Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Yahia Farès de Médéa

Faculté des Sciences -Département de Sciences de la nature & la vie



MÉMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de
Master en Écologie

Option : Écologie

Thème

UTILISAT DE LICHEN DANS LA STATION DE TIBHIRINE (CAS DE TIBHIRINE)

par

ACHIT Djillali

Devant le jury Composé de:

M.	BELHADJ. H	Maître de conférences	UYF de Médéa	Président
M.	LICIR. M	Maître de conférences	UYF de Médéa	Examinateur
M.	GHENNAM. K	Maître de conférences	UYF de Médéa	Promoteur

Sept 2020

ملخص

تعتبر الأشنيات كمؤشرات حيوية حقيقية للتلوث الجوي سواء فالمدن أو على مستوى الأسطح الغابية، وبالتالي فهي بمثابة جهاز مراقب طبيعي أو مؤشر حيوي للتلوث الجوي.

تعتبر هذه الدراسة كمساهمة لمعرفة الأشنيات الجزائرية المعروفة حاليا ولتكون كبنك معلومات بالإمكان الإعتماد عليه في الدراسات المستقبلية سواء في مجال التصنيف أو في مجال التلوث، كالمقارنة بين توزع الأشنيات في الماضي والحاضر والمستقبل.

دراستنا لعام 2020 في تبحرين على مستوى الكنيسة التي مكنتنا من معرفة أزيد من 14 صنف من الأشنيات.

من خلال هذه الدراسة، نستنتج أن المحطات القريبة من مصادر التلوث بها عدد قليل من الأشنيات، مقارنة بالمحطات البعيدة عن مصادر التلوث والمناطق الصناعية

الكلمات المفتاحية

التلوث الجوي، الأشنيات، مؤشر نوعية الهواء، كنيسة تبحرين، الرصد البيولوجي

Résumé

Les lichens sont de véritables indicateurs biologiques de la pollution de l'air, que ce soit dans les villes ou au niveau des surfaces forestières, et donc ils sont un moniteur naturel ou un indicateur vital de la pollution de l'air.

Cette étude est considérée comme une contribution à la connaissance des lichens algériens actuellement connus et comme une banque de données sur laquelle s'appuyer dans de futures études, que ce soit dans le domaine de la classification ou dans le domaine de la pollution, comme une comparaison entre la distribution des lichens dans le passé, le présent et le futur. Notre étude de l'année 2020 au niveau de tibhirine nous a permis d'identifier plus de 14 éspeces de lichens.

A travers cette étude, nous concluons que les stations proches des sources de pollution ont peu de lichens, par rapport aux stations éloignées des sources de pollution et des zones industrielles.

les mots clés

Pollution de l'air, lichens, indice de qualité de l'air, tibhirine, biosurvaillance.

Abstract

Lichens are real vital indicators of air pollution, whether in cities or at the level of forest surfaces, and thus they are a natural monitor or a vital indicator of air pollution.

This study is considered as a contribution to the knowledge of Algerian lichens that are currently known and to be a data bank that can be relied upon in future studies, whether in the field of classification or in the field of pollution, such as a comparison between the distribution of lichens in the past, present and future. Our study for the year 2020 in tibhirine level enabled us to identify more than 14 especs of lichens.

Through this study, we conclude that the stations near the sources of pollution have a small number of lichens, compared to the stations far from the sources of pollution and industrial areas.

key words

Air pollution, lichens, air quality index, tibhirine, biosurvaillance.

Remerciements

Au terme de ce travail nous tenons à faire louange À «Allah» qui nous a donné la force d'achever cette réalisation.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre promoteur : **GHENNAM. K** pour ses conseils et son aide précieuse.

Nos gratitudes à tous les membres de jury qui nous font l'honneur de juger notre travail.

A tous les enseignants du département de **sciences de la nature & la vie** sans exception pour leurs efforts fournis durant ces cinq agréables années.

A l'ensemble des étudiants de notre promotion 2019 /2020.

Dédicace

J*e dédie ce mémoire*

A *mes chers parents ma mère et mon père*

P*our leur patience, leur amour, leur soutien et leurs*

encouragements

A *mes frères*

A *mes amis et mes camarades*

S*ans oublier tous les professeurs que ce soit du*

primaire, du moyen, du secondaire ou de

l'enseignement supérieur.

Djillali

Table des matières

Introduction **1**

1 Généralités sur les Lichens **3**

1.1 Définition des lichens 3

1.2 Les partenaires de la symbiose lichénique et leur rôle 4

1.2.1 Le mycosymbiote (le champignon) 4

1.2.2 Le phycosymbiote (l'algue) 4

1.3 biologie de lichen 5

1.3.1 L'appareil végétatif 5

1.3.2 Appareil reproducteur: 20

1.3.3 Reproduction, développement et croissance 31

1.4 Comparaison entre les lichens et les végétaux 38

1.5 Les lichens et le milieu 38

1.5.1 Répartition géographique 38

1.5.2 L'écologie et des lichens 39

1.5.3 L'habitat 40

1.6 Rôle et Usages des lichens 41

2 Les Lichens Et La Qualité De L'Air **43**

2.1 Les Lichens et la qualité de l'air 43

2.1.1 Définition de la pollution de l'air 43

2.1.2 Les sources principales de la pollution de l'air 43

2.1.3 Les principaux polluants atmosphériques 44

2.1.4 Les effets de la pollution de l'air 46
2.1.5 Surveillance de la qualité de l'air 47
2.2 Méthode de bioindication 49

3 Présentation De La Région Tibhirine 51
3.1 Présentation de la région d'étude : Station de Tibhirine 51
3.1.1 Historique 51
3.2 L'étude du milieu physique de médea (tibhirine) 52
3.2.1 Situation géographique 52
3.2.2 Situation administrative 53
3.2.3 Aspect pédologique 53
3.2.4 Le relief 54
3.2.5 Réseaux hydrographiques 55
3.2.6 La neige 55
3.3 L'étude climatique de médea (tibhirine) 56
3.3.1 Sources des données climatiques 56
3.3.2 Précipitations 56
3.3.3 Températures 58
3.4 Cadre bioclimatique 60
3.4.1 Saison sèche 60
3.4.2 Quotient pluviométrique et climat gramme d'Emberge 60

4 Matériel & Méthodes 63
4.1 Méthodologie 63
4.2 Le choix du site d'étude 63
4.3 Matériel de récolte utilisé sur le terrain 63
4.4 Le choix des arbres 64
4.5 Méthodes de Récolte des Lichens 65
4.6 Préparation des échantillons 66
4.7 Conservation des échantillons 67
4.8 Technique de détermination des lichens 67

4.9 Evaluation de la qualité de l'air 68
4.10 Choix de la méthode 69
4.10.1 Méthode de l'Indice de la Qualité de l'Air (IQA) 69
4.11 Méthode de calcul de la qualité de l'air 70

5 Résultats & discusions **73**
5.1 Résultats 73
5.2 Ordre : Lecanorales 73
5.2.1 Famille lecanoraceae 73
5.2.2 Famille parmeliaceae 77
5.2.3 Famille Stereocaulaceae 81
5.2.4 Famille collemataceae 82
5.3 Ordre : Teloschistales 83
5.3.1 Famille physciaceae 83
5.3.2 Famille Teloschistaceae 86
5.4 Diversité lichénique 87
5.4.1 Comparaison avec de travaux antérieurs 89

Conclusion **91**

Annexe **92**

Bibliographie **98**

Liste des Tables

1.1 Différents types morphologiques (Van Haluwyn.et Lerond, 1993). 11
1.2 Comparaison entre les lichens et les végétaux (Van haluwyn et Lerond, 1993 et Gaveriaux, 1996. 40

2.1 Nature et origine des principaux groupes de substances polluantes de l'atmosphère (RAMADE ,1995). 48
2.2 Nature et origine des principaux groupes de substances polluant de l'atmosphère (RAMADE ,1995). 48

3.1 Données pluviométriques moyennes mensuelles et annuelles (mm) de station d'étude. 59
3.2 Données pluviométriques moyennes saisonières (mm) de station d'étudie. . . 60
3.3 Données thermiques moyennes mensuelles et annuelles de station d'étude . . 61
3.4 Les valeurs de quotient pluviothermique d'Emberger de station d'étude. . . . 64

4.1 Exemple calcule les fréquences des espèces. 74
4.2 Exemple calcule l'indice de la qualité de l'air. 74

5.1 Comparaison de l'inventaire des lichens des stations Chréa de 2019 par rapport au Tibhirine 2009. 91

Liste des Figures

1.3.1 Coupe longitudinale d'un lichen (Ahmadijian et Jocobs, in Bauwens, 2003) . 6
1.3.2 Différents types morphologiques. 8
1.3.3 Structure homéomère des lichens gélatineux Collema Tenax (Ozenda. P, et Clauzade. G, 1970). 12
1.3.4 Deux types de structures stratifiées. 14
1.3.5 Poils en bordure du thalle chez Lobaria pulmonaria (Anonyme, 2004). 15
1.3.6 Rhizines ramifies (Wirth. V, 1995 in Bauwens. A, 2000). 16
1.3.7 Cils à la marge des lobes chez Anaptychia ciliaris (KIRSCHBAUM. U, et WIRTH. V, 1997). 17
1.3.8 différents types d'isidies chez Melanelia (Wirth. V, 1995, in SERUSIAUX. E, et al, 2004). 18
1.3.9 La Sorédiogénèse (Anonyme, 2004.) 19
1.3.10 les différentes formes des Soralies (Kirschbaum. U, et Wirth.V, 1997). 20
1.3.11 Structure générale d'apothécie ABBAYES, 1951). 21
1.3.12 **(a)** coupe longitudinale à travers une apothécie avec bord propre. **(d)** coupe longitudinale à travers une apothécie avec bord thallin. (Wirth, 1995). 22
1.3.13 Les apothécies lécanorin, lécidéin et lirelle Phaeographis dendritica. 23
1.3.14 Le Périthèce chez Pyrenula nitidella (X85) Wirth (1995), ... 25
1.3.15 Anatomie d'un périthèce (NASH 2008, ... 26
1.3.16 Types divers d'asques (Abbayes, 1951). 27
1.3.17 Mise en évidence des spores dans une coupe longitudinale d'une apothécie (Reinmers, 2000). 28

1.3.18 schéma d'une spore (Trotet, 1968). 29
1.3.19 Les divers types de spores simples (ABBAYES, 1951). 30
1.3.20 Les divers types de spores cloisonnées (Abbayes, 1951). 30
1.3.21 Spore polariloculaire. 31
1.3.22 Multiplication végétative chez les lichens (Selosse, 2000). 32
1.3.23 Différents types de soralies (Wirth, 1995). 33
1.3.24 Différents types d'isidies chez les espèces de Melanelia: Echelle: $0,5mm$. (Wirth. V ,1995). 33
1.3.25 **(a)** Coupe longitudinale à travers une apothécie lécidéine ou biatorine (avec un bord propre). **(b)** Coupe longitudinale à travers une apohécie lécanorine (avec un bord thallin). (Wirth, 1995). 34
1.3.26 Périthèce d'Arthopyrenia alba (Poelt, 1969). 35
1.3.27 Schéma représentative du Mécanisme de la reproduction sexuée (Poelt, 1969). .35
1.3.28 Coupe à travers une pycnide. Différents types de conidiophores produisant des conidies. (Sérusiaux et al.,2004). 36

2.1.1 Les différentes approches de bio surveillance selon l'échelle d'étude. (Yannick, 2014). 48

3.2.1 Situation de la région nord centre au seln du territoire national. 52
3.2.2 Photo satilitaire de zest Tibhirine. 53
3.2.3 Carte d'occupation du sol de médea. 54
3.3.1 Histogramme réprésente les données pluviométriques moyennes mensuelles (mm) de station d'étude. 57
3.3.2 Répartition des précipitation moyennes saisonières (mm) de station de tibhirine.. 58
3.3.3 Répartition des températures moyennes mensuelles de la station de tibhirine $(2006 - 2015)$. 59
3.4.1 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la station de tibhirine $1990 - 2015$. 60
3.4.2 Le climmagramme d'Emberger. 62

4.5.1 Source : Kirschbaum et al. Environmental Sciences Europe (2012). 66

4.11.1 Echelle d'évaluation de la qualité de l'air de KIRSCHBAUM ET WIRTH (1970) 72

Les abreviations

IQA : indice de qualité de l'air.

IPA : indice de peruté de lair.

C : degré celsius.

μm : micro métre.

mm : millimètre.

ANRH : agence national de ressources en eaux.

TTA : taux de traitement agricoles.

PNC : parc national de chrèa.

ONM : office national de metéorologique.

SAU : surface agricole utile.

HCDS : haut commissariat pour le developpement de la steppe.

Q2 : quotient pluviométrique.

GPS : système de position géographique.

Introduction

Malgré un nombre important de publications, l'étude de la flore lichénique au monde reste encore très superficielle. (**coste.** 2011) ,depuis l'accélération des activités humaines (industrie, transport, bâtiment) durant ces derniers siècle, la pollution environnementale est devenue l' un des problèmes majeurs auxquels les humaines doivent faire face. (**agnan,** 2013**)**

L'un des problèmes de notre fin de siècle est la pollution atmosphérique. Il est possible d'évaluer la qualité de l'air à l'aide d'appareils de mesure cependant, leur coût élevé ne permettra jamais de couvrir l'ensemble du territoire.

La pollution atmosphérique est le résultat des modifications de la composition chimique de l'air sous l'effet des activités humaines. Ce phénomène se manifeste sur une très grande ampleur, de l'échelle urbaine jusqu'à l'échelle planétaire, avec à chaque fois des conséquences et des risques différents pour la santé et les écosystèmes. c'est pour cela que diverses disciplines techniques et scientifiques sont concernées par les problèmes de la pollution atmosphérique. (**BELHADJ 2015).**

Dans le monde, au départ, les recherches lichéniques avaient trait uniquement à la systématique. Les études lichéniques relatif aux pathologies des écosystèmes telle que la pollution atmosphérique ne sont venues que bien après. A ce sujet, les lichens sont utilisés comme "bioindicateurs" car ils réagissent effectivement avec beaucoup de sensibilité aux différents degrés de pollution de l'air (**Hawksworth, 1988**).

En Algérie, les recherches lichénologiques remontent au $XVIII$ ème siècle, sous forme de collection des espèces lichéniques récoltées par des naturalistes (Botanistes, Géologues, Zoologistes), des pharmaciens et des militaires, au cours de leurs explorations scientifiques.

Généralement, leurs identifications est établi par des collectionneurs de plantes ou par des lichénologues (**Desfontaines, 1799**).

Les travaux sur l'utilisation des lichens comme bioindicateurs de pollution atmosphérique ont débuté par **SEMADI** (**1989**), suivi par : **MOUATS** (**1990**), **SEMADI** et **DERUELLE** (**1993**), **SEMADI** et **TAHAR**, (**1995**), **SEMADI** et **al**. (**1997**), **ALIOUA** (**2001**), **RAHALI** (**2003**), **BEBBA** et **BENDEROUICHE** (**2007**), **MAATOUG** et **al** (**2010**), **GHENNAM** (**2011**), et **SARMOUM** et **al** (**2014**).

Le mémoire de cette étude s'articule de la manière suivante :

- Le premier chapitre est consacré à la description des lichens et donne des informations sur les lichens.
- Le deuxième chapitre présente La qualitéde l'air et les différentes approches de biosurveillance.
- Le troisième chapitre présente les caractéristiques de notre zone d'étude.
- le quatrième chapitre présente le materiel et les méthodes utilisées de zone d'étude.
- le 5éme chapitre illustre l'échantillonage de différentes éspeces et leur descreption écologique.
- Et une conclusion termine ce mémoire.

L'objectif visé au départ par la présente étude, est l'utiliser les lichens de station de zest de tibhirine pour estimer la qualité de l'environnement de certaines localités. L'analyse bibliographique relative a ce thème a fait ressortir que les recherches sur la taxonomie des lichens d'algerie, zest de tibhirine en particulier ont été jusqu'a présent quasiment inexistantes.

***-Belckacem Fethi " Rabi yarhmo".

Chapitre 1

Généralités sur les Lichens

1.1 Définition des lichens

Le terme de «lichen » est d'origine grec que (d'où sa prononciation habituelle :liken') et se trouve pour la prèmiere fois dans les écrites de Théophraste (17 siecle avant notre ére) qui désingne ainsi des plantes croissant sur les troncs d'arbres, auxquelles on attribuait à l'époque des vertus médicales. Des hépatiques étaient alors certainment confondues avec les lichens (**OZENDA. P et CLAUZADE. G,** 1970).

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) (**COSTE.C,** 2011).

Les lichens jouent un rôle dans la formation de la terre végétale, en décomposant la roche étant en abondance sur les arbres, ils peuvent leur nuire en entretenant sur les eaux une humidité prolongée. Mais cela est généralement l'indice et non la cause d'une végétation médiocre résultant de condition peu favorables (**BOUDY.P,** 1952).

Les lichens sont des organismes symbiotiques associant un champignon à une algue. Ils sont utilisés depuis plusieurs décennies pour évaluer la qualité de l'air. Tentons de

comprendre pour quelles raisons ces organismes vivants sont de bons témoins de la pollution atmosphérique (**Yannick. A,** 2014).

1.2 Les partenaires de la symbiose lichénique et leur rôle

Les lichens sont des organismes symbiotiques constitues d'un champignon et d'une algue. ces deux partenaires sont indispensables l'un a l'autre. constituant pres de 20000 especes sur terre, ils peuvent coloniser tout type de milieux et former de magnifiques compositions sur les roches et les troncs d'arbres (**Yannick. A,** 2014**)**.

1.2.1 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. 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 dessication du thalle. 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.C,** 1989).

1.2.2 Le phycosymbiote (l'algue)

L'algue est un organisme eucaryote se présentant sous forme de petites cellules sphériques isolées ou en colonies. 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 orangé. Les réserves glucidiques sont de l'amidon et de nature lipidique chez les Trentepohliales; L'association modifiant profondément la structure algale, la position systématique ne peut que rarement être précisée au-delà du genre (un peu plus de 20 genres différents) **(COSTE.C,** 2011).

1.3 biologie de lichen

La symbiose lichénique (champignon et algue) nécessite une relation étroite entre les deux partenaires pour le bon déroulement des fonctions biologiques : développement, nutrition ou encore reproduction. Débutons par quelques notions de biologie pour mieux comprendre ces organismes (**Yannick. A,** 2014).

1.3.1 L'appareil végétatif

La morphologie externe et l'anatomie interne de l'appareil végétatif des lichens sont extrêmement variables, on trouve des formes rudimentaires et des thalles hautement différenciés. Ces dissemblances tiennent d'une part à la liaison plus ou moins étroite et stable qui s'établit entre les deux constituants, d'autre part à leur rôle respectif dans la morphogenèse et la prédominance du champignon, qui se manifeste à des degrés divers **(OZENDA. P et CLAUZADE. G,** 1970).

La coupe longitudinale d'un lichen (Voir la figure 1.3.1), montre que le thalle est formé par un réseau de filaments nommés hyphes, comparables au mycélium des champignons. C'est au milieu d'un enchevêtrement de ces filaments que se trouvent les algues. Au niveau de la partie inférieure du thalle, on observe un nouvel entrelacement de filaments servant à fixer le lichen à un support, ce sont les rhizines (**BAUWENS. A,** 2003).

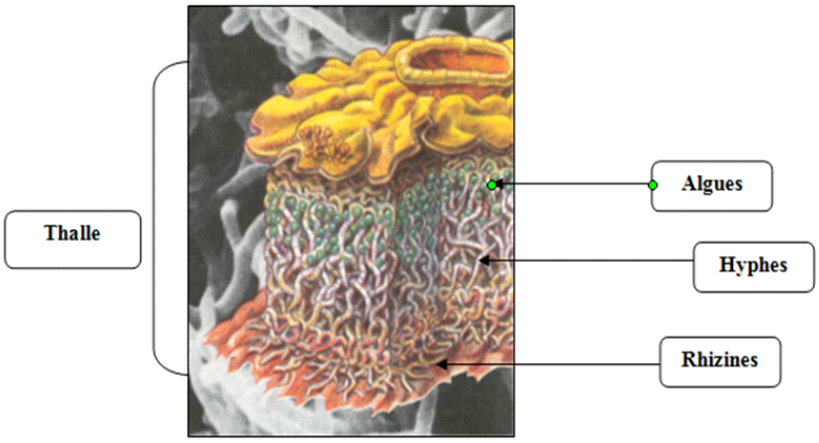


Figure 1.3.1 : Coupe longitudinale d'un lichen (Ahmadijian et Jocobs, in Bauwens, 2003)

Morphologie des 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 qui sont décrits sur le **Table 1.1**. (**Coste. C,** 1989 **; Van-Haluwyn. C et al.**2009).

A. **Les thalles crustacés :**

Fortement adhérents au substrat, auquel ils sont parfois incorporés en totalité ou en partie, ce sont de beaucoup les plus largement représentés (plus de trois quarts des lichens).ils sont également très variés et on peut aisément en distinguer, suivant leur morphologie et leurs rapports avec le substrat (Voir la figure 1.3.2). (**OZENDA. P. et CLAUZADE. G,** 1970).

B. **Les thalles fruticuleux :**

Ce sont des thalles non appliqués sur le substrat mais fixés par un crampon (Voir la figure 1.3.2) ; en forme de tige cylindrique (*Usnea*) ou de lanière (*Ramalina, Evernia, Cetraria*). (**DERUELLE. S,** 1994).

C. **Les thalles foliacés :**

Ces thalles forment des lames le plus souvent lobées (Voir la figure 1.3.2), facilement séparables du substrat, plus au moins appliquées sur celui-ci, ou bien plus au moins redressées, avec la face inférieure et garnie de fausses radicelle (rhizines) jouant le rôle de fixation **(CLAUZADE. G et ROUX.C,** 1987). Cependant, certains formes sont fixes au substrat par un point en position plus au moins centrale, à la face inférieure du thalle ; formant des thalles ombiliqués; c'est le cas de Umbilicaria (**JAHNS.M. H,** 1989).

D. **Les thalles squamuleux:**

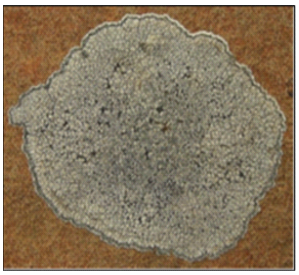
Les thalles appartenant à ce type morphologiquement sont composés d'écailles ou de squamules, fortement imbriquées, dont seulement une partie du thalle s'adhère au substrat (thalle pelté) (Voir la figure 1.3.2). (**SERUSIAUX. E., DIEDERICH. P., et al,** 2004).

E. **les thalles gélatineux :**

Le thalle est de couleur noirâtre, le plus souvent rigide et fragile à l'état sec. Sous l'action de l'eau. Le thalle gonfle, devient pulpeux, semblable a de la gélatine (Voir la figure 1.3.2), (**CLAUZADE et ROUX**, 1987).

F. **Les thalles composites (Complexes) :**

Ils sont constitués par un thalle primaire crustacé, foliacé ou squamuleux et un thalle secondaire, fruticuleux avec des podétions (éléments se développant perpendiculairement au substrat), ramifiés ou non (**DERUELLE,** 1994), fréquemment en forme d'entonnoir et provenant de la prolifération de la partie basale des ascocarpes genre Cladonia (Voir la figure 1.3.2), (**OZENDA. P. et CLAUZADE. G,** 1970).



Thalle crustacé
Lecanora



Thalle fruticuleux
Usnea filipendula
(Anonyme, 2004).



Thalle foliacé Parmelia
sulcata (Anonyme,
2004).



Thalle squamuleux
Squamarina.



Thalle gélatineux
Collema subflaccidum.



Thalle composite
Cladonia cristatella.

Figure 1.3.2 : Différents types morphologiques.

Table 1.1: Différents types morphologiques (Van Haluwyn.et Lerond, 1993).

