grande dimension, formé principalement de lobes en lanière, ramifiés, canalicules en "gouttière" de 2-6 mm de largeur et aux faces supérieure et inférieure de structure différente, face supérieure lisse à furfuracée, grisâtre pâle, gris pâle un peu violacé, (plus gris-verdâtre dans la variété *furfuracea* et plus gris blanchâtre dans la variété *ceratea* et en particulier sa forme saxicole *Pseudevernia furfuracea* var. *ceratea* forme saxicole), plus ou moins couverte (surtout vers la base où elles sont plus développées) d'isidies cylindriques de 1- 5 mm de hauteur, gris-verdâtre qui lui donnent un aspect de toison hirsute ; face inférieure blanchâtre, blanc-rosé, dans la jeunesse puis devenant brun-ochracé rosé, brunâtre et même noirâtre avec l'âge (Van Haluwyn et Asta, 2009).

Apothécies très rares (présentes surtout en montagne), en écuelle ou en coupe au sommet d'un court stipe, disque concave, brunâtre, brun-verdâtre, marge ridée. Spores incolores, elliptiques simples, 7-10 x 4-5 µm. Photobionte : trébouxiode (Van Haluwyn et Asta, 2009) (figure 5).



Figure 5 : la morphologie des apothécies de *Pseudevernia furfuracea*

Il existe deux races chimiques d'après Elix (2008).

Pseudevernia furfuracea var. *furfuracea* : Cette variété étant en général gris-verdâtre, surtout si le climat est très humide, elle est également parfois fertile.

Pseudevernia furfuracea var. *ceratea* (Ach.) D. Hawksw : Cette variété étant en général plus gris blanchâtre, non fertile.

2.4 Systématique de *Pseudevernia furfuracea*

La classification de l'espèce était décrite par **Ozenda et Clauzade(1970)**

Règne : Fungi

Embranchement : Ascomycota

Classe : Lecanoromycetes

Ordre :Lecanorales

Famille : Parmeliaceae

Genre : Pseudevernia

Espèce : *Pseudevernia furfuracea*(L)

2.5 Composés bioactifs

En plus de l'acide physodique mentionné ci-dessus, *P. furfuracea* contient également l'acide 2 hydroxy-4-méthoxy- 3,6-diméthylbenzoïque(**Kirmizigul et al,2003**). Atranorine,l'acide oxyphysodique et l'acide virensique(**Proksa et al,1994**).De ces composés,l'atranorine a montré l'inhibition la plus élevée des enzymes protéolytiques trypsine et élastase pancréatique porcine.La recherche suggère que la biosynthèse à la fois de l'atranorine et de l'acide physodique est influencée par la coopération des bactéries épiphytes (**Blanch M et al,2001**).

Un certain nombre de composés stéroïdes ont été identifiés à partir de *Pseudevernia furfuracea*, y compris le peroxyde d'ergostérol,l'ergostérol et le lichostérol(**Wojciech et al, 1973**).

2.6 Les usages

A. Parfums

De grandes quantités de mousse d'arbre(environ 1900 tonnes en 1997) sont traitées à Grasse en France, pour l'industrie de la parfumerie (**Jullian et al,2002**).

B. Embaumement

Lors de l'embaumement égyptien antique, *Pseudevernia furfuracea* a été trouvé emballé dans la cavité corporelle des momies, (Club et Torrey, 1882 ; Nicholas et al, 2000). Bien qu'il ne soit pas certain que cela ait été fait en raison des propriétés de conservation supposées ou des propriétés aromatiques du lichen (Baumann, 1960).

C. Activité antimicrobienne

Extraits solubles de *Pseudevernia furfuracea* var. *furfuracea* et var. *ceratea*, ainsi que les composés spécifiques qui s'y trouvent, ont une activité antimicrobienne contre une variété de microorganismes.

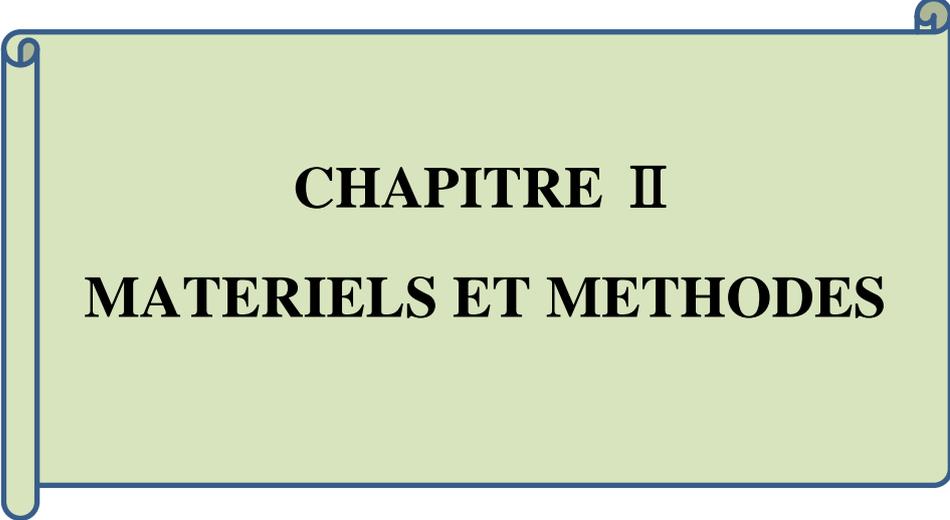
D. Usage médicinal

A Alfacar et Viznar, Andalousie (Espagne), *Pseudevernia furfuracea* est utilisé pour Usage médicinal les troubles respiratoires. Le thalle est lavé et bouilli longuement pour préparer une décoction qui se boit (Gozález-Tejero et al, 1995).

Il a été démontré que les extraits aqueux de cette espèce ont un puissant effet, protecteur sur la génotoxicité causée par des composés de bismuth tels que le sous-citrate de bismuth colloïdal (Geyikoglu et al, 2007).

2.7 Sorption des métaux lourds

Pseudevernia furfuracea a été étudié pour sa capacité à absorber les métaux lourds de la solution. Il a été démontré que la biosorption de liaison des métaux pour le cuivre (II) et le nickel (II) suit les modèles isothermes de Langmuir et Freundlich, ce qui suggère qu'elle pourrait avoir un potentiel comme biosorbant pour le traitement des déchets de métaux lourds. (Ates et al, 2007).



CHAPITRE II
MATERIELS ET METHODES

II.1 Matériel et méthodes

Notre étude a porté l'étude de *Pseudevernia furfuracea* récolté au massif de chéra afin de réaliser une

- identification botanique des espèces retrouvées
- étude morphométrique
- et une caractérisation chimique

1.1 Lieu de stage :

Notre étude est réalisée au niveau du laboratoire de l'institut CRPC sur une période de 03 mois, cette période a été interrompue à cause de la situation sanitaire de l'Algérie.

1.2 Matériel :

Notre matériel est constitué d'un matériel non biologique à savoir verrerie et appareillage (Annexe, tableau 7) et un matériel biologique représentés par des pieds de *Pseudevernia furfuracea* récoltés sur Cèdre ou chêne liège.

1.2.1 Échantillonnage

Les pieds de *Pseudevernia furfuracea* ont été récoltés vers la fin du mois d'Avril à la Mi-mai à raison d'un prélèvement par semaine.

Le prélèvement est effectué tous les quatre cents mètres en commençant par le bord de la route jusqu'à 1200m à la profondeur de la forêt à une altitude de 600m, les échantillons récoltés sont par la suite identifiés, séchés afin de les caractériser.

Sur le terrain, nous avons détaché les thalles lichéniques de *Pseudevernia furfuracea* collés sur les troncs d'arbres à l'aide d'un couteau.

