

REPULIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES

MEMOIRE

De fin d'études

En vue de l'obtention d'un diplôme Master en biologie

Option : Protection de l'environnement

Thème

**Inventaire des Lichens épiphytes bioindicateurs
de la pollution atmosphérique du site de DARNA
(Tizi-ouzou)**

Réalisé par : Mr AILI Hassane

Soutenu le 29 septembre 2015

Devant le jury :

Présidente : Mme LARDJANE N.

Maitre de conférences classe (A)

Promotrice : Mme SAHMOUNE F.

Maitre Assistante classe (A)

Examineurs : Mme TALEB K.

Maitre de conférences classe (B)

Mr BENSIDHOUM M.

Maitre Assistant classe (A)

Promotion 2014-2015

Remerciements

J'exprime tout d'abord mes remerciements et ma gratitude envers le bon Dieu de m'avoir donné la force et la patience pour accomplir ce modeste travail.

En second lieu, je tiens à adresser mes vifs remerciements ainsi mes sentiments de profond respect et de gratitude à ma promotrice Mme SAHMOUNE F., pour ses conseils qu'elle m'a prodigué, sa patience, et pour tous les efforts qu'elle n'a pas ménagé afin de m'aider, sa confiance qu'elle m'a témoigné et qui ont été déterminantes dans la réalisation de ce mémoire.

Mes sincères remerciements à Mr BENSIDHOUM M., qui s'est toujours montré à l'écoute ainsi pour l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer.

Mes remerciements s'étendent également à Mme AOUAR M. M^{elle} SALHI B. ainsi que Mme KITOUS K, pour leur soutien.

Je voudrais adresser un remerciement à tous mes enseignants durant mon cursus universitaire.

Mes remerciements sont adressés aux travailleurs de la bibliothèque Biologie en particulier Lynda pour leur sympathie et disponibilité de me procurer des ouvrages.

Mes vifs remerciements sont également adressés aux membres du jury pour avoir accepté d'examiner mon travail.

Je remercie ma chère famille pour son soutien tant affectif que financier.

Enfin, à tous ce qui m'ont aidé et encouragé de près ou de loin dans la réalisation de ce projet qu'ils retrouvent ici mes sincères remerciements.

Dédicaces

je dédie ce mémoire :

- *A ma mère qui m'est chère et que Dieu la bénisse là où elle est*
- *A ma chère femme Fatima pour laquelle je souhaite un rétablissement aussi proche*
- *A mon cher fils Jugurtha*
- *A mes chères sœurs (Tassadit et Fatima)*
- *A mon beau père et ma belle mère et leurs filles*
- *A tous mes amis (es)*
- *Et à tous ceux et celles qui me sont chers*

Hassane

Liste des figures

Figure 01 : Relation nutritionnelle entre les constituants du lichen et le milieu extérieur.....	4
Figure 02 : Les types morphologiques du thalle lichénique (ABBAYES, 1978).....	6
Figure 03 : Structure homéomère de <i>Collema tenax</i>	8
Figure 04 : Structure hétéromère stratifiée de <i>Lobaria pulmonaria</i>	10
Figure 05 : Structure hétéromère radiée d' <i>Usnea florida</i>	10
Figure 06 : Biogénèse des substances lichéniques.....	17
Figure 07 : Localisation du site d'étude "Darna"	27
Figure 08 : La chênaie de Darna (<i>Quercus ilex</i>) (Originale 2014).....	28
Figure 09 : L'Aubépine (<i>Crataegus monogyna</i>) (Originale 2014).....	29
Figure 10 : Strate herbacée à Darna (Originale 2015).....	29
Figure 11 : Vue du cours d'eau d'Assif El Hamam en hiver (Original 2014).....	30
Figure 12 : Diagramme ombrothémique de BAGNOULS et GAUSSEN Du site de Darna (1990-2013).....	33
Figure 13 : Position du site de Darna dans le Climagramme d'EMBERGER (1990-2013).....	34
Figure 14 : Station I (1100m).....	35
Figure 15 : Station II (1258m).....	35
Figure 16 : Station III (1319m).....	35
Figure 17 : <i>Evernia prunastri</i> (Originale 2015).....	37
Figure 18 : <i>Parmelia acetabulum</i> (Originale 2015).....	38
Figure 19 : <i>Physcia aipolia</i> (Originale 2015).....	39
Figure 20 : <i>Ramalina farinacea</i> (Originale 2015).....	40
Figure 21 : <i>Ramalina pollinaria</i> (Originale 2015).....	40
Figure 22 : <i>Ramalina fraxinea</i> (Originale 2015).....	41
Figure 23 : <i>Usnea sp</i> (Originale 2015).....	42
Figure 24 : <i>Xanthoria parietina</i> (Originale 2015).....	43

Liste des tableaux

Tableau 01 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles et annuelles Du site de Darna en (mm) pour la période (1990 – 2013).....	31
Tableau 02 : Régime saisonnier de Darna.....	31
Tableau 03 : Moyennes mensuelles des températures maximales et minimales en (°C) du site de Darna (1990-2013).....	32

Liste des abréviations

C : L'eau de javel (12°)

K : la potasse

P : Paraphénylènediamine

pH : potentiel Hydrogène

SOMMAIRE

Introduction générale.....1

PARTIE 1 : Recherche bibliographique

CHAPITRE I

PRESENTATION DES LICHENS

I-1- Définition des lichens.....	2
I-2- La symbiose lichénique.....	2
I-2-1- Les rapports algue-champignon.....	2
I-2-1-1- Rapports cytologiques.....	2
I-2-1-2- Rapports physiologiques.....	3
I-3- L'appareil végétatif.....	4
I-3-1- Morphologie du thalle.....	4
I-3-2- Structure du thalle lichénique	7
I-4- Reproduction et appareil reproducteur des lichens.....	11
I-4-1- Reproduction asexuée.....	11
I-4-2- Reproduction sexuée.....	12
I-5- L'écologie des lichens.....	13
I-5-1- Facteurs édaphiques.....	13
I-5-2- Facteurs climatiques.....	14
I-5-3- Facteurs biotiques.....	15
I-6- Biochimie des lichens.....	15
I-6-1- Métabolites primaires.....	15
I-6-2- Métabolites secondaires lichéniques et leur biogénèse.....	16
I-6-3 Localisation et rôle écologique des substances lichéniques.....	18
I-6-4 : Nature des substances lichéniques.....	18
I-6-4-1: Série aromatique.....	18
I-6-4-2 : Série grasse.....	21

CHAPITRE II

GENERALITE SUR LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

II-1- Définition de la pollution de l'air.....	22
II-2- Les sources principales de la pollution de l'air.....	22
II-2-1- Les sources naturelles.....	22
II-2-2- Les sources anthropiques.....	22
II-3- Les effets de la pollution de l'air sur la santé humaine et l'environnement.....	22
II-3-1- Sur la santé humaine.....	22
II-3-2- Sur l'environnement.....	23

CHAPITRE III

LICHENS ET BIOINDICATION

III-1- Définition d'un bioindicateur.....	24
III-2- Les techniques de bioindication.....	24
III-3- Caractères particuliers aux lichens.....	24
III-4- Actions des polluants atmosphériques sur les lichens.....	25
III-5- Méthodes de bioindication.....	25
III-5-1- Méthode de cartographie lichénique.....	25
III-5-2- L'indice de toxicité.....	26
III-5-3- Méthode de transplantation lichénique.....	26

PARTIE 2 : Partie expérimentale et méthodologie

CHAPITRE I

MATERIELS ET METHODES

I-1- Présentation du site de prélèvement.....	27
I-1-1- La localisation.....	27
I-1-2- Facteurs biotiques.....	28

I-1-3- Facteurs abiotiques.....	29
I-1-3-1- Géologie et pédologie.....	29
I-1-3-2- Réseau hydrographique.....	30
I-1-3-3- Le climat.....	30
I-1-3-3-1- Les données climatiques.....	31
I-1-3-3-2- Synthèse bioclimatique.....	32
I-2- La récolte des espèces lichéniques.....	35
I-3 : Identification des échantillons lichéniques.....	36

CHAPITRE II

RESULTATS ET DISCUSSION

II-1 Description des espèces lichéniques récoltées.....	37
II-1-1- <i>Evernia prunastri</i>	37
II-1-2- <i>Parmelia acetabulum</i>	37
II-1-3- <i>Physcia aipolia</i>	38
II-1-4- <i>Ramalina farinacea</i>	39
II-1-5- <i>Ramalina pollinaria</i>	40
II-1-6- <i>Ramalina fraxinea</i>	41
II-1-7- <i>Usnea sp.</i>	42
II-1-8- <i>Xanthoria parietina</i>	42
Conclusion générale.....	44

INTRODUCTION GENERALE

Sur le plan environnemental, les lichens occupent une place particulière, car ce sont des organismes pionniers. Grâce à leur capacité de photosynthèse, ils colonisent tous les supports et s'adaptent à des milieux extrêmement variés (secs ou humides, ombragés ou ensoleillés). N'ayant ni tige ni racine et se nourrissant de peu, ils se rencontrent à toutes les latitudes et à toutes les altitudes.

Ces organismes possèdent un pouvoir d'accumulation exceptionnel lié à l'abondance des espaces intercellulaires de la médulle. En plus, ils ont la spécificité de produire des acides lichéniques capables de complexer les polluants avant d'être éventuellement absorbés par les symbiotes. Ce grand pouvoir d'accumulation qui s'ajoute à d'autres particularités structurales et physiologiques rend les lichens tributaires de l'atmosphère (DERUELLE, 1992).

Le manque, et les contraintes financières des capteurs, qui mesurent les concentrations des polluants atmosphériques ont conduit à l'utilisation des techniques alternatives pour l'évaluation de la qualité de l'air, notamment par l'utilisation de la bioindication végétale (SAHMOUNE, 2001).

Depuis plus de cent ans, les cartographies de la qualité de l'air peuvent être établies avec un relevé de présence ou d'absence de quelques espèces lichéniques.

C'est dans ce contexte que nous nous sommes proposés d'établir un inventaire de différentes espèces lichéniques bioindicatrices de la pollution atmosphérique présentes dans le site de Darna situé au niveau du parc National de Djurdjura (Tizi-ouzou) et cela en fonction de l'altitude. Cette approche nous permet d'estimer la qualité de l'air de cette région du Djurdjura.

Pour se faire, nous avons choisi trois stations à différentes altitudes : 1100m, 1258m et 1319m.

Afin de répondre à ce but, nous avons scindé notre travail en deux parties et chaque partie est subdivisée en chapitres.

La **1^{ère} partie** concerne la recherche bibliographique qui contient trois chapitres :

Chapitre I s'intitule : la présentation des lichens

Chapitre II comprend des généralités sur la pollution atmosphérique

Chapitre III sur les lichens et bioindication

La **2^{ème} partie** est la partie expérimentale dans la quelle nous avons présenté en premier lieu le site de prélèvement des lichens et en deuxième lieu la récolte et la description de ces espèces lichéniques.

I-1- Définition des lichens :

Les Lichens sont des organismes résultant d'une association symbiotique d'une algue ou phycobionte et d'un champignon ou mycobionte (**VAN HALUWYN et LEROND, 1993**).

I-2- La symbiose lichénique :

La symbiose lichénique est une association permanente et harmonieuse du point de vue structural, équilibré et bénéfique de point de vue nutritif pour les deux partenaires : algue et champignon (**GOOET et FERGUSON, 1987**).

Presque tous les champignons lichénisés appartiennent aux Ascomycètes. Toutefois, ils ne se rencontrent pas à l'état libre car ils sont devenus complètement dépendant de la symbiose lichénique. Les algues des lichens appartiennent en majeure partie aux algues vertes et, dans une moindre proportion aux cyanobactéries. Chaque espèce de lichens est caractérisée par un champignon spécifique ne se rencontrant que dans ce lichen, ainsi que par au moins une espèce d'algue d'un genre bien défini. Mais cette même espèce d'algues peut se rencontrer chez différentes espèces de lichens (**KIRSCHBAUM et WIRTH, 1997**).

I-2-1- Les rapports algue-champignon :

Un lichen joint les éléments du support et de protection (mycélium du champignon) à des cellules autotrophes (algue) ce qui lui confère une autonomie nutritionnelle et lui permet de s'installer sur des milieux humides ou arides. A ce titre ce sont des pionniers de végétation (**ROLAND et VIAN, 1996**).

A l'intérieur du thalle lichénique, l'algue et le champignon présentent différents degrés d'intimité dans leurs rapports (**ABBAYES et al., 1978**).

I-2-1-1- Rapports cytologiques :

Le plus souvent, les filaments du champignon se ramifient autour des cellules algales, qu'ils le pénètrent parfois comme le ferait un parasite à l'égard d'une cellule nourricière par l'intermédiaire de suçoirs ou haustoriums (**VAN HALUWYN et LEROND, 1993**).

D'après OZENDA et CLAUZADE (1970), il existe deux types d'haustoriums :

- **Les haustoriums intracellulaires** : c'est quand les suçoirs entrent directement dans le protoplasme de l'algue, en s'étendant souvent jusqu'au centre de la cellule et au contact des chromatophores, exemple : les lichens crustacés.
- **Les haustoriums intra-membraneux** : c'est quand les suçoirs pénètrent la paroi des gonidies, mais ne s'enfoncent pas dans le cytoplasme ; c'est le cas chez quelques lichens à coccomyxa comme *Peltigera aphotosa* qui ne possède pas de suçoirs mais ont des hyphes appliquées contre les algues dont les membranes sont amincies dans la zone de contact permettant ainsi les transits de substances.

I-2-1-2- Rapports physiologiques :

La nutrition carbonée est assurée par l'activité photosynthétique réalisée par le photosymbiote. En effet, le transfert glucidique du partenaire algal vers le mycosymbiote se produit à travers des hydrates de carbone solubles.

La nutrition hydrique est réalisée par absorption de l'eau depuis le milieu environnant, soit directement par la pluie, soit au travers de l'humidité ambiante présente dans l'air (**VAN HALUWYN et LEROND, 1993**) **Figure 01.**

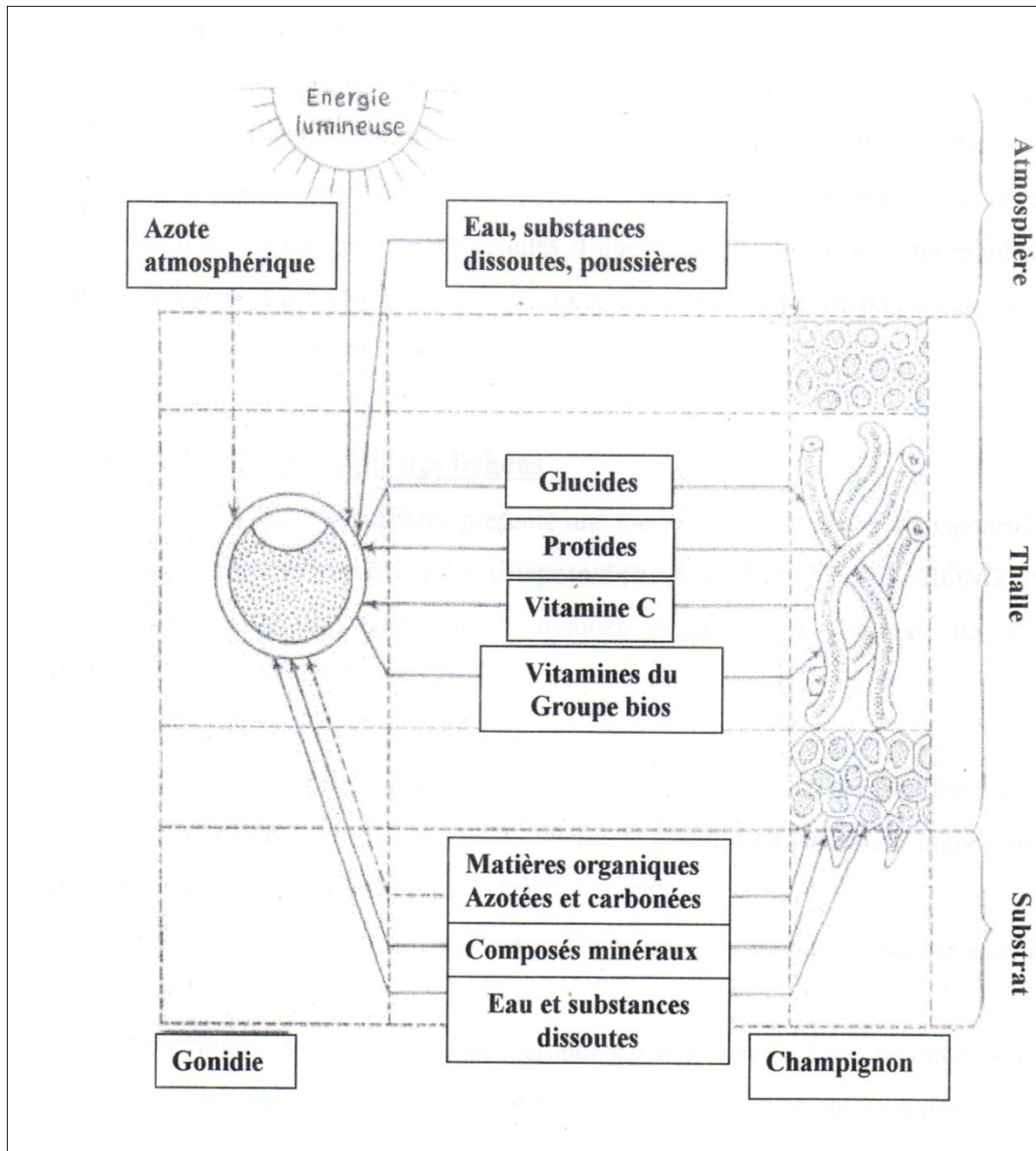


Figure 01 : Relation nutritionnelle entre les constituants du lichen et le milieu extérieur (SOUCHON, 1971).

I-3 : L'appareil végétatif :

Les lichens sont des thallophytes ; leur appareil végétatif est donc un **thalle**, ne présentant ni feuilles, ni tiges, ni racines, ni appareil conducteur. Le thalle constitue l'essentiel du lichen et porte les organes reproducteurs (DERUELLE et LALLEMANT, 1983).

I-3-1 : Morphologie du Thalle : Le thalle des lichens présente une morphologie originale par rapport à celle des algues et des champignons qui le composent. Il existe six types de thalles (VAN HALUWYNE et LEROND, 1993) **Figure 02:**

I-3-1-1 : Thalles fruticuleux : thalle adhérent uniquement au substrat par une extrémité ; pendant, étalé ou dressé. Exemple *Usnea sp*, *Evernia prunastri*

I-3-1-2 : Thalles foliacés : comme leur nom l'indique, ils ressemblent à de petites feuilles plus ou moins lobées, couchées sur le substrat auquel elles sont attachées plus ou moins étroitement par des sortes de crampons appelées des rhizines. Exemple : *Parmelia caperata* (DERUELLE et LALLEMANT, 1983).

I-3-1-3 : Thalles squamuleux : ils sont formés de petites écailles plus au moins imbriquées, accolées assez étroitement au substrat. Exemple : *Psora dicipiens*

I-3-1-4 : Thalles crustacés : ce sont des thalles adhérent au substrat auquel ils sont parfois incorporés en totalité ou en partie et il est impossible de les en détacher, quelle que soit la nature de celui-ci (bois, roche,...etc). Lorsque le thalle n'est guère visible, seules apparaissent nettement les fructifications. Exemple : *Lecidella elaeochroma* (OZENDA, 1990).