RELATIONS AVEC LE SUBSTRAT.	**DESCRIPTION GENERALE.**
Thalle très adhérent au substrat → non séparable de celui-ci, sauf par des petits fragments: • Endosubstratique (dans le substrat), seuls sont visibles les organes habituellement portés par le thalle. • Episubstratique (sur le substrat)	*Les thalles crustacés:* **Exemple: Lecidellaelaeochroma** Faceinférieure non visible car soudée ou même incorporée au substrat
• Talle adhérant uniquement au substrat par extrémité; pendant, étalé ou dressé.	*THALLE FRUTICULEUX:* **Exemple:Usneasubfloridana** • En forme de tiges ou lanières plus ou moins ramifiées ou non. • Dans la majorité des cas la longueur est supérieure à la largeur. • Section du thalle ronde à plus ou moins plate. • Couleur uniforme du thalle, rarement différenciation entre face supérieure et face inférieure ; excepté pour des espèces communes comme Everniaprunastri, Pseudeverniafurfuracea...
• Thalle toujours épisubstratique, adhérant au substrat mais toujours détachable tout au moins en grande partie. • Appliqué au substrat par toute la face inférieure qui peut être nue, tomenteuse ou pourvue de rhizines. • Appliqué au substrat par un point de fixation central (ombilic).	*THALLE FOLIACE :* **Exemple: Parmeliacaperata** Différenciation très nette entre face supérieure et face inférieure. • Talles foliacés types: En forme de lameslobes ou lanières simples ou divisés ▷ Thalles foliacés ombiliqués: • Largeur ou diamètre supérieure à la hauteur.

• Face inférieure nue, tomenteuse, pulvérulente ou garnie de rhizines.	• Simples (monophylles) ou composés de plusieurs lobes ou lams (polyphylles).
• Thalle épisubstratique ± fortement appliqué sur le substrat, le bord du thalle est généralement plus ou moins redressé et de ce fait non adhérent. Souvent une petite partie de la surface inférieure adhère au substrat.	*THALLE SQUAMULEUX :* **Exemple:Psoradecipiens.** • Petites squamules ou écailles rapprochées ou imbriquées à la manière des tuiles d'un toit. • On peut déjà différencier une face supérieure d'une face inférieure, notamment sur le bord des squamules. • Transition entre thalles crustacés et foliacés.
	THALLE GELATINEUX : Lichens à cyanobactéries, noirs et cassants à l'état sec, pulpeux-gélatineux à l'état humide. Aspect particulier dû à la cyanobactérie.
Thalle formé de deux parties bien distinctes • Thalle primaire plus ou moins adhérent au substrat; crustacé, squamuleux ou plus ou moins foliacé. • Thalle secondaire fruticuleux et dressé développé secondairement sur le thalle primaire.	*THALLE COMPLEXE OU COMPOSITE:* **Exemple: Cladonia fimbriata** Deux genres principaux: - Cladonia: thalle secondaire = podétions simples ou ramifiés, couverts de squamules ou non. - Stereocaulon: thalle secondaire = pseudopodétions ramifiés et couverts de squamules.

Structures du thalle

La structure du thalle des lichens est, dans l'ensemble, moins variable que la morphologie. Deux grands types structuraux peuvent être distingués (**OZENDA. P, et CLAUZADE. G,** 1970).

1_Structure homéomère Les deux constituants sont mélangés de façon homogène, c'est-à-dire qu'en tout point de thalle on a à la fois, un champignon et une algue (**TROTET.G,** 1969). Cette structure est observée chez deux types différents de lichens:

a- Chez divers lichens gélatineux et principalement les Collema (Voir la figure **??**), dont la structure rappelle celle d'un Nostoc .Dans la masse mucilagineuse sont répartis, de façon aléatoire des trichomes en forme de chainettes et des hyphes **(OZENDA. P, et CLAUZADE. G,** 1970**)**.

b- Chez les lichens à thalle lépreux, les petits granules sont formés chacune d'un seul hyphe en roulée contenant quelques cellules algales **(CLAUZADE. G, et ROUX. C,** 1987).

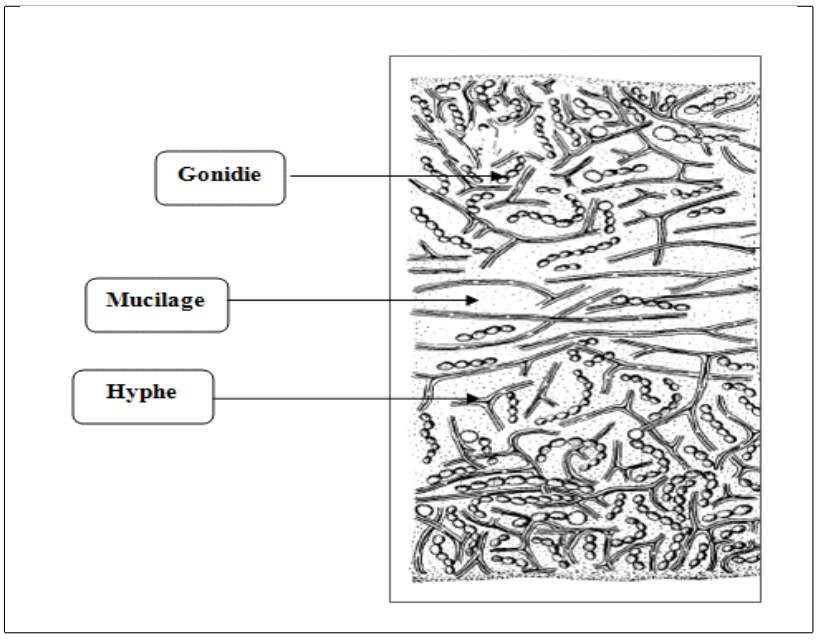


Figure 1.3.3 : Structure homéomère des lichens gélatineux Collema Tenax (Ozenda. P, et Clauzade. G, 1970).

2_Structure hétéromère Selon **OZENDA** et **CLAUZADE** (1970), la structure hétéromère est caractérisée par l'existence plusieurs couches superposées bien visibles sur une section transversale qui sont :

- Le cortex (écorce), superficiel, à des hyphes très serrés.
- La couche gonidiale, constituée par des hyphes beaucoup plus lâche et contenant les cellules algales.
- La médulle (moelle) à hyphes ordinairement encore moins serrées.

On peut observer deux types de structures stratifiées:

a. **Structure radiée:**

Elle existe sur la plupart des thalles fruticuleux et facilement identifiable sur une coupe transversale par sa couche algale (fermée) entourant la médulle, et par la présence d'un seul cortex entourant la couche algale (**CLAUZADE. G, et ROUX. C,** 1987). Exceptionnellement le cortex peut faire défaut, cas de certain Cladonia, en outre, la couche gonidiale est discontinue (**OZENDA. P, et CLAUZADE. G,** 1970).

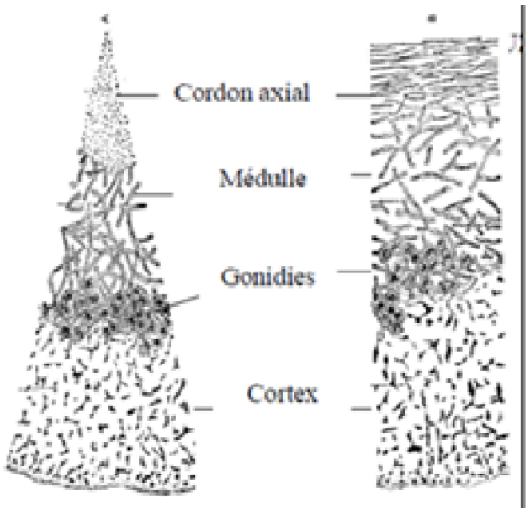
La médulle peut disparaître en grande partie comme chez les Alectoria, ou contraire être différenciée, comme chez les Usnea (Voir la figure 1.3.4), en zone externe constituée d'hyphes lâches, et partie axiale (cordon axial) formée d'hyphes très serrées (**CLAUZADE. P, et ROUX. C,** 1987).

b. **Structure stratifiée:**

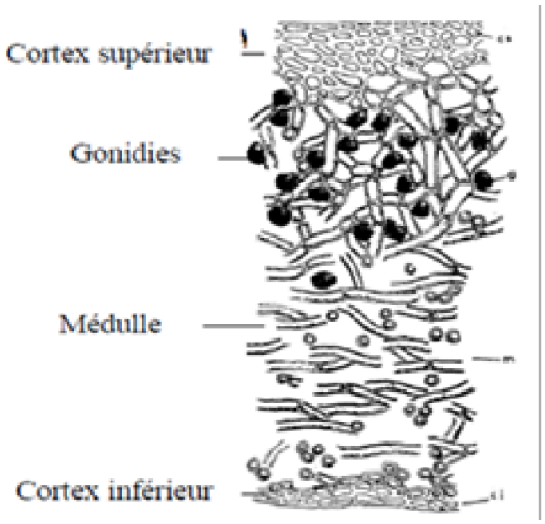
Dans la plupart des thalles foliacés (*Lobaria pulmonaria*) (Voir la figure 1.3.4), chez de rares lichens fruticuleux en lanières (*Evernia prunastri, Pseudevernia furfuracea*) et quelques thalles squamuleux ou crustacés, on observe sur une coupe transversale, un cortex supérieur, une couche algale, une médulle, et un cortex inférieur, qui peut donner naissance à des rhizines (**CLAUZADE. G, et ROUX. C,** 1987).La plupart des thalles squamuleux et crustacés et le thalle foliacé de *Peltigera*, n'ont pas de cortex inférieur, mais ce sont les hyphes de la médulle qui fixent le thalle au substrat (**OZENDA. P, et CLAUZADE. G,** 1970). Dans de nombreux thalles crustacés,

le cortex inférieur est absent, il est remplacé par un hypothalle formé d'hyphes parallèles au substrat, de couleur sombre, donnant naissance à des filaments fixateurs (**ABBAYES. H,** 1951**).**

Les thalles composites des Cladonia sont dits stratifiés – radiés. Ces thalles sont formes d'une partie basale, généralement foliacée, à structure stratifiée, appelée thalles primaires, et d'une partie dressée, simple ou ramifiée, à structure radiée, appelée podétions (**ABBAYES. H,** 1951).



Structure radiée des lichens fruticuleux (Des Abbayes, 1951). Usnea florida.
A : Coupe Transversale du thalle.
B : Coupe Longitudinale du thalle.



Structure stratifiée des lichens foliacés (Ozenda. P, et Clauzade. G, 1970). Lobaria Pulmonaria.

Figure 1.3.4 : Deux types de structures stratifiées.

Organes portés par le thalle des lichens:

Outre les organes donnant des spores, le thalle des lichens porte des différenciations superficielles ayant des fonctions très variées:

1. **Poils:**

Les poils sont formés par les extrémités libres d'hyphes appartenant au cortex ou, en l'absence de celui-ci à la médulle (**OZENDA. P, et CLAUZADE. G,** 1970). Ils sont visibles seulement avec une loupe, sauf quand ils sont très denses formant un tomentum, (**CLAUZADE. G, et ROUX. C,**1987).

Selon **OZENDA et CLAUZADE (**1970**)**, les poils sont rencontrés surtout chez les lichens foliacés, principalement sur la face inférieure du thalle, ils sont plus longs, incurvés, un peu cotonneux et entrecroisés (tomentum), comme chez *les Lobaria* (Voir la figure 1.3.5 .) les *Nephorma resupinatum*, *les Peltigera.* On peut les observer sur la face supérieure, ils sont courts, droits et relativement peu serrés (pubescence), comme chez les *Parmelia globra, Parmelia subargentifera.* Dans certains cas, la surface du thalle peut être parsemée, de petits amas de cristaux blanchâtres et luisants (Oxalate de calcium); appelle pruine (**SERUSIAUX. E, et DIEDERICH. P, et al,** 2004).



Figure 1.3.5 : Poils en bordure du thalle chez Lobaria pulmonaria (Anonyme, 2004).

2. Rhizines:

Les rhizines servent à la fixation du thalle sur le substrat (**KIRSCHBAUM. U, et WIRTH. V,** 1997), de même origine que les poils. Les hyphes qui les constituent sont en effet plus ou moins soudés par leurs membranes et ne se trouvent libres que par leur extrémité (**ABBAYES. H,** 1951). Les rhizines sont localisées à la face inférieure du thalle. Elles peuvent être simples ou ramifiées (Voir la figure 1.3.6), de différentes

couleurs. Dans quelques cas lorsque les rhizines sont longues et abondantes, elles peuvent déborder latéralement le thalle (**SERUSIAUX. E, et DIEDERICH. P, et al,** 2004).

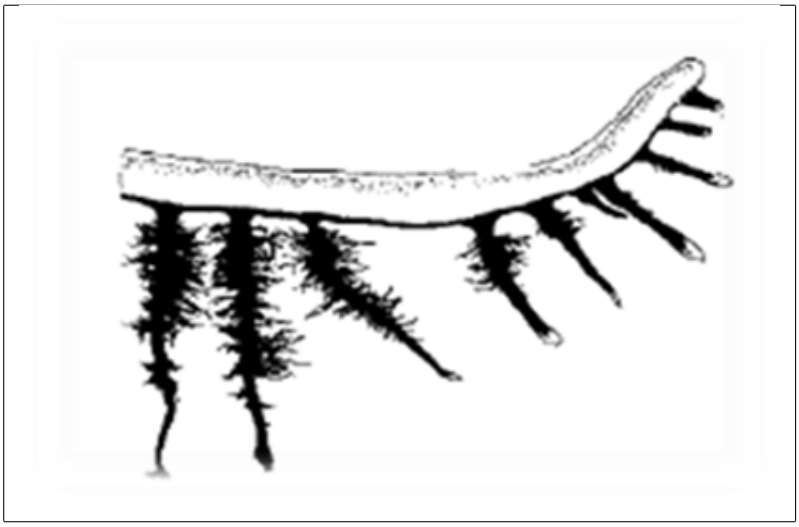


Figure 1.3.6 : Rhizines ramifies (Wirth. V, 1995 in Bauwens. A, 2000).

3. Cils:

Les cils ont la même structure que les rhizines, de couleur sombre rarement décolorés. Les hyphes qui les constituent restent soudées jusqu'à leur extrémité (**OZENDA. P, et CLAUZADE. G,** 1970). Les cils sont fréquents sur la marge ou a l'extrémité des lobes des thalles foliacés, et fruticuleux (Voir la figure 1.3.7), (**KIRSCHBAUM. U, et WIRTH. V,** 1997). Leurs rôle, est de favoriser les échanges gazeux et aqueux, on augmentant la surface du thalle (**CLAUZADE. G, et ROUX. C,** 1987).

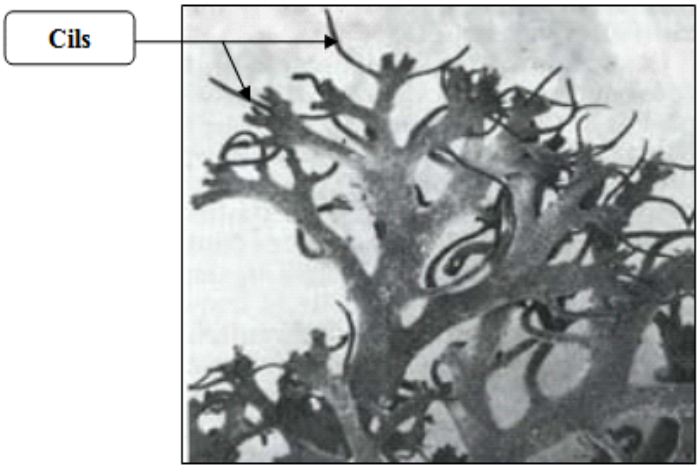


Figure 1.3.7 : Cils à la marge des lobes chez Anaptychia ciliaris (KIRSCHBAUM. U, et WIRTH. V, 1997).

4. Isidies et les soralies:

Ce sont des organes servant à la reproduction végétative. La présence et la forme des soralies et des isidies sont des caractères spécifiques d'une espèce (**KIRSCHBAUM. U, et WIRTH. V,** 1997).

Les isidies sont des excroissances coniques du thalle qui se cassent facilement et peuvent redonner naissance à un thalle (**ULRICH. L, MANFRED. K, et al,** 1997). Elles sont de même structure que les papilles et les tubercules, mais se distinguent de ces derniers par leur répartition plus dense, irrégulière, leurs formes plus variées, leur tendance à se détacher à l'état sec (**CLAUZADE. G, et ROUX. C,** 1987). Les isidies ont une couleur similaire a celle du thalle, avec un sommet plus fonce (**OZENDA. P, et CLAUZADE. G,** 1970).

Outre la fonction de multiplication végétative, les isidies ont un rôle important dans les échanges gazeux et la protection du thalle contre les rayons solaires (**DE PUYMALY. A,** 1965**, in OZENDA. P, et CLAUZADE.G,** 1970**).**

Selon (**CLAUZADE et ROUX, 1987**), on distingue les formes suivantes:

- Cylindriques: *Pertusaria melano- chlora, Parmelia saxatilis.*

- Sphériques: *Parmelia tinctina.*
- Claviformes (en forme de clou ou de massue) et spatuliformes: *Parmelia exasperatula.*
- Squamuliformes: *Collema flaccidum.*
- Coralloides: *Lasallia pustulata.*

D'après **OZENDA et CLAUZADE, (**1970**)**. Il existe naturellement toutes les transitions entre les tubercules, les papilles et les isidies et aussi entre celles-ci, et les lobules portés par certains thalles, comme *Xanthoria aureola.*

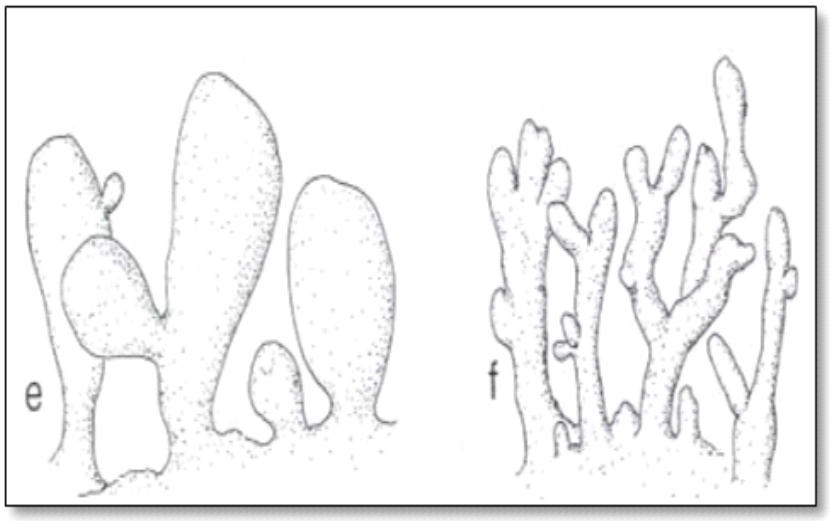


Figure 1.3.8 : différents types d'isidies chez Melanelia (Wirth. V, 1995, in SERUSIAUX. E, et al, 2004).
(**e**) isidies spatulées à claviformes de Melanelia exasperatula
(**f**) isidies cylindriques à coralloides de Melanelia elegantula

Les Sorédies sont de petites granulations de 25 à 100μm de diamètre, constituées de quelques filaments mycéliens entremêlés et entourant quelques gonidies, souvent groupées en amas ou soralies (**DERUELLE. S,** 1994). Elles jouent un rôle important dans la multiplication végétative (**OZENDA. P, et CLAUZADE. G,** 1970). Les soralies se forment sous la poussée des hyphes de la médulle qui chassent devant elles les gonidies et font éclater le cortex, ce dernier forme une lèvre autour de la déchirure (Voir la figure 1.3.9

). La couche gonidiale, faisant ainsi explosion à l'extérieur, se fragmente en sorédies dont l'ensemble constitue la masse pulvérulente (farineuse) de la soralie (**ABBAYES. H,** 1951).

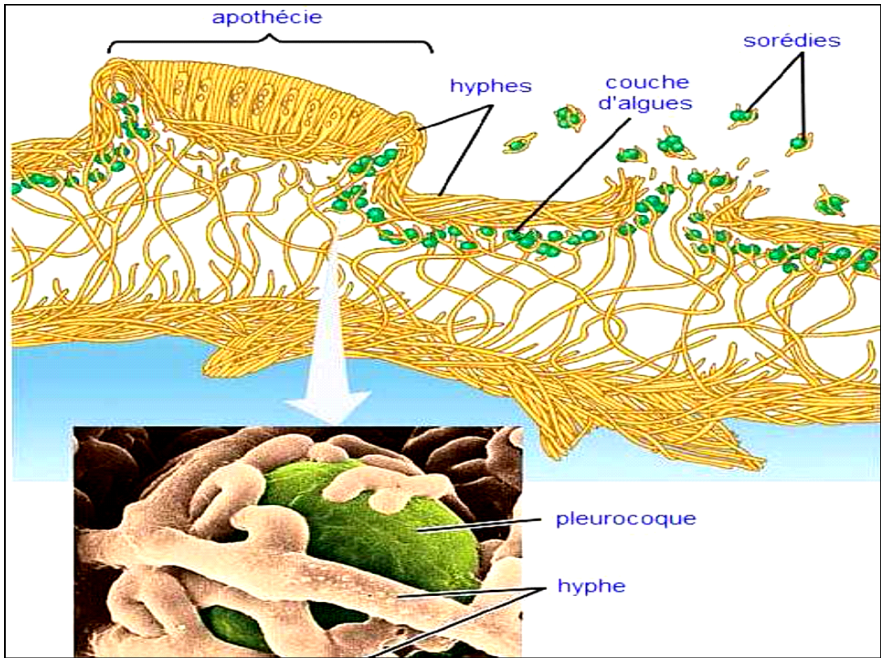


Figure 1.3.9 : La Sorédiogénèse (Anonyme, 2004.)

Caractères différentiels spécifiques d'une espèce. Elles peuvent être localisées sur la surface, à la marge ou à l'extrémité des lobes. Elles présentent une forme allongée, ronde, fortement c.

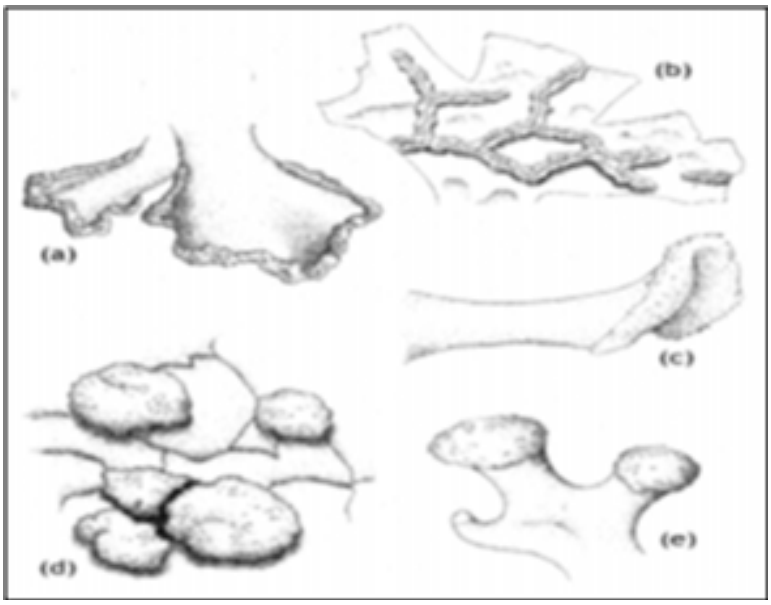


Figure 1.3.10 : les différentes formes des Soralies (Kirschbaum. U, et Wirth.V, 1997).

(a) Soralies marginales.

(b) Soralies en forme de fente

(c) Soralies labriformes.

(d) Soraliessphériques.

1.3.2 Appareil reproducteur:

L'appareil reproducteur des lichens est semblable à celui de mycosymbiote: le phycosymbiote, lui, ne se multiplie que de façon végétative (**DERUELLE** et **LALLEMANT**, 1983). Selon **CLAUZADE** et **ROUX** (1987), Le champignon seul produit des spores. Celles-ci prennent naissance:

- Chez les ascolichens (qui sont les plus nombreux), dans des asques groupées à l'intérieur d'ascocarpes.
- Chez les basidiolichens (qui sont peu nombreux), à l'extrémité des basides que portent les basidiocarpes.

Ascocarpes:

La forme, le mode de contact entre le tissu contenant les asques (l'hyménium), et le milieu extérieur des ascospores permettant la distinction de deux grands groupes d'ascocarpes: les apothécies et les périthèces (**SERUSIAUX** et al, 2004).

a. Apothécies:

Les apothécies sont des organes (disques, cupules), se développant à la surface supérieure du thalle (l'hyménium). Cette dernière est constituée principalement par les sommets des asques (Voir la figure 1.3.11), lesquels sont tous en contact directement avec l'extérieur .La cupule peut être concave, plane ou convexe. Ces différentes formes varient selon de l'âge de l'apothécie (**SERUSIAUX** et al, 2004). Le bord de la cupule est le plus souvent entouré d'une bordure d'origine thalline (bord thallin) ou d'origine discale (rebord propre) (**CLAUZADE** et **ROUX**, 1987).