La région d'échantillonnage de l'espèce *Pseudevernia furfuracea* est caractérisée par l'abondance du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica Maniti*) et du chêne-liège (*Quercus suber*). Tous les thalles de *Pseudevernia furfuracea* sont prélevés sur cèdre de l'Atlas.



Figure6 : situation géographique de parc national de chrea.

II.2 Méthodes

2.1 Identification de l'espèce :

L'identification a été réalisée à l'école supérieure de l'enseignement de KOUBA par le Professeur Saïb suivant une clé de détermination proposée par **Van Haluwyn *et al.*** En 2009 et 2014.

2.2 Séchage et broyage

Après identification l'échantillon est séché à l'ombre dans un papier journal à l'abri de l'humidité pour une période de quinze jours tout en retournant la plante afin d'éviter les moisissures.

Une fois secs tous les échantillons ont été réduits en poudre à l'aide d'un broyeur électrique (type Moulinex).

2.3 Caractérisation morphométrique

Afin de différencier entre les différents échantillons nous avons mesuré à l'aide d'une règle graduée (double décimètre) la longueur et la largeur du thalle ; la longueur des isidies ainsi que le rapport longueur sur largeur.

Ces mesures ont pour objectif de connaître l'état du stress des espèces environnantes.

Nous avons pris en considération la couleur qui est indice de pollution.

2.4 Identification des composés phénolique de *Pseudevernia furfuracea*

2.4.1 Préparation des extraits

Pour préparer l'extrait de méthanol, des échantillons de plantes séchées (10 g) ont été macéré avec 200 ml de méthanol pendant 24 h à température ambiante. Une autre portion de l'échantillon de plante séchée (10 g) était extraite dans de l'eau désionisée bouillante (200 ml) pendant 15 min à obtenir l'extrait aqueux. Le méthanol a ensuite été éliminé en utilisant un évaporateur rotatif à 40 ° C. L'extrait d'eau a été congelé. Tous les extraits ont été conservés à +4 ° C jusqu'à leur analyse.

Les rendements des extraits de méthanol et d'eau ont été déterminés comme 9,37 et 9,12% (p / p) respectivement.

2.4.2 Caractérisation par Technique de HPLC

2.4.2.1 Objectif

C'est une technique qui permet la séparation ou la purification d'un ou de plusieurs composés d'un mélange en vue de leur identification et de leur quantification.

La chromatographie en phase liquide a permis de réaliser des analyses qui n'étaient auparavant pas possible avec les techniques sur couche mince ou en phase gazeuse. L'origine la chromatographie en phase liquide se faisait sur des colonnes en verre. Le liquide traversait la phase stationnaire par gravité ou sous faible pression. Puis pour augmenter le débit, des manipulations ont été réalisées sous pression plus forte. C'est ce que l'on a appelé la chromatographie liquide sous haute pression (HPLC). Très rapidement le P de pression est devenu le P de performance lorsque l'on a optimisé la technique (diminution de la taille de particules de la phase stationnaire, régularité de cette phase...) (**Willia.T et Cooper, 2006**)

2.4.2.2 Principe :

Les composés à séparer (solutés) sont mis en solution dans un solvant. Ce mélange est introduit dans la phase mobile liquide (éluant). Suivant la nature des molécules, elles interagissent plus ou moins avec la phase stationnaire dans un tube appelé colonne

chromatographique. La phase mobile poussée par une pompe sous haute pression, parcourt le système chromatographique. Le mélange à analyser est injecté puis transporté au travers du système chromatographique. Les composés en solution se répartissent alors suivant leur affinité entre la phase mobile et la phase stationnaire. En sortie de colonne grâce à un détecteur approprié les différents solutés sont caractérisés par un pic. L'ensemble des pics enregistrés est appelé chromatogramme(**figures 7et 8**)

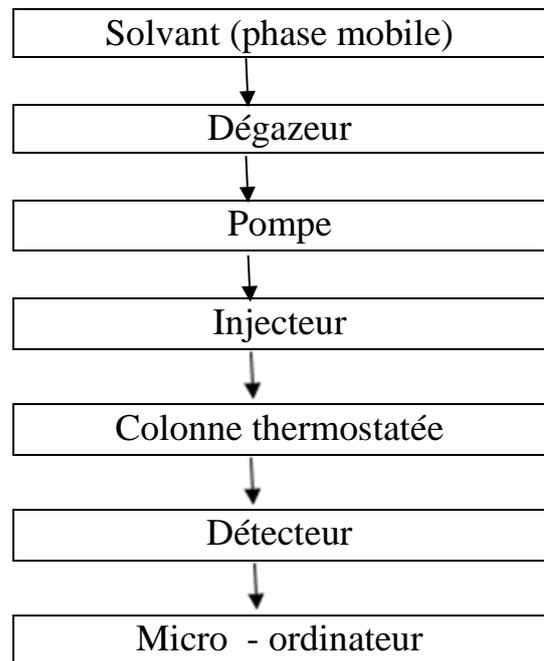


Figure 7:Schéma d'une installation de hplc avec double détection

2.4.2.3 Appareillage

Un appareil d'HPLC comprend différents modules : un réservoir à solvant contenant la phase mobile, un système de pompage permettant d'effectuer des éluions graduées, un injecteur, une colonne, un détecteur et un système d'acquisition de données(ou d'un intégrateur ou enregistreur) la figure ci-dessous comporte les différentes composantes d'une chaîne HPLC.

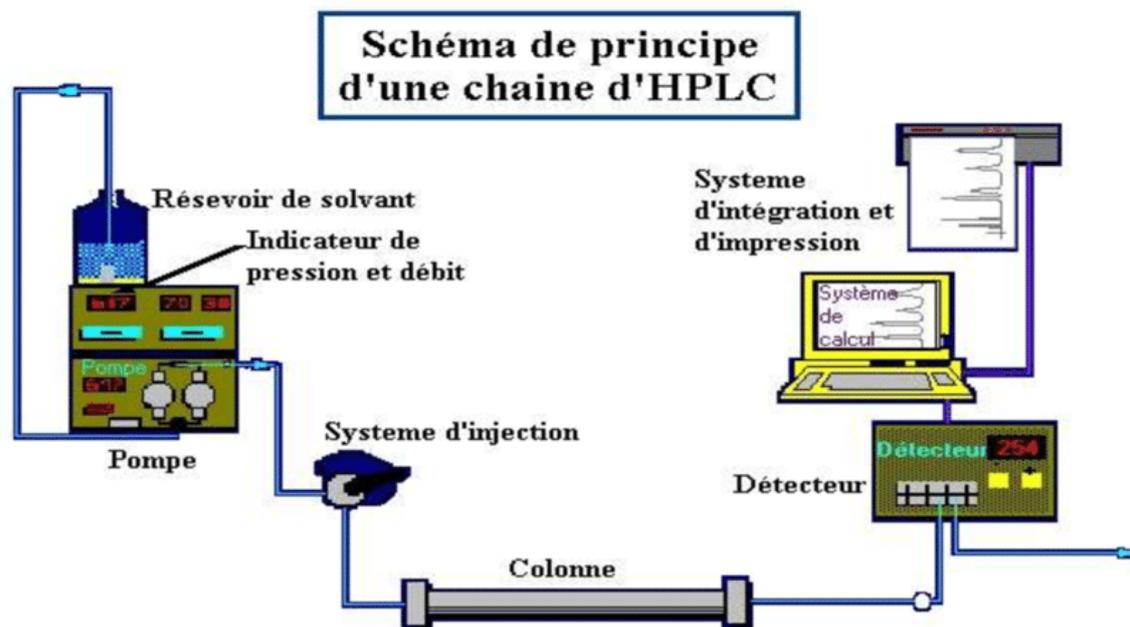
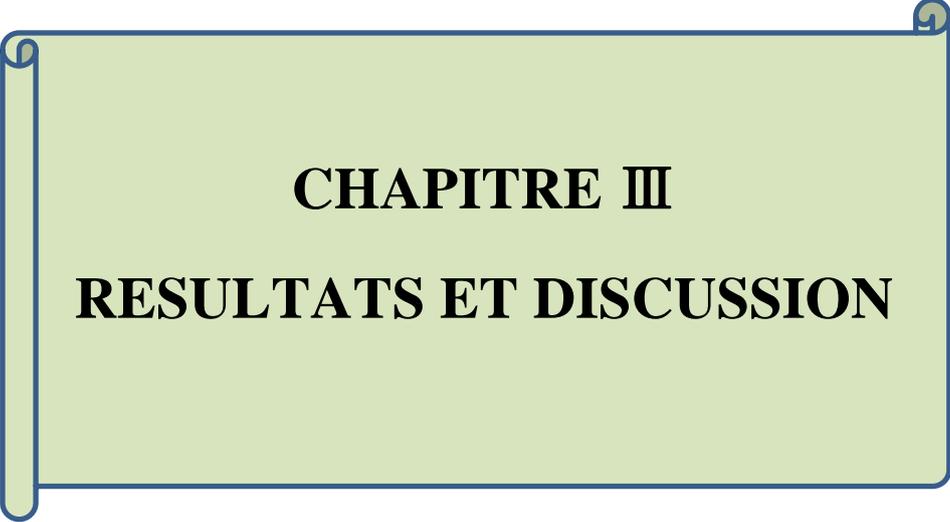