I-3-1-5 : Thalles gélatineux : lichens à cyanobactéries ; noirs et cassants à l'état sec ; pulpeux-gélatineux à l'état humide. Aspect particulier dû à la cyanobactérie. Exemple : *Collema sp* (VAN HALUWYNE et LEROND, 1993).

I-3-1-6 : Thalles complexes ou composites : thalles formés de deux parties bien distinctes. Exemple : *Cladonia fimbriata* :

- 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 (VAN HALUWYNE et LEROND, 1993).

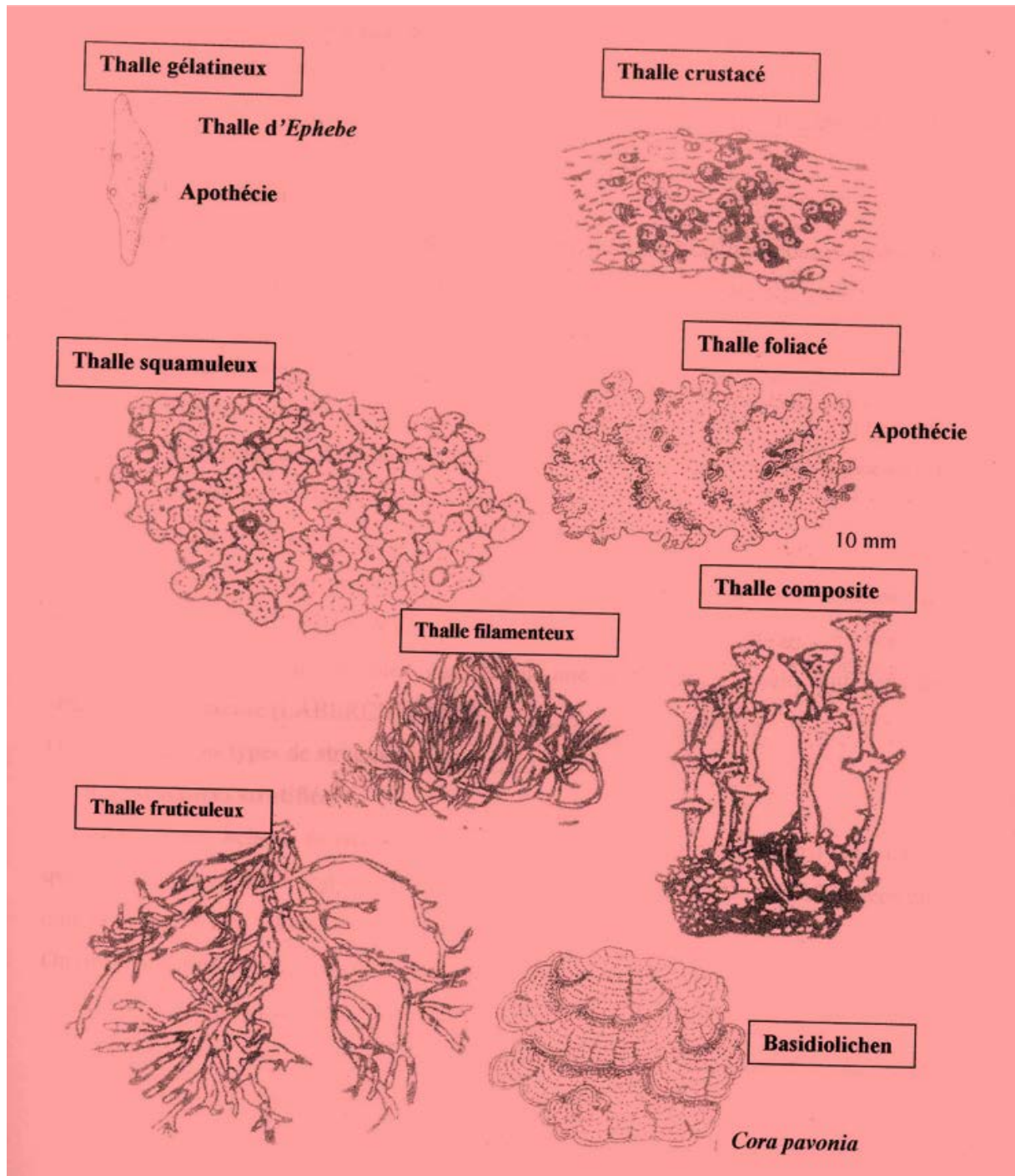


Figure 02 : Les types morphologiques du thalle lichénique (ABBAYES, 1978)

I-3-2 : Structure du thalle lichénique :

A l'intérieur du thalle lichénique, la disposition des différents constituants détermine deux types de structures : homéomère et hétéromère (VAN HALUWYN et LEROND, 1993).

I-3-2-1 : Structure homéomère : le photosymbiote est uniformément répartis dans la totalité ou quasi-totalité de l'épaisseur du thalle (VAN HALUWYN et LEROND, 1993).
Figure 03.

Cette structure est réalisée chez deux types bien différents de Lichens :

- Chez divers Lichens gélatineux et principalement chez les *Collema* ;
- Chez les Lichens à thalle lépreux, dont les fines granulations sont formées par des pelotons d'hyphes emprisonnant quelques gonidies, exemple : *Lecanora conizaeoide* (OZENDA et CLAUZADE, 1970) **Figure 03.**

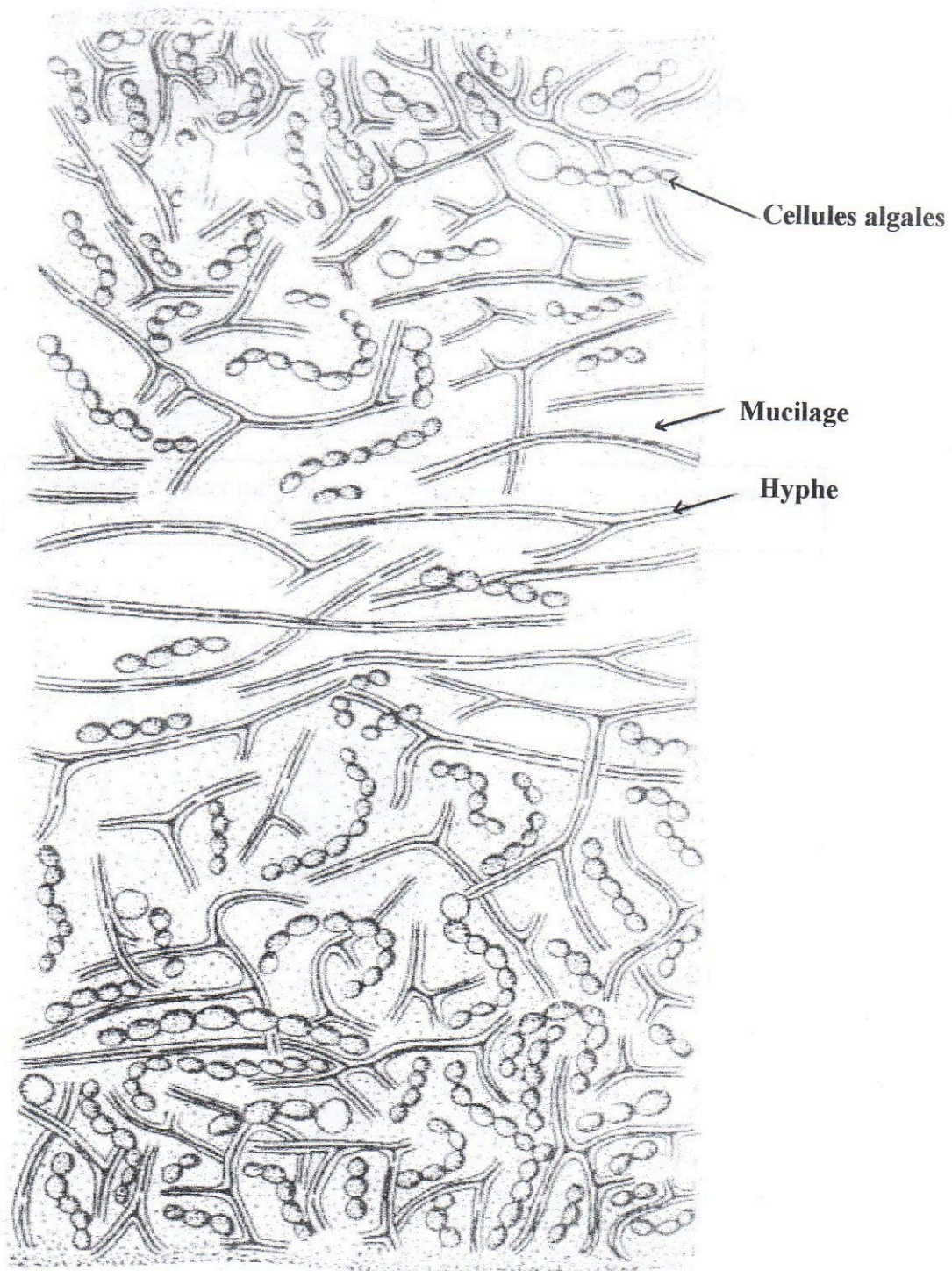


Figure 03 : Structure homéomère de *Collema tenax*
(OZENDA et CLAUZADE, 1970)

I-3-2-2 : Structure hétéromère : le photosymbiote constitue une zone bien délimitée entre les couches du mycosymbiote (VAN HALUWYN et LEROND, 1993). Bien plus

répandue, elle est caractérisée par l'existence de plusieurs couches superposées bien visibles sur une section transversale sauf dans le cas très particulier de la structure filamenteuse (**OZENDA et CLAUZADE, 1970**).

Il existe trois types de structures :

a) : Structure stratifiée : correspond à la mise en place d'une polarité dorsi-ventrale avec de haut en bas :

- Un cortex supérieur de nature fongique à hyphes très serrées ;
- Une couche algale comportant également des hyphes beaucoup plus lâches ;
- Une médulle à hyphes encore plus lâche ;
- Un cortex inférieur à hyphes serrées

La plupart des thalles foliacés, un grand nombre de thalles crustacés, très peu de lichens fruticuleux répondent à cette structure (**VAN HALUWYN et LEROND, 1993**). **Figure 04**

b) : Structure radiée : chez la plupart des lichens fruticuleux (*Ramalina calcatus*), la couche gonidiale fait tout le tour de la section transversale. La partie la plus interne de la médulle peut disparaître en grande partie comme chez les *Alectoria* dont le thalle est plus ou moins creux, ou au contraire être formé comme chez les *Usnea*, d'hyphes très serrés parallèles à l'axe et constitué un cordon axial (**OZENDA et CLAUZADE, 1970**). **Figure 05**

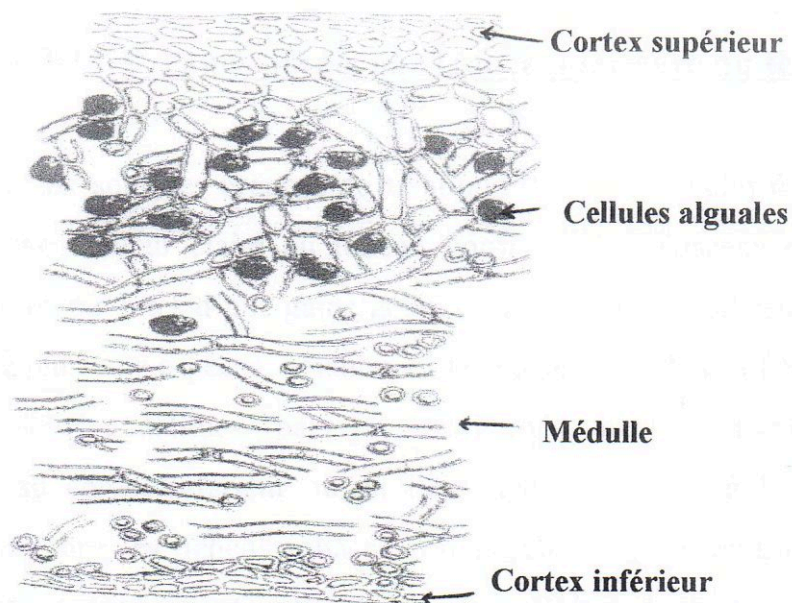


Figure 04 : Structure hétéromère stratifiée de *Lobaria pulmonaria* (OZENDA et CLAUZADE, 1970)

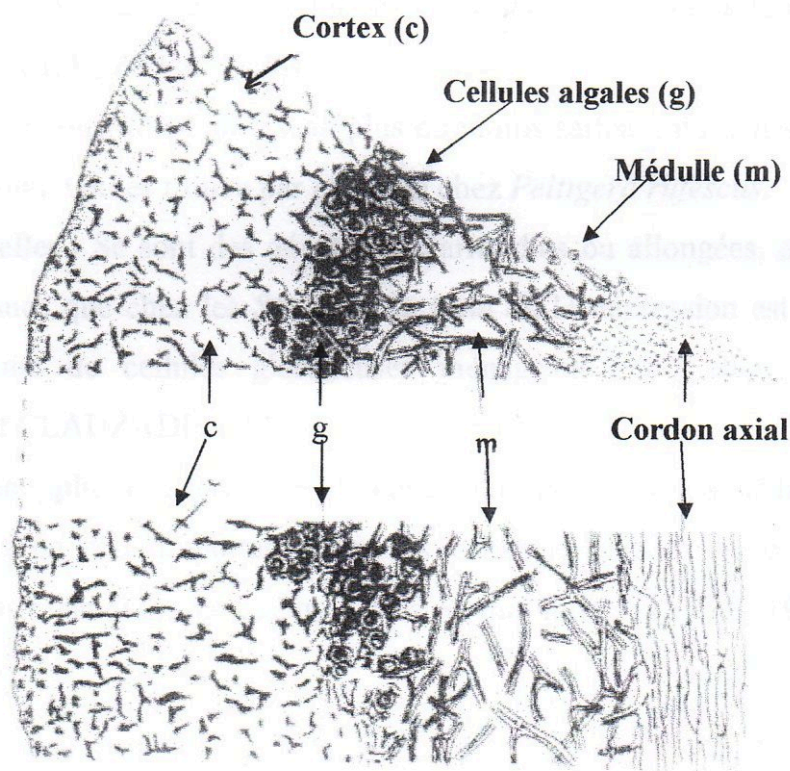


Figure 05 : Structure hétéromère radiale d'*Usnea florida* (OZENDA et CLAUZADE, 1970).

c) : **Structure filamenteuse** : il s'agit d'un type de structure peu répandu et particulier aux lichens filamenteux et quelques lichens gélatineux dont le thalle est constitué par des filaments de Chlorophycées ou de Cyanophytes revêtus par une gaine d'hyphes (**OZENDA et CLAUZADE, 1970**).

I-4 : Reproduction et appareil reproducteur des lichens :

Les lichens peuvent se reproduire de deux manières :

- Soit par voie asexuée et cela par dissémination des fragments du complexe lichénique : il s'agit alors d'une multiplication végétative, qui s'apparente à un bouturage.
- Soit par voie sexuée et cela par dissémination du champignon à l'aide de ses spores.

En revanche, la gonidie ne manifeste pas de sexualité, elle se reproduit soit par scissiparité, soit par formation d'endospores (**CHAMPAGNAT, OZENDA et BAILLOUD, 1969**).

I-4-1 : Reproduction asexuée :

Les lichens se reproduisent surtout par la dissémination du complexe lichénique, qui peut se faire globalement par deux façons :

- Soit par fragmentation du thalle car les lichens sont des organismes reviviscents peuvent subsister longtemps à l'état sec, ils sont alors très cassant et leur débris dispersés par divers agents : le vent, les oiseaux, les animaux, l'eau,...etc, et constituent autant de boutures (**OZENDA, 1990**).
- Soit par le jeu d'organes spéciaux notamment les soralies et les isidies.
 - **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 cortiquées, le plus souvent d'une couleur différente de celle du thalle (**CHAMPAGNAT, OZENDA et BAILLOUD, 1969**). Elles peuvent se dispersées aisément par différents agents tels que le vent, insectes, eau, ainsi lors de la différenciation de certains hyphes médullaires qui cause leur expulsion, et lorsque les conditions sont favorables, elles donnent naissance à un nouveau thalle (**DERUELLE et LALLEMANT, 1983**).
 - **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) (LUTTGE, KLUGE et BAUER, 2002).

I-4-2 : Reproduction sexuée du champignon :

Deux hyphes fongiques sexuellement différenciés fusionnent et donnent à la surface du thalle des fructifications dites : chez les Ascolichens des ascocarpes et chez les Basidiolichens sont dites basidiocarpes.

Les ascocarpes sont selon leur forme soit : des périthèces chez les Pyrénolichens, des apothécies ou lirelles chez les Discolichens. Dans ces ascocarpes, des cellules particulières (asques) vont élaborer des ascospores et entre les asques se trouvent les paraphyses dont les extrémités renflées peuvent contenir des pigments responsables de la couleur du tissu fertile des ascocarpes.

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 (OZENDA, 1990).

I-4-2-1 : Les ascocarpes des Ascolichens :

- **L'apothécie** : c'est une fructification en forme de coupe, garnie intérieurement d'un hyménium nu constitué de cellules fertiles (esques) et de filaments interaxiaux stériles (paraphyses). Les apothécies présentent une grande variabilité de taille, de couleur et de structure dans leur localisation sur le thalle (VAN HALUWYN et LEROND, 1993).
- **Périthèces** : ce sont des fructifications, en forme de petites bouteilles avec une partie renflée (le nucleus) tapissé par l'hyménium et une partie supérieure étroite (col) s'ouvrant par un ostiole. Les périthèces ont une petite taille, de couleur sombre, plus au moins enfoncés dans le thalle ou dans le substrat, plus rarement superficiels, ils peuvent être simples, composés, isolés ou groupés dans un stroma (VAN HALUWYN et LEROND, 1993).
- **Lirelles** : les lirelles peuvent être considérées comme des apothécies plus ou moins allongées, dont la surface hyméniale est réduite à une simple fente. Elles sont sessiles ou plus ou moins ramifiées, parfois étoilées et sont caractéristiques des Graphidales (VAN HALUWYN et LEROND, 1993).

→ Le tissu fertile des ascocarpes :

Par « tissu fertile », nous entendons l'ensemble des asques, des paraphyses et des régions sous jacentes qui leur donnent naissance. C'est-à-dire ce qui correspond dans l'ascocarpe adulte à l'ensemble de l'hyménium et de la partie supérieure de l'hypothecium (OZENDA et CLAUZADE, 1970).

I-4-2-2 : Les basidiocarpes des Basidiolichens :

Le thalle des Basidiolichens est folicé, sa face inférieure présente un hyménium lisse à basides typique renfermant chacune quatre spores (**CARSIN, 1971**).

I-5 : L'Ecologie des Lichens :

Présents dans toutes les régions du monde, les Lichens forment l'ultime couvert végétal au contact des glaces aussi bien aux pôles qu'en très haute montagne, seul le milieu marin n'en renferme que peu de représentants. De tous les groupes végétaux à organismes pluricellulaires, c'est celui des lichens qui a la plus grande extension terrestre. Il y a peu d'endroits où l'on ne rencontre pas de lichens, tant est grande la diversité des substrats qu'ils utilisent (rochers, arbres, sols...) et des conditions climatiques qu'ils supportent (**SOUCHON, 1971**).