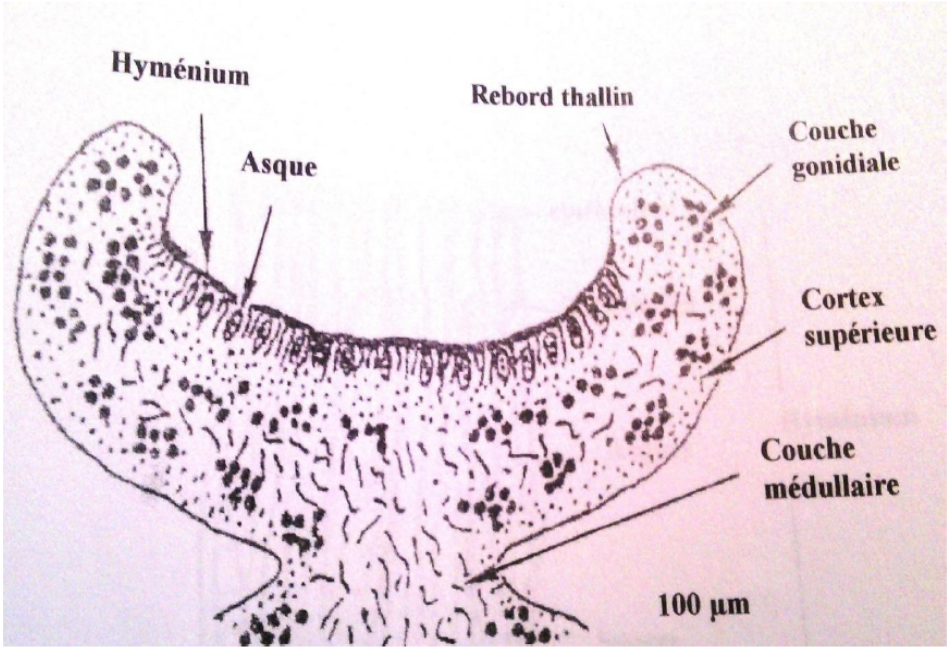


Figure 1.3.11 : Structure générale d'apothécie ABBAYES, 1951).

Une apothécie est généralement constituée par (Voir la figure 1.3.12):

- Une couche externe (amphitécium), d'origine thalline et contenant des algues, ou bien d'origine discale et sans aIgue.
- Une couche interne compose d'un Hypothécium, à la partie inférieure de l'apothécie, et d'un Parathécium, à la partie périphérique de l'apothécie.
- Un hyménium (thécium), Formé par l'ensemble des paraphyses et des asques, sous lequel se trouve un subhyménium souvent difficile à distinguer de l'hypothécium ou de l'hyménium et fréquemment inclus dans le premier ou le second.
- Un épithécium : Les lichénologues considèrent en général l'épithécium, comme la partie supérieure de l'hyménium formée par l'extrémité supérieure des paraphyses, souvent plus ou moins colorée et parfois recouverte d'une couche gélatineuse ou remplie de granulations (cristallines ou non), (**CLAUZADE** et **ROUX**, 1987).

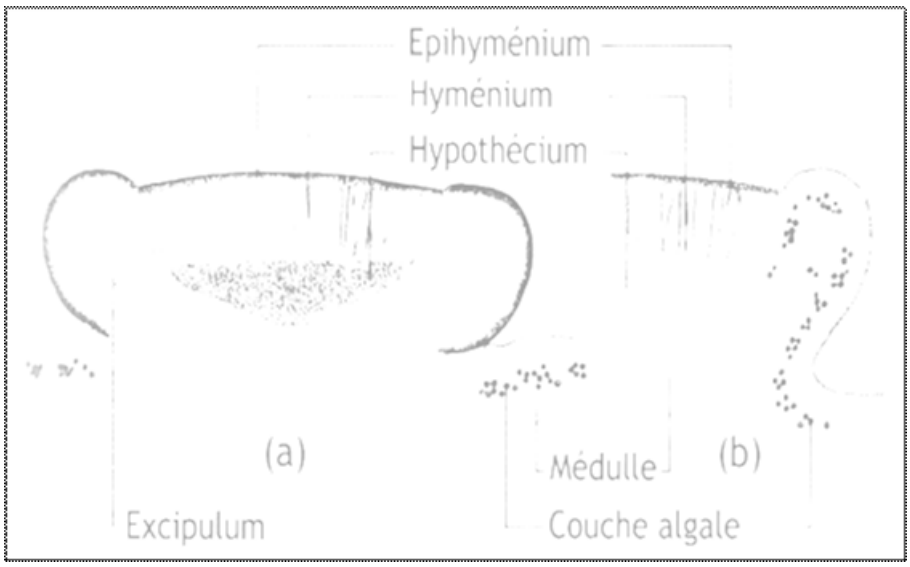
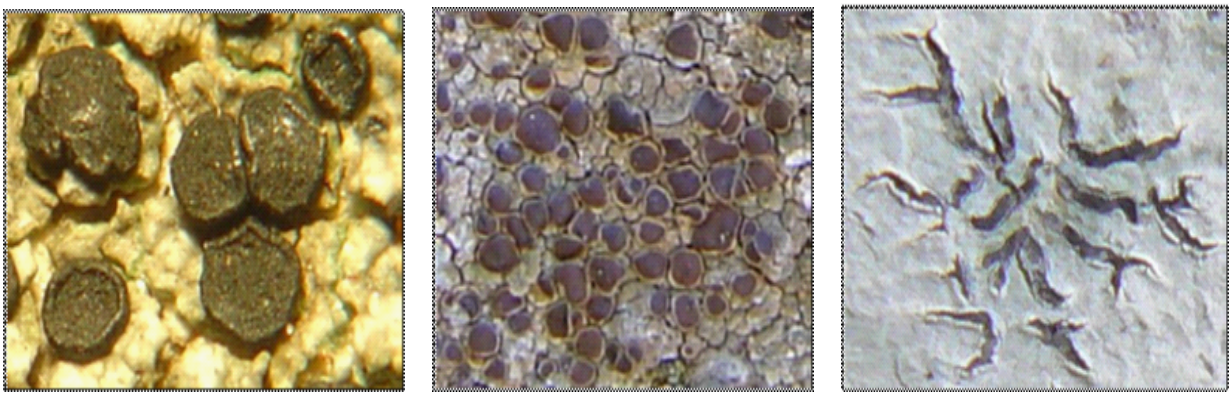


Figure 1.3.12 : **(a)** coupe longitudinale à travers une apothécie avec bord propre. **(d)** coupe longitudinale à travers une apothécie avec bord thallin. (Wirth, 1995).

Selon **OZENDA** et **CLAUZADE** (1970), les apothécies sont de formes diverses, une distinction fondamentales a été établie depuis longtemps entre deux types:

Le type lécanorin, dont l'apothécie est entourée d'un bord thallin à l'intérieur duquel on peut, distinguer plus au moins un rebord propre (Voir la figure 1.3.13).

Le type lécidéin où seul existe un rebord propre, de couleur noire ou au moins très foncée chez les apothécies lécidéines typiques, de teinte claire, tout au plus brune chez les apothécies biatorines (Voir la figure 1.3.13).Lorsque les apothécies sont de forme plus au moins allongées, devenant ainsi linéaires et parfois ramifiées ,et organisées en étoiles, sont nommées lirelles (Voir la figure 1.3.13), (**MARCHAND**, 1896).



Apothécie lécanorine Protoparmelia badia | Apothécie lécidéine Lecidea sp | Apothécie lirelle Phaeographis dendritica

Figure 1.3.13 : Les apothécies lécanorin, lécidéin et lirelle Phaeographis dendritica.

b. Disposition des apothécies sur le thalle:

Selon leur type, les apothécies peuvent occupés des emplacements variés sur le thalle (**TROTET**, 1968). Chez les lichens crustacés, la disposition des apothécies sur le thalle ne peut guère présenter de grandes variations du fait même de sa nature. Elles sont disposées sur toute la surface du thalle et principalement abondantes au centre, car c'est là qu'elles se forment d'abord. Parfois elles sont agglomérées par petit groupes et, exceptionnellement, disposées en lignes grossièrement concentriques, c'est le cas de *Rhisocarpon concentricum* (**Abbayes**, 1951).

Selon (**TROTET**, 1969), chez les lichens foliacés, les apothécies sont également le plus souvent disposées à la surface du thalle, on peut trouver:

- **Des Apothécies résupinées**: chez les Nephroma, les apothécies au lieu de se former à la surface supérieure des lobes, se forment à leur surface inférieure. Dans

ce cas le lobe se retourne, de ce fait, l'apothécie se trouve orientée vers la lumière (**ABBAYES**, 1951).

- Les Apothécies adnées, chez les Peltigera, l'apothécie recouvre la face supérieure du bord du thalle. Le lobe s'allonge un peu et se recourbe généralement vers le haut, pen-dant que le bord de l'apothécie se roule fréquemment en dessous (**ABBAYES**, 1951).

Chez les lichens fruticuleux, on peut trouver:

- **Les Apothécies terminales**, comme chez *Ramalina strepsilis, Ramalina fastigiata.*
- **Les Apothécies latérales**, comme chez les *Roccella.*
- **Les Apothécies subterminale**, comme chez les *Usnea.* Chez les *Cladonia*, l'apothécie se forme sur le bord des scyphes chez les espèces scyphofères, ou l'extrémité des podé-tions lorsque ceux-ci son ascyphés (**ABBAYES**, 1951).

Lorsque les apothécies sont posées sur le thalle par le « fond » de leur coupe, on dit qu'elles sont sessiles ; elles peuvent être portées par un pied, on dit **stipitées** (**TROTET**, 1968).

c. Périthèces:

Ce sont des fructifications en forme de sphérules creuses, s'ouvrant au sommet par un port ou ostiole (Voir la figure 1.3.14) à travers lequel sont émises les spores (**OZENDA** et **CLAUZADE**, 1970). Les périthèces sont toujours plus au moins enfoncés dans le thalle ou rarement superficiels (**SERUSIAUX** et al, 2004).

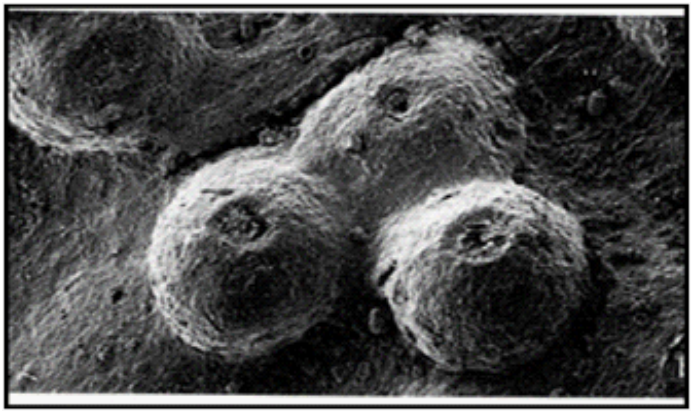


Figure 1.3.14 : Le Périthèce chez Pyrenula nitidella ($X85$) Wirth (1995),

Selon **CLAUZADE** et **ROUX** (1987), un périthèce est constitués (Voir la figure 1.3.15) généralement par:

- Une couche protectrice dure (*excipulum* ou *pyrénium*), et, rarement de couleur sombre, au moins au sommet.
- Un couvercle dit involucrellum, plus ou moins grand entourant la partie supérieure mais rarement la totalité de l'excipulum. Il est plus dur, et de couleur sombre que l'exciplum.
- A l'intérieur de l'excipulum, on trouve:

    1. L'ensemble des périphyses, filaments généralement courts, couvrant la partie Interne de l'ostiole.
    2. L'hyménium, formé par l'ensemble des asques et des paraphyses.

Entre la base de l'hyménium et l'excipulum se trouve généralement une couche mince et incolore dite le subhyménium où prennent naissance les asques et les paraphyses.

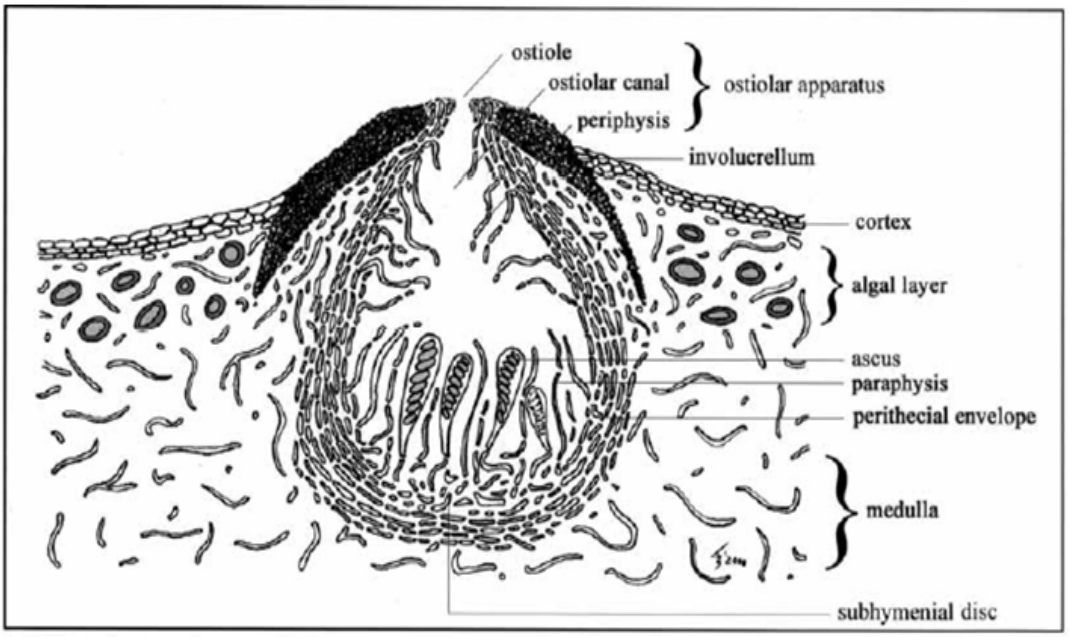


Figure 1.3.15 : Anatomie d'un périthèce (NASH 2008,

Asques

L'asque est un sac, formé par la cellule terminale de l'hyphe (**ABBAYES**, 1951), dont le contenu se transforme pour donner naissance à des spores, en nombre variable mais le plus souvent égal à huit. Ces dernières sont libères par rupture du sommet de l'asque (**OZENDA** et **CLAUZADE**, 1970).

Selon **ABBAYES** (1951), la forme varie peu. On distingue trois types (Voir la figure 1.3.16), entre lesquels on trouve des formes intermédiaires:

- Le Type cylindrique: dans lequel les spores sont généralement rangées régulièrement en une seule série.
- Le Type claviforme: c'est le plus répandu, l'asque est un organe en massue dont la paroi est épaissie dans la partie apicale.
- Le Type pyriforme: c'est le type renflé, qu'on trouve notamment chez certains Arthoniacées. Dans les deux derniers types, les spores sont généralement disposées sans ordre.

Les asques mesurent habituellement $40 - 100\mu m$ de long et de $10 - 30\mu m$ de large (**CLAUZADE** et **ROUX**, 1987). Leur paroi est formée d'une ou de deux couches: une tunique externe mince et une tunique interne épaisse, pouvant se gonfler fortement par absorption d'eau (**ABBAYES**, 1951).

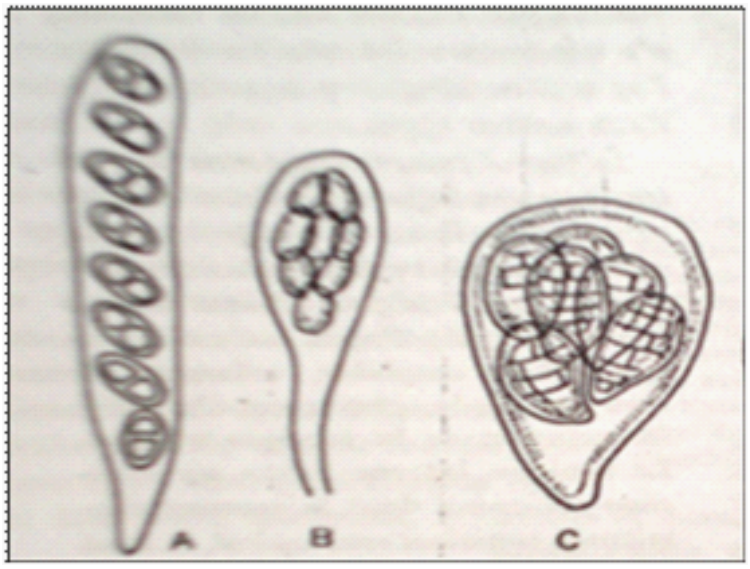


Figure 1.3.16 : Types divers d'asques (Abbayes, 1951).
(A) Type cylindrique.
(B) Type claviforme.
(C) Type pyriforme.

Spores

Elles représentent la partie la plus variable du tissu fertile ; l'étude de leur morphologie est d'un grand intérêt en systématique, en particulier pour la distinction des genres à l'intérieur des grandes familles de lichens crustacés (**OZENDA** et **CLAUZADE**, 1970).

La forme, la taille, la septation, la couleur de la paroi des spores, et la variabilité du nombre des spores dans les asques, forment un ensemble de caractères employés en taxonomie (**SERUSIAUX** et al, 2004).

a. Nombre de spores:

Les spores, sont habituellement au nombre de huit, uni- ou pluricellulaires (Voir la figure 1.3.17) (**KIRSCHBAUM** et **WIRTH**, 1997).

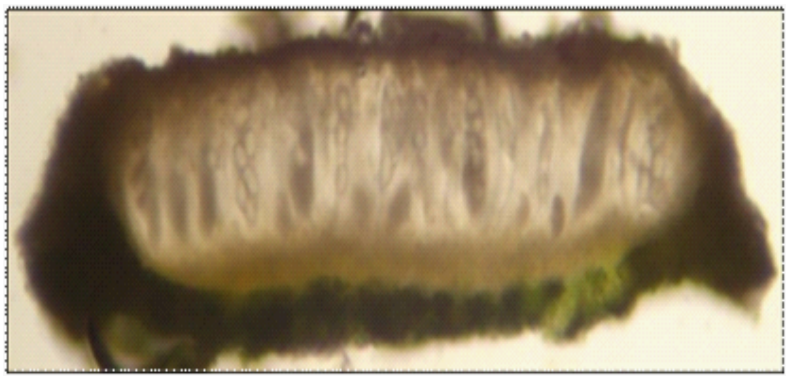


Figure 1.3.17 : Mise en évidence des spores dans une coupe longitudinale d'une apothécie (Reinmers, 2000).

b. Couleur des spores:

Les spores à maturité peuvent être incolores ou colorées: d'un brun plus ou moins clair ou sombre (parfois presque noirâtre), jaunâtres, verdâtres ou rougeâtres.

Les spores colorées à maturité, sont toujours incolore à un stade précoce. Arrivées à maturité ces dernières prennent des couleurs de plus en plus sombres. Exemple, celles qui sont sombres à maturité, passent auparavant par un stade vert brunâtre (**OZENDA** et **CLAUZADE**, 1970).

c. Forme des spores:

Habituellement ellipsoïdales, les spores sont cependant de formes très variables. Globuleuses, sub globuleuses, cylindriques ou sub cylindriques, rarement presque cubiques, en forme de citron, de clou, de massue, de fuseau, de rein, de bâtonnet, et d'aiguille (**CLAUZADE** et **ROUX**, 1987).

d. Constitution des spores:

Selon **TROTET** (1969), la spore est formée de trois parois (Voir la figure 1.3.18):

- L'endospore: interne, généralement mince, très souvent de nature amyloïde.
- La mésospore: de nature indéterminée.
- L'exospore (épispore): externe, lisse, souvent chitinoïde, épaisse. C'est elle qui se colore dans les spores colorées.

Le protoplasma contient fréquemment des globules d'huiles, souvent volumineux, qui se colorent en rouge par les colorants des graisses. Les spores possèdent un ou plusieurs noyaux (**TROTET**, 1969).

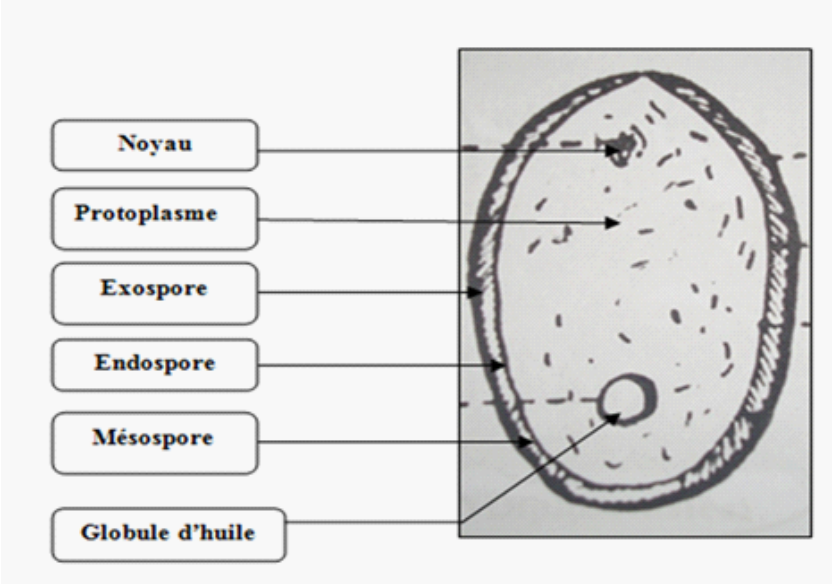


Figure 1.3.18 : schéma d'une spore (Trotet, 1968).

e. Différents types des spores:

Selon leur constitution, les spores peuvent être classées en:

- **Spores simples**: formées d'une seule cellule généralement munie d'un seul noyau (Voir la figure 1.3.19). Elles sont le plus souvent hyalines, de forme ellipsoïde ou ovoïde, et présentant fréquemment un ou deux globules huileux (**ABBAYES**, 1951).

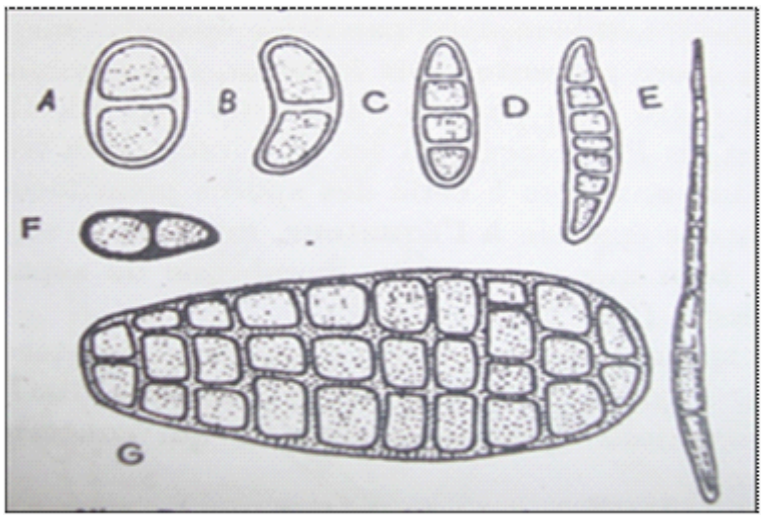


Figure 1.3.19 : Les divers types de spores simples (ABBAYES, 1951).

(A) Spore hyaline ovoïde.

(B) Spore hyaline ovoïde avec gouttes huileuses.

(C) Spore hyaline sphérique.

(D) Spore brune sphérique.

(E) Spore hyaline à parois épaisses.



Figure 1.3.20 : Les divers types de spores cloisonnées (Abbayes, 1951).

(A) Spore hyaline biloculaire.

(B) Spore hyaline biloculaire courbe.

(C) Spore hyaline quadriloculaire.

(D) Spore hyaline fusiforme.

(E) Spore hyaline aciculaire.

- **Les Spores polariloculaires:** Ce sont des spores elliptiques, a paroi colorée ou non, repré-sentant un épaississement équatorial considérable, repoussant le cytoplasme dans deux loges polaires, reliées entre elles par un canal étroit, généralement bien visible (Voir la figure 1.3.21) (**SE-RUSIAUX** et **al**, 2004).