Figure 8: Schéma d'une installation HPLC. (ANONYME 9, 2015).

La phase mobile, délivrée à partir d'un ou plusieurs réservoirs, circule à travers la colonne, généralement à débit constant, puis passe à travers le détecteur. Ces modules sont reliés entre eux par l'intermédiaire de canalisations de très faible diamètre interne (0,1 mm) pour assurer la circulation de la phase mobile. (KILADJIAN, 2011).



CHAPITRE III
RESULTATS ET DISCUSSION

III.1 Résultats de l'identification :

Après identification des échantillons récoltés nous avons confirmé que l'espèce prélevée est *Pseudevernia furfuracea* avec l'identification de deux variétés qui sont :

Pseudevernia furfuracea var. *furfuracea* cette variété étant en général gris-verdâtre est plus longue et plus mince (Figure n° 9)



Figure 9 : morphologie des thalles et couleur de *Pseudevernia furfuracea* var. *furfuracea*.

(Original,2020)

Et *Pseudevernia furfuracea* var. *ceratea* présentant des lobes souvent très larges en particulier à la marge du thalle et de coloration blanchâtre, les isidies, même à la base des rameaux, sont souvent très rares ou alors très petites dans les formes bien typiques. (Figure n° 10)



Figure 10: morphologie des thalles et couleur de *Pseudevernia furfuracea* var. *ceratea*.

(Original, 2020)

1.1 Résultats de la diversité morphométrique :

Les paramètres morphométrique ont été représentés dans les tableaux (et) en exprimant la moyenne des mesures pour chaque échantillon ainsi que chaque paramètre.

Tableau 2 : Moyennes des mesures effectuées sur les thalles et d'isidies du *Pseudevernia furfuracea* var. *furfuracea*

Paramètres Echantillons	Longueur des thalles	Largeur des thalles	Longueur/ largeur	Hauteur des isidies	Couleur
Echantillon 1 bord de la route (0m)	3.3 cm	1 mm	2mm	0.5mm	Gris claire (allant au blanc)
Echantillon 2 400m	4cm	2mm	3.3cm	1mm	Gris foncé
Echantillon 3 800m	8.5cm	9 mm	8.6cm	3mm	Vert claire
Echantillon 4 1200m	12cm	14mm	9.4cm	5mm	Verte

Tableau 3 : Moyennes des mesures effectuées sur les thalles et d'isidies du *Pseudevernia furfurceae* var. *ceratea*

Paramètres Echantillons	Longueur des thalles	Largeur des thalles	Longueur/ largeur	Hauteur des isidies	Couleur
Echantillon 1 bord de la route (0m)	19mm	9mm	2.1mm	0. mm	Blanche
Echantillon 2 400m	3.2 cm	15mm	2.2mm	0.2mm	Gris blanchâtre
Echantillon 3 800m	5cm	2cm	2.5cm	0.3mm	Gris claire
Echantillon 4 1200m	8cm	3.5cm	2.8	0.5mm	Gris foncé

1.2 Résultats de l'Analyse statistique :

L'analyse statistique des résultats obtenus a été réalisée par le logiciel SPSS© version 20.0.0 pour WindowsTM. Les expériences ont été répétées quatre fois et les résultats montrent les mêmes tendances.

Une analyse de la variance (ANOVA) est réalisée pour voir l'existence de différences statistiquement significatives entre les paramètres morphologiques de *Pseudevernia furfurceae*.

Un test de Corrélacion (la corrélation de Pearson) : pour voir s'il y a une association entre les paramètres.

Tests appliqués :

- Analyse de variance (ANOVA) au seuil 5%
- Corrélation de Pearson au seuil 1%

1.2.1 Résultat de l'étude morphométrique de la longueur et la largeur des thalles

1) Cas de *Pseudevernia furfuracea* var. *furfuracea*

Les résultats de l'analyse de l'étude morphométrique du rapport longueur/largeur des thalles avec la distance sont représentés dans la figure et le tableau

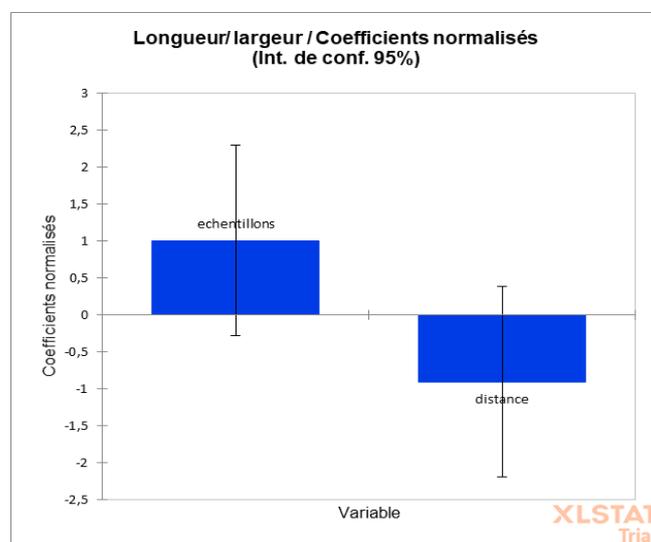


Figure11 : résultats de l'analyse de l'étude morphométrique de rapport longueur / largeur des thalles.

Tableau 4 : Les résultats de l'analyse de la variance ANOVA de l'étude morphométrique de rapport longueur / largeur des thalles.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Longueur/largeur	40	0	40	1,700	246,000	8,475	38,522
Echantillons	40	0	40	1,000	40,000	20,500	11,690
Distance	40	0	40	0,000	1200,000	600,000	452,911

Interprétation

Etant donné le R^2 , 7% de la variable dépendante Longueur/ largeur et étant donnée la p-value associée à la statistique F calculée dans le tableau d'analyse de la variance, ainsi que le niveau de signification de 5% choisi, les variables explicatives n'apportent pas d'information au modèle comparée à ce qu'apporterait la seule moyenne de la variable dépendante ce qui prétend que le test n'est pas **significatif**. Cela peut être interprété de différentes façons : soit les variables ne contribuent pas à l'explication du modèle, soit des Co variables (d'autres paramètres) combinées aux variables déjà présentes sont manquantes.