Chaque espèce a ses exigences propres, parmi les facteurs influençant la localisation des lichens, il existe des facteurs édaphiques, des facteurs climatiques et des facteurs biologiques.

I-5-1 : Facteurs édaphiques (substratiques) :

La relation intime entre le lichen et le substrat s'établit en fonction des caractères physiques (consistance, porosité, perméabilité...) et chimiques (réactions ioniques, teneur en calcium, en nitrates...). Ces facteurs conditionnent la pénétration du thalle dans le substrat et l'économie de l'eau (**VAN HALUWYN et LEROND, 1993**).

La nature du substrat est prépondérante ; il existe des espèces de lichens corticoles, des espèces saxicoles, des espèces terricoles et des espèces aquacoles.

- **Lichens corticoles** : qui vivent sur les écorces des arbres.
- **Lichens saxicoles** : ils vivent sur les rochers calcaires, les vieux murs. Selon **BERNARD (2011)**, ils sont déterminés par la nature chimique du support et ont l'aptitude de retenir l'eau.
- **Lichens terricoles** : sont fréquents dans les landes, les pelouses le sol minéral.
- **Lichens humicoles** : vivent sur l'humus.
- **Lichens aquacoles** : comprennent les lichens hydrophiles qui colonisent les roches situées sur les berges des cours d'eau et les lichens ékérophiles qui colonisent les roches soumises à des écoulements prolongés postérieurs aux pluies (**COSTE, 2009**).

Le pH du support détermine aussi plusieurs groupes d'espèces : certains sont acidophiles (*Cladonia*, *Platysma glaucum*), certains préfèrent un pH voisin de la neutralité (*Parmelia acetabulum*...), d'autres lichens sont basophiles (*Collema*...). Pour les espèces qui

se développent sur les roches ou à terre, on note selon la composition chimique du substrat, la présence d'espèces calcicoles (*Collema...*), calcifuges (*Umbilicaria*) ou humicoles (*Cladonia*) (SOUCHON, 1971).

I-5-2 : Facteurs climatiques :

Les facteurs physiques et leurs variations qui créent le climat commandent la présence ou l'absence de certaines espèces de lichens (SOUCHON, 1971).

I-5-2-1 : L'humidité :

L'eau joue un rôle capital dans la répartition des lichens, car le degré d'hydratation du thalle conditionne les fonctions vitales. Les lichens peuvent passer de l'état de vie active à celui de vie ralentie, selon les variations de l'hydratation c'est le phénomène de reviviscence (VAN HALUWYN et LEROND, 1993).

Certaines espèces requièrent une forte humidité atmosphérique dites aérohygrophiles exemple *Usnea sp*, et d'autres espèces exigent un substrat fortement ou fréquemment mouillé dites substratohygrophiles exemple *Parmelia*. Mais plusieurs espèces tolèrent ou recherchent une submersion temporaire ou constante ce sont les espèces hygrophiles et aquatiques comme certains *Verrucaria* et *Dermatocarpon*, la majeure partie, vive dans des milieux peu humides et même secs ce sont les espèces mésophiles et hypohygrophiles (SOUCHON, 1971).

I-5-2-2 : La température :

La température peut être considérée sous deux aspects :

D'une part, l'effet sur la résistance aux températures extrêmes car de nombreuses espèces peuvent conserver leur vitalité lorsqu'elles sont soumises à des conditions extrêmes de température surtout si elles sont desséchées, d'autre part elle intervient surtout sur le métabolisme de la plante, ainsi la respiration et la photosynthèse varient nettement en fonction de la température (OZENDA et CLAUZADE, 1970).

De façon générale, les basses températures sont les plus favorables au bilan synthétique des lichens que les fortes températures (DERUELLE et LALLEMANT, 1983).

I-5-2-3 : La lumière :

Les lichens se rencontrent aussi bien, selon les espèces, dans les stations vivement éclairées que dans les lieux ombragés : il faut remarquer que les conditions lumineuses ont aussi une grande influence sur les facteurs hydriques, et qu'il est parfois difficile de distinguer leurs actions respectives (SOUCHON, 1971).

La lumière est un facteur qui agit sur le taux de photosynthèse et la respiration (OZENDA et CLAUZADE, 1970).

I-5-2-4 : Le vent :

Le vent, en favorisant l'évaporation, agit aussi directement sur l'humidité. Quelques espèces, toujours étroitement localisées sur des arbres isolés ou des rochers exposés, sont tolérantes à l'action du vent. Par son action mécanique, plus sensible sur les lichens fruticuleux, le vent peut briser les thalles, surtout à l'état sec ; dans les stations très exposées, il peut provoquer des modifications morphologiques des thalles : les lichens y prennent des formes plus courtes, plus ramassées et leurs peuplements deviennent plus denses (SOUCHON, 1971).

I-5-3 : Facteurs biotiques :

L'action des autres être vivants est également déterminante dans la répartition des lichens, soit parce qu'ils disputent leur place, détruisent ou modifient les conditions du milieu ou au contraire favorisent leur dissémination (VAN HALUWYN et LEROND, 1993).

Ces actions comprennent essentiellement :

La concurrence vitale s'exerçant entre les lichens eux même, surtout entre thalles crustacés et thalle foliacés très appliqués au support, et aussi entre les lichens et les autres plantes comme les mousses, les hépatiques ainsi qu'avec certaines plantes supérieures.

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

L'action des animaux et principalement de l'Homme (facteurs anthropozoïques) se manifestant surtout mécaniquement ; piétinement (fragmentation des thalles) et chimiquement (enrichissement de l'atmosphère et du substrat en ammoniac, sels, nitrates, phosphates...) (OZENDA et CLAUZADE, 1970).

I-6 : Biochimie des Lichens :

L'étude biochimique des Lichens conduit à la mise en évidence des substances fondamentales qui sont communes à tous les êtres vivants (eau, substances minérales et substances organiques) ce sont des métabolites primaires. D'autres métabolites particuliers aux lichens sont synthétisés par ces organismes : ce sont les métabolites secondaires appelés les **substances lichéniques**.

I-6-1- Métabolites primaires :

Ce sont essentiellement :

- Des constituants minéraux : eau et sels minéraux.
- Des constituants organiques : représentés principalement par des protéines, des acides nucléiques, des lipides complexes, auxquels s'ajoutent :
 - a) Des produits du métabolisme de ces substances et de celui des réserves, notamment des glucides cristalloïdaux tel que le glucose, le fructose, le saccharose, le tréhalose, des acides aminés ;
 - b) Des substances jouant un rôle catalytique dans ce métabolisme à savoir : des enzymes ainsi que des vitamines B, C et D ; des pigments chlorophylliens particuliers aux gonidies, des pigments caroténoïdes ainsi que des pigments bleus chez les cyanophytes **OZENDA et CLAUZADE, 1970**).

I-6-2 : Métabolites secondaires lichéniques et leur biogénèse :

Les lichens sont connus pour produire plus de 500 composés chimiques (**substances lichéniques**) dont une grande partie n'existe pas chez les végétaux supérieurs. Un grand nombre de ces substances ont été nommées et leur structure élucidée (**ROBERT et CATESSON, 2000**). Actuellement, il est admis que ces composés sont synthétisés par le champignon (mycobionte), mais que leur carbone nécessaire à leur biosynthèse est transféré par l'algue via les sucres ou les polyols issus de la photosynthèse **Figure 06**

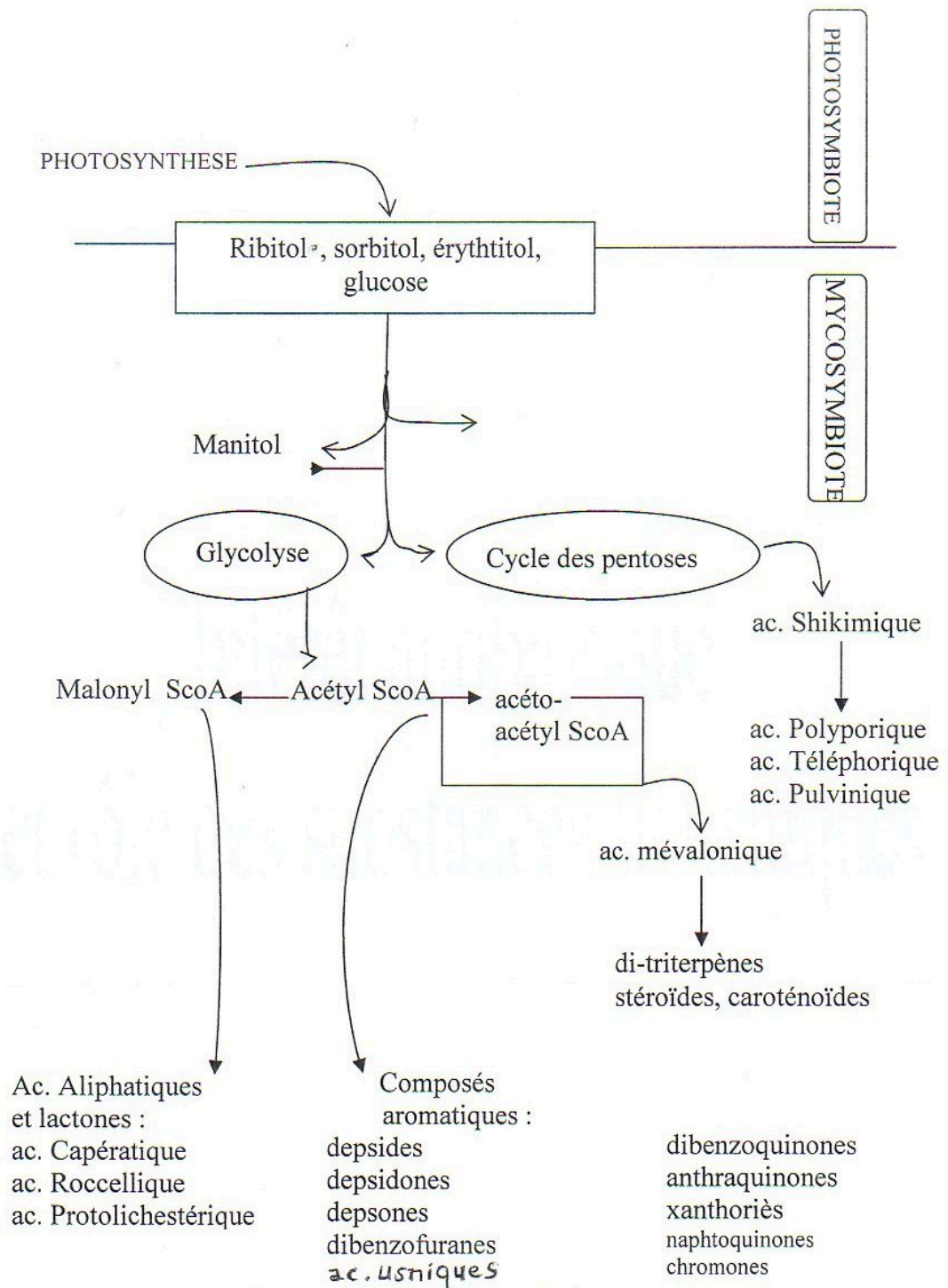


Figure 06 : Biogenèse des substances lichéniques (VAN HALUWYN et LEROND, 1993)

I-6-3 Localisation et rôle écologique des substances lichéniques :**I-6-3-1 : Localisation des substances lichéniques :**

A l'état symbiotique, les mycobiontes lichéniques produisent une large gamme de métabolites secondaires qui sont libérées dans l'espace extracellulaire et cristallisent ultérieurement sur ou pré de la surface des hyphes (VAN HALUWYN et LEROND, 1993). Ces substances lichéniques sont localisées dans le cortex (c'est le cas de l'**atranorine** ainsi que de nombreux **pigments** dont l'**acide usnique**), dans la médulle et la couche algale (la plupart des substances incolores : **depsides** et **depsidones**) (KIRSCHBAUM et WIRTH, 1997).

I-6-3-2 : Rôle écologique des substances lichéniques :

De nombreuses molécules lichéniques assurent une protection contre les rayonnements Ultra Violets. C'est le cas de certaines molécules lichéniques : depsides, depsidones dibenzofurane et dérivés de l'acide usnique.

Une autre classe de photoprotecteurs appelée mycosporines a été déséparés au sein des cyanolichens tel que (*Peltigera, Collema...*).

Certaines de ces substances sont impliquées dans la tolérance aux métaux de l'environnement du fait de leurs propriétés chélatantes. Elles peuvent assurer une certaine protection par chélation de métaux lourds présents dans le milieu. (GORTY, 2001).

Différents métabolites lichéniques ont une action bioinsecticide vis-à-vis de certains ravageurs de culture (AMAR KHOUDJA, 2014).

La toxicité des métabolites secondaires a été montrée en vers les bactéries (CHABA, 2012).

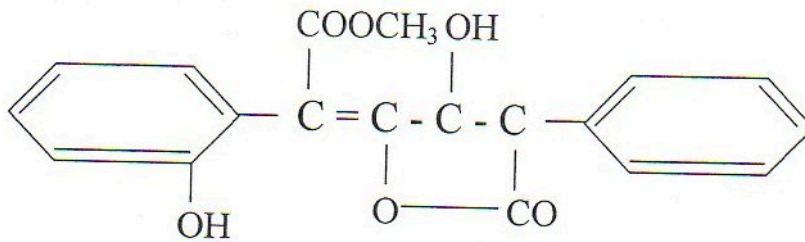
Ces substances lichéniques ont également d'autres propriétés notamment dans l'équilibre hydrique de thalle en limitant l'évaporation de l'eau à sa surface. Elles jouent également un rôle dans la régularisation de l'activité photosynthétique dont le mécanisme est encore mal connu.

I-6-4 : Nature des substances lichéniques :

De point de vue chimique, ce sont des corps organiques dont les radicaux appartiennent soit à la série aromatique, soit à la série grasse.

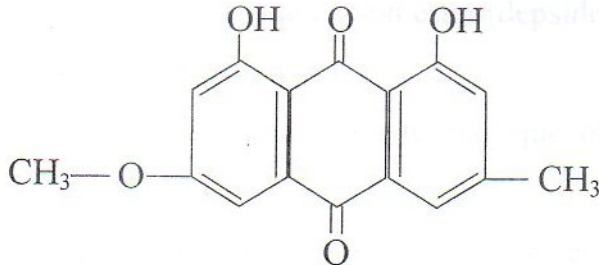
I-6-4-1: Série aromatique : la plupart des substances lichéniques sont de nature aromatique et dérivent de l'orcinol ou de corps issu de l'orcinol comme les depsides (SOUCHON, 1971). Les plus importants sont :

- a) **Dérivés de l'acide pulvique (ou acide pulvique) :** ce sont des substances de teinte jaune, souvent acide, peu ou pas colorables par les réactifs utilisés en lichénologie.



Acide pulvique

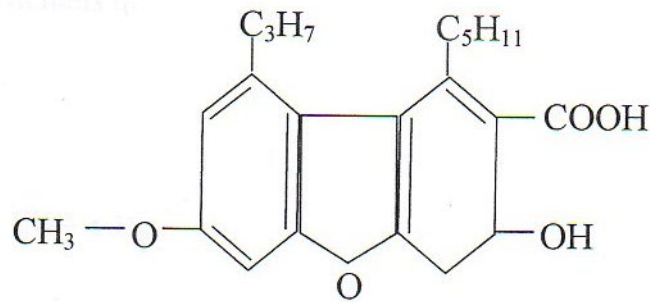
- b) **Dérivés de l'anthraquinone :** sont colorés en jaune orangé ou rouge, et deviennent pourpres foncés sous l'action de la potasse. Le plus important est la pariétine qui tire son nom de *Xanthoria parietina*, c'est un pigment corticole rougeâtre.



Pariétine

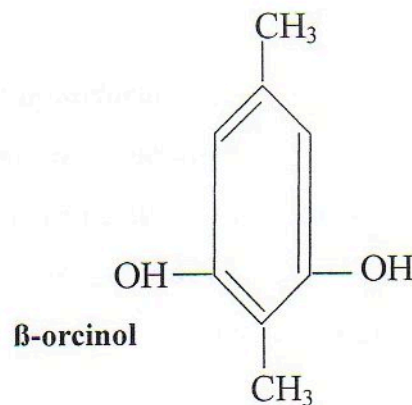
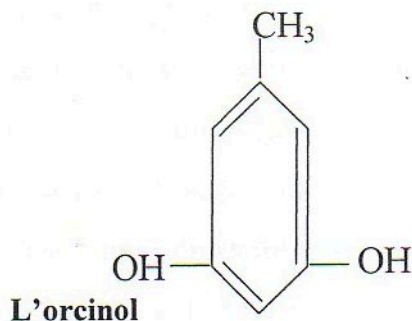
- c) **Dérivés de dibenzofurane :** ce sont des substances à étude chimique difficile, remarquables par leurs propriétés antibiotiques qui sont utilisées en pharmacopée de plusieurs pays. Le mieux connu est l'acide didymique extrait de divers *Cladonia*, mais le plus répandu est l'acide usnique qu'on trouve non seulement chez *Usnea*, mais chez plusieurs dizaines d'espèces de lichens.

Tous les dérivés de dibenzofurane sont incolores sauf l'acide usnique est jaune clair.

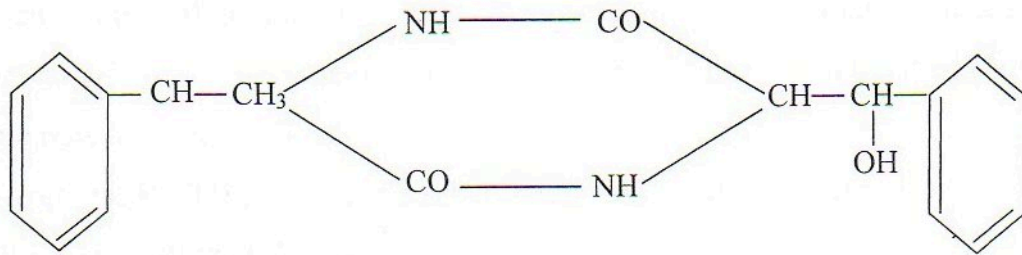


Acide didymique

- d) **Dépsides et dépsidones** : forment la famille la plus importante et la plus spécifique des substances lichéniques. Elles constituent 1 à 15% de la masse sèche du thalle. Toutes ces substances sont incolores, mais beaucoup donnent des réactions très nettes (**OZENDA et CLAUZADE, 1970**). Elles dérivent toutes de deux phénols ; l'orcinol (5-méthyl-1,3-benzendiol) et du β -orcinol (2,5-diméthyl-1,3-benzendiol), reliées par une liaison ester (depside) ou par une liaison ester et ether (depsidone) qui lient les deux noyaux.



- e) **Composés hétérocycliques azotés** : de constitution chimique inhabituelle chez les substances lichéniques. Ils ne sont présentés chez les lichens que par picrorocceline extraite de *Rocelle fuciformis*.