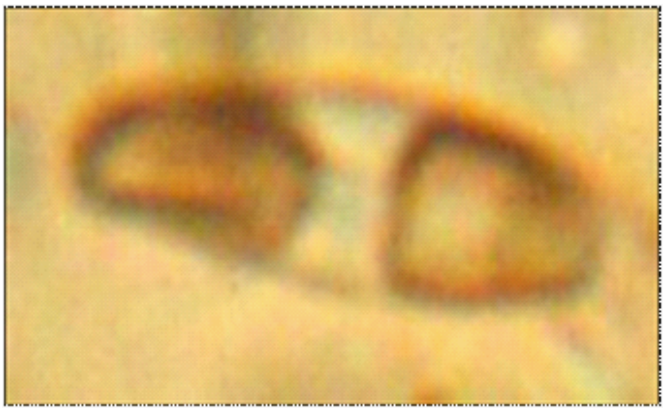


Figure 1.3.21 : Spore polariloculaire.

1.3.3 Reproduction, développement et croissance

Reproduction des lichens

On constate dans le domaine de reproduction des lichens une grande inégalité entre les deux partenaires de symbiose puisque les organes de reproduction que l'on peut observer sur les lichens appartiennent tous au champignon et l'algue ne subit qu'une multiplication végétative à l'intérieur du thalle.

Le lichen a trois modes de reproduction: reproduction végétative, reproduction asexuée et reproduction sexuée. (**Grube** et **Hawksworth** (2007)).

A. La reproduction végétative:

La reproduction végétative du lichen peut se faire soit par dispersion de fragments indifférenciés du thalle, à la suite de contraintes mécaniques comme l'arrachement par le vent, ou le piétinement par des animaux. Ces organes végétatifs sont soit des sorédies soit des isidies. (**Sérusiaux** et **al** (2004)).

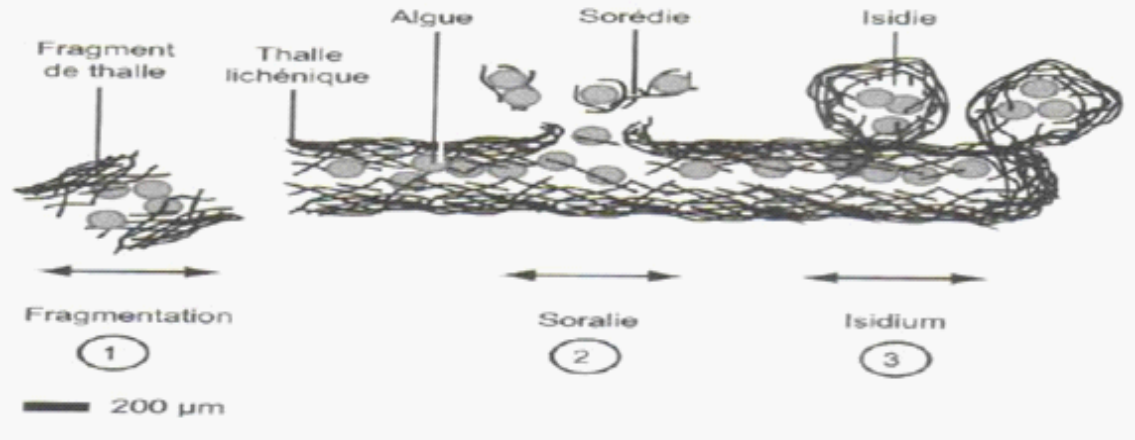


Figure 1.3.22 : Multiplication végétative chez les lichens (Selosse, 2000).

- **Les soralies**: une soralie est une cravasse de l'écorce (celui-ci toujours formé par le champignon) au niveau de laquelle la médulle de lichen se résout en une poussière farineuse de sorédies, qui sont des glomérules formées de quelques cellules d'algues entourées d'un peloton d'hyphes, de très petite taille, non cotiquées, le plus souvent d'une couleur différente de celle du thalle (**OZENDA**. **P**, **CLAUDE. G**, 1970).

  Elles peuvent se dispersées aisément par différents agents tels que le vent, insectes, eau, ainsi lors de la différentiation de certains hyphes médullaires qui cause leur expulsion, et lorsque les conditions sont favorables, elles donnent naissance à un nouveau thalle (**DERUELLE**. **S**, et **LALLEMANT**. **R**, 1983).

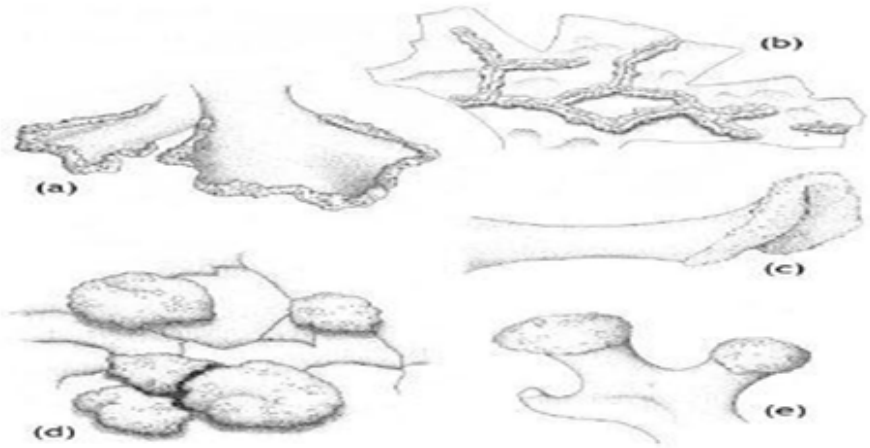


Figure 1.3.23 : Différents types de soralies (Wirth, 1995).
(a) Soralies marginales.
(b) Soralies laminales linéaires.
(c) Soralie labriforme.
(d) Soralies laminales capitiformes.
(e) Soralies terminales capitiformes.

- **Les isidies**: sont des petits bourgeons du thalle, contenant les hyphes et les algues, cortiquées, sont plus lourdes que les soralies, ne peuvent être transportées aussi loin, elles assurent plutôt une colonisation du substrat. Chez certaines espèces (*Pamelia subourifera*), l'extrémité des isidies donne naissance à des soralies (isidies soralifères) **Wirth. V** (1995).

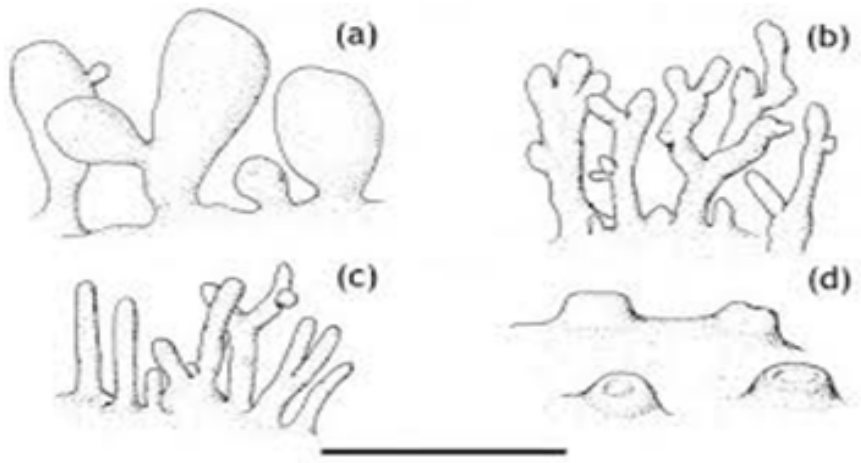


Figure 1.3.24 : Différents types d'isidies chez les espèces de Melanelia: Echelle: $0,5mm$.
(Wirth. V ,1995).
(a) Isidies spatulées à claviformes de M.exasperatula.
(b) Isidies cylindriques à coralloïdes de M.elegantula.
(c) Isidies cylindriques, simples ou ramifiées deM. fuliginosa subsp. Glabratula.
(d) Papilles verruqueuses de M. exasperata.

B. La reproduction sexuée:

Deux hyphes fongiques sexuellement différenciées fusionnent et donnent, à la surface du thalle, des structures en forme de boutons (les apothécies) (Voir la figure 1.3.25

), ou de coupes plus ou moins fermées (les périthèces) (Voir la figure 1.3.26), dans lesquelles des cellules particulières (les asques) vont élaborer les ascospores, en général 8 spores par asque mais le nombre peut varier. 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. 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 (Voir la figure 1.3.27). (**Sérusiaux et al**., 2004)).

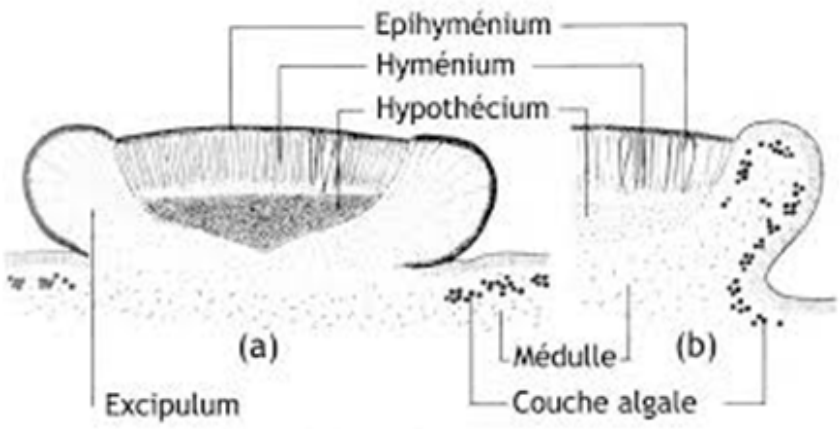


Figure 1.3.25 : **(a)** Coupe longitudinale à travers une apothécie lécidéine ou biatorine (avec un bord propre).
(b) Coupe longitudinale à travers une apohécie lécanorine (avec un bord thallin). (Wirth, 1995).

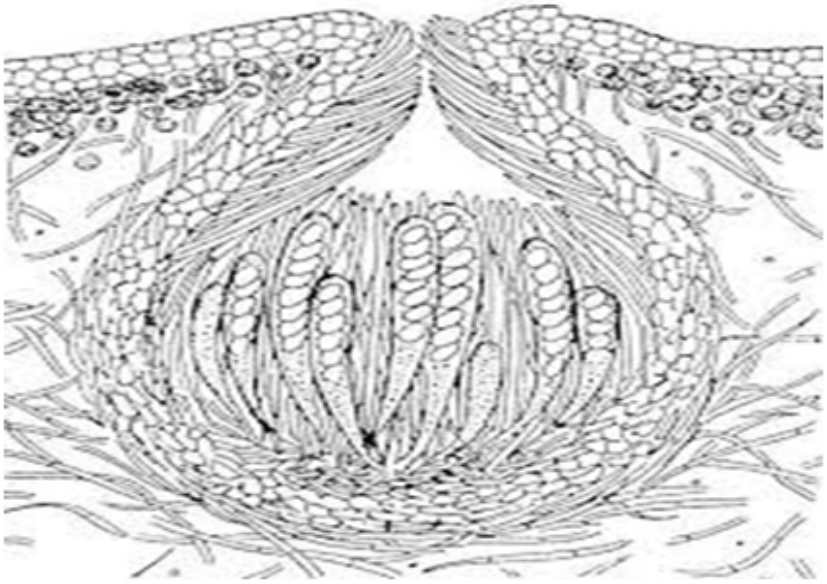


Figure 1.3.26 : Périthèce d'Arthopyrenia alba (Poelt, 1969).

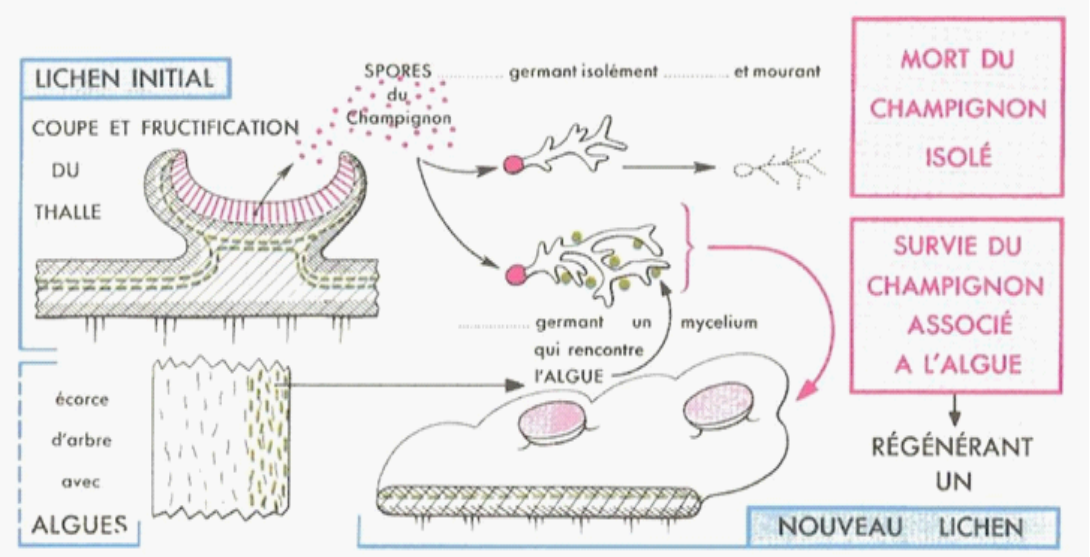


Figure 1.3.27 : Schéma représentative du Mécanisme de la reproduction sexuée (Poelt, 1969).

C. Reproduction asexuée:

Le mycobionte produit, chez de nombreuses espèces, des «spores» sans faire intervenir de processus sexuel évident. Ces spores sont appelées des conidies (ou pycnospores); elles sont produites à l'extrémité d'hyphes de forme et de dimensions variables, appelées les conidiophores; les organes qui les contiennent, généralement de petites out-

res, enfoncées dans le thalle ou parfois sessiles sur celui-ci, sont appelés des pycnides (Voir la figure 1.3.28). Les conidies sont toujours dispersées seules (c'est-à-dire sans le photo-bionte) et dès lors, pour reconstituer un thalle lichénisé, elles doivent obligatoirement retrouver leur partenaire algal. (Van **Haluwyn et Lerond**, 1993).

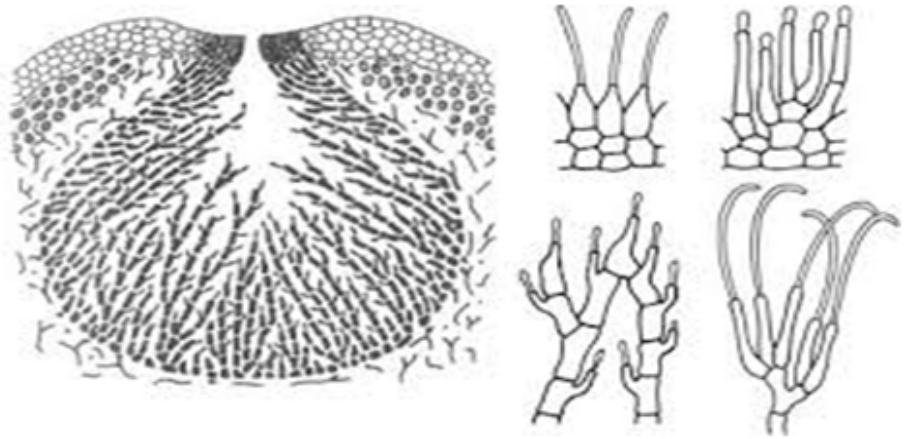


Figure 1.3.28 : Coupe à travers une pycnide. Différents types de conidiophores produisant des conidies. (Sérusiaux et al.,2004).

Développement

A. Germination:

La germination des spores a été observée et décrite par de nombreux auteurs qui ont cultivé expérimentalement les champignons des lichens. Le début de la germination est marqué par un léger accroissement de volume de la spore ensuite par la sortie de tubes germinatifs siphonés, à paroi mince (**TROTET**, 1969). Les grosses spores à contenu multinucléé, ou les spores murales émettent une grande quantité de filaments de germination divergents (**OZENDA. P, et CLAUZADE. G**, 1970).

B. Croissance et longévité:

Les lichens sont reviviscents par l'ensemble de leur thalle. Après une période de vie latente et au retour des conditions favorables, les phénomènes de croissance et de développement reprennent, sans qu'il y ait de régression ou de perte de substance, la croissance des lichens est extrêmement lente, mais elle est assez variable, selon les

espèces et les conditions climatiques (**DERUELLE** et **LALLEMANT**, 1983). Elle est de 0.5 à 2 *mm* par an pour les lichens crustacés, de 0.5 à 4 *mm* par an pour les lichens foliacés, et de 1.5 à 5 *mm* pour les lichens fruticuleux (**VAN HALUWYN** et **LEROND**, 1993).

Les lichens ont également la propriété d'être doués d'une longévité remarquable. L'âge des plus grands thalles, compte tenu de leur faible croissance, atteint fréquemment plusieurs années, parfois plusieurs milliers d'années (**DERUELLE** et **LALLEMANT**, 1983).

Symbiose lichénique

Une symbiose est considérée généralement comme étant une association trophique de deux organismes dans laquelle les deux partenaires trouvent un bénéfice réciproque (**JAHNS**, 1989).

D'après **COSTE** (2011), la symbiose est très fréquente dans la nature (les exemples sont nombreux: protozoaires, métazoaires, champignon en symbiose avec divers organismes autotrophes tels que les chlorelles, les spermaphytes). Chez les lichens, ce n'est qu'en 1866 que l'hypothèse d'une dualité de l'organisme lichénique a été formulée par **SCHWENDER** (**OZENDA** et **CLAUZADE**, 1970).Les lichens sont des organismes symbiotiques constitués de l'association entre une algue ou une cyanobactérie (élément autotrophe) et un champignon (élément hétérotrophe), (**COSTE**, 2011). L'algue fournit divers produits organiques tels les sucres, le champignon contrôle l'apport minéral (**DORLEANS**, 2006), différencie des filaments suçoirs appelés haustories qui pénètrent dans la cellule de l'algue pour prélever ces produits (**JAHNS**, 1989), de ce fait, il est considéré comme le partenaire le plus favorisé. Dans certains cas, il y a une tendance au parasitisme vis à vis de l'algue (**JACQUELINET**, 2008).

Cette double nature permet aux lichens d'querir quelques caractéristiques, ces derniers sont capables de stopper leur métabolisme à l'état sec (forme de résistance) et reprennent leur activité lorsque les conditions hydriques deviennent favorables ce qui leurs confère une large amplitude écologique. Ils colonisent des zones soumises à des conditions clima-

tiques extrêmes qui dépassent les limites physiologiques de la plupart des végétaux terrestres (**COSTE. C**, 2011).

1.4 Comparaison entre les lichens et les végétaux

Table 1.2: Comparaison entre les lichens et les végétaux (Van haluwyn et Lerond, 1993 et Gaveriaux, 1996.

LICHENS	**VEGETAUX**
L'eau et les minéraux proviennent exclusivement de l'air et de l'eau de pluie	L'eau et les sels minéraux sont puisés dans le sol.
Absence de système de régulation des entrées et des sorties.	Les feuilles sont recouvertes d'une cuticule protectrice et imperméable, les stomates sont capables de se fermer à certains polluants.
Actif toute l'année après la pluie.	Pas d'activité hivernale.
Croissance lente.	Croissance rapide.
Reproduction par des structures aériennes soralies, isidies, spores, ayant un contact immédiat avec les polluants de l'air.	Reproduction par graines protégées d'une enveloppe coriace pas de contact avec les polluants de l'air.
Hyphes issus de la germination immédiatement au contact de l'air.	Germination des graines dans le sol pas de contact avec les polluants de l'air.

1.5 Les lichens et le milieu

1.5.1 Répartition géographique

Les lichens sont cosmopolites, habituellement répartis en trois zones : la zone holarctique (régions nordique et Arctique, bassin méditerranéen et Sahara), la zone tropicale (Afrique, paléotropicale et Amérique, néotropicale), et la zone antarctique (**COSTE. C**, 2008).

1.5.2 L'écologie et des lichens

On décrit les lichens selon leur écologie. Bien que les espèces puissent présenter une certaine plasticité écologique et apparaître sur plusieurs substrats, ces catégories reflètent une préférence ou un optimum des espèces.

- Les lichens colonisant les troncs et les branches des arbres vivants sont dits corticoles.
- Les espèces croissant sur les rochers forment le groupe des lichens saxicoles.
- Les quelques espèces poussant au sol sont dites terricoles.
- Les lichens croissant sur les mousses sont dits muscicoles et sont ici intégrés dans les terricoles au sens large. Enfin, les espèces croissant sur le bois mort sont appelées lignicoles. Vust, M., P. Clerc, C. Habashi & J.-C. **Mermilliod** (2015).

Les facteurs climatiques

A. La lumière:

les lichens sont pratiquement tous des végétaux héliophiles, seule une minorité d'espèces, comprenant presque exclusivement des lichens à Cyanophycées, préfèrent les habitats ombragés. Pour tous les autres lichens, la richesse tant en espèces qu'en individus augmente avec la luminosité des stations, comme on l'observe pour les rochers exposés ou les troncs d'arbres isolés (**OZENDA** et **CLAUZADE**, 1970).

B. L'humidité atmosphérique et substratique:

l'humidité joue un rôle primordial, dans la physiologie du complexe lichénique. la stabilité de ce dernier est comprise entre deux limites, d'une part sa résistance à la dessiccation, d'autre part sa résistance à l'imbibition prolongée. On distingue l'action de l'humidité atmosphérique de celle de l'eau provenant de la pluie ou du substratum. La première est à l'état de vapeur, de brume ou de brouillard et sature le thalle sans le mouiller notablement.la seconde est liquide et mouillante (**ABBAYES**, 1951).

C. La température:

Les lichens résistent aux basses températures, ils ont la particularité à photosynthétiser à des températures nettement inférieures au point de congélation, ce qui leur permet de rester métaboliquement actifs et de continuer leur croissance (**KIRSCHBAUM** et **WIRTH**, 1997).

D. Le vent:

Il provoque une action physiologique indirecte en augmentant la vitesse de dessiccation des thalles, une action mécanique, directe, entrainant une dispersion des fragments de lichens, et joue un rôle primordial dans la multiplication végétative du lichen (**OZENDA** et **CLAUZADE**, 1970).

Les facteurs substratiques

Les facteurs substratiques sont liés à la nature, aux propriétés mécaniques comme la dureté, aux propriétés physiques comme la porosité, la perméabilité, la couleur, et aux caractéristiques chimique du substrat (**CLAUZADE** et **RONDON**, 1966).

Les facteurs biologiques et anthropozoïques

L'action d'autres êtres vivants est également déterminante dans la réparation des lichens. En effet la compétition entre les différents êtres vivants, peut entrainer soit la destruction, soit la modification du milieu ou au contraire favoriser leur dissémination. La concurrence vitale s'exerce entre les lichens eux-mêmes, mais aussi avec d'autre plantes. Beaucoup d'espèces de lichens sont devenues rares parce que leur espace vital est détruit par les activités humaines ; l'intensification de l'activité agricole d'une part (épandage d'engrais), et l'optimisation de l'exploitation forestière d'autre part (les coupes à blanc). De même l'émission des polluants, ont entrainé une perte considérable de lichens (**KIRSCHBAUM** et **WIRTH**, 1997).

1.5.3 L'habitat

Les lichens sont présents sur les roches, les écorces, les feuilles, le bois ouvragé, dans les milieux humides, ombragés, ensoleillés (**COSTE. C**, 2008). Cependant ils sont inexistants

dans la mer à des profondeurs supérieures à 10 mètres, au centre des grandes villes, où la pollution atmosphérique est importante, et sur les tissus des animaux vivants (**CLAUZADE. G** , et **ROUX**, 1987).

Selon **COSTE** (1989), d'après la nature du substrat on distingue habituellement:

- Les lichens Saxicoles: croissants sur les substrats rocheux.
- Les lichens Terricoles: croissants sur la terre.
- Les lichens Corticoles: croissants sur l'écorce des arbres
- Les lichens Lignicoles: croissants sur le bois.
- Les lichens Muscicoles: croissants sur la mousse.
- Les lichens Detriticoles: croissants sur les débris végétaux.

Dans le cadre de ce travail, ce sont les lichens corticoles qui vont nous intéresser.

1.6 Rôle et Usages des lichens

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

- **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.

- **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.

- **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.