2) Cas de *Pseudevernia furfuracea* var. *Ceratea*

Les résultats de L'analyse de l'étude morphométrique de rapport longueur/largeur des thalles avec la distance représentés dans la figure et le tableau

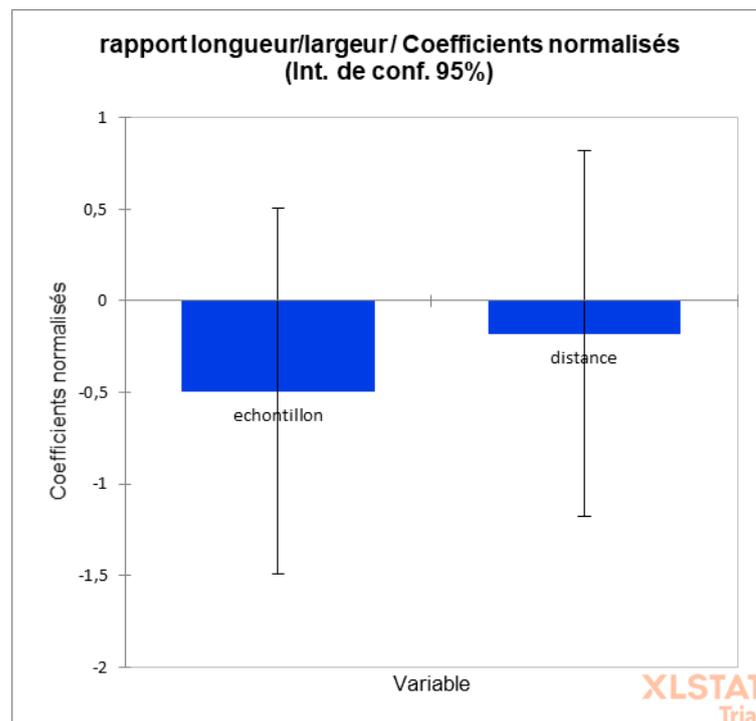


Figure 12: résultats de l'analyse de l'étude morphométrique de rapport longueur / largeur des thalles

Tableau 5 : Les résultats de l'analyse de la variance ANOVA de l'étude morphométrique rapport longueur / largeur des thalles.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
rapport longueur/largeur	40	0	40	2,000	33,000	12,796	5,973
échantillons	40	0	40	1,000	40,000	20,500	11,690
distance	40	0	40	0,000	1200,000	600,000	452,911

Interprétation

Etant donné le R^2 , 44% de la variable dépendante rapport longueur/largeur et étant donnée la p-value associée à la statistique F calculée dans le tableau d'analyse de la variance, ainsi le niveau de signification de 5% choisi, l'information apportée par les variables explicatives est significativement meilleure comparée à ce qu'expliquerait la seule moyenne de la variable dépendante.

3) La différence entre les deux variétés de *Pseudevernia furfuracea*

Les résultats de l'analyse de la variance ANOVA de l'étude morphométrique de rapport longueur / largeur des thalles entre les deux variétés de *Pseudevernia furfuracea* représentés dans la figure 11 et le tableau 6

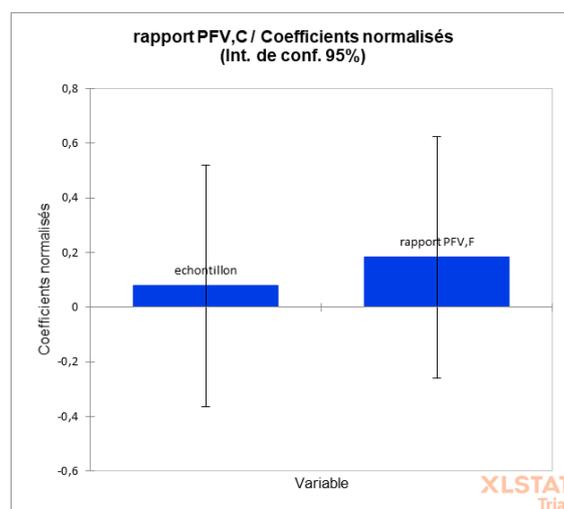


Figure 13 : Les résultats de l'analyse de la variance ANOVA de l'étude morphométrique de rapport longueur / largeur des thalles entre les deux variétés de *Pseudevernia furfuracea*.

Tableau 6: Les résultats de l'analyse de la variance ANOVA de l'étude morphométrique rapport longueur / largeur des thalles entre les deux variétés de *Pseudevernia furfuracea*

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
rapport <i>Pseudevernia furfuracea</i> var. <i>ceratea</i>	40	0	40	1,700	5,000	2,386	0,491
rapport <i>Pseudevernia furfuracea</i> var. <i>furfuracea</i>	40	0	40	2,000	33,000	12,796	5,973
Echantillons	40	0	40	1,000	40,000	20,500	11,690

1.2.2 Résultats de la variation de la couleur:

Les lichens sont des bio indicateurs de la pollution c'est pourquoi nous trouvons une variabilité de la couleur allant du blanchâtre grisâtre ou circulent les voiture (bord de la route) au verdâtres à la profondeur de la forêt car le micro climat est propre et l'oxygène et l'humidité sont élevés.

1.3 Résultats dès la caractérisation phytochimique de *Pseudevernia furfuracea*

Les composées phénolique de *pseudeverniafurfuracea* sont identifiées selon la méthode décrite dans la partie « matériels et méthodes » qui est la méthode de hplc ; sur le chromatogramme, chaque pic correspond à un produit détecté. Un pic idéal a une forme de Gaussien.

Le chromatogramme suivant a donné les résultats de l'analyse chromatographique de l'extrait méthanolique de *pseudeverniafurfuracea* (figure 12)