Picrorocceline

I- 6-4-2 : Série grasse : se repartie en deux séries :

- a) **Les substances de la série aliphatique** : ce sont des acides très voisins de substances acides existants chez les champignons non lichénisés. Aucun ne présente de réaction colorée caractéristique. On distingue trois groupes :
- Diacide, comme l'acide roccelique de *Roccella tinctoriat*.
 - Triacide, comme l'acide céparatique de *Ramalina caperata*.
 - Acides – Lactones, comme l'acide protolichestérique de *Cetraria glauca*.
- b) **Les substances de la série alicyclique : Triterpénoïdes** : ce sont des substances cycliques, saturées, neutres, ne présentent pas de réactions colorées. Les plus connus chez les lichens sont : l'acide ursolique et l'acide zéorique, existant chez divers *Cladonia* (OZENDA et CLAUZADE, 1970).

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.

II-1 : Définition de la pollution de l'air :

En 1996, dans la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (dite loi LAURE) intégrée dans le code de l'environnement en 2000, la pollution atmosphérique est définie comme : « L'introduction par l'Homme, directement ou indirectement dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives » (GUILLON, 2011).

Elle se manifeste essentiellement dans la couche atmosphérique comprise entre 0 et 30Km d'altitude.

II-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.

II-2-1 : Les sources naturelles : parmi les polluants atmosphériques naturels :

Le pollen des plantes à fleurs qui provoque des allergies, les terpènes des résineux ; qui dans les régions chaudes causent par une réaction photochimique la formation de SMOG, ainsi que les projections de poussières et les émissions de gaz des volcans (HEINRICH et HERGT, 1993).

II-2-2 : Les sources anthropiques : elles comprennent :

- Les installations fixes de combustion : chauffages urbains et domestiques, chaudières industrielles et centrales électriques thermiques qui dégagent de dioxyde de soufre (SO_2), des oxydes d'azotes (NO_x), des particules, des composés organiques volatils (COV),
- Les transports : qui génèrent une pollution à base des (SO_2), (NO_x), Pb, (COV) et des oxydes de carbone (CO_x). La part des transports dans les rejets mondiaux de gaz carbonique atteint les 20%.
- Les fabrications industrielles
- Incinération des déchets à l'air libre... (BOURGOIN et BAREILLES, 2000).

II-3 : Les effets de la pollution de l'air sur la santé humaine et l'environnement :

II-3-1 : Sur la santé humaine :

Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS), trois millions de personnes meurent chaque année sous l'effet de la pollution de l'air dans le monde.

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.

II-3-2 : 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.

Les lichens et plus particulièrement les lichens épiphytes dont la nutrition est étroitement tributaire de l'atmosphère, sont des végétaux qui réagissent à des doses infinies de polluants (DERUELLE et LALLEMANT, 1983).

III-1 Définition d'un bio-indicateur : « un bio-indicateur est un organisme qui par référence à des variables biochimiques, biologiques, physiologiques et éthologiques permet de façon pratique et sûre de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un éco-complexe et de mettre en évidence aussi précocement que possible leurs modifications naturelles ou provoquées » (VAN HALUWYN et LEROND, 1993).

III-2 Les techniques de bio-indication :

Selon GARREC (1993), les techniques de bio-indication peuvent être divisées en trois catégories :

III-2-1 : La bio-indication : Les bio-indicateurs sont des végétaux sensibles aux polluants et qui présentent souvent des altérations morphologiques (nécrose), ou physiologiques.

III-2-2 : La bio-accumulation : Les bio-accumulateurs sont des plantes résistantes, capables d'accumuler d'importantes quantités de polluants quelque soient leurs conditions d'émission, de diffusion et de dispersion, sans perturber leur métabolisme et permettent ainsi leur dosage.

III-2-3 : La bio-estimation : Les bio-estimateurs sont des plantes dont on révèle la présence, l'absence, la rareté et l'abondance au sein de la communauté végétale permettant ainsi de quantifier le niveau de pollution.

III-3 : Caractères particuliers aux lichens :

La grande sensibilité des lichens aux changements de la qualité de l'air est due comparativement à celle des plantes supérieures à des particularités structurales et biologiques :

III-3-1 : Absence de moyens de lutte contre la pollution : La nutrition des lichens est essentiellement tributaire de l'atmosphère. N'ayant ni racines, ni tiges, feuilles, ils sont incapables d'absorber rapidement l'humidité atmosphérique ainsi que les eaux de pluie ou de ruissellement et les substances qu'ils contiennent y compris les polluants (ASTA, 1994).

Les lichens ne possèdent ni stomates, ni cuticules, par contre, leur face supérieure est percée de pores qui laissent pénétrer les polluants. Un phénomène de concentration apparaît quand l'eau s'évapore en période de sécheresse.

III-3-2 : Activité continue : Les lichens sont des organismes actifs durant toute l'année, dès lors que leur hydratation est suffisante, ainsi l'activité photosynthétique des lichens n'est pas interrompue (contrairement aux végétaux supérieurs qui n'ont pas de feuilles en hiver). Ils sont alors soumis à une pollution très importante résultant d'une part de l'augmentation des

émissions des polluants (chauffage domestique) et d'autre part de la diminution de leur élimination (**DERUELLE et LALLEMANT, 1983**).

III-3-3 : Métabolisme lent : Le métabolisme des lichens, particulièrement lent, se traduit par un taux de croissance très faible et par une grande longévité qui permet de suivre l'évaluation de la pollution. Les lichens contiennent une faible quantité de chlorophylle ce qui justifie leur basse productivité et leur incapacité de récupération après une intoxication par les polluants.

III-3-4 : Grand pouvoir d'accumulation : Les lichens accumulent de façon non sélective des quantités très importantes de substances prélevées dans l'atmosphère comme le soufre, le fluor, les éléments radioactifs (**DERUELLE et LALLEMANT, 1983**).

III-4 : Actions des polluants atmosphériques sur les lichens :

Une fois que les polluants ont pénétré dans le lichen, ils peuvent fonctionner de deux manières :

- Quand le polluant interfère avec le métabolisme, il altère certaines fonctions physiologiques (photosynthèse, respiration, biosynthèse et perméabilité cellulaire) de façon souvent mesurable. Il peut en résulter des modifications de végétation lichénique par disparition d'espèces sensibles ou prolifération d'espèces adaptées.
- Quand le polluant n'interfère pas avec le métabolisme, il s'accumule dans le lichen dans des proportions qui varient avec sa concentration dans l'air et le temps d'exposition (**ASTA, 1992**).

III-5 : Les méthodes de bio-indication :

Selon les modalités d'estimation de la pollution, il existe 3 types de méthodes :

III-5-1 : Méthode de cartographie lichénique :

Plusieurs méthodes utilisant les mêmes critères (nombre d'espèce, fréquence, recouvrement et fertilité) ont été décrites pour établir la cartographie de la pollution à partir de l'observation de la végétation lichénique (**DERUELLE et LALLEMANT, 1983**).

On étudie la végétation lichénique naturelle des arbres de la zone à cartographier. Des changements observés au niveau du recouvrement lichénique donneront une indication sur la qualité de l'air de la zone concernée.

III-5-2 : L'indice de toxitolérance :

Cette méthode est utilisée lorsqu'il n'y a aucune possibilité d'établir une cartographie lichénique. Cette méthode permet de donner une première estimation de la pollution de l'air à partir de l'indice de toxitolérance (1 à 9) de chaque espèce lichénique, qui est une mesure de la résistance d'une espèce à la pollution atmosphérique à partir d'observations sur le terrain (**Annexe 01**) (**KIRSCHBAUM et WIRTH, 1997**).

III-5-3 : Méthode de transplantation lichénique :

La transplantation est une technique de terrain utilisée pour l'étude de la pollution de l'air et de l'accumulation des éléments chimiques par les lichens (**VAN HALUWYN et LEROND, 1993**).

La transplantation de lichen (sans ou avec son substrat) depuis une zone rurale peu ou pas polluée, vers une zone urbaine très polluée a été envisagée depuis très longtemps. Les espèces transplantées sont ensuite exposées pendant un temps déterminé.

A la fin de la période d'exposition des lichens transplantés, une minéralisation est effectuée suivi d'un dosage pour déterminer les concentrations en éléments chimiques accumulés dans le thalle.

Les résultats obtenus sont comparés à ceux des échantillons témoins prélevés en dehors du site pollué.

Le degré de pollution de la zone d'étude est envisagé à partir des modifications des lichens transplantés (**DERUELLE et LALLEMANT, 1983**).

I-1: Présentation du site de prélèvement :

I-1-1 : La localisation :

Le site de prélèvement est de type forestier, il est localisé sur le versant Nord du Djurdjura, il dépend de la commune d'Iboudrarena à une cinquantaine de kilomètre au sud-est du chef- lieu de la wilaya de tizi-ouzou. Il s'étend sur une superficie de 450 ha, et s'étale de 768m à 1319m d'altitude.

Les coordonnées angulaires sont pour l'ensemble de l'aire d'étude (36° 28'- 36° 30') Latitude de Nord et (04° 15'- 04° 17') Longitude Est (**BENSIDHOUM, 2010**).

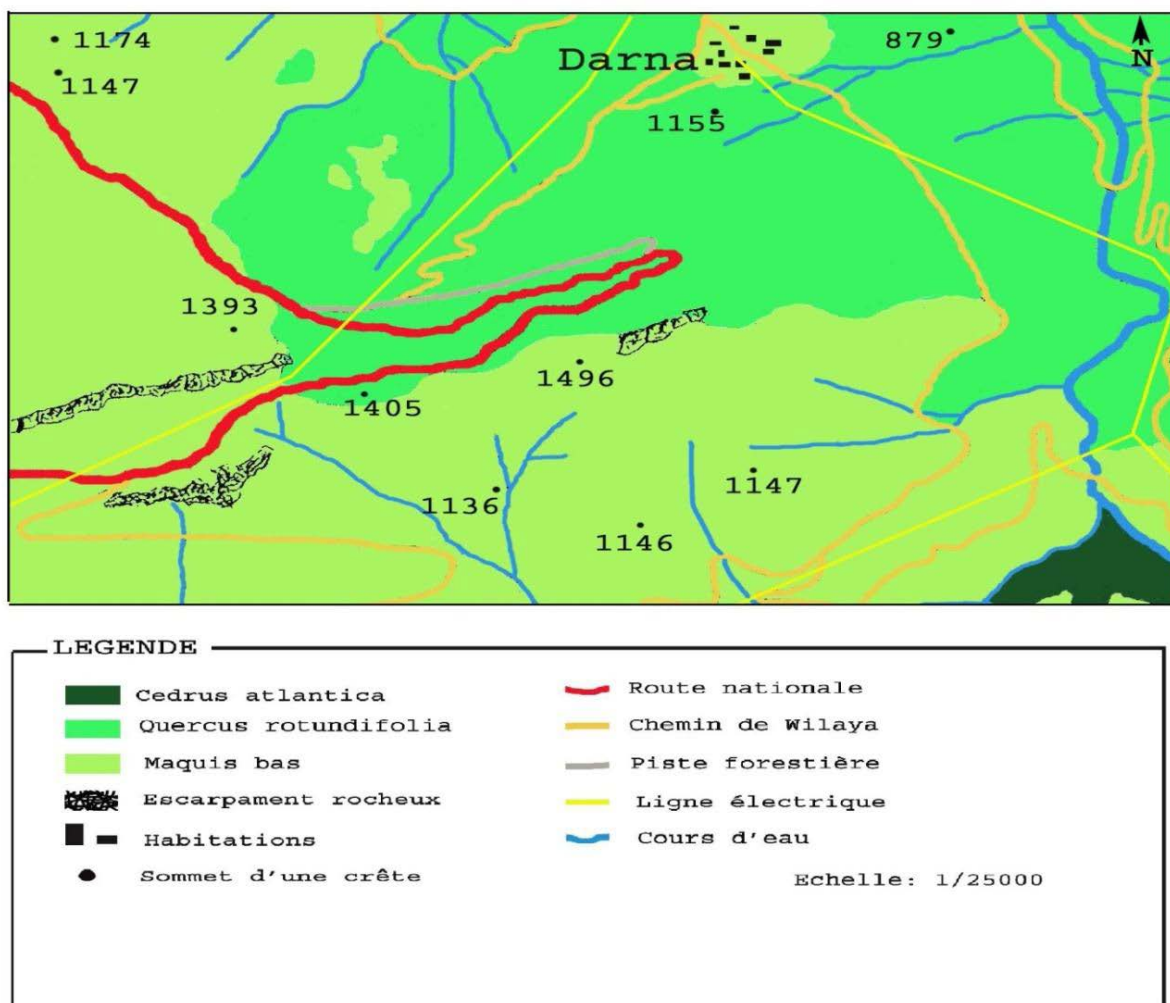


Figure 07 : Localisation du site d'étude "Darna" (**BENSIDHOUM, 2010**)

Le site de Darna appartient à l'atlas tellien. Il se situe sur le versant nord du Parc National du Djurdjura. Il est délimitée au nord par le chemin de wilaya (CW) n° 11 qui relie le village de Darna à celui de Thala N'Tazerth, au sud par la route nationale (RN) n°30 et une

série de reliefs et escarpements rocheux importants (Adhrar Ath Darna, Tizi-Ou-Ghiles), à l'est par Assif El Hammam (Oued permanent) et des terrains limitrophes des villages de Darna et Thazagharth, et à l'ouest par un maquis plus au moins dense tantôt arboré (BENSIDHOUM, 2010).

I-1-2 : Facteurs biotiques :

Le site d'étude est composé d'une yeuseraie à chêne vert (*Quercus ilex*) dont le taux de recouvrement varie de 60 à 80%. Cette espèce trouve dans le Djurdjura et plus précisément dans la région de Darna les conditions climatiques et édaphiques qui sont très favorables à son développement.

Quelques espèces arborescentes vivent en compagnie avec le chêne vert ; il s'agit notamment de l'Erable de Montpellier (*Acer monspessulanum*), de l'Orme (*Ulmus campestris*) et du Merisier (*Prunus avium*). Par ailleurs, quelques pieds de cèdre de l'atlas *Cedrus atlantica* sont disséminés dans le site,...etc.



Figure 08 : La chênaie de Darna (*Quercus ilex*), (Original 2015)

Un maquis très diversifié, riche et comprenant quelques espèces des plus dominantes à savoir le Lentisque (*Pistacia lentiscus*), la Bruyère (*Erica arborea*), le Garou (*Daphne gnidium*), du Genet (*Calycotome spinosa*), l'Aubépine (*Crataegus monogyna*),...etc.



Figure 09 : L'Aubépine (*Crataegus monogyna*) (Originale 2014)

De nombreuses espèces de fougères forment la strate herbacée et de nombreuses pelouses sont incrustées dans le paysage (BENSIDHOUME, 2010).



Figure 10 : Strate herbacée à Darna (Originale 2015)

I-1-3 : Facteurs abiotiques :

I-1-3-1 : Géologie et pédologie :

La formation de la chaîne de Djurdjura remonterait au début de l'ère primaire (Paléozoïque), l'Oligocène marque l'achèvement de l'histoire sédimentaire de Djurdjura. A la fin de l'ère Tertiaire (Cénozoïque), la mer qui avait recouvert très souvent cette région en est chassée définitivement, et les grands plis qui allaient donner au Djurdjura sa structure ont

commencé à se constituer au paroxysme alpin. Le Djurdjura représente un relief fortement accidenté, plissé et fracturé avec du calcaire comme constituant géologique principal (FLADRIN, 1952 ; YAKOUB, 1985 ; ABDESSELAM, 1995 in BENSIDHOUM, 2010).

I-1-3-2 : Réseaux hydrographiques :

Les fortes précipitations et la neige permettent de maintenir un Karst fonctionnel et alimentent les nappes dont les eaux ressortent en abondance formant ainsi un chevelu hydrographique varié, ramifié et dense allant de petits ruisseaux (Ighzer Lahouana, Ighzer Bounsef, Ighzer Nassaakâ,...) aux oueds (Assif El Hammam et Thassifh Ath Boudrare) qui sont les principaux affluents de Oued Aissi. La région comporte aussi de nombreux points d'eau permanents, ce qui lui confère une biodiversité faunistique riche et une flore caractéristique (BENSIDHOUM, 2010).



Figure 11 : Vue du cours d'eau d'Assif El Hamam en hiver (Original 2014)

I-1-3-3 : Le Climat :

Le climat du site Darna est de type méditerranéen, avec un été chaud et sec, d'une durée moyenne de trois mois (mi-juin jusqu'à mi-septembre) et un hiver froid et pluvieux.

Au Djurdjura la neige persiste sur les sommets, à partir du mois de Novembre jusqu'à la fin du mois de Mai. L'épaisseur des couches, dans le site de Darna varie de quelques centimètres à plus de 1.50 m (BENSIDHOUM, 2010).

I-1-3-3-1 : Les données climatiques :

Les données climatiques dans la présente étude proviennent de la station météorologique de Tizi-Ouzou et couvrent une période de 23 ans allant de 1990 à 2013. Ces données recueillies concernent les températures maximales M en (°C), les minimales m (°C) et les précipitations P (mm).

A) : Les précipitations :

Les précipitations constituent un facteur écologique d'importance fondamentale dans l'alternance de la saison des pluies et de la saison sèche qui joue un rôle de régulateur des activités écologiques (RAMADE, 1984).

Selon SELTZER (1946), les pluies en Algérie sont d'origine orographique et torrentielle. Elles varient avec l'altitude et sont inégalement réparties durant l'année et elles sont variables d'une année à une autre (Tableau 01).

Tableau 01 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles et annuelles du site de Darna en (mm) pour la période (1990 – 2013) :

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Total
P (mm)	156,91	230,72	124,48	171,88	166,79	32,24	6,51	12,28	41,72	89,52	166,55	173,4	1373

Source : office national de météorologie de Tizi-ouzou

- **Régime mensuel des précipitations**

Les variations des quantités pluviométriques dans la région de Darna enregistrées durant la période considérée révèlent une plus forte chute de pluies durant la période humide avec un maximum au mois de Février avec **230,72** mm, puis une diminution jusqu'au mois de Juillet, le mois le plus sec avec **6,51** mm de pluies (Tableau 01).

- **Régime saisonnier des précipitations**

L'année pluviométrique à été divisée en quatre saisons conventionnelles :

Automne : Septembre, Octobre et Novembre ;

Hiver : Décembre, Janvier et Février ;

Printemps : Mars, Avril et Mai ;

Été : Juin, Juillet et Août.

Tableau 02 : Régime saisonnier de Darna

Saisons	H	P	A	E	Régime saisonnier
Darna	561,03	463,15	297,79	51,03	HPAE

Le régime saisonnier de notre région d'étude durant la période (1990-2013) est de type **H.P.A.E** (Hiver, Printemps, Automne, Été). Ceci signifie que l'hiver est la saison la plus arrosée avec un total des précipitations de 561,03 mm alors que l'été est la saison la plus sèche avec un total des précipitations de 51,03 mm.

B) : Les températures :

La température est un facteur de grande importance intervenant dans toute étude écologique d'une région donnée. Les valeurs sont consignées dans le tableau 03 :

Tableau 03 : Moyennes mensuelles des températures maximales et minimales en (°C) du site de Darna (1990-2013)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
m	6,96	6,63	9,59	12,48	15,91	20,30	24,52	24,41	20,17	15,48	11,06	7,29
M	10,03	10,13	14,58	18,77	22,91	27,53	32,41	32,81	27,47	20,10	14,75	10,76
(M+m)/2	7,92	7,88	12,08	15,62	19,41	23,91	28,46	28,61	23,82	17,79	12,90	9,02

Source : office national de météorologie de Tizi-ouzou

m : Moyenne des températures minimales en (°C)

M : Moyenne des températures maximales en (°C)

(M+m)/2 : Moyenne des températures mensuelles en (°C)

La température moyenne maximale la plus élevée pour le site de Darna de 1990 à 2013 est de **28,61°C** enregistrée au mois d'Aout qui représente le mois le plus chaud.