- **Usages comme indicateurs de conditions de milieu**

  Selon **CLAUZADE et OZENDA (1970)**, Beaucoup d'espèces de lichens ont une écologie très précise de sorte que leurs présence dans un milieu naturel est susceptible de donner des indications sur les caractères physiques ou chimiques de ce milieu, elles peuvent indiquées :

  - La nature des roches et des sols.
  - L'évaluation de la hauteur de la neige.
  - La localisation des zones de pollution.

Chapitre 2

Les Lichens Et La Qualité De L'Air

2.1 Les Lichens et la qualité de l'air

Il existe plusieurs types de pollutions qui sévissent dans l'atmosphère, notamment la pollution de l'air qui est plus fréquente et très importante dans le monde.

2.1.1 Définition de la pollution de l'air

On parle de pollution lorsque <<la présence d'une substance étrangère ou une variation important de la proposition de constituants de l'air est susceptible de créer une gêne ou de provoquer un effet nuisible,compte tenu des connaissances scientifiques du moments >>.(conseil de l'europe , 1967, in bauwens 2003).

2.1.2 Les sources principales de la pollution de l'air

Les principales sources de la pollution atmosphérique sont soit d'origine naturelle soit d'origine anthropique.

Les sources naturelles

Les polluants émis naturellement se diffusent très largement autour de la terre. Selon **DELMAS,et al,(2007)**, les principales sources naturelles sont :

- L'érosion éolienne (action du vent sur la surface terrestre) qui conduit à l'émission de particules d'aérosol aussi bien sur les continents que sur les océans.
- Les émissions de gaz et de particules par les volcans.
- Les émissions biogéniques (gaz produits par réactions biologiques), dans l'océan, les sols et la végétation terrestre.

Les sources anthropogéniques

Depuis XIXe siècle que l'impact des activités humaines sur l'environnement s'est simplifié, en relation avec l'accroissement des populations et les bouleversements technologiques majeurs associés à la révolution industrielle.

D'après **LAGDIC et al (1998)**, les premières actions néfastes de l'Homme sur l'environnement sont dues à :

- D'extraction et de transport.
- L'utilisation sans cesse de combustibles fossiles.
- Le développement et l'intensification de nombreuses activités à l'origine d'une pollution directe ou indirecte (chimie, agriculture industrielle, chauffage).

Actuellement, il n'existe pas d'écosystèmes exempts de traces de l'activité de l'Homme, car même les zones vierges de toute colonisation humaine sont contaminées par des polluants apportés par les mouvements des masses atmosphériques ou par les courants marins et océaniques.

2.1.3 Les principaux polluants atmosphériques

La pollution atmosphérique peut résulter d'une modification quantitative par hausse de concentration dans l'air de certains de ses constituants normaux ou d'une modification qualitative due à l'introduction de composés étrangers à ce milieu, soit encore et c'est le cas général d'une conjugaison de ces deux phénomènes. Dans la nature les polluants sont regroupés en deux catégories (**Table 2.1**).

Les gazes

Table 2.1: Nature et origine des principaux groupes de substances polluantes de l'atmosphère (RAMADE ,1995).

	Nature du pollutant	Source d'émission
Gaz	Anhydride de carbone	• Volcanisme • Respiration • Combustibles fossiles
	Oxydes de Carbone	• Volcanisme • Moteurs a explosion
	Hydrocarbures	• Plantes ,bactéries • Moteurs a explosion
	Composés organiques	• Industries chimiques • Incinération d'ordures • Combustions diverses
	Anhydrides sulfureux et autres dérives soufrés	• Volcanisme • Embruns marins • Bactéries • Combustibles fossils
	Dérivés nitrés	• Bactéries • Combustion
	Radionucléides	• Centrales atomiques • Explosions nucléaires

Les particules (aérosols)

Table 2.2: Nature et origine des principaux groupes de substances polluant de l'atmosphère (RAMADE ,1995).

	Nature du pollutant	Source d'émission
Particules	Métaux lourds et composés minéraux	• Volcanisme-Météorites • Erosion éolienne-embruns • Industries diverses • Moteurs à explosion
	Les composés organiques naturels ou de synthèse	• Incendies de forets • Industries de chimiques • Combustions diverses • Incinération d'ordures • Agriculture (pesticides)
	Radionucléides	Explosion nucléaires

2.1.4 Les effets de la pollution de l'air

Sur la santé humaine

La pollution de l'air est responsable aussi de plusieurs maladies selon les sources de pollution et le niveau d'exposition des personnes. On citera :

- Les irritations oculaires, cutanées et respiratoire.
- Les maladies cardiovasculaires.
- La dépression de l'immunité cellulaire.
- Les troubles et manque d'oxygénation du système nerveux (Troubles de la mémoire, insomnies, diminution des performances intellectuelles).
- Les troubles de la personnalité et des performances psychomotrices et encéphalopathie.
- Les troubles sensoriels.
- Les cancers de poumons.

- L'insuffisance rénale.
- L'irritation des muqueuses et des voies aériennes supérieures et parfois inférieures.
- Les troubles de développement cérébral.

Sur l'environnement

La pollution de l'air ne s'attaque pas seulement à la santé humaine, mais affecte aussi notre environnement et notre écosystème représentée par des phénomènes globaux à l'échelle locale, régionale et même continentale, cela est constaté à travers :

- Le changement climatique.
- Le problème des substances appauvrissant la couche d'ozone.
- La dégradation de l'habitat et la disparition de certaines espèces floristiques et faunistiques.

De même, les conditions météorologiques peuvent aussi favoriser les pollutions, à l'échelle locale, ou continentale, ou contribuer à leur dispersion.

Sur lichens

La pollution atmosphérique est un facteur limitant au développement des lichens. En conséquence la flore lichénique subit des modifications se résumant par une diminution du nombre et du recouvrement des espèces et par une régression de la fertilité **(DERUELLE et LALLEMENT, 1983)**.

2.1.5 Surveillance de la qualité de l'air

La qualité de l'air est une préoccupation majeure à l'heure actuelle. Récemment, il est apparu qu'à long terme la santé des populations humaines dépendait dans une large mesure de la qualité de l'environnement ; en agissant à la fois sur les milieux physiques et sur les milieux biologiques, c'est à dire les organismes vivants **(LAGADIC,** 1998**)**.

La bio surveillance

La bio surveillance (basée sur des modèles fongiques ou végétaux) demeurera toujours la seule approche capable d'évaluer des effets biologiques d'une altération de l'environnement **(Van Haluwyn et al., 2011)**. La biosurveillance et ses différents concepts ont été formalisés par **Garrec et Van Haluwyn (2002)**. La biosurveillance est alors définie comme « l'utilisation des réponses a tous les niveaux d'organisation biologique (moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique, tissulaire, morphologique, écologique) d'un organisme ou d'un ensemble d'organismes pour prévoir et/ou révéler une altération de l'environnement et pour en suivre son évolution ». Ces approches consistent à observer et mesurer de façon globale la réponse des organismes aux contaminants et intègre les effets du mélange des composés présents dans l'environnement, mais aussi les caractéristiques écologiques et climatiques du territoire **(Van Haluwyn, 1998)**.

Les différentes approches de bio surveillance

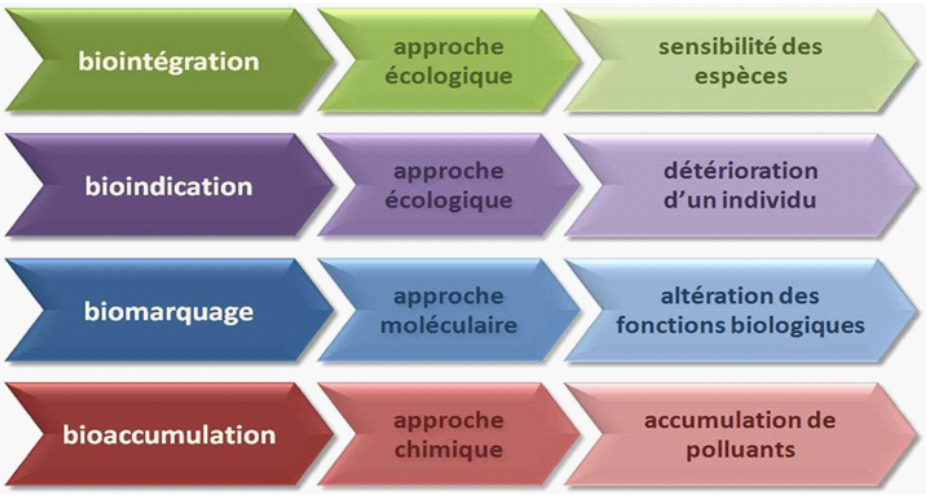


Figure 2.1.1 : Les différentes approches de bio surveillance selon l'échelle d'étude. (Yannick, 2014).

Choix des lichens comme indicateurs biologiques

Les lichens sont des bio accumulateurs, ils concentrent divers polluants, d'autres sont considérés comme des bio-indicateurs, se développent plus ou moins selon tel ou tel polluant **(DORLEANS, 2006)**.

D'après (**DERUELLE 1978**), **DERUELLE et LALLEMANT (1983)**, les lichens possèdent la faculté de réagir vite aux variations de l'environnement. Ce sont de véritables clignotants de la qualité de l'air.

Cette propriété s'explique par plusieurs particularités structurales et fonctionnelles possédées par ces végétaux, et notamment par quelques différences fondamentales avec les végétaux supérieures.

- **Un grand pouvoir d'accumulation :** la partie interne des lichens est une véritable éponge, qui est capable de piéger des quantités importantes de substances prélevées dans l'atmosphère.
- **Une absence de moyens de défense contre les polluants :** a la différence des plantes supérieures qui peuvent contrôler l'absorption des éléments exogènes, les lichens ne possèdent pas de moyens efficace de lutter contre la pollution (sans système de filtration).
- **Une activité continue :** les lichens ont une activité photosynthétique continue quelle que soit la saison. Ainsi, contrairement aux caducifoliés, qui perdent leurs feuilles en hiver, la photosynthèse est interrompue.
- **Un métabolisme lent :** il se traduit par un taux de croissance très faible et par une grande longévité qui permet de suivre l'évolution de la pollution.

2.2 Méthode de bioindication

- **Méthode de Hawksworth et ROSE (1970)** : il s'agit d'une méthode qualitative , élaborée en Grande-Bretagne faisant intervient un lien entre les lichens épiphytes et la pollution soufrée . cette approche s'applique sur des arbres adultes en milieu ouvert.

- **Méthode de le Blanc et Sloover (1970)** : il s'agit d'une approche floristique quantitative élaborée au Québee permettant la détermination d'un indice de pollution à partir de la flore lichénique épiphyte : l'indice de pureté atmosphérique(IPA).

- **Méthode de van Haluwyn et Lerond (1986)** : il s'agit approche française qui découle des deux méthodes précédents ,elle est basée sur des espèces sensibles à la pollution acide.

- **Méthode de VDI (verein deutscher Ingenieure)(1995)** : c'est une méthode allemande ,elle n'est pas spécifique d'une région donnée et complète la méthode van Haluyn etleronde (1986) ;Elle se base sur un indice pour évaluer la pollution globale :indice de la Qualité de l'air (IQA).

- **Méthode de Lallemant et al . (1996)** : c'est une nouvelle méthode française qui a été mise au point pour illustrer la pollution par NH_3 ou NO_2 les espèces lichéniques nitrophobes.

- **Méthode Asta et al. (2002)** : utilisant les quatre faces de l'arbre , cette valeur correspond à l'indice de la Qualité de l'air (IQA) Elle a été retenue au niveau européen pour réaliser la cartographie de la diversité lichénique (**Agnan, 2013**).

Chapitre 3

Présentation De La Région Tibhirine

3.1 Présentation de la région d'étude : Station de Tibhirine

La présentation de la région d'étude est une étape essentielle dans l'élaboration d'un projet, elle comporte les données géographiques, géologiques et hydrologiques ainsi que climatiques.

Ces différentes données permettent une meilleure connaissance de site d'étude et du comportement de la zone d'étude.

3.1.1 Historique

Tibhirine est affilié à La commune de Draa Smar, sous l'appellation de Lodi par l'administration coloniale compte du début du siècle dernier.

Draa Smar était considéré comme un quartier de Médéa avant le découpage administratif de 1984, vue l'existence des grandes entités industrielles, qui la classée zone industrielle ainsi que sa vocation agricole dont le taux (TTA) dépasse les 70% du territoire de la commune qui joue un rôle très important pour la vie des citoyens de la commune car la plus grandes tranche de cette population exercent l'activité agricole.

3.2 L'étude du milieu physique de médea (tibhirine)

3.2.1 Situation géographique

Enserrée entre les longitudes 2° 10′ et 3° 20′ Est et les latitudes 35° 26′ et 36° 30′ Nord (voir carte ci après), la wilaya de Médéa se situe au centre géographique de l'Algérie du Nord et occupe la partie centrale du Tell qui s'étend de des monts de Bouira à l'Est à ceux de L'Ouarsenis à l'Ouest et allant des versants sud de l'Atlas blidéen au Nord jusqu'aux premiers contacts des monts du Titteri avec les Hautes-plaines au Sud. Un relief contrasté, constitué de montagnes de l'Atlas tellien, du plateau de Médéa et de la plaine des Béni.

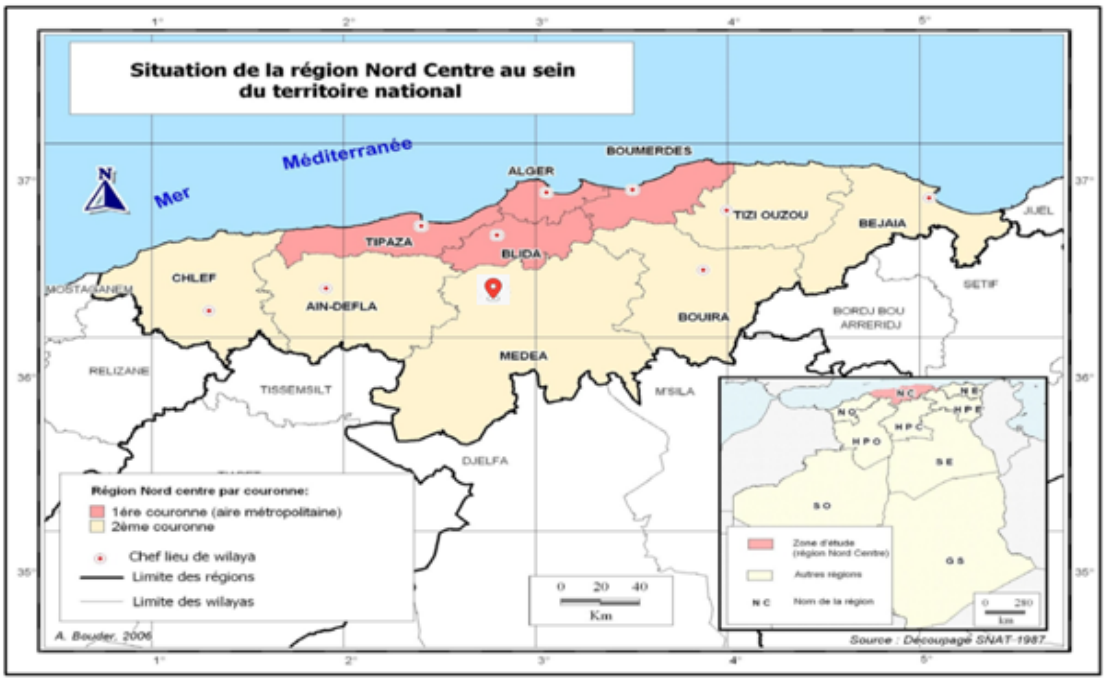


Figure 3.2.1 : Situation de la région nord centre au seln du territoire national.

De par cette situation, la wilaya commande l'accès aux régions des hauts plateaux et du sud du pays à partir d'Alger, à travers les gorges de la Chifa, seule voie naturelle de pénétration de l'Atlas central. C'est cette situation qui a permis à Médéa d'exister à travers les âges jusqu'à briguer un statut administratif des plus importants à l'époque Ottomane devenant le siège du Baylek du Titterie.

3.2.2 Situation administrative

La ZEST Tibhirine s'étale sur une superficie de 55 ha, elle est située à 6 km au Nord du chef-lieu de la commune de Draa Smar et à une dizaine de kilomètres du chef-lieu de Wilaya. Ce site panoramique se trouve à plus de 1000 mètre d'altitude.

la ZEST Tibhirine est limitée administrativement :

Au Nord et à l'Est par le chemin communal qui relie Tibhirine à Ain Araïs.

A l'Ouest par le Méridien CLARKE 1880 (474, 5 km).

Au Sud par le Parallèle CLARKE 1880 (4015, 5 km).

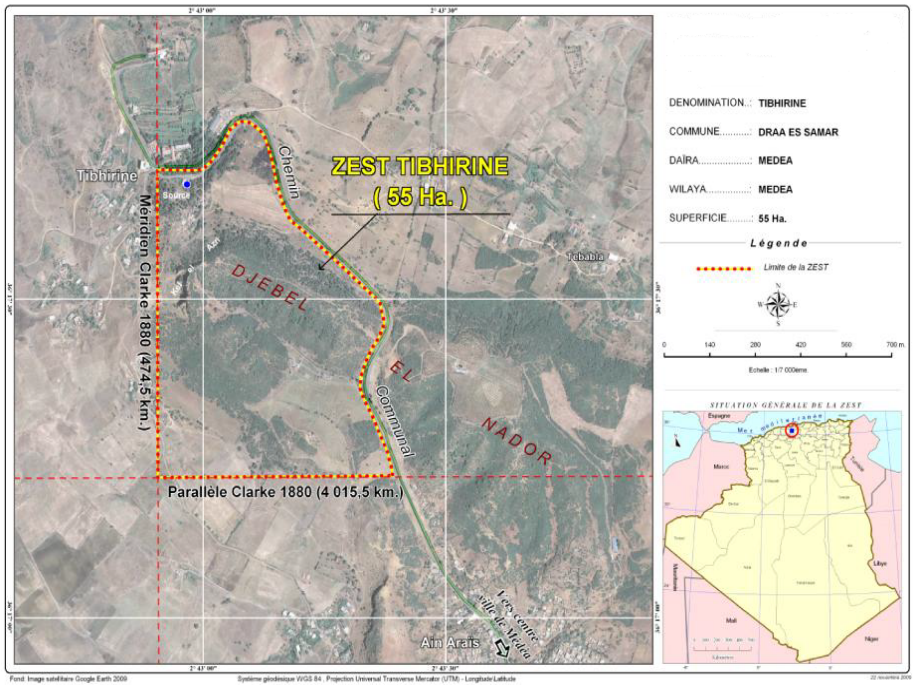


Figure 3.2.2 : Photo satilitaire de zest Tibhirine.

3.2.3 Aspect pédologique

La wilaya de Médéa qui s'étend sur une superficie de 874000 hectares (source : Médéa en quelques chiffres), enregistre un potentiel relativement considérable en sol. la surface agricole utile (SAU) représente 338630 hectares, soit 38, 6% de la surface totale.

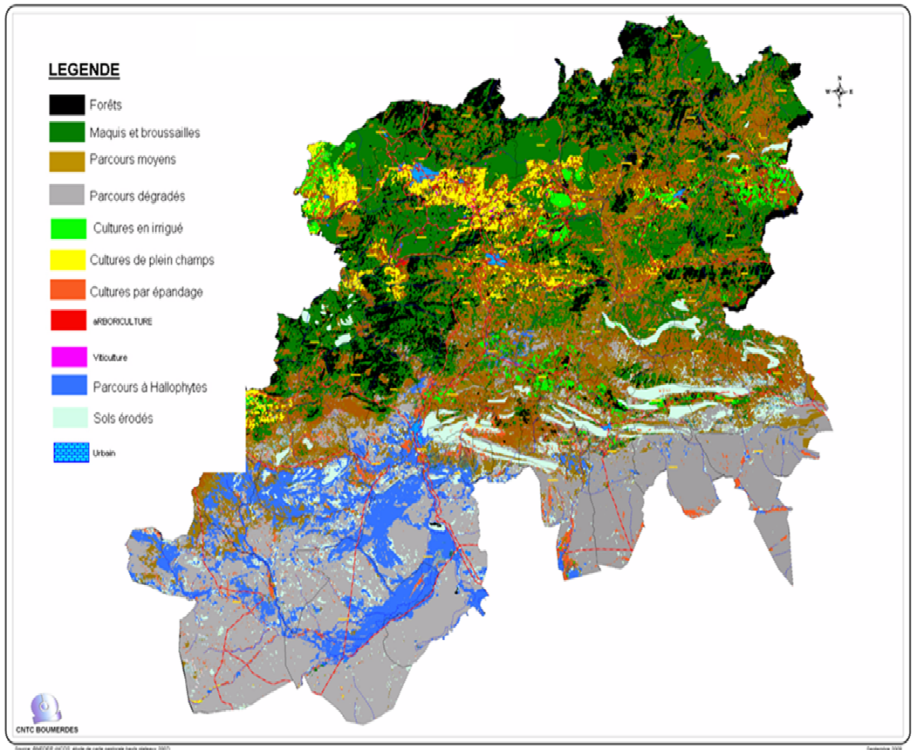


Figure 3.2.3 : Carte d'occupation du sol de médea.

La carte d'occupation du sol établie par le haut commissariat pour le développement de la steppe (HCDS), à partir des images satellites LANDSAT ETM+ de 2001, et ALSAT de 2007.

3.2.4 Le relief

La wilaya de Médéa est située au cœur de l'Atlas Tellien, elle se caractérise par un relief mouvementé, avec des altitudes élevées, atteignant 1813 mètres (point culminant de la wilaya), au djebel Ech Chaoun, dans la commune de Derrag, à la limite de la wilaya, non loin de Bordj el Amir Abdelkader situé dans la wilaya de Tissemsilt. Dans la commune de Sebt Aziz, le djebel Taguennsa s'élève à 1710 mètres. Au centre de la wilaya le col de Benchicao se situe à 1267 mètres, alors que le djebel Mouzaïa s'élève jusqu'à 1603 mètres, et le djebel Beni Messaoud à 1492 mètres, en fait ces sommets, font partie d'une série continue, ceinturant la wilaya à l'ouest et au nord, depuis l'Ouarsenis jusqu'au massif de Tablat.

3.2.5 Réseaux hydrographiques

Le territoire de la wilaya de Médéa chevauche sur quatre bassins versants à savoir :

- Bassin versant de l'oued Chélif.
- Bassin versant de l'oued Isser.
- Bassin versant côtiers algérois.
- Bassin versant de Chott El Hodna.

Nous donnerons plus de détails sur les bassins versants dans la partie réservée à l'identification et l'évaluation des potentialités en eau.

3.2.6 La neige

La neige joue un rôle régulateur du ruissellement et influe favorablement l'alimentation des eaux souterraines, en raison de son infiltration lente et profonde dans le sol.

Aussi son importance est d'autant plus grande que la durée de l'enneigement est étalée sur une période assez longue.

Il a neigé avec une moyenne selon les régions de la wilaya comme suit :

- **Douze (12) jours à Médéa, dont dix (10) au mois de janvier.**
- Onze (11) jours à Berrouaghia, dont six (6) au mois de janvier
- Dix (10) jours à Ain Boucif, dont sept (7) au mois de janvier.
- Quatre (4) jours à Beni Slimane, dont trois (3) au mois de janvier.
- Un (1) jour à Ksar El Boukhari au mois de janvier

3.3 L'étude climatique de médea (tibhirine)

3.3.1 Sources des données climatiques

Nous avons utilisé deux données climatiques de l'A.N.R.H, l'une est calculée sur une période de 25 ans $(1990 - 2015)$ retenues pour l'étude de précipitation, et l'autre est calculée sur une période de 10 ans $(2005 - 2015)$ pour l'étude de temperature.

3.3.2 Précipitations

Les précipitations sont toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, soit la forme liquide (pluie, averse) et la forme solide (neige, grêle). Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression (**MOLINE,** 2004).

Les précipitations moyennes mensuelles et annuelles

Les données des répartitions mensuelles et annuelles des précipitations (mm) des stations d'étude sont consignées dans le tableau ci-dessous.

Table 3.1: Données pluviométriques moyennes mensuelles et annuelles (mm) de station d'étude.