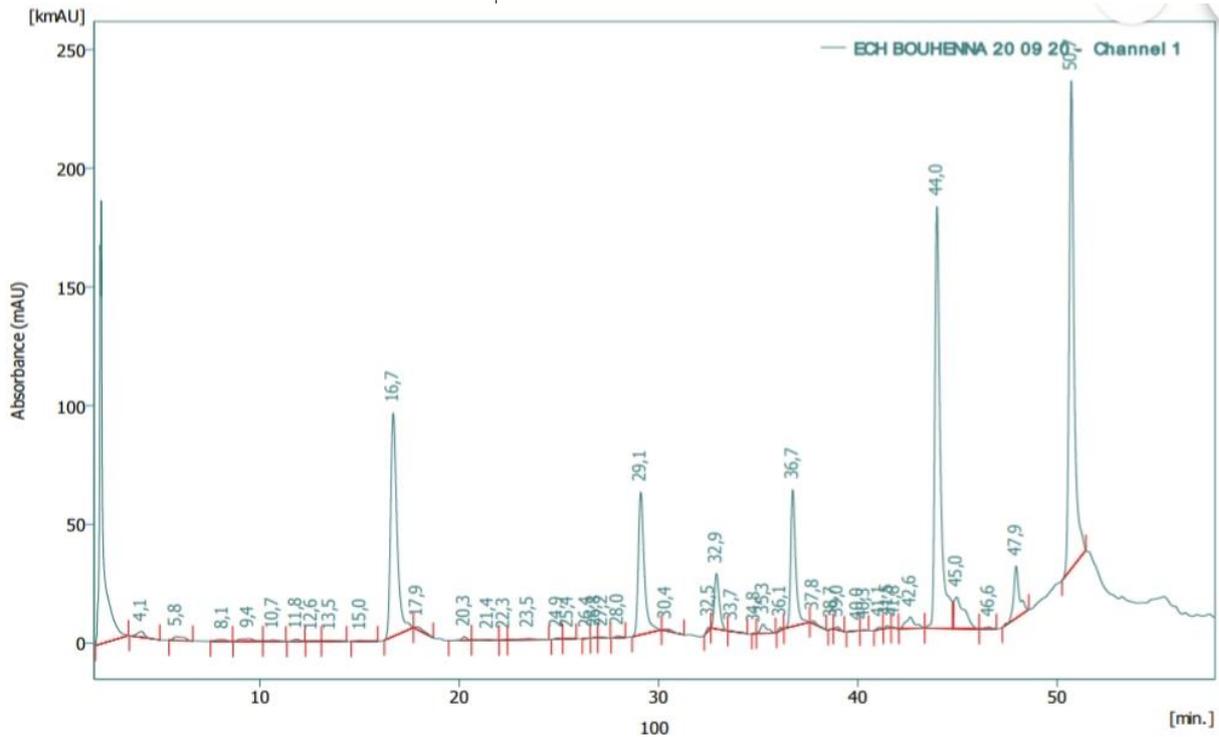


Figure14 : Chromatogramme De L'extrait Méthanolique De *Pseudevernia Furfuracea* De Région De Chrea

Interprétations des résultats :

Après le passage de notre extrait Méthanolique en HPLC nous avons constaté la formation de quatre pics avec des temps de séparations (50,7 ; 47,9 ; 36,7 ; 32,9) correspondant respectivement à des composés phénoliques à savoir **Diosmine ; Galangine ; penta hydroxy flavone et Naringinin.**

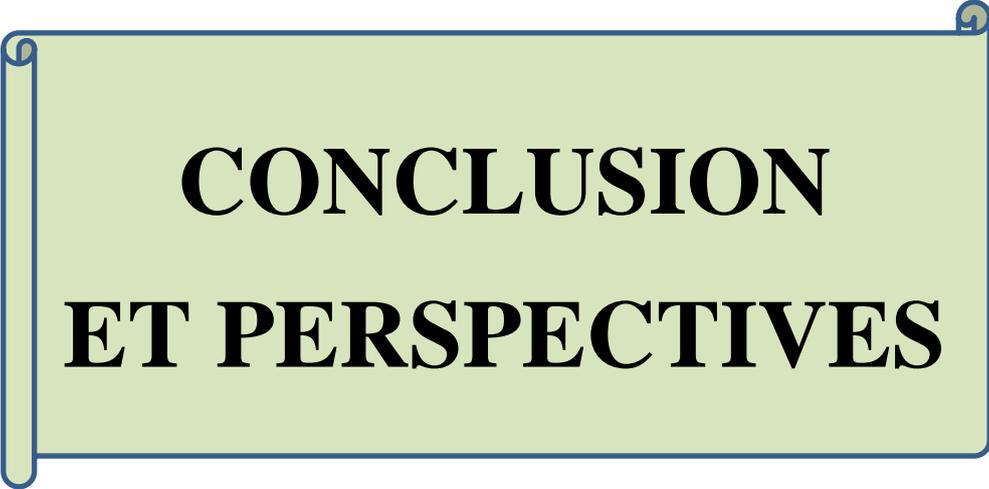
notre résultat a été comparé avec des analyses de composition chimique et activité antioxydante de l'espèce de lichens (*Pseudevernia furfuracea L*) collectée au Maroc où ils ont trouvé une composition différente de la notre est qui est **atranorine, chloratranorine, et acide physodalique**

D'après nos résultats il a été constaté que l'extrait Méthanolique de *P. furfuracea* de la région de Chrea présentait des capacités anti-oxydantes les plus élevées car il est riche en composés phénoliques.

Et en étudiant le contenu des composés phénoliques de *Pseudevernia furfuracea*. Nos résultats ont montré que les extraits de lichen étudiés présentaient une activité antioxydante relativement forte des radicaux hydroxyles qui était corrélée à une forte teneur totale en phénols. Ces résultats sont en accord avec les conclusions de plusieurs études indiquant que les extraits

de lichen à plus haute teneur en phénol (Bown, 2001, Elix et Stocker-Wörgötter, 2012, Manojlović et al., 2012, Aoussar et al., 2017). En plus, nous avons montré que l'extrait d'acétone de *P. furfuracea* est une bonne source d'antioxydants naturels (Bilgin Sokmen et al., 2012 , Kosanic 'et al., 2013, Mitrović et al., 2014 , Aoussar et al. , 2017).

Les métabolites secondaires du lichen présentent des intérêts biologiques pour les humains en tant que produits pharmaceutiques. Leur biosynthèse et les voies impliquées dans leur régulation ont été passées en revue par un certain nombre d'auteurs et de nombreuses études ont focalisé leur rôle biologique en tant que protecteurs du thalle contre divers stress et leur permettant de supporter des conditions environnementales défavorables à leur croissance. Comprendre comment la qualité et / ou la quantité des substances de lichen varient en réponse aux fluctuations de facteurs environnementaux, tels que les conditions de température, de précipitations et d'intensité du rayonnement solaire, a intéressé plusieurs lichénologues (Nchabeleng et al., 2012, Jayanthi et al., 2013, Odjegba et Alokalo, 2013).



**CONCLUSION
ET PERSPECTIVES**

Le présent travail est une étude de la biodiversité de *Pseudevernia*, dans la région de Blida chrea, et identification des composés chimiques de l'espèce de genre *Pseudevernia* dans la région d'étude.

Ainsi qu'une étude morphométrique sur *Pseudevernia*.

Ce travail est basé sur la caractérisation chimique et l'analyse statistique morphométrique de *Pseudevernia* en fonction de lieu de récolte.

L'extraction de méthanol de l'espèce par hydrodistillation a fourni un rendement de 9.37%.

Les analyses par HPLC montrent que la composition chimique de l'espèce identifiée diffère qualitativement et quantitativement et cela est dû au :

- facteur climatique
- la méthode de l'extraction

Sur la base de ces résultats, les extraits *Pseudevernia furfuracea* représentent une source intéressante de composés phénoliques avec propriétés antioxydante, qui seraient intéressantes dans les industries pharmaceutique et alimentaire. Des recherches supplémentaires sont cependant nécessaires pour l'isolement de ces composés et la détermination de leur activité antioxydante.

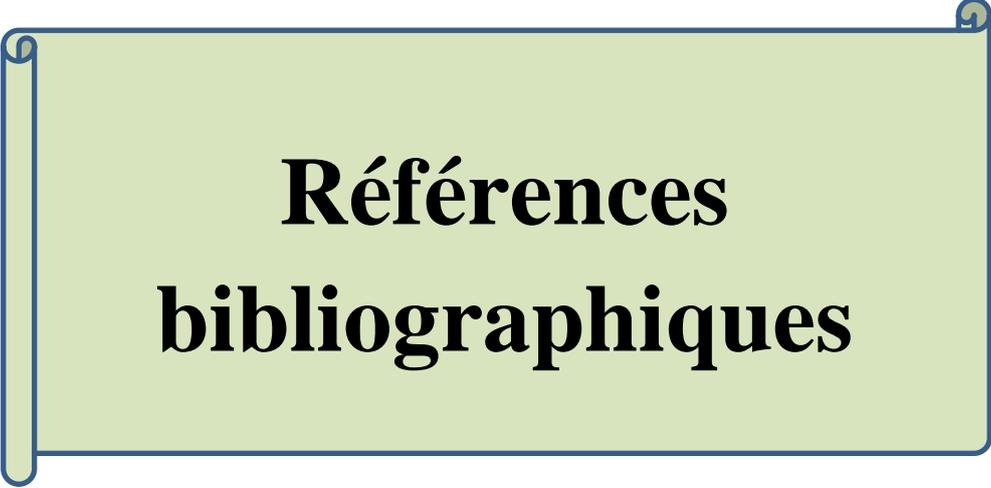
Ce travail nécessite un suivi afin de pouvoir utiliser les différents constituants et molécules identifiés à des fins industrielles telles que le domaine de la cosmétique, l'industrie pharmaceutique ainsi que le domaine agroalimentaire.