La température moyenne maximale la plus faible est de **7,88°C** enregistrée au mois de Février qui est le mois le plus froid de l'année (**Tableau 03**).

Les moyennes mensuelles interviennent dans de nombreux processus biologiques et physiologiques des végétaux. (**LEMMEE, 1978**).

C) : Le vent :

C'est un élément climatique qui permet le déplacement du sable et d'autres particules fines, il influe aussi sur l'évapotranspiration.

Les vents dominants de notre région viennent du nord-ouest, du nord et du nord-est pendant l'hiver (saison humide), en été (saison sèche) les vents soufflent du sud.

I-1-3-3-2 : Synthèse bioclimatique :

L'établissement d'une synthèse des facteurs climatiques à savoir la pluviométrie et la température fait appel à l'étude des deux paramètres suivants :

- Le diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN ;
- Le quotient pluviométrique d'EMBERGER.

A) : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN :

Le diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN a pour utilité de déterminer les saisons sèches et humides d'une région donnée.

BAGNOULS et GAUSSEN (1953), considèrent qu'un mois est sec quand le total des précipitations exprimé en (mm) est égale ou inférieur au double de la température(T) exprimé en degré Celsius ($P \leq 2T$).

Sur la base de l'équation $P=2T$, nous avons réalisé le diagramme ombrothermique de la région de Dana (**Figure 10**).

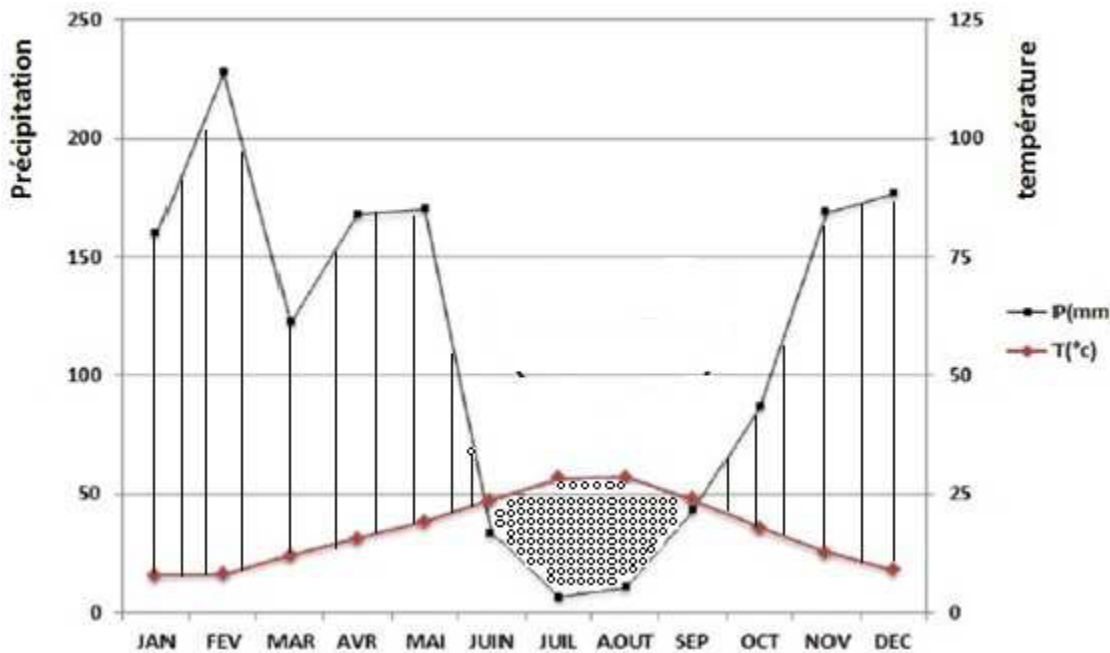


Figure 12 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN du site de Darna (1990-2013).

L'étude de diagramme (figure 10) montre que, la période sèche est de 03 mois, elle s'étend de mi-juin jusqu'à mi-septembre, tandis que la période humide, s'étend de mi-septembre jusqu'à mi-juin (09 mois).

B) : Quotient pluviométrique d'EMBERGER et Le Climagramme d'EMBERGER

Le quotient pluviométrique 'Q₂' d'EMBERGER (1952) nous permet de déterminer l'étage bioclimatique de la zone d'étude selon la formule suivante :

$$Q_2 = 2000 \times P / (M^2 - m^2)$$

Q₂ est l'indice pluviométrique qui se fonde sur les critères liés aux précipitations annuelles moyennes P (mm) à la moyenne des minima du mois le plus froid de l'année (m), et à la moyenne des maxima du mois le plus chaud (M).

P : Précipitations moyennes annuelles en mm ;
M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en (°K);
m : Moyenne des minima du mois le plus froid en (°K).

°K : Degré Kelvin

Application pour la station de Darna :

$$P = 1373\text{mm}$$

$$M = 32,81^{\circ}\text{C} + 273 = 305,81^{\circ}\text{K}$$

$$m = 5,63^{\circ}\text{C} + 273 = 278,63^{\circ}\text{K}$$

$$Q_2 = 172,87$$

Pour la région de Darna le Q_2 calculé est de **172,87**. En rapportant cette valeur et celle des températures minimales (m) sur le Climagramme d'EMBERGER nous trouvons que la région de Darna est située dans l'étage humide à hiver tempéré (**Figure 11**).

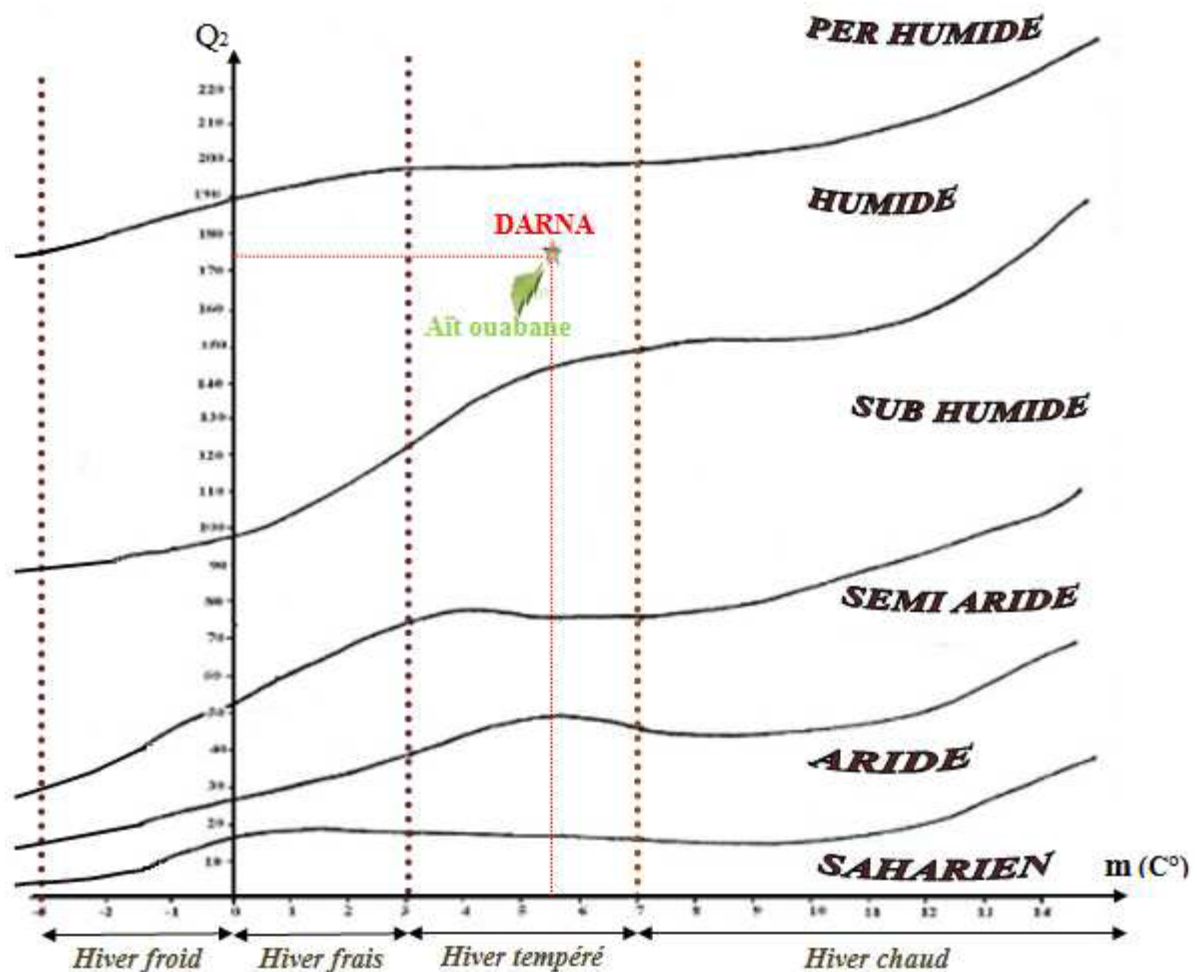


Figure 13 : Position du site de Darna dans le Climagramme d'EMBERGER (1990-2013).

I-2 : La récolte des espèces lichéniques :

La récolte de ces espèces lichéniques a été effectuée le 21 mai 2015 dans le site de DARNA (Parc National de Djurdjura) dans la wilaya de Tizi-ouzou. Cette récolte a été faite suivant un transect basé sur l'altitude qui commence à partir du chemin communal reliant le village de Darna et celui d'Ait allaoua au Nord et qui traverse trois stations : Station I (1100m d'altitude, **Fig. 14**), Station II (1258m d'altitude, **Fig.15**), Station III (1319m d'altitude, **Fig.16**) distante de 30m de la route nationale n° 30 au Sud.



Fig.14 : Station I (1100m), début du transect au Nord (DARNA, 2015)



Fig.15 : Station II (1258m)



Fig.16 : Station III (1319m), fin du transect au Sud

Nous avons prélevé les thalles lichéniques à la main, mais aussi à l'aide d'un grattoir pour faciliter le détachement de ceux très adhérent au substrat, sur au moins 05 à 10 troncs verticaux de chêne vert (*Quercus ilex*) à une hauteur qui varie entre 01m à 02m du sol (**Annexe 02**).

I-3 : Identification des échantillons lichéniques :

Nous avons commencé par noter les caractères macroscopiques du thalle, sa morphologie générale, sa couleur et les particularités de sa surface (présence éventuelle d'isidies, des soralies,...etc).

Les critères utilisés pour l'identification des échantillons lichéniques sont basés sur l'étude des caractères morphologiques et l'étude des réactions colorées. Ces dernières sont très utilisées sur le terrain et au laboratoire, elles permettent d'apporter des informations indispensables pour progresser dans les clés de détermination. Trois substances sont utilisées :

L'eau de javel (C) : la solution utilisée est celle du commerce à la concentration (12°). Le réactif est déposé à l'aide d'une spatule sur le cortex, et la médulle préalablement dégagée.

La potasse (K) : solution de 05g pour 100ml d'eau distillée, quelques gouttes sont déposées sur la médulle et le cortex.

Potasse suivi de l'eau de javel (KC) : en déposant quelques gouttes de la potasse suivi de quelques gouttes de l'eau de javel.

La paraphénylènediamine (P) : ce réactif est toutefois toxique, la manipulation doit s'effectuer avec précaution, quelques gouttes sont déposées sur le cortex et la médulle.

II-1 : Description des espèces récoltées :

Pour décrire nos espèces récoltées au niveau du site de Darna, nous nous sommes basés sur la clé de détermination et les indices écologiques établis par Kirschbaum et Wirth (1997) (**Annexe 03**).

II-1-1 : *Evernia prunastri* :

Lichen fruticuleux en forme de lanières, verdâtre pale à jaune verdâtre avec des soralies. Thalle fruticuleux à lanières peu divisées, souvent ridées. Il présente une face supérieures vert gris à vert jaune, cortiquée. Face inférieure blanchâtre, un peu canaliculée, non cortiquée. Apothécies très rares. Le plus répandu des lichens fruticuleux sur feuillus. Préfère les écorces plus au moins riches en substances nutritives, voire acides, dans les endroits exposés au vent et les zones éclairées.

L'indice de luminosité de cette espèce est de 7



Figure 17 : *Evernia prunastri* (Originale 2015)

L'humidité est de 3

Valeur de pH de l'écorce est de 3

La capacité nutritive de l'écorce est de 3

La toxitolérance vis-à-vis des polluants est de 5

Réactions colorées : cortex K+ jaune, C-, KC-, P-

La localisation : cette espèce se retrouve dans les deux stations (I) et (II), mais elle est en abondance dans la troisième station (1319m).

II-1-2 : *Parmelia acetabulum* :

C'est un lichen foliacé, à thalle adhérent au substrat et appliqué, en rosette jusqu'à 30cm de diamètre. Lobes larges et courts de 3 à 12mm de diamètre, à extrémité arrondie, à pourtour entier et ascendant, leur dessus est de couleur bleu-vert foncé, devenant vert olive en

contact avec l'eau, soralies absentes, apothécies présentes de 3 à 20mm de diamètre, concaves, brunes, pédonculés courtement.



Figure 18 : *Parmelia acetabulum* (Originale 2015) en couleur verte

Parmelia acetabulum a des préférences de substrat pour sa croissance, nous la rencontrons :

- Essentiellement sur écorce surtout de feuillus (corticole), surtout sur les troncs.
- Rarement lignicole ou sur rochers, et de cas calcifuge.
- Sur étage bioclimatique méso-méditerranéen à l'étage montagnard.

L'indice de luminosité de cette espèce est de 7. C'est un lichen semi-héliophile, souvent en pleine lumière mais aussi à l'ombre.

L'humidité est de 3. C'est une espèce supportant les stations à faible précipitations, mais également présente en zone humide.

La valeur du pH de l'écorce est de 7

La capacité nutritive de l'écorce est de 5, écorce minéralisé riche en substances nutritives.

La toxitolerance vis-à-vis des polluants est de 6.

Réactions colorées : cortex K+ jaune puis brun, C-, KC-, P- ; médulle K+ jaune puis rouge, C-, KC+ rouge sang, P+ jaune puis lentement orange.

Localisation : cette espèce se retrouve dans les deux stations presque à égalité.

II-1-3: *Physcia aipolia*:

C'est un lichen foliacé gris blanchâtre, à petits lobes, en rosette, à apothécies noirâtres souvent pruineuses. Thalle plus ou moins en rosette jusqu'à 4 cm, fortement

appliqué sur l'écorce, rayonnant à la marge. Face supérieure gris blanc, à grise avec de petite taches blanches. Face inférieure blanchâtre à brunâtre claire, lisse, mate, à rhizines claires à brunes, simples à fourchues. Apothécies souvent présentes, 1-5 mm.



Figure 19 : *Physcia aipolia* (Originale 2015) en couleur grise

C'est un lichen qui se développe particulièrement sur écorces de feuillus, au moins subneutres, enrichies en matières nutritives, se rencontre également sur les branches.

L'indice de luminosité de cette espèce est de 7.

L'humidité est de 3.

La valeur du pH de l'écorce est de 7

La capacité nutritive de l'écorce est de 5

La toxitolérance vis-à-vis des polluants est de 4.

Réactions colorées : cortex K+ jaune, C-, KC-, P- ; médulle K+ jaune.

Localisation : cette espèce se retrouve dans les trois stations mais elle est en abondance dans la deuxième station. Elle est souvent adjacente avec *Parmelia acetabulum*.

II-1-4: *Ramalina farinacea* :

C'est un lichen fruticuleux en forme de lanières, gris à jaune verdâtre sur toutes les faces, sorédié. Thalle fruticuleux en forme de buisson, jusqu'à 8 cm, légèrement ramifié ; faces supérieure et inférieure ayant la même structure et la même couleur.



Figure 20 : *Ramalina farinacea* (Originale 2015)

C'est un lichen à très large amplitude écologique, le *Ramalina* le plus fréquent.

L'indice de luminosité de cette espèce est de 6.

L'humidité est de 4. C'est une espèce supportant les stations à faible précipitations, mais également présente en zone humide.

La valeur du pH de l'écorce est de 5

La capacité nutritive de l'écorce est de 3

La toxitolerance vis-à-vis des polluants est de 5.

Réactions colorées : cortex K+ jaune, C-, KC-, P-.

Localisation : cette espèce se retrouve dans les deux stations (I) et (II).

II-1-5 : *Ramalina pollinaria* :

C'est un lichen fruticuleux en forme de lanières, gris à vert jaunâtre, sorédié. Thalle fruticuleux en forme de buisson, jusqu'à 5 cm, irrégulièrement divisé, faces supérieure et inférieure ayant la même structure et la même couleur. Nettement plus rare que *Ramalina farinacea*.



Figure 21 : *Ramalina pollinaria* (Originale 2015)

C'est un lichen vivant sur l'écorce feuillu.

L'indice de luminosité de ce lichen est de 7.

L'humidité est de 5.

La valeur du pH de l'écorce est de 4

La capacité nutritive de l'écorce est de 4

La toxitolérance vis-à-vis des polluants est de 4.

Réactions colorées : médulle et soralies K-, C-, KC-, P-.

Localisation : cette espèce se retrouve dans les deux stations (I) et (II) mais elle est en abondance dans la station III (1319m).

II-1-6 : *Ramalina fraxinea* :

C'est un lichen fruticuleux en forme de lanières, gris à vert jaunâtre, ni sorédié, ni isidié, souvent avec des apothécies faciales et marginales. Thalle fruticuleux en forme de lanières, jusqu'à 20 cm, généralement plus court, surtout dans les zones polluées, peu ramifié. Faces supérieure et inférieure de structure et de couleur identiques.



Figure 22 : *Ramalina fraxinea* (Originale 2015)

C'est un lichen vivant sur feuillus à écorces riches en substances nutritives en situations bien éclairées et bien ventées.

L'indice de luminosité de ce lichen est de 7.

L'humidité est de 6.

La valeur du pH de l'écorce est de 6

La capacité nutritive de l'écorce est de 5

La toxitolérance vis-à-vis des polluants est très faible elle est de 2.

Réactions colorées : thalle K-, C-, KC-, P-.

Localisation : cette espèce se retrouve beaucoup plus dans la troisième station.

II-1-7 : *Usnea sp* :

C'est un lichen buissonnant à barbu, à ramifications filiformes, grises et jaunes verdâtre. Thalle fruticuleux à barbu fixé en un seul point. Les filaments possèdent des excroissances souvent hémisphériques à courtement allongées pouvant se rompre en sorédies ou porter des isidies. Les *Usnea* se distinguent des autres lichens fruticuleux par leur thalle formé de filaments de couleur verte (non en forme de lanières).



Figure 23 : *Usnea sp* (Originale 2015)

C'est un lichen vivant sur écorce acide de feuillus et de conifère. De préférence dans les régions fraîches à forte pluviométrie.

L'indice de luminosité de ce lichen est de 7.

L'humidité est de 5 à 6.

La valeur du pH de l'écorce est de 3 à 5

La capacité nutritive de l'écorce est de 2 à 3

La toxitolérance vis-à-vis des polluants est de 3 à 4.