Station	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Annuelle
Pr(mm)	105.11	94.99	74.36	62.92	35.74	7.04	4.09	7.08	33.9	48.01	87.86	89.92	667.89

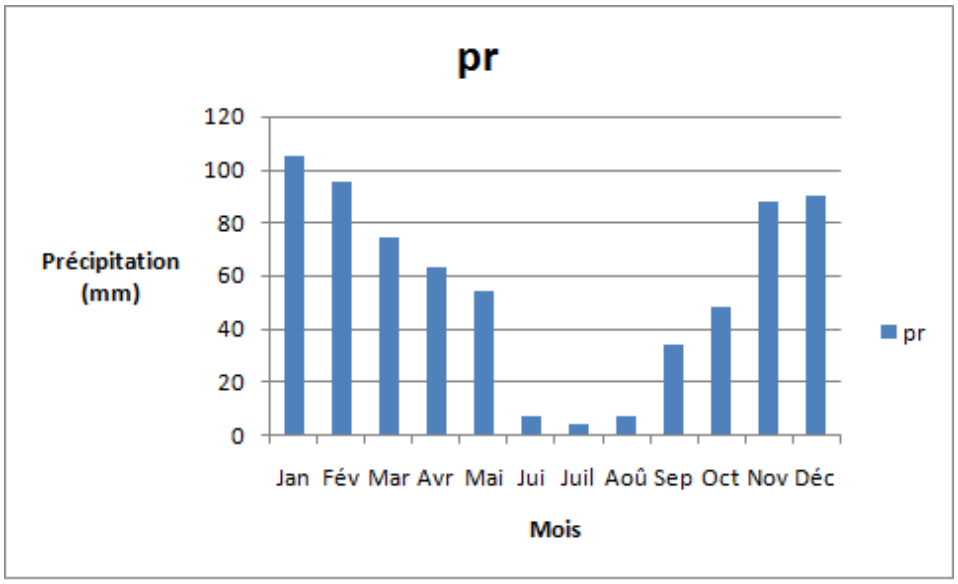


Figure 3.3.1 : Histogramme réprésente les données pluviométriques moyennes mensuelles (mm) de station d'étude.

La répartition mensuelle des précipitations moyennes mensuelles dans les stations considérées, tout en tenant compte du caractère irrégulier de la pluviosité (Fig.41Au dessus), définit une période pluvieuse correspondant à la saison froide, qui s'étale de novembre à Mai , avec un maximum de précipitations enregistré au mois de janvier soit 105.11 mm ,et une période sèche correspondant à la saison chaude qui s'installe à partir du mois de mai jusqu'au mois d'octobre avec un minimum de précipitations enregistré au mois de juillet (4.09 mm) .

La station de tibhirine enregistre des précipitations annuelles de moyenne de 667.89 mm.

Les précipitations moyennes saisonnières

L'étude du régime saisonnier donne une indication sur la répartition des précipitations suivant les quatre saisons de l'année (**DJELLOULI,** 1981**).** Le tableau N° V illustre le régime saisonnier de station étudiée.

Il est à constater qu'il existe un seul type de régime saisonnier. Le régime saisonnier des pluies pour le station étudieé est de type HPAE. L'Eté est la saison la moins arrosée, caractéristique du climat méditerranéen.

Table 3.2: Données pluviométriques moyennes saisonières (mm) de station d'étudie.

Station	Hiver	Printemps	Été	Automne
Tibhirine (mm)	96.67	57.67	4.49	56.59

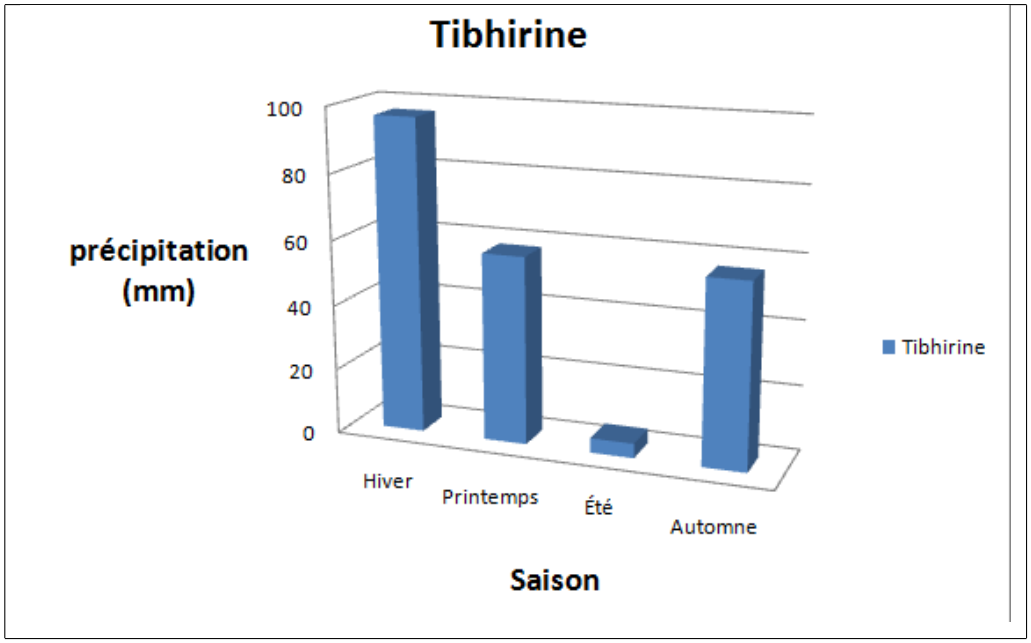


Figure 3.3.2 : Répartition des précipitation moyennes saisonières (mm) de station de tibhirine.

3.3.3 Températures

Les donneés sur la température moyenne maximale et minimale de la zone d'étude au cours de la période 2006 au 2015 sont représentées sur la figure (ci dessus).

Table 3.3: Données thermiques moyennes mensuelles et annuelles de station d'étude

Sta	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
M	14.63	**14.56**	18.4	23.33	27.9	25.78	**36.92**	35.97	31.32	27.67	19.66	15.9
m	**0.48**	0.54	1.55	5.31	8.02	12.37	17.77	**20.05**	17.01	8.65	4.64	1.7
$\frac{M+m}{2}$	**7.55**	7.55	9.97	14.32	17.96	19.07	27.34	**28.01**	24.16	18.16	12.15	8.8

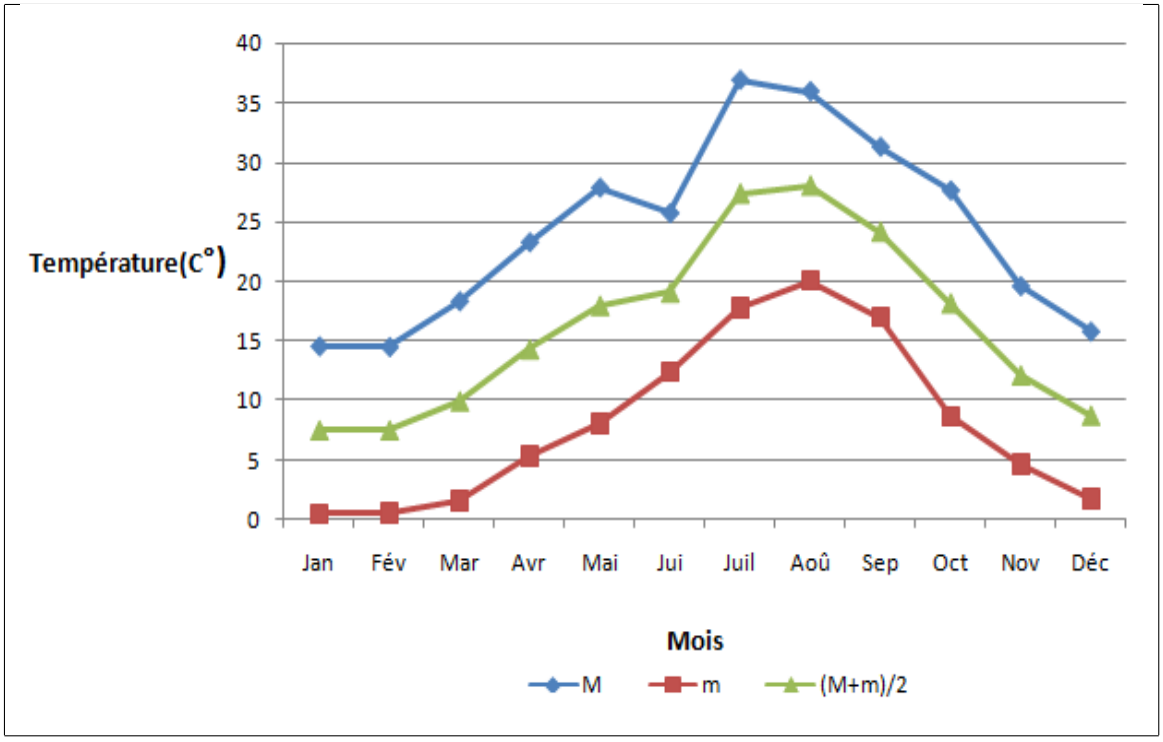


Figure 3.3.3 : Répartition des températures moyennes mensuelles de la station de tibhirine (2006 – 2015).

La température moyenne mensuelle au niveau de l'Atlas tellien, est inférieure à la moyenne annuelle entre le mois de novembre jusqu'au mois d'avril. Cependant elle augmente a partir du mois de mai jusqu'au mois d'octobre, permettant ainsi de diviser l'année en un semestre froid et un semestre chaud (**SELTZER, 1946**). Mais, des nuances nombreuses existent localement en fonction de l'altitude, de la latitude, de l'exposition, et de l'éloignement de la mer.

Dans les stations d'étude la température moyenne maximale du mois le plus chaud est enregistrée dans le mois de juillet soit 36.92 °C pour notre station d'etude Quant à la température moyenne maximale du mois le plus froid est de 0.48 °C (janvier).

3.4 Cadre bioclimatique

3.4.1 Saison sèche

La saison sèche (durée et intensité) joue un rôle capital dans la distribution de la végétation. Un mois est dit biologiquement sec si (le total mensuel des précipitations exprimé en millimètres est égal ou inférieur au double de la température moyenne, exprimée en degrés centigrades) Cette formule permet de construire des diagrammes ombrothermiques illustrant la saison sèche des différentes zones d'étude **(kaabeche,1990)**.

Les diagrammes ombrothermiques (Voir la figure 3.4.1) montre que la station de tibhirine une saison sèche qui dure environ 5 mois.

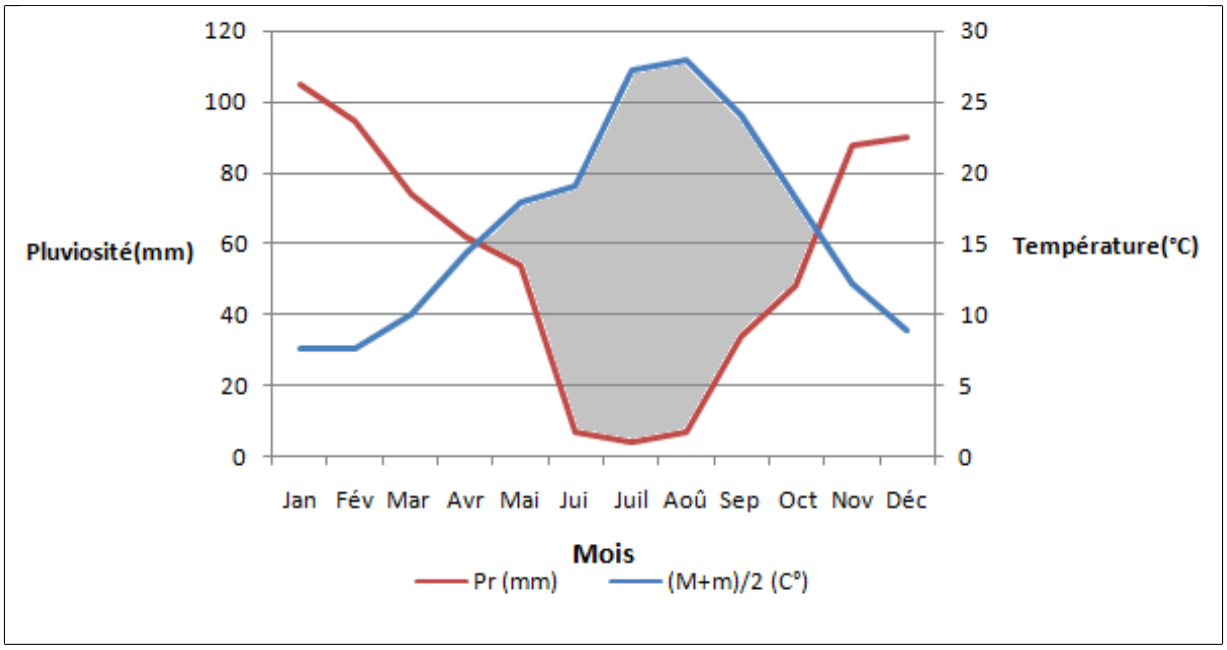


Figure 3.4.1 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la station de tibhirine 1990 – 2015.

3.4.2 Quotient pluviométrique et climat gramme d'Emberge

Les climats sont classés en fonction de deux critère: l'indice pluviométrique $Q2$ et la moyenne des minimas du mois le plus froid m **(Lehouerou, 1975)**.

$$Q2 = 1000\ P / (M+m/2)(M-m) = 2000\ P / M^2 - m^2$$

Q2 : Quotient pluviométrique.

P : Pluviosité moyenne annuelle en mm.

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en degré Kelvin.

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid en degré Kelvin.

M+m/2 : Moyenne des températures mensuelles et annuelles.

Le quotient pluviothermique d'Emberger, a pour objectif de mettre en évidence la sécheresse globale d'une station à travers des valeurs moyennes annuelles et que le climat est d'autant plus sec que ce quotient est plus petit.

L'interprétation du quotient pluviothermique, autrement dit, le classement bioclimatique d'une station donnée nécessite l'emploi du climagramme d'Emberger, qui permet de la placer dans l'une des combinaisons bioclimatiques du climat méditerranéen.

Ce climagramme permet de prendre en considération les deux variantes climatiques, hydrique (Q2) et thermique « m ».

La prise en considération de « m » sur le climagramme permet de bien séparer des stations ayant des bioclimats différents, malgré un même quotient pluviothermique.

Table 3.4: Les valeurs de quotient pluviothermique d'Emberger de station d'étude.

Station	P(mm)	M($°C$)	m($°C$)	Q2	Bioclimats	Variantes thermique
Tibhirine	667.89	36.92	0.48	62.83	Subhumide	Hiver frais

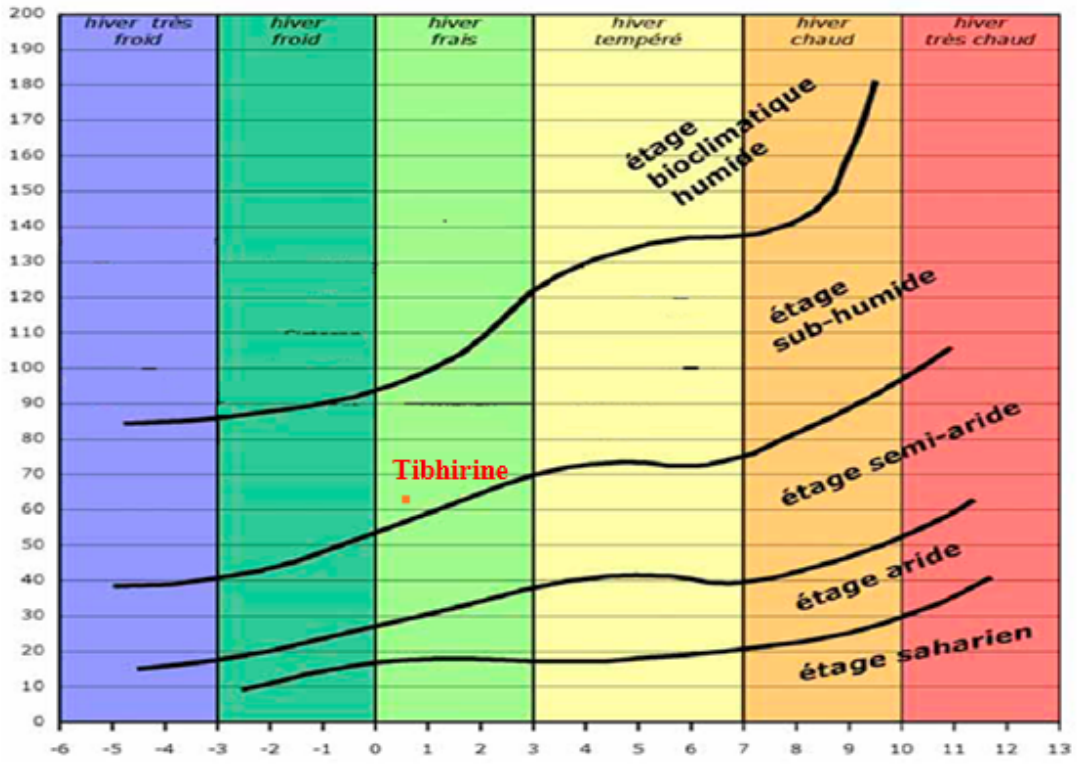


Figure 3.4.2 : Le climmagramme d'Emberger.

Chapitre 4

Matériel & Méthodes

4.1 Méthodologie

Pour estimer la qualité globale de l'air et la diversité lichénique au Tibhirine, nous avons décidé d'utiliser une seule méthode, celle des ingenieure écologues allemands (d'après la directive verein Deutscher Ingenieure VDI-3799-1995).

4.2 Le choix du site d'étude

Le choix des stations est conditionné par des facteurs écologiques telles que l'homogénéité des formations végétales, l'abondance des supports, mais aussi par des facteurs physiques à savoir la topographie et l'accessibilité du milieu (**Van Haluwyn et Lerond, 1993**).

Les stations ont été choisies de façon à pouvoir suivre l'évolution de la diversité lichénique et la qualité de l'air aù niveaux de secteur d'el hamdania et secteur de hammam melouane.

4.3 Matériel de récolte utilisé sur le terrain

Sur le terrain, nous avons utilisé le matériel suivant :

- Une loupe, pour l'observation des lichens de petits thalles, peu visibles à l'œil nu.
- Un GPS, qui sert à indiquer les coordonnées géographiques (Longitude, Latitude, et l'altitude), pour situer le lieu de récolte.

- Les fréquences de chaque espèce.
- Un décamètre (pour avoir le diamètre des arbres, la hauteur minimale du relevé un guide de détermination des lichens, Pour identifier des types des lichens nousutilisons un Guide des lichens de France (lichens des arbres).
- Un cutter utilise pour la récolte des espèces.
- Des punaises pour fixer la grille sur le tronc de l'arbre.
- Des crayons.
- Une grille faire avec un transparente (divisée en cinq mailles) de 50×20 cm pour permettant de calculer et mesurer la distance de 20 m qui sépare deux phorophytes successifs).
- Des fiches terrain (fiche arbre, fiche station).
- Des enveloppes, pour envelopper les échantillons récoltés.
- Un pulvérisateur pour imbiber d'eau les lichens ce qui facilite leur identification.
- Un Appareil photo.

4.4 Le choix des arbres

Les arbres choisis au sein de la station doivent répondre à un certain nombre des critères à savoir :

1. Le tronc en question ne doit pas être incliné.
2. Le tronc doit avoir un diamètre supérieur 20 cm et la grille doit être placée à 1 m audessus du sol.
3. Etre isolés (non influencés par le microclimat que créerait le regroupement des arbres).
4. Les arbres ne présentent pas de branches basses protégeant le tronc.

5. En évitant les essences défavorables aux lichens telles que les bouleaux, les platanes.

6. De même, les relevés ne peuvent s'effectuer par brouillard ou temps de pluie sous peinede voir fausser les couleurs des lichens.

4.5 Méthodes de Récolte des Lichens

Selon SUSSEY (2015), la récolte des lichens peut se faire en toute saison et ne présente aucune difficulté particulière. La plupart des lichens foliacés et presque tous les lichens fruticuleux, les lichens terricoles et muscicoles sont généralement récoltés aisément à l'aide d'un bon couteau ou simplement à la main, en ayant soin de bien enlever la base. Si les lichens sont très secs et cassants, il est parfois utile de les humecter avant de les prélever.

Une grille en plastique transparente de $(20cm \times 50cm)$ sur la quelle 10 carreaux de $(10cm \times 10cm)$ est déposée à 1m du sol sur le coté nord de la station.

A l'aide de la loupe nous avons établi la liste des espèces présentes et noté le recouvrement et la fréquence dans chacun des 10 carreaux de la grille. Les données concernant l'arbre, les conditions géographiques ainsi que la date sont enregistrées sur la fiche de relevé.

L'identification dans chaque carreau se fait in situ à l' aide du guide d'identification. L'espèce non identifiée sur le terrain, est prélevée par le cutter et mise dans une enveloppe sur laquelle des informations liées à l'arbre et la station sont notées afin de pouvoir les reconnaitre au laboratoire.

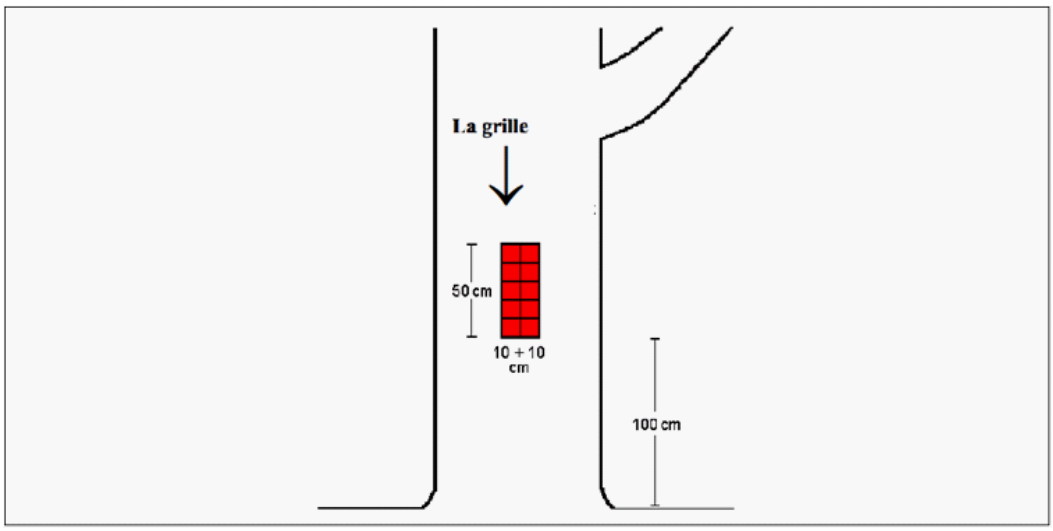


Figure 4.5.1 : Source : Kirschbaum et al. Environmental Sciences Europe (2012).

4.6 Préparation des échantillons

Les lichens doivent être soigneusement triés, emballés et étiquetés, pour éviter qu'ils ne se détériorent par frottement mutuel dans le sac où on les récolte, qu'ils ne soient pas salis par des débris de terre et que les plus petits d'entre eux ne se perdent (**CLAUZADE et OZENDA, 1970**).

Le plus simple est de placer chaque échantillon, dans un petit sac de papier sur lesquelles on porte les indications. Les sachets ou enveloppes correspondant à une même station doivent être provisoirement réunis dans une même enveloppe et celle-ci dans un gros sachet en matière plastique qui évite la dessiccation.

Chaque enveloppe doit porter un numéro de récolte, le pays, la commune, le lieu de récolte, les coordonnées géographiques, l'habitat précis, la date de récolte, le nom de récolteur (Modèle d'étiquette, Annexe II). L'utilisation de GPS permet de situer très précisément le lieu de la récolte et donc retrouver celui-ci lors des prospections ultérieures (**SERUSIAUX et al, 2004**).

4.7 Conservation des échantillons

Les lichens se conservent facilement. Le séchage du matériel se fait par évaporation (laisser se dessécher à l'air), le cas échéant avec une source d'air chaud (**SERUSIAUX et al, 2004**). Seuls les lichens foliacés et fruticuleux supportent une pression très modérée, car l'aplatissement altère souvent la morphologie au point de faire disparaître certain caractères de détermination (**CLAUZADE et OZENDA, 1970**).

La conservation définitive peut se faire de multiples façons, la plus simple étant de ranger les enveloppes contenant le matériel dans des boites cartonnées (type boite à chaussures), sans oublier de consigner toute les indications d'identification et de localisation de l'échantillon, le classement se fera selon les choix personnels (par ordre alphabétique des genres, par région biogéographiques, etc.) et sera utile de compléter par une base de données informatisées (**SERUSIAUX et al, 2004**).