Lors de notre étude on s'est fixé l'objectif sur l'évaluation de la variabilité existante entre les deux variétés de l'espèce étudiée en se basant sur la description morphologique des thalles par l'analyse de la variance ANOVA et la corrélation de Pearson.

Ce résultat souligne l'importance que peut apporter l'utilisation des descriptions morphologiques pour faire un inventaire et l'identification primaire de *Pseudevernia* afin de connaître notre patrimoine floristique.

En perspective, il serait intéressant de poursuivre cette étude, en réalisant des analyses par divers technique chromatographique quantitatives et qualificatives plus performantes.

De réaliser d'autre étude de la biodiversité sur d'autres ressources végétales pour mieux valoriser notre patrimoine floristique.

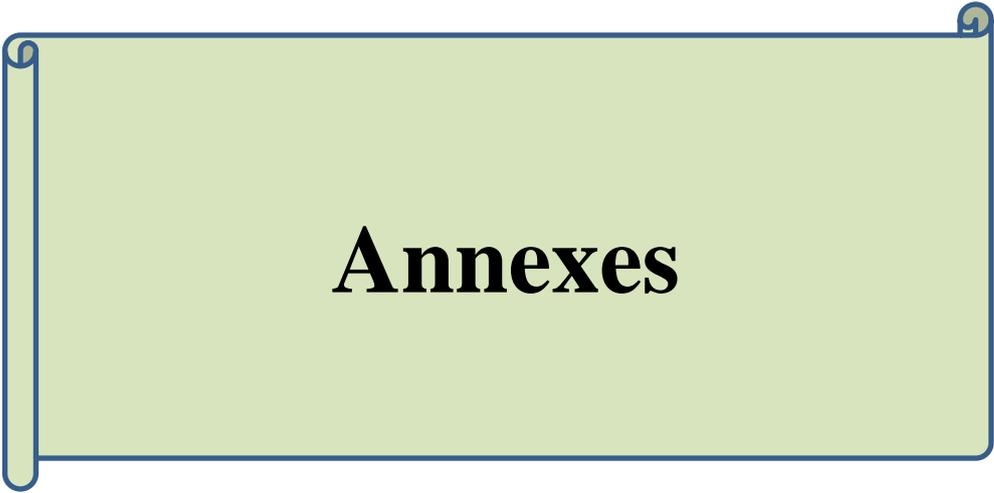


**Références
bibliographiques**

1. **Ahti, T., Jorgensen, P. M., Kristinsson, H., Moberg, R., Sochting, U., Thor, G. (2007)** Nordic Lichen Flora, Vol.3; The Nordic, p. 219.
2. **Bates, S. T., Cropsey, G. W. G., Caporaso, J. G., Knight, R., and Fierer, N. (2011)** Bacterial communities associated with the lichen symbiosis. *Applied and Environmental Microbiology* 77, 1309–1314.
3. **Biéro, T., Laroubine, C., Lottin, N., Vaudoré, D. (2008)** Val d'Orne Environnement Société Linnéenne de Normandie Parc Naturel régional Normandie Maine, p. 94.
4. **B. BilginSokmen, K. Kinalioğlu, S. Aydin** Activités antimicrobiennes et antioxydantes de *Pseudeverniafurfuracea* (L.) Zopf var. *furfuracea* et lichens d'*Everniaprunastri* récoltés dans la région de la mer Noire *GU J. Sci.* , 25 (2012), pp. 557 – 565
5. **Blanch M, Blanco Y, Fontaniella B, Legaz ME, Vicente C (2001).**"Production of phenolics by immobilized cells of the lichen *Pseudevernia furfuracea*: the role of epiphytic bacteria". *Int. Microbiol.* 4 (2): 89–92. Doi:10.1007/s101230100019. PMID 11770830
6. **Boustie, J., Grube, M. (2005)** *Plant Genetic Resources* 3, 273–328
7. **Bown, 2001 D.** *Bown Encyclopedia of Herbs and their Uses* Dorling Kindersley, London (2001)
8. **Büdel, B., Karsten, U., Garcia-Pichel, F. (1997)** *Oecologia* 112, 165–172.
9. **Club, Torrey Botanical (1882).** *Bulletin du Torrey Botanical Club - Recherche de livres* Google
10. **Davies, J., Wang, H., Taylor, T., Warabi, K., Huang, X.-H., and Andersen, R. J. (2005)** Uncialamycin, A New Eneidyne Antibiotic. *Organic Letters* 7, 5233–5236.
11. **Davies, J., Wang, H., Taylor, T., Warabi, K., Huang, X.-H., and Andersen, R. J. (2005)** *Organic Letters* 7, 5233–5236.
12. **Delmail, D., Grube, M., Parrot, D., Cook-moreau, J., Boustie, J., Labrousse, P., Tomasi, S. (2013)** *Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress*, Springer, New York, 115–148.
13. **Dobson, F. (2005)** *Lichens : An illustrated guide to the British and Irish species;* Shoulg, Royaume-Uni, p. 480. centre d'investigations cliniques.Paris.79p.
14. **Elix, J. A., Stocker-Wörgötter, E. (2008)** In *Lichen Biology*, pp. 1116–1145.
15. **Geyikoglu F, Turkez H, Aslan A (September 2007).** "The protective roles of some lichen species on colloidal bismuth subcitrate genotoxicity". *ToxicolIndHealth.* 23 (8): 487–92.
16. **Hale, MOI. (1968).** "Un synopsis du genre de lichen *Pseudevernia* ". *Le bryologue* 71 (1): 1–11. Doi : 10.2307 / 3240645. JSTOR 3240645.
17. **Halvorsen, R; Bendiksen, E. (2008).** "La variation chimique de *Pseudeverniafurfuracea* en Norvège". *Journal nordique debotanique.* 2 (4): 371–380. Doi :10.1111 / j.1756 1051.1982.tb01202.x.
18. **Hodkinson, B. P., and Lutzoni, F. (2010)** A microbiotic survey of lichen-associated bacteria reveals a new lineage from the Rhizobiales. *Symbiosis* 49, 163–180.
19. **Honegger, R. (2012)** The Symbiotique Phenotype of Lichen-Forming Ascomycetes and Their Endo- and Epibionts, in *The mycota IX*, pp 287–339.