Réactions colorées : quelques espèces peuvent être distinguées par leurs réactions colorées.

Localisation : cette espèce se retrouve également dans les deux stations mais elle est en abondance dans la troisième station.

II-1-8 : *Xanthoria parietina* :

C'est un lichen foliacé jaune à grand lobes. Thalle formant des rosettes jusqu'à 10 cm de diamètre. Face supérieure lisse à plissée, jaune orangé, jaune d'or à vert jaunâtre. Face inférieure blanchâtre à rares rhizines simples et claires. Apothécies (jusqu'à 4mm) presque toujours présentes, situées au milieu de thalle, sessiles. Sa dissémination se fait souvent de manière sexuée, par reproduction du mycobionte.



Figure 24 : *Xanthoria parietina* (Originale 2015) en couleur jaune

C'est un lichen vivant surtout sur écorces riches en substances nutritives, sur des arbres d'alignement, bien éclairés, souvent à proximité de zones agricoles et d'élevage.

L'indice de luminosité de ce lichen est de 7.

L'humidité est de 3.

La valeur du pH de l'écorce est de 7

La capacité nutritive de l'écorce est de 6

La toxitolérance vis-à-vis des polluants est de 7.

Réactions colorées : thalle K⁺ rouge pourpre, C⁻, KC⁻, P⁻.

Localisation : cette espèce est présente dans les trois stations mais elle est en abondance dans la première station (1100m).

CONCLUSION GENERALE

La région de Darna étant considérée comme une zone éloignée de toute source de pollution, il était intéressant de confirmer cela par le biais de la bioindication végétale. Un premier travail réalisé en 2010 dans cette région sur la détection de la pollution à l'aide des lichens nous a servi de référence.

Les réactions couramment utilisées en lichinologies nous ont permis d'identifier toutes les espèces rencontrées au niveau de notre site d'étude.

L'espèce *Evernia prunastri* dont l'indice de toxicité est de 5 est la plus rencontrée notamment au niveau de la station III (1319m), suivi des autres espèces du genre *Ramalina*, et les deux espèces *Usnea sp* et *Physcia aipolia*.

L'espèce *Parmelia acetabulum* est très fréquente au niveau des stations TI et II. Son indice de toxicité vis-à-vis de la pollution est de 6.

L'espèce *Xanthoria parietina* caractérisée par un indice de toxicité de 7, et elle est très abondante dans la station I à 1100m d'altitude.

En perspectives de recherche, il serait intéressant :

De poursuivre cette étude sur le plan chimique afin d'établir des corrélations entre les observations lichéniques et les mesures physico-chimiques de l'atmosphère (NO_x, ozone,...) de cette région.

D'exercer le dosage des composés phénoliques

De faire l'analyse par spectroscopies Infra Rouge à Transformée de Fourier (IRTF)

De faire l'analyse par microscopie électronique à balayage, mais également la Résonance Magnétique Nucléaire (RMN).

RERERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABBAYES, H. des, 1978 – Précis de botanique. Tome 1 : Les végétaux inférieurs. 2^{ème} édition. Masson et C^{ie}. pp : 519-556.

ABBAYES H. des, 2012 – Lichens Ecologie et application. Faculté des sciences de Rennes. P06 ; in Belkalem L et Berkat F., (2012).

AMAR KHOUDJA, 2014

ASTA, J., 1994- Les lichens et les pollutions : les indicateurs biologiques de la pollution. ARET Actualités (Association pour la Recherche En Toxicologie). Paris. pp : 6-8.

ASTA, J., 1992 – Constitution minérale de quelques espèces de lichens. Bull. Soc. Bot. Fr., 139. Actualités Botaniques. pp : 81-97.

BAGNOLS, F., GAUSSEN, H., 1953 – Les climats et leur classification. Ann Géogr. pp : 193-220.

BENSIDHOUME, M., 2010- Stratégies d'occupation de l'espace et écologie trophique de la Genette *Genetta genetta* Linné, 1758 dans la forêt de Darna, Djurdjura oriental, Algérie. Mémoire de magister en biologie et écologie des populations et des communautés. Université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou, p 101.

BERNARD, L., 2011 –Les lichens. Association Française de Lichénologie (AFL), Paris. P 19

BOURGOIN - BAREILLES, A., 2000- Guide de l'environnement. Edition. Frison-Roche. pp : 104-109.

CHABA, K., 2012- Extraction de l'acide usnique à partir de deux espèces lichéniques *Evernia prunastri* et *Parmelia acetabulum* et évaluation de son effet antibactériens pathogènes. Mémoire de DES en biologie et physiologie végétale. Université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou. P 69.

CARSIN, P., 1971- Flore universelle. Edition Rencontre-LAUSANNE. Pp : 88-92.

CHAMPAGNAT, P. OZENDA, P. et BAILLOUD, L., 1969- Biologie végétale : croissance, morphogenèse et reproduction. Edition Masson et C^{ie}. 510p.

RERERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

COSTE, C., 2009- Inventaire préliminaire des lichens et des communautés lichéniques de la réserve naturelle des Gorges du Gardon. Bulletin de la société d'étude des sciences naturelles de Nimes et du Gard. Pp : 34-37.

DERUELLE, S., 1992- Accumulation du plomb par les lichens. Bull. Soc. Bot. Fr., 139, Actual. Bot. (1), 99-109. 109p.

DERUELLE, S. et LALLEMANT, R., 1983- Les lichens témoins de la pollution. Edition. Thème Vuibert, Université biologie. Paris. 108p.

GARREC, J., 1993- La bioindication végétale de la pollution In acte du colloque : La pollution atmosphérique à l'échelle locale et régionale, Adema, CNRS, Ministère de l'environnement-cachou, Décembre 1993.

GORTY, J., 2001- Biomonitoring atmospheric heavy metals with lichens. Reviews in front Sciences, 20. Pp: 309-371.

GOOET, G. et FERGUSON, J., 1987- Nature et science. Edition. Casteilla. Pp : 126, 127.

GUILLON, A., 2011- Etude de la composition isotopique moléculaire (d13C) comme traceur de source qualitatif et quantitatif des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) particulaires dans l'atmosphère. Thèse de doctorat, spécialité chimie analytique et environnement. Université Bordeaux 1, Bordeaux. P 383.

HEINRICH, D. et HERGT, M. 1993- Atlas de l'écologie. Edition. La pochothèque. 284p.

KIRSCHBAUM, U. et WIRTH, V., 1997- Les lichens bioindicateurs. Les reconnaître évaluer la qualité de l'air. 2^{ème}. Edition Eugen Ulmer. P 128.

LEMME, G., 1978 : Précis d'Ecologie Végétale. Masson. Paris. 285p.

LUTTGE, U. KLUGE, M. et BAUER, G., 2002- Botanique. 2^{ème} édition. TEC et DOC. 604p.

OZENDA, P. et CLAUZADE, G., 1970- Les lichens. Etude biologique et flore illustrée. Edition Masson et C^{ie}. Paris. 801p.

OZENDA, P., 1990- Les organismes végétaux. Tome 1 : végétaux inférieurs. Masson. Paris. Pp : 168-193.

OZENDA, P., 2000- Les végétaux : organisation et diversité biologique. 2^{ème} édition DUNOD. Paris. Pp : 169-193.

PAGES, J., 2006- Mousses et Lichens du Haut Languedoc, *Xanthoria parietina*. Association Loi 1901 N°W341001465 SIRET 49452630400014 APE 9499Z. Hameau La Gineste 34610 ROSIS France, France.

RERERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

RAMADE, F., 1984- Elément d'écologie. Ecologie fondamentale. Paris. Edition. Mac Graw-Hill. 397p.

ROBERT, D. et CATESSON, A. M., 2000- Biologie végétale : organisation végétative. Edition DOIN. 356p.

ROLAND, J. C. et VIAN, B., 1996- Atlas de biologie végétale : Organisation des plantes sans fleurs. Edition Masson. 133p.

SAHMOUNE, F., 2001- Détection de la pollution plombique d'origine automobile à de transplantation lichénique dans l'agglomération de Tizi-ouzou. Mémoire de magister. Université de Tizi-ouzou. 83p.

SELTZER, P., 1946: Le climat d'Algérie. Inst. Météo. Et Phys. Du glob. Univ. D'Alger. 219p.

SOUCHON, CH., 1971- Les lichens. Que-sais-je ? Presses universitaires de France. N° 1434. 124p.

VAN HALUWYN, C. et LEROND, M., 1993- Guide des lichens. Edtion Lechevalier. Paris 344p.

Annexe 01: Indices de toxitolérance des lichens

Lecanora conizaeoides	9	Lecanora carpinea	5
Lepraria incana	9	Parmelia glabrata	5
Lecanora expallens	9	Parmelia tiliacea	5
Buellia punctata	9	Platismatia glauca	5
Hypocenomyce scalaris	8	Ramalina farinacea	5
Hypogymnia physodes	8	Xanthoria candelaria	5
Lecanora hagenii	8	Xanthoria fallax	5
Parmelia sulcata	8	Bryoria fuscescens	4
Phaeophysica orbicularis	8	Candelaria concolor	4
Physcia adscendens	8	Lecanora argentata	4
Physcia tenella	8	Ochrolechia turneri	4
Parmelia saxatilis	7	Pertusaria albescens	4
Parmeliopsis ambigua	7	Pertusaria amara	4
Physconia grisea	7	Pertusaria coccodes	4
Xanthoria parietina	7	Pertusaria flavida	4
Xanthoria polycarpa	7	Pertusaria pertusa	4
Candelariella xanthostigma	6	Physcia aipolia	4
Candelariella reflexa	6	Physcia stellaris	4
Hypogymnia farinacea	6	Physconia perisidiosa	4
Hypogymnia tubulosa	6	Ramalina pollinaria	4
Lecanora chlorotera	6	Usnea hirta	4
Lecanora pulicaris	6	Lecanora allophana	3
Lecanora saligna	6	Parmelia caperata	3
Lecidella elaeochroma	6	Parmelia pastillifera	3
Parmelia acetabulum	6	Parmelia subargentifera	3
Parmelia exasperatula	6	Physconia distorta	3
Parmelia flaventior	6	Physconia enteroxantha	3
Parmelia subrudecta	6	Usnea filipendula	3
Phlyctis argena	6	Anaptychia ciliaris	2
Pseudevernia furfuracea	6	Ramalina fastigiata	2
Cetraria chlorophylla	5	Ramalina fraxinea	2
Evernia prunastri	5		

Annexe 02 : Description des stations et des récoltes effectuées au niveau de la forêt de Darna au mois de Mai 2015.

Arbres	Stations	Altitude (m)	Phorophyte	Diamètre du tronc (cm)	Position du lichen sur le tronc (m)	Espèces
01	I	1100	Chêne vert	36	1,50	<i>Xanthoria parietina</i>
02				28	1,40	
03				36,5	1,60	
04				40	1,80	
05				45	1,50	
06				32	2	
07	II	1258	Chêne vert	40	1,60	<i>Evernia prunastri</i>
08				35	1,80	
09				52	1,50	
10				50	1,40	<i>Parmelia acetabulum</i>
11				33	1,50	
12				42	1,60	
13				26	1,55	
14				45	1,70	
15				32	1,75	
16				54	2	<i>Ramalina farinacea</i>
17				65	1,40	
18				39	1,50	
19	30	1,65	<i>Ramalina pollinaria</i>			
20	55	1,45				
21	43	1,50				
22	28	1,55	<i>Ramalina fraxinea</i>			
23	41	1,70				
24	40	1,65				
25	53	1,50	<i>Usnea</i>			
26	67	1,65				
27	80	1,20				
28	100	1,35	<i>Evernia prunastri</i>			
29	95	1,60				
30	80	1,45				
31	65	1,30	<i>Evernia prunastri</i>			
32	34	1,60				
33	40	1,50				

Les clés de détermination sont relativement raccourcies puisque toutes les espèces importantes sont décrites en détail dans la partie illustrée, laquelle présente également les confusions possibles. Dans l'utilisation des clés on doit toujours choisir entre deux possibilités (alternatives). Les propositions, soit mènent directement à l'espèce, soit renvoient à un nombre conduisant à l'alternative suivante.

Lorsque le choix entre deux propositions n'est pas suffisamment explicite, les deux possibilités sont exploitées jusqu'à ce que l'une d'entre elles soit éliminée. Les difficultés de détermination surviennent, comme l'expérience le prouve, lors de l'appréciation des couleurs ; dans ce cas, les photos peuvent servir de « référentiel ». Les couleurs s'apprécient toujours sur lichens secs.

La détermination suit l'exploitation de quatre clés principales différenciées selon le type du thalle : crustacé, foliacé, fruticuleux et squamuleux.

Comment reconnaît-on un lichen fruticuleux ?

Les thalles des lichens fruticuleux se développent généralement à partir d'un seul point de fixation, ils s'écartent ± nettement du substrat ou sont faiblement appliqués sur celui-ci. Les segments du thalle sont relativement étroits et allongés. La croissance en longueur est privilégiée sur la croissance en largeur.

Comment reconnaît-on un lichen foliacé ?

Les lichens foliacés sont formés de lobes s'étalant sur le substrat, avec une face inférieure nettement distincte. Ils sont appliqués au substrat en de nombreux points par l'intermédiaire d'organes de fixation. On peut facilement les détacher complètement du support.

Comment reconnaît-on un lichen crustacé ?

Les lichens crustacés sont entièrement inclus au substrat par leur face inférieure. Ils présentent tout au plus des ébauches de lobes à la périphérie du thalle, sont dépourvus de cortex inférieur et ne possèdent pas d'organes de fixation particuliers. Ils ne sont pas détachables du substrat.

L'identification de ces groupes pose-t-elle des difficultés ?

La distinction entre lichens crustacés, foliacés et fruticuleux est un moyen de classer les lichens en fonction de leurs modalités de développement. Dans la nature, une distinction aussi grossière ne peut que donner une vision imparfaite de la diversité existante car on observe des formes intermédiaires. C'est pourquoi, les espèces posant problème figurent dans chacune des propositions de la clé. Les lichens aux thalles **squamuleux** font la transition entre les lichens crustacés et les lichens foliacés.

Les clés de détermination sont relativement raccourcies puisque toutes les espèces importantes sont décrites en détail dans la partie illustrée, laquelle présente également les confusions possibles. Dans l'utilisation des clés on doit toujours choisir entre deux possibilités (alternatives). Les propositions, soit mènent directement à l'espèce, soit renvoient à un nombre conduisant à l'alternative suivante.

Lorsque le choix entre deux propositions n'est pas suffisamment explicite, les deux possibilités sont exploitées jusqu'à ce que l'une d'entre elles soit éliminée. Les difficultés de détermination surviennent, comme l'expérience le prouve, lors de l'appréciation des couleurs ; dans ce cas, les photos peuvent servir de « référentiel ». Les couleurs s'apprécient toujours sur lichens secs.

La détermination suit l'exploitation de quatre clés principales différenciées selon le type du thalle : crustacé, foliacé, fruticuleux et squamuleux.

Comment reconnaît-on un lichen fruticuleux ?

Les thalles des lichens fruticuleux se développent généralement à partir d'un seul point de fixation, ils s'écartent \pm nettement du substrat ou sont faiblement appliqués sur celui-ci. Les segments du thalle sont relativement étroits et allongés. La croissance en longueur est privilégiée sur la croissance en largeur.

Comment reconnaît-on un lichen foliacé ?

Les lichens foliacés sont formés de lobes s'étalant sur le substrat, avec une face inférieure nettement distincte. Ils sont appliqués au substrat en de nombreux points par l'intermédiaire d'organes de fixation. On peut facilement les détacher complètement du support.

Comment reconnaît-on un lichen crustacé ?

Les lichens crustacés sont entièrement inclus au substrat par leur face inférieure. Ils présentent tout au plus des ébauches de lobes à la périphérie du thalle, sont dépourvus de cortex inférieur et ne possèdent pas d'organes de fixation particuliers. Ils ne sont pas détachables du substrat.

L'identification de ces groupes pose-t-elle des difficultés ?

La distinction entre lichens crustacés, foliacés et fruticuleux est un moyen de classer les lichens en fonction de leurs modalités de développement. Dans la nature, une distinction aussi grossière ne peut que donner une vision imparfaite de la diversité existante car on observe des formes intermédiaires. C'est pourquoi, les espèces posant problème figurent dans chacune des propositions de la clé. Les lichens aux thalles **squamuleux** font la transition entre les lichens crustacés et les lichens foliacés.

Recherche des principales clés

- 1 Thalle à face inférieure entièrement incluse dans le substrat ; sans organes de fixation particuliers ; non détachable du substrat sans destruction
Clé I : **Lichens crustacés**
- 1* Thalle à face inférieure non entièrement incluse dans le substrat ; souvent avec des organes de fixation ; généralement détachable à l'aide d'un couteau .. 2
- 2 Thalle constitué de petites squames, redressées au moins vers la marge, avec un cortex inférieur différencié Clé IV : **Lichens squamuleux**
- 2* Thalle non squamuleux 3
- 3 Thalle foliacé-lobé Clé II : **Lichens foliacés**
- 3* Thalle buissonnant Clé III : **Lichens fruticuleux**

Détermination des espèces

Clé n° 1 : Lichens crustacés

- 1 Thalle pourvu d'organes sporogènes. Fructifications en forme de disque ou allongées, hémisphériques à globuleuses ou en forme de tête d'épingle .. 2
- 1* Thalle stérile (dépourvu d'apothécies ou de périthèces) 43
- 2 Fructification stipitée, évoquant une petite épingle dont la tête est recouverte d'une masse de spores noire ou brune, occasionnellement pruinuse-pulvérulente jaune verdâtre 3
- 2* Fructification sessile à ± incluse dans le substrat 12
- 3 Dessus de la cupule présentant une masse de spores noire, rarement munie d'une pruine légèrement jaune verdâtre. Spores brunes, bicellulaires 4
- 3* Cupule présentant une masse de spores brune, non pruinuse ou à pruine jaune verdâtre. Spores incolores à brunâtre clair, globuleuses, unicellulaires 7
- 4 Marge et dessous de la cupule de couleur brune 5
- 4* Marge et dessous de la cupule vert jaunâtre ou noirâtres, rarement blanchâtres à la marge 6
- 5 Thalle indistinct, rarement verruqueux, mince, gris *Calicium salicinum*
- 5* Thalle nettement développé, granuleux à pulvérulent ou verruqueux-aréolé, vert *Calicium viride*
- 6 Marge et dessous de la cupule vert jaunâtre. Thalle distinct, verruqueux à presque squamuleux ou granuleux, gris. Pédicelle robuste, souvent court, fructification rigide, haute de 2 à 5 fois l'épaisseur du pied. Presque exclusivement sur vieux chênes. *Calicium adpersum*
- 6* Cupule entièrement noire ou à fine marge blanchâtre. Thalle dans le substrat, à peine visible de l'extérieur. Fructification généralement nettement stipitée, haute de 4 à 8 fois l'épaisseur du pied *Calicium glaucellum*
- 7 Thalle jaune, jaune citron, vert jaune, dessous de la cupule et partie supérieure du pied recouverts d'une pruine jaune à jaune verdâtre. 8
- 7* Thalle non nettement jaune à vert jaune, mais gris, gris verdâtre, brun verdâtre ou (par endroits) ocre à rouille. Cupule non pruinuse ou à marge (jusqu'en dessous) blanchâtre ou jaune verdâtre 9