4.8 Technique de détermination des lichens

Notre échantillonnage a été réalisé au niveau de notre station dans le but d'avoir le maximum de diversité lichénique.

- **Ozenda et Clauzade** (1970). "Les lichens, Etude biologique et flore illustrée".
- **Kirschbaum et Wirth** (1997). "Les lichens bio-indicateurs, les reconnaître, évaluer la qualité de l'air".
- Guide des lichens, 350 espèces de lichens d'Europe. de **TIEVANT** (2001).
- Guide des fougères, mousses et lichens d'Europe. de **JAHNS** (1989).
- Travaux de des lichenologue algériens : **Ghennam** (2017), **Touazi** (2007), **Alloua et al** (2008). (**Maizi et al.**, 2010), (**Rebbas et al .**, **2011**) , (**Ait hammou et al.**, 2011),(**Hassani, et Djeddi .**, 2013)

Nous avons également consulté des échantillons provenant de l'herbier du défunt Mr Rahali au laboratoire d'écologie générale et la biogéographie à l'ENS kouba, et celui de Mme BENSLIMANE Wassila.

Plusieurs aspects du lichen sont à prendre en considération comme.

- Le type de thalle qui permet de placer le lichen dans l'un des 7 types morphologiques suivants: lépreux, crustacés, squamuleux, foliacés, fruticuleux, composites ou gélatineux

-La couleur du thalle qui peut varier du jaune à orangé, vert, vert bleu, brun...

-La forme, la couleur et la localisation des divers organes portés par le thalle qui sont multiples comme les organes non reproducteurs (poils, cils, fibrilles, rhizines, papilles, pseudocyphelles...) ou reproducteurs (soralies, isidies, apothécies ou périthèces).

- Une grande sensibilité liée aux particularités structurales et physiologiques énoncées précédemment, sensibilité qui permet d'établir une corrélation entre l'accumulation des polluants et des retombées atmosphériques.

4.9 Evaluation de la qualité de l'air

Selon **DERUELLE** (1994), la méthode biologique donne une bonne image de la qualité de l'air. Elles reposent sur plusieurs particularités des lichens. Les avantages des lichens comme bioindicateurs de la qualité de l'air sont :

- Une grande sensibilité liée aux particularités structurales et physiologiques énoncées précédemment, sensibilité qui permet d'établir une corrélation entre l'accumulation des polluants et des retombées atmosphériques
- Une précision importante des résultats qui dépendra évidemment de la densité des relevés (ou des dosages). L'abondance des espèces lichéniques, la richesse des échantillons et la densité de leur répartition géographique, permettra d'obtenir une précision toujours supérieure à celle des capteurs.
- Une fiabilité réelle du matériel lichénique capable de mémoriser la pollution, fiabilité assortie d'une longévité qui permet un suivi à long terme de l'évolution de la pollution.
- Une facilité d'utilisation (manipulation aisée quelle que soit la saison), qui est une propriété indispensable à tout indicateur biologique.
- Un prix de revient moins élevé que toute méthode de mesure utilisant des capteurs de pollution.

Cet intérêt est confirmé par les très nombreux travaux réalisés dans le monde, que ce soit pour estimer la pollution atmosphériques globale ou pour déterminer l'impact d'un type précis de pollution.

4.10 Choix de la méthode

Les lichens sont très sensibles à la pollution atmosphérique, disparaissent lors de la présence de polluants. Une richesse en espèces lichéniques est donc généralement révélatrice d'une bonne qualité de l'air.

4.10.1 Méthode de l'Indice de la Qualité de l'Air (IQA)

Cette méthode consiste à étudier la végétation lichénique naturelle des arbres de la zone à cartographier. Les changements observés au niveau du recouvrement lichénique donneront une indication sur la qualité de l'air de la zone concernée (**KIRSCHBAUM ET WIRTH, 1970**).

Choix des phorophytes

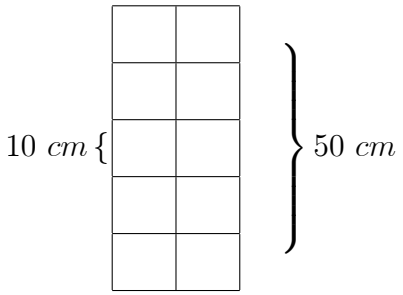
Dans une zone de 500 m de côté. En effet, tous les arbres n'ont pas le type d'écorce. En fonction de l'acidité et le type d'écorce (crevassée, lisse, acide, neutre), on trouvera différentes espèces de lichens. Or, pour obtenir des résultats représentatifs de la qualité de l'air, il est important d'éliminer tout facteur qui n'est pas lié à la qualité de l'air et qui influence la présence ou l'absence de certaines espèces de lichens.

Les arbres doivent être bien droits, sans branches dans la zone d'échantillonnage (tronc), non abîmés, isolés de manière à les tous soumis aux mêmes conditions de luminosité, d'humidité et d'exposition au vent.

Le diamètre des arbres doit être de plus de 30 cm. En effet, la croissance des lichens est tellement lente que seuls les arbres âgés possèdent des colonies de lichens suffisamment développées.

La surface des relevés

Préparer une grille de comptage (20 $cm \times 50$ cm) à l'aide d'un transparent de rétroprojecteur, sur la quelle tracer 10 cases de (10 $cm \times 10$ cm).



La réalisation des relevés

- Placer le transparent sur le tronc porteur à 1m du sol, à l'endroit où il y a le plus de lichens (côté Nord).
- Etablir la liste des espèces présentes dans chaque carré da la grille (indiquer les lichens non identifiés par une lettre. Ex : espèce X).
- Compter la représentation de chaque espèce par carré (fréquence), et indiquer les résultats dans "la fiche arbre" (Annexe II)
- Refaire la même opération sur chaque arbre de la station.
- Remplir la "fiche station" (Annexe II) en calculant la fréquence de chaque espèce et l'indice de qualité de l'air pour la station.
- La même série d'opération est à réaliser pour chaque station de la surface de $0.5 \times 0.5km$.

4.11 Méthode de calcul de la qualité de l'air

La fréquence moyenne est calculée. Il s'agit de calculer la moyenne de la fréquence de chaque espèce sur l'ensemble des 10 arbres.

L'indice local de la qualité de l'air est calculé. Il est égal à la somme des fréquences moyennes de toutes les espèces.

L'indice local de la qualité de l'air est reporté sur l'échelle de l'évaluation de la pollution de l'air.

Table 4.1: Exemple calcule les fréquences des espèces.

grille		A, B, C,...: espèces de	lichens sur l'arbre n° 1
1	2	Carré 1 : A ,B, D	Esp A : 09
3	4	Carré 2 : B ,C, E	Esp B : 05
5	6	Carré 3 : A ,C, D	Esp C: 06
7	8	Carré 4 : A ,B, D	Esp D : 07
9	10	Carré 5 : A ,C	Esp E : 02
		Carré 6 : A, B, D	
		Carré 7 : A, C, D	
		Carré 8 : A, C, E	
		Carré 9 : A, D	
		Carré 10 : A, B, C, D	

Calcul de l'indice de qualité de l'air: la somme des fréquences des espèces = indice de la qualité de l'air.

Table 4.2: Exemple calcule l'indice de la qualité de l'air.

Espèce	Arb 1	Arb 2	Arb 3	Arb 4	Arb 5	Arb 6	Arb 7	Arb 8	Arb 9	Arb 10	Fréquence moyenne
A	09	09	10	10	09	10	09	08	10	09	9.3
B	05	08	06	03	06	06	07	06	08	09	6.4
C	06	07	08	07	07	05	04	03	09	05	6.4
D	07	03	05	08	0	04	06	0	05	03	4.1
E	02	03	01	03	07	05	04	05	06	07	4.3
Indice de la qualité de l'air = 27.9											30, 02

Plus l'indice obtenu est élevé, plus la pollution atmosphérique est faible, donc plus l'air est de bonne qualité. Dans l'exemple précédent, l'indice - de .30 20 - indique une pollution atmosphérique moyenne.

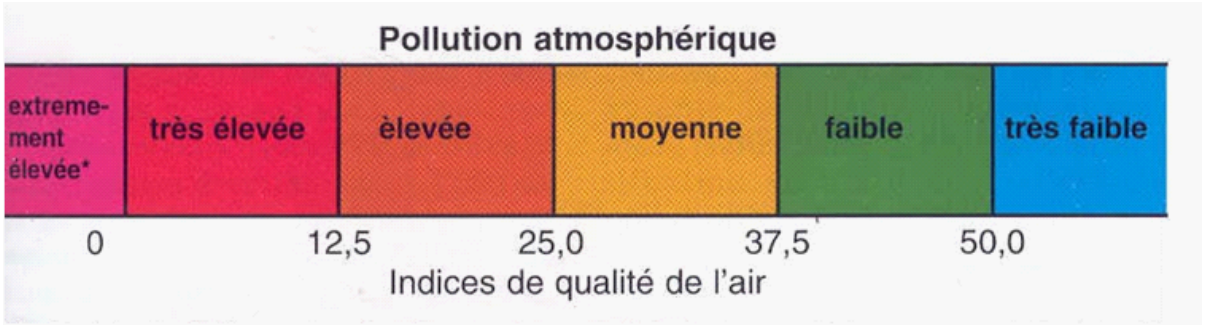


Figure 4.11.1 : Echelle d'évaluation de la qualité de l'air de KIRSCHBAUM ET WIRTH (1970)

Chapitre 5

Résultats & discusions

5.1 Résultats

Toutes ces espèces sont décrites. Pour chacune d'elles, nous avons chercher à définir son statut écologique aprés avoir donné son habitat on se basant sur plusieurs documents.

5.2 Ordre : Lecanorales

5.2.1 Famille lecanoraceae

Lecanora argentata



N° 01

Nom : Lecanora argentata

Substrat : Epiphyte sur chêne verte

Date de récolte : 09/08/2020

Thalle Grand, blanchâtre, grossièrement granuleux ou seulement rugueux par endroit, sans isidies ni soralies. Hypothalle absent.

Apothécies Nombreuses, lécanorines, de $0,5 - 2,5$ mm de ϕ, à rebord thallin épais et saillant, flexueux et crénelé, souvent recourbé sur le disque, à disque brun rouge foncé, non pruineux.

Microscopie Spores par 8, hyalines, simples, largement elliptiques.

Habitat (D'après Roux et coll., 2017) corticole, sur feuillus ou hêtre, sur arbres isolés ou peu denses. Ombroclimat humide et hyperhumide. étage montagnard et subalpin.

Lecanora dispersa



N° 02
Nom : Lecanora dispersa
Substrat : Epiphyte sur cèdre
Date de récolte : 09/08/2020

Thalle Crustacé, rarement formé de granules, gris très clair, souvent nul, se développant en parasite sur d'autres lichens, parfois directement sur mortier avec quelques algues dans le rebord thallin.

Apothécies Lécanorines, $0,2-1$ mm de ϕ, sessiles, à disque plan allant du brun clair à brun sombre ($\pm$ verdâtre ou roussâtre) généralement dispersées mais parfois $\pm$ regroupées. Bord thallin épais, entier ou irrégulièrement crénelé avec l'âge, persistant, de couleur gris blanchâtre. Présence de cristaux très fins sur l"épithécium avec infiltration dans l'hyménium, également dans le bord thallin ; ces cristaux sont insolubles dans K et dans N. Hypothécium prosoplectenchymateux. Spores simples, ellipsoïdales, hyalines, par huit..

Habitat Sur roches calcaires et supports artificiels (mortier, béton...), héliophile, très nitrophile, le plus tolérant à la pollution urbaine, exceptionnellement sur mousse. Très commun jusqu'au montagnard inférieur. Il est ensuite remplacé par Myriolecis invadens et Myriolecis semipallida.

Lecanora expallens



N° 03
Nom : Lecanora expallens
Substrat : Epiphyte sur chêne verte
Date de récolte : 09/08/2020

Thalle Crustacé, entièrement sorédié, de couleur dominante gris jaunâtre à gris $\pm$ *nuancdeverdtre*.

Apothécies (et pycnides) non rencontrées.

Habitat Sur écorce d'arbres surtout isolés, arbres d'alignement en bordure de route, en forêts claires. Espèce courante, assez toxitolérante.

Lecanora pulicaris



N° 04

Nom : Lecanora pulicaris

Substrat : Epiphyte sur chêne verte

Date de récolte : 09/08/2020

Thalle Mince, lisse ou pas très rugueux ou ± pulvérulent. Thalle parfois pulvérulent dans la forme pinastri.

Apothécies $0,5-1$ mm de ϕ, nombreuses mais pas serrées, avec disque plan jusqu'à légèrement convexe, brun clair, brun foncé ou presque noir, non pruineux, et bord thallin généralement assez épais et persistant.

Paraphyses simples ou légèrement ramifiées, cohérentes. Epithécium rouge ou orange brun, contenant de très fins granules à la surface. Présence de gros cristaux, dans la médulle, au dessous de l'hyménium, visibles à la lumière polarisée, Spores simples, ellipsoïdales, incolores, par huit.

Habitat Corticole, épiphléode sur troncs, branches ou branchettes de feuillus et conifères, ou lignicole, sur les piquets de clôture.

5.2.2 Famille parmeliaceae

Parmelia caperata



N° 05

Nom : Parmelia caperata

Substrat : Epiphyte sur chêne verte

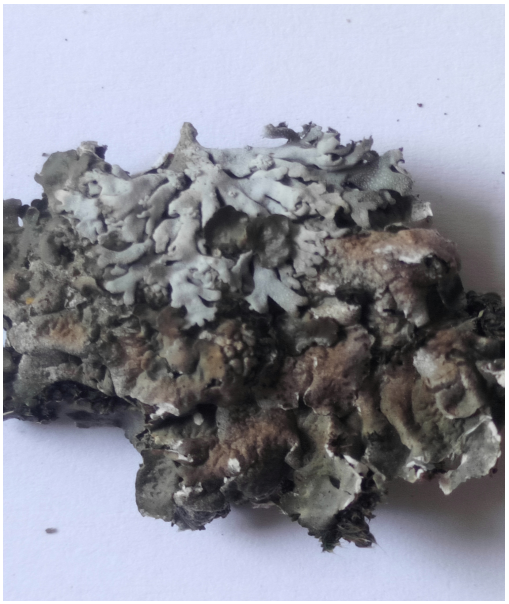
Date de récolte : 09/08/2020

Thalle Foliacé vert jaunâtre, parfois franchement jaune verdâtre, ± en rosette pouvant atteindre 20 cm de ϕ, à lobes larges, ceux du pourtour arrondis, de $0,5$ à $1,3$ cm de largeur, face supérieure ± irrégulièrement ridée, surtout vers le centre du thalle, face inférieure dépourvue de rhizines sur le bord, noire sauf au niveau de la marge des lobes où elle est brunâtre sur quelques mm. Pas d'isidies ; soralies faciales granuleuses superficielles et assez grossières (surtout vers le centre du thalle).

Apothécies Très rares, jusque 8 mm de ϕ, dique brun rougeâtre et rebord ± sorédié. Spores simples, hyalines.

Habitat Corticole, sur feuillus, rarement sur conifères, parfois sur roches ou sur sols non calcaires, en général en milieu forestier, photophile, non nitrophile. Espèce très commune sauf dans les régions froides et dans les hautes montagnes.

Parmelia glabratula



N° 06

Nom : Parmelia glabratula

Substrat : Epiphyte sur chêne verte

Date de récolte : 09/08/2020

Thalle Lichen foliacé de teinteolive à brune ,rarement vert olive ,de taille moyenne , à fines isiddies cylindriques. Thalle de quelques centimètres (5cm), assez appliqué en rousette plus ou moins régulière lobes : mince ,papyracés, $2-3$ mm de large, plans , allongés.

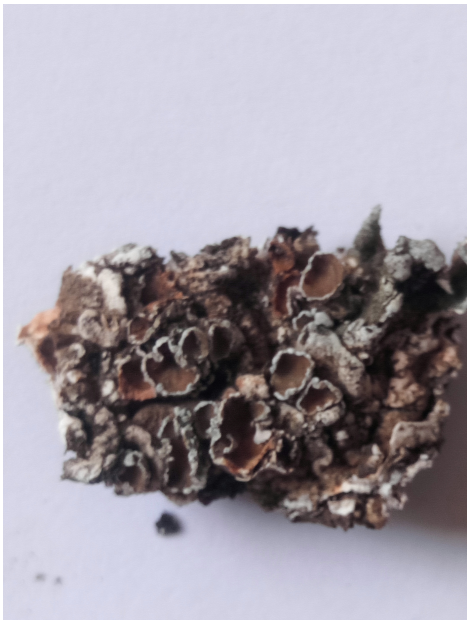
Face supérieure Brun olive à brun rouge (parties jeunes du thalle brillantes) sans soralies mais toujoures isidiée.

Face inferieure Noire ,à rhizines simples , présentes jusqu'au bord.

Isidies Très serrées fraples ,cylindrique à coralloides (les isidies érodées évoquuent des soralies).

Habitat Surtout sur écorces lisses , acides modérément riches en situations ombragées et humides.

Parmelia glabra



N° 07

Nom : Parmelia glabra

Substrat : Epiphyte sur chêne verte

Date de récolte : 09/08/2020

Thalle Thalle foliacé à larges lobes bruns, à apothécies, ni sorédié, ni isidié. Thalle en rosette, grand (10 cm).

Lobes Coriaces, $2-5$ mm de large, plissés, relevés à l'extrémité.

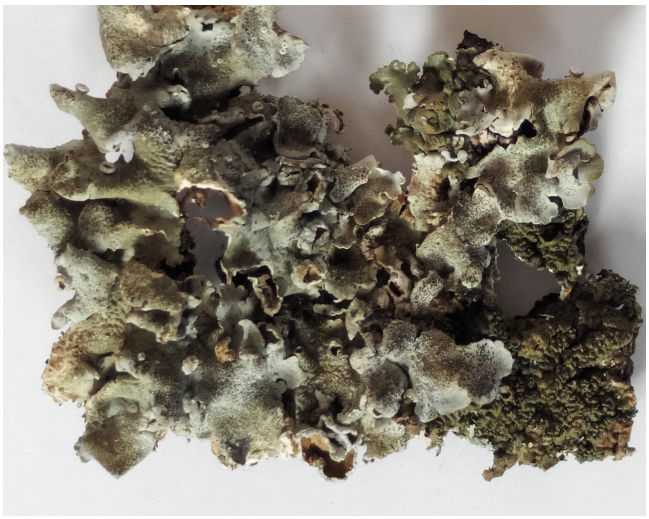
Face supérieure Brune, brun rouge, brun sombre, rarement brun olive, à fins poils clairs dans les parties jeunes.

Face inferieure Ricure noire, brun clair à la marge, à zhizines simples, présentes jusq' au bord.

Apothécies Fréquents jusque 15 mm déformées avec l'age, à disque brun (rouge) et marge crénelée, surplombant le disque, finement poilue.

Habitat Sur érable et frene.

Parmelina tiliacea



N° 08

Nom : Parmelina tiliacea

Substrat : Epiphyte sur chêne verte

Date de récolte : 09/08/2020

Thalle Foliacé à chlorococcales , en rosette régulière , assez appliqué sur le substrat, <10 cm de diamètre, à marge découpée mais à aisselles arrondies(pas d'angle aigus, aspect festonné), isidié.

Lobes Arrondis , <6 mm de large ,discrètement crénelés.

Face supérieure Gris clair (métallique), lisse , brillante ; isidies laminales.

Face inférieure Noir au centre , brunâtre à la marge , à rhizines simples à fourchues.

Apothécies Lécanorines peu fréquentes, à disque brun-rouge, rebord pourvu de rhizines à la face inférieur.

Isidies Sont cylindrique ou en massue, concolores au thalle à la base, brun sombre au sommet très denses (impression que le thalle est couvert de suie).

Habitat Feuillus isolés ou forets claires..

5.2.3 Famille Stereocaulaceae

Lepraria incana



N° 09

Nom : Lepraria incana

Substrat : Epiphyte sur chêne verte

Date de récolte : 09/08/2020

Thalle Lépreux, constitué de granules ayant 50 à 120 $\mu mde\phi$, gris-vert toujours nuancé de bleuâtre ; marge non clairement délimitée.

Habitat Très commun sur écorce et roches acides dans des endroits ombragés et abrités des précipitations directes.

5.2.4 Famille collemataceae

Collema tenax



N° 10

Nom : Collema tenax

Substrat : Epiphyte sur chêne verte

Date de récolte : 09/08/2020

Thalle Foliacé, ayant jusqu'à 10 cm de ϕ, gélatineux-visqueux à l'état humide, noir, sec et cassant à l'état sec ; formé de lobes $\pm\, ascendants, \pm\, diviss, s'largissantverslapartieapicale, \pm\, abondam$ $0{,}5mm)granuliformes.$

Apothécies Le plus souvent très nombreuses, parfois serrées les unes contre les autres, 2-3 mm de ϕ, ascospores hyalines, 17-26 x 6,5-10,5 $\mu m, muniesde3cloisons.$

Habitat Sur sol nu, sol situé dans les fentes de rochers, espèce pionnière fréquente. La variété tenax est la plus courante.

5.3 Ordre : Teloschistales

5.3.1 Famille physciaceae

Physconia venusta



N° 11

Nom : Physconia venusta

Substrat : Epiphyte sur chêne verte

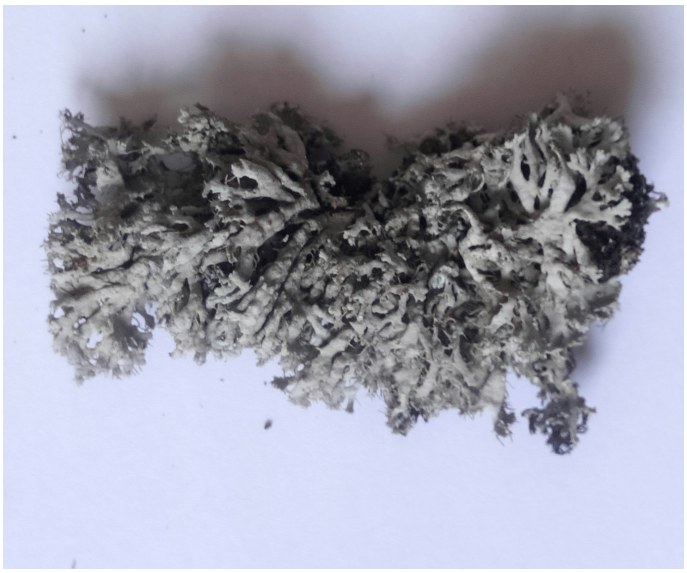
Date de récolte : 09/08/2020

Thalle Foliacé ± en rosette, jusqu'à 8 cm de ϕ, gris, gris verdâtre (brunissant en herbier), pruineux au moins vers les bords, moyennement adhérent au substrat, fragile, lobes cassants, très ramifiés, se chevauchant irrégulièrement, s'élargissant brusquement vers les extrémités, Pas de soralies. Face inférieure blanche. Rhizines noires.

Apothécies Souvent présentes, $2-4$ mm, très planes, très peu saillantes, marge garnie de proliférations foliacées simples à ± ramifiées, disposées radialement. Ascospores brunes, unicloisonnées.

Habitat Corticole, sur feuillus (troncs, branches) dans des forêts peu denses (de Quercus pubescens et Fagus), plus rarement saxicole-calcifuge, Assez commun dans les montagnes méditerranéennes, y compris en Corse.

Physcia adsendens



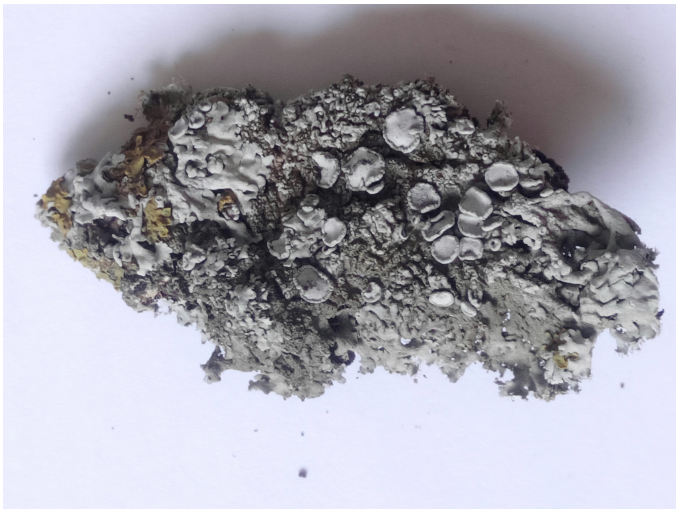
N° 12
Nom : Physcia adsendens
Substrat : Epiphyte sur chêne verte
Date de récolte : 09/08/2020

Thalle Foliacé dépassant rarement $2-3$ cm de ϕ, lobes larges de $0,5-1,5$ mm, fendus à l'extrémité et dont la lèvre supérieure est enflée en demi-sphère (lèvre cucullée = en forme de capuchon), gris pâle, munis de cils marginaux pâles mais foncés aux extrémités. Soralies à la face interne du capuchon. Dessous blanchâtre, rhizines peu nombreuses. Cortex inférieur prosoplectenchymateux.