20. Honegger, R., Axe, L., Edwards, D. (2013) *Fungal Biology* 117, 512–518.
21. Jahns, H. M. (2007). **Guide Des Fougères, Mousses et Lichens d'Europe.**
Delachaux et Joulain, D; Guillaumon, N. (2002). " Pseudevernia furfuracea (" treemoss ") résinoïde dans la composition de parfum: problèmes analytiques". *Koryo, Terupen Oyobi Seiyu Kagaku Ni Kansuru Toronkai Koen Yoshishu* . 46 : 16–18.
22. KILADJIAN. (2011). Les phases de développement clinique d'un nouveau médicament.
23. Kranner, I. (2002). "Le statut de glutathion est en corrélation avec différents degrés de tolérance à la dessiccation dans trois lichens". *Nouveau phytologue*. 154 (2): 451–460. Doi : 10.1046 / j.1469- 8137.2002.00376.x.
24. Lawrey, J. D., and Diederich, P. (2003) *The Bryologist* 106, 80–120.
25. Lawrey, J. D., and Diederich, P. (2003) δichenicolous Fungi : Interactions, Evolution, and Biodiversity. *The Bryologist* 106, 80–120.
26. Longton, R. E. (1988) *The biology of polar bryophytes and lichens*; Cambridge, New York, p. 391.
27. Muggia, L., Gueidan, C., Knudsen, K., Perlmutter, G., and Grube, M. (2013) *Mycopathologia* 175, 523–35. mycorhiziens) dans les écosystèmes forestiers actuels. *Revue forestière française*, 49:25–39.
28. Nardelli, A., Giménez-Arnau, E., Bernard, G., Lepoittevin, J.-P., Goossens, A. (2009) *Contact Dermatitis* 60, 91–95.
29. Nash, T. H. (2008) *Lichen Biology*; Cambridge, Royaume-uni, p. 498.
30. Nchabeleng et al., 2012L. Nchabeleng, F.N. Mudau, I.K. Mariga Effects of chemical composition of wild bush tea (*Athrixiphylicoides* DC.) growing at locations differing in altitude, climate and edaphic factors *J. Med. Plant Res.*, 6 (2012), pp. 1662-1666
31. Nguyen, K.-H., Chollet-Krugler, M., Gouault, N., and Tomasi, S. (2013) *Natural Products Report* 30, 1490–508.
32. Nicholson, Paul T; Shaw, Ian (2000). *Ancient Egyptian Materials and ...* - Google Book Search. ISBN 978-0- 521-45257-1. Retrieved 2008-12-19.
33. Oetl, S. K., Gerstmeier, J., Khan, S. Y., Wiechmann, K., Bauer, J., Atanasov, A. G., Malainer, C., Awad, E. M., Uhrin, P., Heiss, E. H., Waltenberger, B., Remias, D., Breuss, J. M., Boustie, J., Dirsch, V. M., Stuppner, H., Werz, O., Rollinger, J. M. (2013) *PLoS One* 8, 1–10.
34. Ozenda, P., Clauzade, G. (1970) *Les lichens : étude biologique et flore illustrée*; Masson, Paris, p. 801.
35. Parrot, D., Peresse, T., Hitti, E., Carrié, D., Grube, M., Tomasi, S. (2014) *Phytochemistry Analysis* (sous presse). Carreto, J. I., Carignan, M. O. (2011) *Marine Drugs* 9, 387–446.
36. Placzek, M., Frömel, W., Eberlein, B., Gilbertz, K.-P., Przybilla, B. (2007) *Acta Dermato Venereologica* 87, 312–316.
37. Sérusiaux, E., Diederich, P., Lambinon, J. (2004) *Les macrolichens de Belgique, du Luxembourg et du nord de la France - Clés de détermination*; Ferrantia.; Luxembourg, p. 192.

38. **Temina, M., Levitsky, D. O., Dembitsky, V. M. (2010)** Records of Natural Products 4, 79–86.
39. **Torres, A., Hochberg, M., Pergament, I., Smoum, R., Niddam, V., Dembitsky, V. M., Temina, M., Dor, I., Lev, O., Srebnik, M., Enk, C. D. (2004)** European Journal of Biochemistry 271, 780–784.
40. **Tretiach M, Crisafulli P, Pittao E, Rinino S, Roccotiello E, Modenesi P. (2005).** Isidiaontogeny et son effet sur les échanges de gaz CO₂ du lichen épiphyte *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf. Lichenologist 37 (5): 445–462.
41. **Van Haluwyn C, Asta J, Gavériaux JP. (2009).** Guide des lichens de France : lichens des arbres, Paris, Belin, 231 p.
42. **Van Haluwyn, C., Asta, J. (2009)** Guide des lichens de France : Lichens des arbres; Belin, Paris, p. 231.
43. **Watson, E. T., and Williams, S. T. (1974)** Studies on the ecology of actinomycetes in soil - VII. Actinomycetes in a coastal sand belt. Soil Biology Biochemistry 6, 43–52.
44. **William T. Cooper. (2006)** *Normal Phase Liquid Chromatography*, Encyclopedia of Analytical Chemistry p .201.
45. **Zopf, W. F. (1907)** Die Flechtenstoffe: In Chemischer, Botanischer, Pharmakologischer Und Technischer Beziehung, Germany, p. 468.



Annexes

Tableau 7 : matériel non biologique.

Verrerie et autre	Solutions	appareillage
Ballon à fond de 100 ml Bécher Burette à robinet graduée Entonnoir Flacon ombré	Eau distillée	Chauffe ballon Clevenger HPLC Balance

Tableau 8 : Moyennes des mesures effectuées sur les thalles et d'isidies du *Pseudevernia furfuracea* var. *furfuracea* des 40 échantillons.

Paramètres Echantillons	Longueur des thalles	Largeur des thalles	Longueur/ largeur	Hauteur des isidies	Couleur
Echantillon 1 bord de la route 0	3.3 cm	2 mm	33mm	0.5mm	Gris clair
	3.1	2	15.5		
	2.8	1	28		
	2.6	1	26		
	1.9	1	19		
	1.4	1	14		
	3.5	3	11.6		
	2.2	1	22		
	1.7	2	8.5		
	2	1	20		
Echantillon 2 400m	4 cm	2mm	2mm	1mm	Gris foncé
	4.8	3	16		
	5.6	4	14		
	7.1	5	14.2		
	7.5	5	15		
	5.2	4	13		
	6.8	5	13.6		
	6.3	5	12.6		
	6.6	5	13.2		
	5.4	4	13.5		
Echantillon 3 800m	8.5 cm	9mm	9.4mm	3mm	Verte clair
	8.7	9	9.6		
	9.1	10	9.1		
	9.3	10	9.3		
	10	11	9.09		
	10.1	11	9.18		
	9.5	10	9.5		
	9.7	10	9.5		
	8.3	9	9.2		
	8.8	9	9.7		
Echantillon 4 1200m	8.5 cm	9mm	9.4mm	5 mm	verte
	8.7	9	9.6		
	9.1	10	9.1		
	9.3	10	9.3		
	10	11	9.09		
	10.1	11	9.18		
	9.5	10	9.5		
	9.7	10	9.5		
	8.3	9	9.2		
	8.8	9	9.7		

Tableau 9 : Moyennes des mesures effectuées sur les thalles et d'isidies du *Pseudevernia furfuracea* var. *ceratea* des 40 échantillons

Paramètres Echantillons	Longueur des thalles	Largeur des thalles	Longueur/ largeur	Hauteur des isidies	Couleur
Echantillon 1 bord de la route (0m)	1.9	0.9	2.1	0. mm	Blanche
	2	1	2		
	1	0.5	2		
	1.5	0.3	5		
	1.8	0.9	2		
	2.4	1.2	2		
	2.6	1.3	2		
	2.5	1.4	1.7		
	1.6	0.7	2.3		
	2.9	1.4	2.07		
Echantillon 2 400m	3.2	1.5	2.2	0.2mm	Gris blanchâtre
	3.3	1.5	2.2		
	3.5	1.6	2.18		
	4.1	1.7	2.41		
	4.5	1.7	2.6		
	3.9	1.4	2.78		
	3.6	1.3	2.76		
	4.2	1.7	2.47		
	4.8	1.8	2.66		
	3.8	1.4	2.71		
Echantillon 3 800m	5	2	2.5	0.3mm	Gris claire
	5.2	2.1	2.47		
	5.3	2.2	2.4		
	6.1	2.5	2.44		
	5.9	2.5	2.36		
	6.4	2.5	2.56		
	5.7	2.4	2.37		
	7.1	2.9	2.44		
	6.8	2.7	2.51		
	7.4	3	2.46		
Echantillon 4 1200m	8	3.5	2.8	0.5mm	Gris foncé
	8.2	3.7	2.21		
	8.3	3.7	2.24		
	8.5	3.8	2.23		
	9.2	4.1	2.24		
	9.4	4.3	2.18		
	8.7	3.6	2.41		
	9.6	4.5	2.13		
	9.3	4.2	2.21		
	9.7	4.5	2.15		