- 8 Thalle entièrement finement pulvérulent-farineux. Cupule ± globuleuse, à masse sporique sans marge nette. Fructification très élancée, dépassant souvent 1,4 mm de haut. Pied entièrement pruineux. Masse sporique d'abord à pruine jaune verdâtre puis devenant brune *Chaenotheca furfuracea*
- 8* Thalle granuleux à aréolé. Cupule (en forme de toupie, oviforme, avec une masse sporique à marge nette. Fructification plus rigide, dépassant rarement 1,2 mm de hauteur. Pied non pruineux dans sa partie inférieure, avec une pruine jaune dans sa partie supérieure. Masse sporique en général brune non pruineuse *Chaenotheca chrysocephala*
- 9 Dessous et marge de la cupule à pruine jaune clair à jaune vert. Thalle le plus souvent épais verruqueux à presque squamuleux, rarement granuleux, gris, gris piqueté de jaune, gris brunâtre, olive. *Chaenotheca phaeocephala*
- 9* Cupule dépourvue de pruine jaunâtre à vert jaunâtre 10
- 10 Thalle ponctuellement ou entièrement ocre, orangé à rouille et dans ce cas K+ rouge intense, sinon gris clair à gris blanc et K-, granuleux à granuleux-verruqueux. Cupule ± en forme de toupie, noire ... *Chaenotheca ferruginea*
- 10* Thalle gris clair à gris verdâtre. Difficulté de déterminer les espèces au thalle mal développé 11
- 11 Thalle granuleux à granuleux-verruqueux, gris clair, mat. Fructification relativement rigide, normalement haute de 7 à 15 fois l'épaisseur du pied, non pruineuse, noire, mate à légèrement brillante. Masse sporique (sur dilacérat) K(rouge. Algues rondes (microscope). Relativement fréquent dans les zones polluées, souvent sur conifères *Chaenotheca ferruginea*
- 11* Thalle finement squameux à granuleux, gris légèrement piqueté de vert à gris clair. face supérieure lisse chez les squamules bien développées. Fructification relativement élancée, haute de 12 à 20 fois l'épaisseur du pied, partie supérieure du pied et marge de la cupule parfois à pruine légèrement blanchâtre, sinon noires, rarement brun sombre. Masse sporique non K+ rouge. Algues ovales (microscope). Rare dans les zones polluées, presque jamais sur conifères *Chaenotheca trichialis*
- 12 Fructifications incluses dans des verrues thallines proéminentes, ± convexes à bulbeuses, ne présentant que des ouvertures ponctiformes brun noir à noires, aucun disque bien ouvert n'est visible. Thalle continu, lisse à craquelé. ... 13
- 12* Fructifications différentes (apothécies), non incluses dans des verrues du thalle, nettement détachées du thalle, en forme de disque, de cupule, ou ± hémisphériques, également en forme de traits allongés, divisées à étoilées, ou irrégulièrement en forme de tache. Hyménium à l'air libre (non protégé) ... 15
- 13 Thalle olive à brun, lisse, souvent un peu brillant, parfois avec des points blancs, à verrues fructifères modérément à assez convexes, jusqu'à 0,8 mm de large. Spores brunes à 4 cellules. Thalle et médulle P-, K+ orangé rouge quand le développement est suffisant. Seulement sur arbres à écorce lisse (hêtre, charme) *Pyrenula nitida*
- 13* Thalle gris clair, gris verdâtre, verdâtre pâle, lisse à plissé, sans points blancs. Verrues fructifères jusqu'à 1,5(2,5) mm. Thalle et médulle (uniquement lorsque le développement est suffisant) P+ ocre puis rougeâtre, K (jaune. Spores incolores, unicellulaires à paroi épaisse 14
- 14 Verrues fructifères à 1(2) ouvertures, la plupart du temps ponctiformes, assez convexes à rarement hémisphériques, souvent non groupées. Thalle en partie endosubstratique (c.a.d. dans l'écorce) à nettement épisubstratique, mais le

- plus souvent mince, lisse, entièrement ou partiellement un peu craquelé, gris, gris verdâtre, gris jaunâtre, gris blanc. Spores par 4, rarement par 6 *Pertusaria leioplaca*
- 14* Verrues fructifères bulbeuses, rétrécies à la base, aux flancs abrupts, souvent un peu serrées et aplaties au-dessus, jusqu'à 1,5(2,5) mm de large, avec plusieurs (jusqu'à 10) ouvertures. Thalle situé au-dessus de l'écorce, nettement développé, gris à gris vert. Spores par 2 **Pertusaria pertusa**
- 15 Apothécies jaunes, jaune orangé 16
- 15* Apothécies non jaunes 19
- 16 Apothécies jaune orangé à brun orangé, K+ rouge sombre. Bord de l'apothécie jaune à jaune orangé. Thalle généralement indistinct, non jaune. Spores bicellulaires à septum très épais muni d'une ouverture centrale . . *Caloplaca holocarpa* (si thalle granuleux-coralloïde, gris, gris jaunâtre, apothécies orangées, rouge orangé : *Caloplaca herbidella*)
- 16* Apothécies jaune clair, jaunes, gris jaune, jaune sale, K-. Thalle et bord thallin jaunes, jaune brun, vert jaune. Spores uni-, rarement bicellulaires et à cloison très mince (septum) 17
- 17 Asques octosporés, spores unicellulaires. Thalle jaune, jaune verdâtre, souvent granuleux, rarement indistinct, disque de l'apothécie jaune, jaune clair, jaune sale. Presque uniquement en régions calcaires par apports de poussières basiques *Candelariella aurella*
- 17* Asques contenant (12)16-32 spores, thalle nettement développé 18
- 18 Thalle grossièrement granuleux ou formé d'aréoles planes, dispersées à groupées. Granules/aréoles en général moins de 0,5 mm d'épaisseur, jaunes, brun jaune. Disque de l'apothécie jaune, jaune gris, jaune sale. Spores unicellulaires, rarement avec une ébauche de cloison. Évite les écorces imprégnées de poussière, surtout sur substrat siliceux. *Candelariella vitellina*
- 18* Thalle finement granuleux. Granulations habituellement nombreuses et assez groupées mais aussi plus ou moins dispersées, ne dépassant pas 0,1 mm d'épaisseur, jaunes à légèrement jaune orangé, formant une croûte uniforme. Disque de l'apothécie jaune à jaune orangé. Fréquent sur écorce **Candelariella xanthostigma**
- 19 Apothécies sans rebord thallin, c.a.d. à marge n'ayant pas la couleur du thalle, absence d'algues dans la marge (microscope) 20
- 19* Apothécies à bord thallin bien visible, de la couleur du thalle (au microscope : présence d'algues, à la loupe binoculaire : zone verdâtre visible sur une coupe transversale) 31
- 20 Fructifications non rondes, mais en forme de taches irrégulières ou étoilées ou longuement allongées, enfoncées à appliquées, noires (rarement pruneuses) . . 21
- 20* Fructifications ± rondes (aplaties par compression mutuelle), en forme de disque, planes à convexes-hémisphériques, rarement concaves, habituellement sessiles, claires à noires 23
- 21 Fructifications longuement allongées et étroites, droites à incurvées, simples à ramifiées, avec un disque en forme de fente étroite, parfois pruneux. Spores à 5-15 cloisons. *Graphis scripta*
- 21* Fructifications en forme de taches irrégulières à étoilées, rarement elliptiques. Spores à 3 cloisons 22
- 22 Apothécies enfoncées dans le substrat, sans marge, en forme de taches irrégulièrement rondes à nettement étoilées, jusque 0,8 mm, parfois (allongées

- (1,2 x 0,2 mm), planes à légèrement convexes. Thalle lisse, très mince, essentiellement dans l'écorce, blanchâtre, gris, olive. Spores de 4,5-6 µm de large
 *Arthonia radiata*
- 22 Apothécies ± sessiles, à marge saillante et à disque en forme de fente, en forme de trait court, simples à étoilées, non en forme de tache arrondie, jusque 1,5 x 3 mm. Thalle mince, en partie dans l'écorce, blanchâtre, crème, rarement olive ou verdâtre pâle. Spores à 2,5-4 µm de largeur . . . *Opegrapha atra*
- 23 Apothécies dès le début convexes et dépourvues de marge 24
- 23* Apothécies au moins au début ± planes à concaves, longtemps marginées . . 27
- 24 Apothécies brun clair, brun rose, brun jaune, ocrés, beiges, jaunâtres, assez à très convexes, jusqu'à 0,8 mm. Thalle vert jaunâtre à vert gris pâle, rarement blanchâtre. Epithémium incolore à brun jaune ou olive, muni vers le haut de granules brun jaune solubles dans K. Spores unicellulaires, ellipsoïdes
 *Lecanora symmicta*
- 24* Apothécies brun sombre, brun rouge sombre à presque noires. Spores unicellulaires et sphériques ou avec 4 à 8 cellules, fusiformes-oblongues (si apothécies noires et spores bicellulaires et brunes : **Buellia punctata**) . . . 25
- 25 Thalle vert foncé à vert gris, finement granuleux. Spores fusiformes, à 8 cellules, 8 par asque. Apothécies jusqu'à 0,4 mm *Scoliciosporum chlorococcum*
- 25* Thalle ± brun gris, granuleux à verruqueux légèrement squamuleux ou indistinct. Spores globuleuses, unicellulaires, en très grand nombre dans les asques
 Groupe de *Strangospora pinicola* 26
- 26 Hyménium à partie supérieure brun jaune à brun rouge. Apothécies brun rouge sombre à brun noir. Thalle indistinct à granuleux ou verruqueux légèrement squamuleux *Strangospora pinicola*
- 26* Hyménium à partie supérieure vert olive, vert émeraude à violet. Apothécies noires à brun noir. Thalle indistinct à granuleux . . *Strangospora moriformis*
- 27 Thalle brun, brun sombre, brun rouge, brun noir, principalement formé de granules allongés à ramifiés, en partie arrondis, paraissant souvent C+ rose rouge. Apothécies brun rouge à presque noires, la plupart du temps munies d'une marge saillante, parfois plus claire . . *Placynthiella* (= *Saccomorpha*) *icmalea*
- 27* Thalle de couleur différente 28
- 28 Fructifications brun noir à noires 29
- 28* Fructifications essentiellement claires 30
- 29 Fructifications 0,3-0,6 mm de largeur, mates, noires, rarement brun noir, planes à convexes, marge mince rapidement absente. Spores brunes, bicellulaires. Thalle gris, gris foncé, gris verdâtre, rarement gris brunâtre, indistinct à verruqueux. R- **Buellia punctata**
- 29* Fructifications 0,4-1 mm de largeur, mates à légèrement brillantes, planes à convexes, noires à brun noir. Spores incolores, unicellulaires. Thalle gris jaunâtre à vert jaunâtre ou (surtout à l'ombre) gris, gris verdâtre, continu à craquelé, généralement à surface supérieure (lisse, rarement granuleux, K- à K+ jaunâtre, C- à C+ orangé) **Lecidella elaeochroma**
- 30 Fructifications blanchâtres à jaunâtres (rose jaune après séjour prolongé en hercier), jusqu'à 0,4 mm, à disque en forme de coupe profonde et à marge nette, saillante. Thalle mince, vernissé, gris à vert olive. Spores bicellulaires, fusiformes à allongées *Dimerella pineti*
- 30* Fructifications brun rouge clair, brun rose, brun rouge sombre avec l'âge, 0,6-1 mm, planes à marge nettement saillante, avec l'âge parfois convexes et

- immarginées. Thalle granuleux-isidioïde à coralloïde, c.a.d. formé de granules arrondis à allongés, en partie ramifiés, gris verdâtre clair, verdâtre clair. Spores pluricellulaires, très longues et étroites, aciculaires *Bacidia rubella*
- 31 Fructifications brun clair, ocre, ± recouvertes d'une pruine dense blanchâtre, C+ jaune orangé à jaune sombre, 1,2(1,5) mm, sessiles, dispersées à fortement serrées ; à bord thallin persistant, non crénelé. Thalle blanchâtre à gris clair, K+ jaune, continu à légèrement craquelé, lisse à plissé . . . **Lecanora carpinea**
- 31* Fructifications non C+ jaune à orangé 32
- 32 Thalle et rebord thallin de la fructification P+ orangé à rouge 33
- 32* Thalle et rebord thallin de la fructification P- ou P+ jaune 35
- 33 Thalle vert gris, verdâtre pâle, verdâtre nuancé de jaune, presque toujours granuleux et souvent partiellement sorédié. P+ jaune puis rouge. Disque de la fructification verdâtre, vert gris, brunâtre, brun rosé, plan, à marge saillante, souvent granuleuse à crénelée ou sorédiée **Lecanora conizaeoides**
- 33* Thalle blanchâtre, blanchâtre teinté de jaune à gris clair, lisse à ridé ou verruqueux, non granuleux, non sorédié, P+ jaune intense, orangé à rouge. Disque des fructifications brun, brun rouge, brun sombre à (presque) noir 34
- 34 Marge des fructifications P+ jaune vif à orange, remarquablement épaisse et déprimée, presque aussi haute que le disque ou saillante, assez souvent plissée surtout vers l'intérieur du disque, non nettement cortiquée (coupe). Fructifications 0,8-2 mm de large ; souvent irrégulièrement rondes. Disque brun moyen à brun orangé, plus rarement brun rouge à brun foncé, pruneux dans la jeunesse. Habituellement dans les zones humides de l'étage montagnard *Lecanora intumescens*
- 34* Marge des fructifications P+ rouge orangé à rouille, pas très épaisse, habituellement non incurvée-plissée, au cortex nettement individualisé (coupe). Fructifications 0,4-1 mm de large. Disque brun rouge à noir, non pruneux. Répandu **Lecanora pulicaris**
- 35 Apothécies rapidement convexes, non remarquablement marginées dès le début, ou vite immarginées, beiges à roses, brun clair, ocre, verdâtres-jaunâtres, vert bleuâtre. Thalle granuleux à aréolé, blanchâtre à jaune verdâtre, ou gris verdâtre, parfois farineux, C+ orangé à C- *Lecanora symmicta*
- 35* Apothécies restant planes assez longtemps, marginées au début ou le restant. Thalle C- ou C+ légèrement jaunâtre 36
- 36 Thalle, ou lorsque le thalle est indistinct, au moins le rebord thallin des apothécies aux tons jaune verdâtre, jaunâtres ou verdâtres 37
- 36* Thalle ou rebord thallin des apothécies blanc à gris 38
- 37 Thalle indistinct à granuleux, jaunâtre pâle, gris jaunâtre, jaune verdâtre pâle (à gris), P-. Fructifications 0,4-0,7 mm de large, brun rouge clair à presque rouge sombre, également très claires dans la jeunesse. Marge mince, persistant longtemps, entière ou crénelée, P-. Fréquent **Lecanora saligna**
- 37* Thalle granuleux à fortement développé et aréolé, vert jauné, plus rarement vert gris, P+ nettement jaune, souvent un peu brillant. Fructifications 0,6-1,2 mm, brunes, brun jaune, brun rose, jaune verdâtre, brun verdâtre, marge assez à très saillante, lisse à rarement crénelée, souvent ondulée, P+ jaune. Rare, presque uniquement dans les endroits pollués sur écorces acides *Lecanora varia*
- 38 Thalle/rebord thallin K-. Apothécies petites, 0,3-0,7 mm 39
- 38* Thalle/rebord thallin K+ jaune. Apothécies devenant plus grandes
- Groupe de **Lecanora subfusca**

- Les différentes espèces appartenant à ce groupe sont très difficiles à déterminer par un débutant. Le microscope est indispensable pour leur détermination même si les lichénologues expérimentés peuvent dénommer ces espèces sur le terrain avec quelque certitude. Pour une poursuite de la détermination . . . 40
- 39 Apothécies le plus souvent brun rougeâtre à brun sombre, brun gris, souvent à pruine blanchâtre, sessiles, à base rétrécie, nombreuses mais rarement groupées, 0,3-0,6(0,8) mm, planes à concaves ; marge à pruine blanche, persistante, souvent granuleuse à crénelée. Thalle blanchâtre à gris, plus rarement gris brun, souvent indistinct. Epithyménium brunâtre, dépourvu de cristaux (lumière polarisée). Spores 7,5-12(15) x 4,5-6 μm **Lecanora hagenii** (Dans le groupe de *Lecanora hagenii* on trouve *L. sambuci* et *L. persimilis*, dont les apothécies brun rouge à brunes demeurent non pruineuses et présentent dans la jeunesse une marge relativement épaisse, puis plus fine, brune, parfois pruineuse. Spores de *L. sambuci* par 12-16 dans les asques au lieu de par 8 chez *L. persimilis*. On n'a pas encore assez étudié la limite entre *Lecanora hagenii* et *Lecanora dispersa*, lichen calcicole très rare, à apothécies plus grosses, venant sur écorce imprégnée de poussière.
- 39* Apothécies brun rouge clair à foncé, très rarement pruineuses, sessiles, 0,4-0,7(0,8) mm, toujours nombreuses, planes à convexes, à marge nette, entièrement ou un peu crénelée, devenant mince avec l'âge, présentant habituellement des teintes jaunâtres dans la majorité des apothécies. Epithyménium brun rouge, brun, recouvert d'une fine couche de cristaux solubles dans K. Spores 7-10 x 4-6 μm **Lecanora saligna**
- 40 Granules bruns répartis dans la partie supérieure de l'hyménium (bien visibles au microscope polarisant), solubles dans K, souvent à peine colorés. Médulle du rebord thallin de l'apothécie et partie inférieure de l'hypothécium à gros cristaux irréguliers, insolubles dans K. *L. chlarotera* s.l. 41
- 40* Hyménium dépourvu de granulations, habituellement brun rouge dans sa partie supérieure, immuable dans K. Apothécies le plus souvent brun rouge. Thalle blanchâtre (à légèrement jaune blanchâtre), souvent à hypothalle noir . . . 42
- 41 Apothécies 0,7-1,3(2) mm, orangé rougeâtre, brun orangé, brun jaune, parfois légèrement pruineuses, nettement rétrécies à la base, à marge robuste, verruqueuse et souvent ondulée. Thalle continu ou discontinu, verruqueux, granuleux ou formé d'aréoles dispersées, blanc jaunâtre, blanc à gris. Spores (10)12-17(18) x 7-9,5(11) μm **Lecanora rugosella**
- 41* Apothécies 0,5-1,0(1,5) mm, brun pâle, orangé brun, brun rouge, habituellement non pruineuses, dont la couleur est souvent altérée par des attaques parasitaires, à marge le plus souvent épaisse, persistante, \pm crénelée ou légèrement verruqueuse, largement sessiles, souvent très groupées. Thalle gris clair à gris jaunâtre, continu, nettement délimité. Spores (9)11-13(15) x 6-7,5 μm **Lecanora chlarotera**
- 42 Apothécies à marge épaisse, saillante, incurvée vers le disque, souvent nettement et irrégulièrement crénelée, souvent incurvée-plissée, nettement rétrécies à la base, (0,6)0,9-2(3) mm. Cortex du bord thallin peu différencié de la médulle, épais de 30-40 μm latéralement, de 50-75(90) μm à la base, fortement enflé à l'état humide. Médulle du rebord thallin et partie inférieure de l'hypothécium remplies d'une masse de petits à très petits cristaux, et de ce fait grises, sans gros ensembles cristallins. Disque brun rouge sombre, rouge orangé sombre, plan. Epithyménium incolore ou brun rouge. Thalle moyennement