Apothécies Rarement présentes, courtement stipitées, 2 mm de ϕ, disque noir et pruineux, spores Pycnides rares à abondantes, conidies $4-6\mu m$.

Habitat Espèce très courante sur écorce (corticole), rarement lignicole, parfois présente sur roches calcaires (béton, pierres tombales...), plutôt nitrophile.

Physcia biziana



N° 13

Nom : Physcia biziana

Substrat : Epiphyte sur chêne verte

Date de récolte : 09/08/2020

Thalle Foliacé, généralement en rosette jusque 6(10) cm de ϕ, gris blanchâtre verdissant beaucoup en présence d'eau, lobes larges de $2-3$ mm, radiants, plats à légèrement concaves, pruineux, non recourbés en dessous à l'extrémité, se recouvrant peu.

Apothécies Généralement abondantes, dans la partie centrale du thalle (dans la var. biziana), dépourvues de lobules, spores brunes et unicloisonnées.

Habitat Corticole, surtout sur arbres isolés, thermophile, non ou légèrement nitrophile, assez poluotolérant. Commun en région méditerranéenne.

5.3.2 Famille Teloschistaceae

Xanthoria parietina



N° 14

Nom : Xanthoria parietina

Substrat : Epiphyte sur chêne verte

Date de récolte : 09/08/2020

Thalle Foliacé, jusqu'à 15 cm, à lobes plats, arrondis, bien appliqués au substrat, jusqu'à 7 mm de large à la marge du thalle, jaune orangé (jaune verdâtre à l'ombre lorsque l'intensité lumineuse est faible et ne nécessite pas la fabrication de pigments caroténoïdes protecteurs pour les algues) ; face inférieure presque blanche avec des rhizines éparses, simples.

Apothécies Généralement nombreuses vers le centre du thalle, sessiles (ou légèrement pédicellées quand l'espèce est sur branche), disque orangé 4 mm à rebord jaune, devenant un peu crénelé avec l'âge. Asques octosporés à tholus caractéristique de Téloschistales Spores incolores, polariloculaires.

Habitat Sur tout substrat, roches acides ou calcaires, écorces, bois, tuiles... Espèce très fréquente ± poléotolérante, nitrophile, ornithocoprophile.

5.4 Diversité lichénique

Il existe une relation entre l'indice de qualité de l'air et l'activité urbaine et d'une autre part que la pollution générée par les zones d'activité a des conséquences sur la couverture lichénique, L' indices de qualité de l'air ont tendance à augmenter plus on s'éloigne du centre ville. La descreption des espèces lichéniques et des phorophytes trouvé dans notre station d'étude:

On estimé 10 espèces pour les thalles foliacés (parmelia caprata,lapraria incana,physcina venusta, physia adsendens, xantho parientina, parmelia glabra, parmelia glaburatula, parmelina tiliceae, collema tenax, phycsia biziana).

Tandis que nous avons identifiées 4 espèces de thalle crustacé (lecanora argentata, lecanora dispersa, lecanora expallens, lecanora pulicaris).

Table 5.1: Comparaison de l'inventaire des lichens des stations Chréa de 2019 par rapport au Tibhirine 2009.

	CHAOUATI et AID 2019	Achit 2020
Espèces	Chréa	Tibhirine
XANTHORIA PARIÉTINA		
XANTHORIA POLYCARPA		
PARMILIA ACETABULUM		
RAMALINA FARINACEA		
ANAPTYCHIA CILIARIS		
EVERNIA PRUNASTRI		
LECANORA CLAROTHERAR		
LECIDELLA ELAEOCHROMA		
LEPRARIA INCANA		
PERTUSARIA HETEROCROA		
LECANORA ATTRA		
LECANORA EPIBRYON		
PSEDEVERNIA FURFURACEA		
PHYSIA ADSCENDENS		
RACIDIA RUBELLA		
PHYSIA TENELLAB		
PERTUSARIA ALBESCENS		
PESTUSARIA AMARA		
Physconia venusta		
Lecanora pulicaris		
Lecanora expallens		
Lecanora dispersa		
Lecanora argentata		
Parmelia glabra		
Physia biziana		
Collema tenax		
Parmelina tiliciese		
Melanelixia sp		

Espèces communes
Empèses trouvées qu'à tibhirine 2020
Empèses trouvées qu'à chréa 2019
Absence espèce

5.4.1 Comparaison avec de travaux antérieurs

Nos résultats ne sont pas en concordance avec les travaux de chaaouti qui a identifié 25 espèces, dont :

- **5 Espèces fruticuleux :** (Evernia prunastri, Anaptychia ciliaris , Ramalina farinacea, Psedevernia furfuracea, Physia adscendens).
- **6 Espèces à thalle foliacé :** (Physia tenella, Parmilia acetabulum, Xanthoria polycarpa, Xanthoria pariétina,Pleurosticta acetabulum, Flavoparmilia caperata).
- **14 Espèces à thalle crustacé :** (Lecanora expallens, Lecanora pulicaris, Lecidella elaeochroma, Lecanora attra, Lecanora chlarotera, Lecanora epibryon, Bacidia rubella, Pertusaria amara, Pertusaria albescens, Lepraria incana, Physconia grisea, Pertusaria heterocroa, Pertusaria phlavida, Lecanora expallens).

En 2019 Mr chaaouti a identifié 14 crustacés, 6 foliacés et 5 fruticuleux,par contre , nous avons pu identifier 10 espèces foliacés, et 4 espèces à thalle crustacés.

Ce constat nous laissons penser que les stations échantillonnées par chaaouti sont moine polluées, et ce en s'appuyant sur le nombre élevé de crustacés identifiés, qui sont très résistants à la pollution que les foliacés, qui sont eux même plus résistants que leslichens fruticuleux. Cependant, ceci est à prendre avec réserve car la méthode d'échantillonnage et l'objectif des deux études divergent.

En effet, Le site de tibhirine est situé a une altitude à 1000 m, également il comprend une zone urbaine loin de toute activité industrielle avec une action anthropique négligeable, et aussi un faible trafic routier.

Dans le souci de pouvoir comparer les deux stations(chréa 2019 et tibhirine 2020), le facteur TEMPS est considéré, dans notre étude, comme critère pionnier. Le tableau montre qu'il y a :

- **5 Espèces communes :** (XANTHORIA PARIETINA, LEPRARIA INCANA, PHYSIA ADSCENDENS , Lecanora pulicaris ,Lecanora expallens).

- **8 Espèces qui sont trouvé qu'à Chréa 2019 :** (Pertusaria phlavida ,Pertusaria amara ,Pertusaria heterocroa, Pertusaria albescens, Physia tenella, Bacidia rubella, ,Pleurosticta acetabulum, , Flavoparmilia caperata).
- **9 Espèces qui sont trouvées qu'à tibhirine 2020 :** (Physconia venusta , Lecanora dispersa, Lecanora argentata, Parmelia glabra, Permilia glaburatula, Permilina tiliceae, Collema sp, Melanelixia sp, Xanthoparmelia).

D'après les résultats que montre ce tableau, On constate que Chréa en 2019 compte plus d'espèces que tibhirine en 2020, et particulièrement, beaucoup plus les foliacés. Ce fait peut s'expliquer par les hypothèses suivantes :

- Augmentation de la pollution atmosphérique et détérioration de la qualité de l'air.
- Le choix des stations et d'arbres était différent dans les deux stations (l'effet de l'opérateur).
- Les résultats peuvent être inhérents à l'exhaustivité de l'inventaire qui a été mené.
- Le manque de matériels peut induire en erreur.
- Peut etre l'influence des incendies .

Conclusion

Malgré un intérêt croissant pour la biosurveillance depuis son apparition dans les années 1970, on ne peut que déplorer la faible importance qu'elle représente encore dans les prises de décision en Algérie. Les études de la flore lichénique restent encore peu nombreuses dans le monde et encore moins en Algérie. En effet, les ouvrages existants sont anciens pour la plupart et les travaux réalisés en Algérie ne sont pas fréquents ; on peut citer : REBBAS et al, (2011) ; AIT HAMMOU M et al (2011), ALIOUA.A et TAHAR. A (2010), MAIZI et al, (2010).

Le présent travail constitue donc l'un des premiers inventaires établis pour la région de médéa notamment pour les localités étudiées (tibhirine), Ces lichens restent peu connus par rapport aux plantes vasculaires et les champignons.

Cette étude a permis de répertorier 14 espèces réparties en 2 Ordres et 5 Familles .Cette liste aurait pu être plus longue cependant sur une période de 4 mois, il est difficile de couvrir une grande superficie d'échantillonnage. Des prospections futures sont nécessaires pour enrichir cet inventaire des lichens de médéa.

Par ailleurs, la connaissance des lichens n'est pas dépourvue d'intérêt pratique. Grâce aux lichens, il est possible d'apprécier d'une manière suffisamment précise le degré de pollution de l'atmosphère et d'élaborer des cartes de pollution atmosphérique sans avoir recours à des méthodes chimiques analytiques souvent délicates et compliquées. Donc La bioindication lichénique à un double rôle : d'une part la connaissance de cette flore, et d'autre part l'évaluation de la pollution atmosphérique.

Les résultats du recensement de la flore lichénique de la région de Tibhirine ont montré que leur nombre et leur taux de recouvrement sont étroitement liés au degré de pollution.

Annexe

GLOSSAIRE

- **Acidiphile** : qualifie une espèce ne se développant que dans un milieu acide (qui préfère des supports acides).
- **Anthropique** : lié à l'activité humaine.
- **Apothécie** : bouton ou coupe arrondie sur le lichen, qui contient les spores nécessaires à la reproduction sexuée.
- **Ascomycéte** : champignon caractérisé par des spores formées à l'extrémité de cellules spécialisées, les basides.
- **Bioaccumulateur** : organisme vivant capable d'organismes qui référence à des variable biochimique, cytologique, physiologique, éthologique ou écologique permet de façon pratique et sure de caractériser l'état d'un écosystème et de mettre en évidence aussi précocement que possible les modification naturelles ou provoquées.
- **Cils** : poils prolongeant les (branches) du lichen prolongement des hyphes se trouvant sur la face supérieure du lichen.
- **Contaminant** : agent chimique physique ou biologique indésirable.
- **Corticole** : qualifie une espèce se développant sur les écorces des arbres.
- **Ecosystème** : unité écologique fonctionnelle constituée par un ensemble d'organismes vivants (biocénose) exploitant un milieu déterminé (biotope).

- **Epiphyte** : qualifie une espèce végétale se développant sur un autre végétal sans contact avec le sol.
- **Mycobionte** : partenaire fongique du lichen.
- **Neutrophile** : qui pousse sur un milieu moyennement enrichi en substances nutritives dont le PH est neutre.
- **Nitrophile** : qualifie une espèce qui pousse sur un milieu enrichi en substances nutritives dont le PH est plutôt basique (qui recherche des apports azotés).
- **Périthèces** : enveloppes des asques de certains champignons ascomycètes.
- **Phorophyte** : arbre, substrat des lichens épiphytes.
- **Photobionte** : partenaire algal du lichen.
- **Polluant** : agent chimique ;physique ou biologique indésirable provoquant une perturbation du milieu.
- **Polluosensible** : qualifie une espèce sensible à la pollution de son milieu.
- **Polluotolérant** : qualifie une espèce tolérante à la pollution de son milieu.
- **Revivisces** : reviviscence capacité après réhydratation à reprendre une activité biologique après une période plus ou mois longue de dessiccation.
- **Rhizines** : minuscules filament situés sur la face inférieure du lichen lui permettant de s'anerer à l'arbre.
- **Soralies** : amas globuleux constitués de plein de petits granules .Elles permettant de reproduction asexuée .Elles ont parfois une couleur différente de celle du lichen .On distinguera les soralies marginales et les soralies faciales. Les unes se trouveront aux extrémités des branches » (lobes), les autres sur toute la face du lichen.
- **Spores** : structures de multiplication végétative ou de reproduction, émergé ou presque, mais régulièrement humecté par les embruns ou brièvement recouvert lors des marées de vives eaux.

- **Bio-intègration** : qui consiste en une analyse de la présence /absence d'espèces réputées sensibles ou tolérantes à divers polluant.

- **Biomarquage** : est lutilisation de marqueurs au niveau de la biologie ou fonctionnelle indiquant une influence du milieu de la biologie ou fonctionnelle indiquant une influence du milieu environnant sur les fonctions biologiques .(**Agnan**,**2013**).

(**Maizi**, **2013**)

Table 1 : Données pluviométriques moyennes mensuelles et annuelles (mm) de station d'étude.

Station	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Annuelle
Pr(mm)	105.11	94.99	74.36	62.92	35.74	7.04	4.09	7.08	33.9	48.01	87.86	89.92	667.89

Table 2 : Données pluviométriques moyennes saisonières (mm) de station d'étudie.

Station	Hiver	Printemps	Été	Automne
Tibhirine (mm)	96.67	63.46	6.07	111.19

Table 3 : Données thermiques moyennes mensuelles et annuelles de station d'étude.

Sta	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
M	14.63	**14.56**	18.4	23.33	27.9	25.78	**36.92**	35.97	31.32	27.67	19.66	15.9
m	**0.48**	0.54	1.55	5.31	8.02	12.37	17.77	**20.05**	17.01	8.65	4.64	1.7
$\frac{M+m}{2}$	**7.55**	7.55	9.97	14.32	17.96	19.07	27.34	**28.01**	24.16	18.16	12.15	8.8

Table 4 : Modèle d'étiqutte des indications de l'échantillon.

Pays, Commune, Région	Station de Tibhirine Algérie, Médea, Versant Nord
Espèce : Localité : Habitat : Collectionneurs : N° de récolte : Coordonnées : Altitude Date de la récolte :	Espèce : Localité : Habitat : Collectionneurs :

Bibliographie

AGNAN, Y., 2013. Bioaccumulation et bio-indication par les lichens de la pollution atmosphérique actuelle et passée en métaux et en azote en France : sources, mécanismes et facteurs d'influence. Thèse de Doctorat, Université de Toulouse –France 37 p.

ANONYME I., 1998. Les plans de gestion des parcs nationaux. Parc national de Chréa.123 – 141 p.

ANONYME II., 1999. Plan de gestion. Parc national de Chréa. 201 p.

ANONYME V., 2006. Atlas des parcs nationaux d'Algérie. Parc national de Chréa.

ANONYME (2010). (www.planbleu.org).Importance des terre boisées, agricoles et pastorales en Méditerranée.

BELHADJ, H. (2015). Détection de la pollution atmosphérique à l'aide du lichen xanthoria parietina (L.) bio-accumulateur d'éléments traces métallique dans le centre urbain de la villede sidi bel abbes (Algérie occidentale). science de l'environnment, djillali liabes de sidi abbes : 99 p.

ABBAYES (DES) H., 1951. Traité de lichénologie. Lechevalier : Paris.197 p.

BOUDY P, (1952), Guide de la foresterie en Afrique du Nord. Ed. La Maison rustique : Librairie Agricole, Horticole, Foresterie et Ménagère. Paris,505 *p*.

BENSLIMANE W., 2015 .Etude de la diversité lichénique et la qualité de l'air dans le massif forestier de chréa, Thèse de Master II.Univ.Blida1.124 P.

BAGNOULS F., GAUSSEN H., 1953. Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse.88 : 193-239 p.

BAUWENS A., 2000. Livret de détermination. La Clé de détermination des arbres. Clé de détermination des lichens. Edit : Univ. Catholique de Lovain. 23 p.

BAUWENS A, 2003. Les lichens et la qualité de l'air. Edit : Univ. Catholique de Lovain. 40 p.

Coste C., (1989). Initiation à l'étude des lichens, Bulletin de la Coordination Mycologique du Midi Toulousain et Pryrénéen n° 6 (1989) p 47, pp 19-24

COSTE C., 2011. Ecologie et fonctionnement des communitéslichéniques saxicoles. Hydrophiles. Thèse de Doctorat. Univ. Toulouse : Paris. 132-191 p.

COLLOMBET, C., 1989. Lichen d'Island et lichen pulmonaire. Thèse de doctorat. Univeristé Joseph Fourier, Grenoble I. 115 p.

Clauzade G. & Roux C. (1987): Généralités sur les lichens et leur détermination. Bulletin de la société botanique du centre-ouest, Dignac (France) nouvelle série, tome 18, pp 147-214.

COSTE C., 2008. Initiation à l'étude des lichens. Bull. Ass. Fr. Lichénologie. 16 (1). $3-10$ p.

DERUELLE S.1978. les lichens et la pollution atmosphériques. bull. ecol. T. 9 (2) : paris. $87-128$ p.

DJELLOULI Y., 1981. Etude climatique et bioclimatique des hauts plateaux du Sud-Oranais (wilaya Saida). Comportement des espèces vis-à-vis des éléments du climat. Thèse de Doct. 3 ème cycle. USTHB. Alger.178 p.

DERUELLE S., 1994.Utilisation des lichens comme bioindicateurs de la qualité de l'air. Module $^2L'hommeetlabiosphre^2.Universit.ParisVI : Paris.21p.$

DESFONTAINES R.L., 1798. Flora atlantica. Sive historia plantarum quae in Atlante Agro Funetano et Algerien. Si crescunt. 2 vols (261 tab).444 p.

DELMAS R., CHAUZY S., VERSTRAETE U-M., FERRE H., 2007. Atmosphère, Océan et Climat. Edt. Belin. 228 p.

DERUELLE, S., LALLEMANT, R, 1983. Les lichens, témoins de la pollution, thèmes Vuibert université, Biologie, Paris, 108 -103 $p.$

DORLEANS. P., (2006) : Les lichens prennent l'air ; Comment mesurer la pollution des villes en observant les troncs d'arbres ?, symbioses Lycéennes, 6 p.

JACQUELINET S., 2008. Les lichens, des végétaux unis pour la vie. Confér. Paris. 34 p.

JAHNS, H.M., 2007. Guide des fougères, mousses et lichens d'europe. Ed. Delachaux et Niestlé 257 p

JAHNS M. H., 1989. Guide des Fougères, Mousses, et Lichens d'Europe. Delachaux et Niestlé : Paris. 258 p.

Howksworth d. l ,1988. the variety of fungal-algal symbioses, their evolutionary significance, and the nature of lichens. Bot. J. lin. Soc. 96, $3-20$.

ISMED F., 2012. Phytochimie de lichens du genre Stereocaulon : étude particulière de S. halei. Lamb et S. montagneanum. Lamb, deux lichens récoltés en Indonésie. Thèse. Doct. Univ. Rennes I : Paris. 281 p.

Grube, M. and D. L. Hawksworth (2007): Trouble with lichen: the re-evaluation and reinterpretation of thallus form and fruit body types in the molecular era. Mycological Research 111(9), pp$1116-1132$.

G. Clauzade & Y. Rondon (1966), Types morphologiques et types biologiques chez les Lichens, Bulletin de la Société Botanique de France,113: sup$2, 61-71$, DO.

Gavériaux, J.-P. (1996). Les lichens et la bioindication de la qualité de l'air: guide technique à l'usage des professeurs des collèges et des lycées: éducation à l'environnement, CRDP de l'Académie d'Amiens,52 p.

GARREC J.- P. et VAN HALWYN C., 2002. Biosurveillance végétal de la qualité de l'air. Tec et Dec : Paris. 117 p.

KIRSCHABAUM, U. ET WIRTH, V.1997. Les Lichens bio indication, les reconnaitre, évaluer la qualité de l'air. Paris ;Les Edition Eugen Ulmer.128 p.

KAABACHE M,(1990), L'er groupements végétaux de la région de Boussaâda (Algérie) essais de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb, thèse de doctorat en science, université de Paris- sud, centre d'Orsay. Paris,104 p.

LEHOUEROU H,N(1975), Problèmes de potentialité des terre arides de l'afrique du nord in l'aménagement des zones arides SIHAME (option Méd., n 26),Paris (France), Pp $17-35$.

LAGDIC L., CAQUET T., AMIRAD J-C., RAMADE F., 1998. Utilisation de biomarqueurs pour la surveillance de la qualité de l'environnement. Tec et Doc. Pays et 87 P.

MOLINIE G., 2004. Mesure des précipitations. Cours. Univ. Joseph Fourier. France. 43 p.

MARCHAND, L., 1896. Enumération méthodique et raisonnée des familles et des genres de la classe des Mycophytes (Champignons et lichens). Société d'édition scientifique : Paris.334 p.

Nash III, T. H, (2008), Lichen biology. 2nd Ed. Cambridge University Press, 502 p.

OZENDA, P., CLAUZADE, G., 1970. Les lichens étude biologique et flore illustrée . Ed. MASSON et Cie.800 p.

PUYMALY (DE) A., 1965. Les isidies des lichens: leur nature et leur rôle. Le Botaniste (68). 273-247 p

POELT ,1969. Bestimmungsschlussel Europaisher Flechten.Cramer Lehre. 757 p.

RAMADE, F., 1995. élément d'écologie .4ieme édition. Paris : Ediscience, 361 p.

ROUX C. et coll., 2017. Catalogue des lichens et champignons lichénicoles de France métropolitaine. 2 èmè édition revue et augmentée (2017). édit. Association française de lichénologie (A. F. L.), Fontainebleau, 1581 p.

SERUSIAUX, E., DIEDERICH, P., ET LAMBINON, J., 2004. Les macrolichens de Belgique, du Luxembourg et du nord de la France: Clés de détermination. Ferrantia 40. 192 p.

SELTZER S,(1946), Le climat d'Algérie. Alger, 219 p.

SELOSSE M A. (2009). La symbiose. Structures et fonctions, rôle écologique et évolutif. Magnard –Vuibert. Paris, p $.7 - 11$.

TROTET G., 1969. Précis de lichénologie : Morphologie, Anatomie, Physiologie, Biologie. Boubee et Cie : Paris. 194 p.

ULRICH L., MANFRED K., GABRIELA B., 1997. Botanique : traité fondamental. 2 ème Edt. Tec et Doc : Paris. 588 p.

VAN HALUWYN, C., ASTA, J. GAVERIAUX, J. P., 2009. Guide des lichens de France. Lichens des arbres. Ed. BELIN. 231p.

Van-Haluwyn, C., J. Asta, et al. (2009). Guide des lichens de France : lichens des arbres. Paris.

VANHALUWYN, C. &LEROND, M., 1993.Guid des lichens.Ed.Lechevallier, Paris, 344 p.

WIRTH , V., 1995.The Lichens. Baden Wurttemberg. Volume 1-2 edition .580 p.

Yannick ,A., 2014 Biogéochimiste de l'environnement (ftraenvrt).

http://www.afl-lichenologie.fr/Photos AFL/Photos AFL L/Texte L 4/Lecanora argentata subrug.htm.

https://www.afl-lichenologie.fr/Photos AFL/Photos AFL M/Texte M/Myriolecis dispersa.htm.

https://www.afl-lichenologie.fr/Photos AFL/Photos AFL L/Texte L 3/Lecanora expallens.htm.

https://www.afl-lichenologie.fr/Photos AFL/Photos AFL L/Texte L 2/Lecanora pulicaris.htm.

https://www.afl-lichenologie.fr/Photos AFL/Photos AFL F/Flavoparmelia caperata.htm.

https://www.afl-lichenologie.fr/Photos AFL/Photos AFL L/Lepraria incana.htm.

https://www.afl-lichenologie.fr/Photos AFL/Photos AFL P/Physconia venusta.htm.

https://www.afl-lichenologie.fr/Photos AFL/Photos AFL P/Physcia adscendens.htm

https://www.afl-lichenologie.fr/Photos AFL/Photos AFL X/Xanthoria parietina.htm

https://www.afl-lichenologie.fr/Photos_AFL/Photos_AFL_C/Collema_tenax.htm

https://www.afl-lichenologie.fr/Photos_AFL/Photos_AFL_P/Physcia_biziana.htm