Tableau 10 : Matrice de corrélation de *Pseudevernia furfuracea var. ceratea*

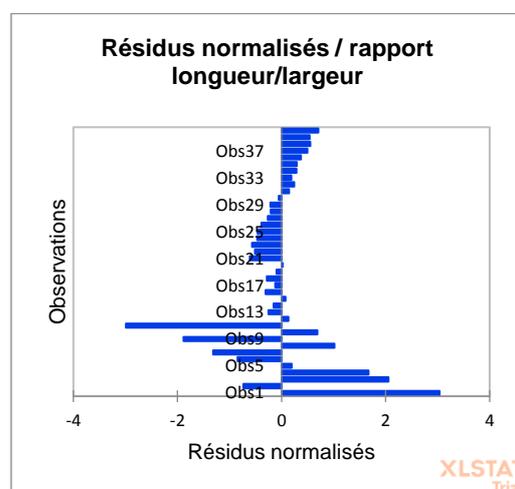
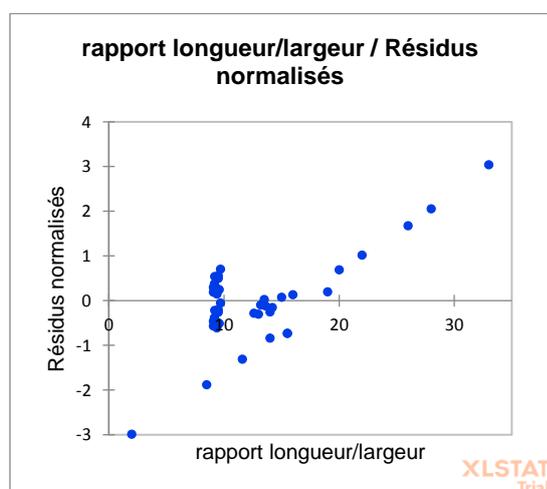
	échantillon	distance	rapport longueur/largeur
échantillon	1	0,969	-0,665
distance	0,969	1	-0,655
rapport longueur/largeur	-0,665	-0,655	1

Tableau 11 : Matrice de corrélation de *Pseudevernia furfuracea var. furfuracea*

	échantillons	distance	Longueur/largeur
échantillons	1	0,969	0,131
distance	0,969	1	0,071
Longueur/largeur	0,131	0,071	1

Tableau 12 : Matrice de corrélation entre les deux variétés de *Pseudevernia furfuracea*

	échantillon	rapport PFV, F	rapport PFV, C
échantillon	1	-0,665	-0,044
rapport PFV, F	-0,665	1	0,131
rapport PFV, C	-0,044	0,131	1

Figure 15 : résultats de l'analyse de l'étude morphométrique de rapport longueur / largeur des thalles de *Pseudevernia furfuracea var. ceratea*.

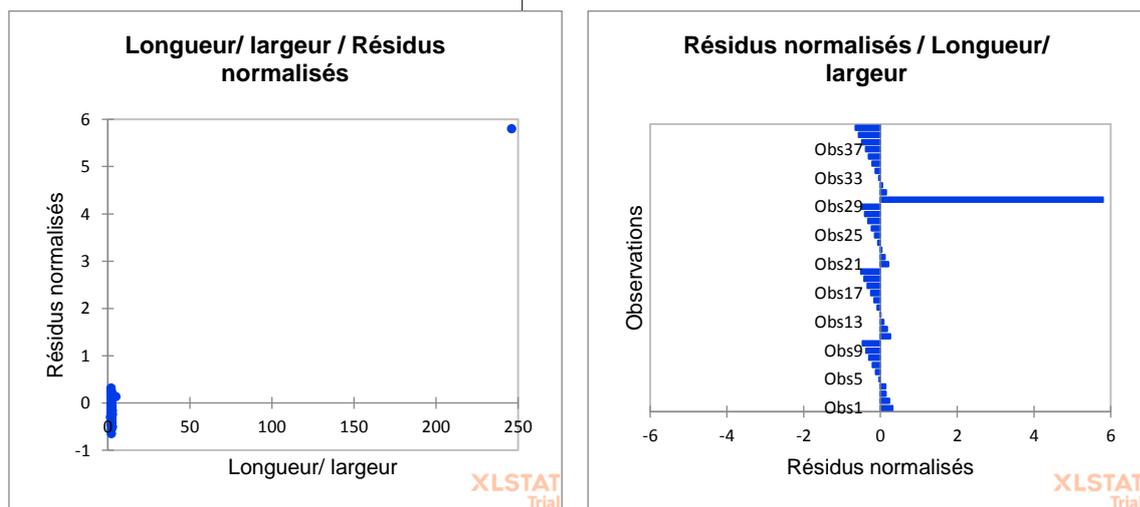


Figure 16 : résultats de l'analyse de l'étude morphométrique de rapport longueur / largeur des thalles de *Pseudevernia furfuracea* var. *furfuracea*.

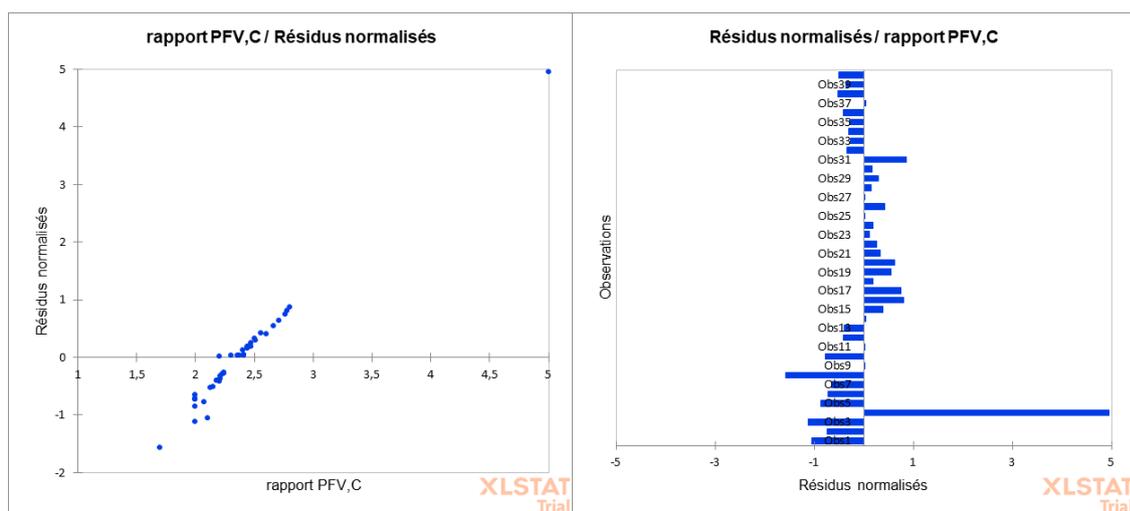


Figure 17 : résultats de l'analyse de l'étude morphométrique de rapport longueur / largeur des thalles entre les deux variétés de *Pseudevernia furfuracea*



Figure 18 : morphologie de *Pseudevernia furfuracea*