- épais, blanchâtre, lisse à inégal. Spores (10)13-19(21) x (6)7-10(11) µm
- **Lecanora allophana**
- 42* Marge de l'apothécie habituellement non incurvée vers l'intérieur du disque, le plus souvent non plissée-recourbée, non fortement saillante, non ou irrégulièrement crénelée. Apothécies sessiles peu rétrécies, 0,9(1,5) mm. Cortex nettement séparé de la médulle, non fortement enflé à l'état humide. Médulle du rebord thallin de l'apothécie et partie inférieure de l'hypothécium avec de gros cristaux irréguliers. Thalle relativement lisse à la marge, inégal vers le centre. Spores (10,5)11,5-14,5(17,5) x (5,5)5,5-8,5 µm, paroi épaisse de 0,6-0,8 µm
- **Lecanora argentata**
- (Le groupe de *Lecanora argentata* comporte également *L. subrugosa*, très proche de *L. rugosella* mais qui colonise rarement les arbres isolés : bord de l'apothécie très développé, très tôt et régulièrement crénelé, blanchâtre. Apothécies 0,8-1,5(2) mm, très nombreuses, fortement rétrécies à la base. Thalle assez granuleux à très verruqueux. Spores (10)11-16(18) x (6)7-8,5(10) µm).
- 43 Thalle jaune, jaune citron, jaune vert 44
- 43* Thalle d'une autre couleur 51
- 44 Thalle jaune, K+ jaune vif, la plupart du temps granuleux, se rompant en sorédies diffuses, souvent entièrement sorédié *Caloplaca citrina*
- 44* Thalle K- à K+ jaunâtre 45
- 45 Thalle uniformément farineux (lépreux), jaune vif, habituellement continu. Aux endroits protégés de la pluie, surtout dans les crevasses des écorces
- *Chrysothrix candelaris*
- 45* Thalle présentant d'autres caractères. Si le thalle est jaune vif, il n'est pas entièrement farineux ni continu 46
- 46 Thalle sous forme de petites squames plates, verdâtres à jaune citron, crénelées ou à peine laciniées, se rompant en sorédies jaune vif, recouvrant parfois complètement les squames **Candelariella reflexa**
- 46* Thalle ne donnant pas des squames couvertes de sorédies 47
- 47 Thalle constitué de groupes séparés de sorédies, souvent fortement convexes, jaune vif. Près de nombreux groupes de sorédies marginales, des petits restes d'écailles/aréoles sont reconnaissables, ce sont ces écailles qui ont donné les sorédies. Groupe de **Candelariella reflexa**
- 47* Thalle non constitué de groupes isolés de sorédies jaunes 48
- 48 Thalle jaune verdâtre clair, jaunâtre pâle, gris jaune, KC+ orangé 49
- 48* Thalle jaune, jaune vert, KC- 50
- 49 Thalle le plus souvent largement sorédié, jaune verdâtre pâle à gris verdâtre, K+ jaune (jaunâtre), P-, C+ jaune sombre puis rouge . . **Lecanora expallens**
- 49* Thalle finement isidié, gris jaune, jaune pâle, jaune verdâtre pâle, K-/K+ jaunâtre, (Médulle) P- ou P+ ocre, ensuite rouge orangé, C+ jaune à jaune orangé. **Pertusaria flavida**
- 50 Thalle entièrement finement granuleux, jaune pur, sans teintes vertes. Granules arrondis, 0,05-0,1 mm d'épaisseur, rarement plus gros, un peu aplanis et proliférant vers la marge, habituellement nombreux, fortement groupés à lâches. **Candelariella xanthostigma**
- 50* Thalle grossièrement granuleux à verruqueux-aréolé, le plus souvent aux endroits frais et humides, seulement sur écorce extrêmement acide dans les endroits ne recevant pas l'eau de pluie cf. *Chaenotheca chrysocephala*
- 51 Thalle finement granuleux à isidié ou coralloïde, non sorédié 52

- 51* Thalle se rompant en sorédies ou entièrement sorédié 56
- 52 Thalle brun, brun sombre, rarement brun verdâtre, formé de granules allongés à coralloïdes, en partie arrondis, K-, aux endroits endommagés, mais au moins sur écrasement C+/KC+ rouge. Granules 25-150(200) x 25-50 µm ...
..... *Placynthiella* (= *Saccomorpha*) *icmalea*
- 52* Thalle d'une couleur différente 53
- 53 Thalle K+ jaune, puis rapidement rouge, continu, mais ± craquelé, blanc gris, gris clair, rarement gris brunâtre clair ou gris verdâtre, parfois avec un hypothalle clair densément couvert de petites isidies, épaisses de 0,2 mm, hautes de 0,5(1) mm, hémisphériques, oviformes à courtement cylindriques. Dans les sites exposés, les isidies sont souvent gris sombre à brunâtre, souvent épaissies vers le haut **Pertusaria coccodes**
- 53* Thalle K- ou K+ jaune (parfois progressivement brun rouge sale) 54
- 54 Thalle formé de granulations le plus souvent allongées à finement coralloïdes, en partie arrondies, grises à jaune verdâtre, vert bleuâtre, se décolorant en herbier, de 60-120 µm de grosseur, R-. Seulement sur écorce riche en bases .
..... *Bacidia rubella*
- 54* Thalle formant une croûte continue, mais craquelée par endroits, gris blanc, gris, gris verdâtre, gris teinté de jaune à gris verdâtre teinté de jaune, K+ jaune, si K-, alors C+/KC+ orangé, densément recouvert d'isidies hémisphériques à cylindriques, épaisses de 0,1 mm (lorsque le thalle est gris blanc, C+ rouge : *Ochrolechia subviridis*) 55
- 55 Thalle normalement gris un peu teinté de jaune/gris verdâtre, C+ jaune à jaune orangé, KC+ orangé, K-/K+ jaunâtre, (médulle) P- ou P+ ocre, puis rouge orangé cf. **Pertusaria flavida** (49*)
- 55* Thalle gris clair à gris verdâtre clair, avec une légère teinte jaune, C-, K+ jaune, devenant peu à peu brun rouge sale, KC+ jaune, (médulle) P+ jaune, puis ± rouge orangé. Isidies souvent sombres (± brunâtres) à l'apex *Pertusaria coronata*
- 56 Thalle C+ rouge ou C+ orangé, toujours KC+ rouge, KC+ orangé 57
- 56* Thalle C- à C+ jaunâtre 61
- 57 Thalle C+ orangé, se rompant en sorédies à largement sorédié ; sorédies verdâtre clair, jaune verdâtre clair, jaune brunâtre clair, le plus souvent assez renflées. **Lecanora expallens**
- 57* Thalle C+ rouge clair à rouge, K- à K+ à peine jaunâtre 58
- 58 Soralies gris sale, gris vert, gris bleu verdâtre, verdâtres à l'état humide, irrégulièrement **cassantes**, thalle gris clair à gris verdâtre, plus rarement gris teinté de jaune, uniformément granuleux, granules quelque peu aplatis.
..... *Trapeliopsis flexuosa*
- 58* Soralies claires, blanchâtres, légèrement jaunâtres ou légèrement verdâtres. Thalle blanc gris à gris 59
- 59 Thalle mince, continu, lisse à mamelonné, blanchâtre à gris clair. Soralies UV+ orange, planes à légèrement concaves, arrondies, blanchâtres, de couleur crème à légèrement verdâtre, 0,3-0,7 mm de large, sorédies ayant moins de 70 µm d'épaisseur. Souvent sur arbres fruitiers, arbres d'alignement *Ochrolechia arborea*
- 59* Thalle normalement très développé, gris blanc à gris, UV -/± blanc. Soralies ± planes à convexes. Presque jamais sur arbres fruitiers 60
- 60 Soralies blanchâtres, convexes (à hémisphériques), -1,3(1,8) mm de large, confluentes. Thalle lisse à inégal-verruqueux, craquelé au centre, gris argenté, gris blanc, gris, assez épais, à marge souvent zonée, non crevassée, à hypo-

- thalle luisant, blanchâtre à argenté., C+ rouge (carmin) au niveau des soralies et de la médulle. Très souvent associé à *Pertusaria coccodes* ou *Pertusaria flavida* *Pertusaria hemisphaerica*
- 60* Soralies un peu jaunâtres, beiges, blanc verdâtre, gris verdâtre, planes à convexes, -2 mm, parfois confluentes. Thalle mince à épais, lisse à verruqueux-inégal ou bulbeux, gris clair, gris clair jaunâtre sans ou avec hypothalle blanchâtre, réaction C+ rouge (rose à orangé) sur les soralies et éventuellement sur le cortex *Ochrolechia androgyna*
(si thalle blanchâtre, finement isidié, isidies se rompant en sorédies : *Ochrolechia subviridis*)
- 61 Thalle blanc gris à gris clair, K+ jaune, puis rouge (parfois uniquement à la périphérie des gouttes de réactif), irrégulièrement sorédié, sorédies couvrant d'assez grandes surfaces, blanchâtres à gris clair (verdâtre) **Phlyctis argena**
- 61* Thalle K- à K+ jaune ou jaune rougeâtre (net (puis à soralies délimitées rondes à elliptiques) 62
- 62 Thalle entièrement lépreux, entièrement ou au moins sur la face supérieure finement farineux, blanchâtre à blanc verdâtre ou avec une légère teinte bleu verdâtre ou jaunâtre Groupe de **Lepraria incana**
On dénombre environ quatre espèces que seul le lichénologue averti peut différencier. pour *L. incana* c'est relativement simple, on le distingue par la couleur bleuâtre émise sous UV, *L. rigidula* par les sorédies remarquablement hérissées (hyphes sortant radialement des amas sorédiés) et par sa couleur blanchâtre dépourvue de teintes jaunes ou vertes.
- 62* Thalle non lépreux, mais à soralies au moins délimitées par endroits, puis parfois à soralies faciales, mais jamais entièrement granuleux 63
- 63 Thalle KC+ violet, gris, avec des soralies blanches, nettement délimitées, arrondies, la plupart convexes à hémisphériques, rarement presque planes. Hypothalle normalement non zoné **Pertusaria amara**
- 63* Thalle KC- ou KC+ jaune 64
- 64 Thalle/soralies K- et P- 65
- 64* Thalle et/ou soralies K+ jaune à orangé (brun rouge), P- ou P+ jaune à rouge 67
- 65 Thalle à soralies nettement délimitées, arrondies à rarement elliptiques, concaves à planes, plus rarement convexes, rarement confluentes, grises, souvent renflées, à hypothalle nettement zoné (gris vert blanchâtre à légèrement brunâtre) ; thalle plus sombre que les soralies. Soralies 2,5(4) mm de large, arrondies, concaves à assez convexes. Sorédies de 200(300) µm de largeur **Pertusaria albescens**
(si thalle mamelonné-inégal, bosses à granulations mal délimitées, en partie couvertes de petites soralies confluentes : var. **corallina**)
- 65* Thalle gris clair, gris blanc à crème, plissé à lisse, parfois avec un hypothalle blanc, au moins en partie à soralies irrégulièrement limitées, devenant confluentes, naissant à partir de petites verrues, blanchâtres, de couleur crème, blanc jaunâtre, blanc verdâtre. Sorédies 50-90(120) µm. Parfois difficile à distinguer 66
- 66 Thalle à soralies en partie limitées, en partie confluentes, devenant rarement entièrement sorédié. Dans les régions de basse et moyenne altitudes **Ochrolechia turneri**
- 66* Thalle rapidement couvert de sorédies farineuses à granuleuses, mince. Dans les régions de montagnes, sur écorces acides . . **Ochrolechia microstictoides**

- 67 Thalle et/ou soralies P- à P+ jaune 68
- 67* Thalle et/ou soralies P+ jaune orangé, rouge orangé à rouille 69
- 68 Soralies jusqu'à 0,8 mm, K+ jaune, C (jaunâtre, légèrement concaves, planes à convexes, limitées, souvent confluentes dans la partie centrale du thalle, ± rondes, gris jaune verdâtre à crème sur le frais, blanchâtres en herbier. Thalle blanc à gris blanc, continu, lisse à verruqueux. Apothécies très rares, proche de *Lecanora allophana*
Lecanora impudens/L. *allophana* f. *sorediata* (les deux espèces ne se distinguent que par leurs métabolites)
- 68* Soralies jusqu'à 0,5(0,8) mm, K+ orangé à rouille (mais la réaction est parfois à peine marquée), la plupart planes à peu concaves, souvent un peu saillantes, souvent ourlées d'une collerette thalline effilochée, rondes (à elliptiques), blanc verdâtre, vert jaunâtre, grises, gris vert, gris bleu. Thalle mince à peu visible, gris clair **Buellia griseovirens**
- 69 Thalle gris clair à gris, inégalement verruqueux à peu craquelé, avec ou sans ligne hypothalline brun sombre à brun noir, soralies d'abord petites, ± concaves, délimitées, puis plus grosses (plus de 1 mm) et souvent confluentes, convexes, verdâtre pâle, blanchâtre, gris bleuâtre à brunâtre, K+ jaune, P+ rouge orangé. Sorédies atteignant 40 µm. Thalle portant parfois des structures irrégulières, noires, en forme d'apothécie, ayant jusqu'à 0,8 mm, de consistance gélatineuse (champignon lichénicole) *Mycoblastus fucatus*
- 69* Thalle gris clair, mince, inclus dans le substrat, avec ou sans ligne hypothalline brun sombre. La plupart des soralies planes ou peu concaves, un peu saillantes, souvent ourlées d'une collerette thalline effilochée, blanc verdâtre, vert jaunâtre, grises, gris vert, gris bleu, K+ orangé à brun rouge (réaction parfois à peine marquée), P+ jaune à jaune orangé, jusque 0,5(0,8) mm **Buellia griseovirens**

Clé n° 2 : Lichens foliacés

- 1 Thalle jaune orangé, jaune, jaune verdâtre, vert jaunâtre 2
- 1* Thalle gris, grisâtre à gris teinté de bleu, olive à brun 9
- 2 Thalle sans soralies, souvent avec des apothécies, jaune à orangé, K+ rouge sombre 3
- 2* Thalle avec des soralies, presque toujours sans apothécies, K- ou K+ rouge sombre 4
- 3 Thalle la plupart du temps inférieur à 1 cm de largeur, habituellement densément recouvert d'apothécies presque jusqu'au bord. Lobes ± convexes, finement divisés, extrémités étroites, ne dépassant pas 0,8(1) mm de largeur **Xanthoria polycarpa**
- 3* Thalle beaucoup plus grand, à large zone marginale sans apothécies. Lobes ± aplatis, aux extrémités arrondies à crénelées, 1-5(7) mm de largeur **Xanthoria parietina**
- 4 Thalle jaune à orangé, K+ rouge sombre 5
- 4* Thalle jaune, jaune vert, jaune verdâtre, K- à K+ jaunâtre 6
- 5 Lobes du thalle ± appliqués, aux extrémités souvent un peu retournées vers le dessous, jusqu'à 1,5 mm de largeur. Thalle en rosette. Soralies marginales, légèrement labriformes **Xanthoria fallax**
- 5* Thalle non en rosette, à lobes dressés, petits, jusqu'à 0,8(1) mm., contigus et

- simulant un gazon. Soralies se développant sur la bordure (l'extrémité) et se propageant souvent sur la face inférieure **Xanthoria candelaria**
- 6 Thalle jaune lumineux à jaune citron, très finement divisé en lobes ± aplatis, très petits, ramifiés, de 0,1-0,5 mm de large, thalle généralement de moins de 1 cm de largeur, mais paraissant plus grand par réunion des petits thalles. Face inférieure blanchâtre. Lobes granuleux à sorédiés à la marge **Candelaria concolor**
- 6* Thalle jaune verdâtre, gris jaune verdâtre, gris jaunâtre, verdâtre pâle . . . 7
- 7 Lobes du thalle très petits, 0,5-1 mm de large, allongés-linéaires, fortement appliqués, verdâtre pâle, vert jaunâtre, souvent en rosettes radiées, ± plans à légèrement concaves ; à soralies maculiformes dépassant 1 mm de largeur, planes à convexes, blanchâtres à plus pâles que le thalle. Thalle large de 2(3) cm. Thalle K- à K+ légèrement jaunâtre **Parmeliopsis ambigua**
- 7* Lobes du thalle 4-10 mm de large, arrondis à crénelés, contigus ou imbriqués ; thalle en rosette quand il est bien développé, dépassant 10 cm de diamètre. Face inférieure noire, brune à la marge. Soralies faciales à marginales . . . 8
- 8 Médulle et soralies C+ rouge. Face supérieure à pseudocyphelles blanches nettement délimitées, ponctiformes ou courtement allongées. Bord du thalle légèrement ascendant. Soralies rondes à allongées, faciales à marginales **Parmelia flaventior**
- 8* Médulle et soralies C-. Face supérieure de couleur uniforme, parfois avec des taches indistinctes, peu nettes, un peu plus claires. Lobes du thalle habituellement appliqués, souvent d'aspect inégal-plissé vers le centre du thalle. Soralies arrondies à irrégulièrement ouvertes et confluentes, granuleuses, superficielles **Parmelia caperata**
(Si thalle plus petit, plus appliqué, soralies farineuses et médulle K+ jaune puis rouge sang : *Parmelia soredians* Nyl.)
- 9 Thalle aux couleurs nettement brunes, également olive, vert sombre ou vert bleu, parfois muni d'une pruine blanche 10
- 9* Thalle gris blanc, gris, gris légèrement teinté de bleu ou de vert 25
- 10 Lichen très petit et finement divisé. Thalle atteignant 1 cm, formé de lobes très petits, larges de 0,05-0,3 mm, divisés, dressés, gris brun sombre à brun sombre, verdâtres à l'état humide, à isidies marginales éparées, se rompant en sorédies ; face inférieure claire. R-. Principalement à la base des écorces de feuillus imprégnées de poussières. *Phaeophyscia nigricans*
- 10* Lichen présentant d'autres caractères, lobes plus larges 11
- 11 Médulle C+ rouge (elle apparaît chez les thalles minces à face supérieure érodée). Rhizines simples. Face inférieure brun (sombre) à noirâtre 12
- 11* Médulle C-. Rhizines simples ou en forme de goupillon. Face inférieure blanc rose, beige, brune, noire 15
- 12 Sans soralies ni isidies, avec des apothécies. Uniquement dans les Alpes, à l'étage alpin et très rare dans les régions voisines en moyenne montagne. Espèce robuste à grands lobes, le plus souvent à marge dressée, larges de 5(7) mm, brun sombre. Voisine de *P. acetabulum*, jeunes lobes et rebord des apothécies couverts de nombreux poils clairs (loupe) **Parmelia glabra**
- 12* Soit avec des soralies, soit avec des isidies, apothécies rares 13
- 13 Sans soralies, avec des isidies minces, cylindriques, ramifiées ou non. Thalle ± appliqué, à lobes plats, habituellement brillants (surtout aux extrémités), brun olive, bruns, brun rouge. Dans les stations éclairées, isidies très denses, donnant une couleur brun foncé à la partie centrale du thalle **Parmelia glabrata**

- 13* Avec des soralies (Attention aux observations trop hâtives : dans le cas d'échantillons de *P. glabratula* en mauvais état on peut confondre des isidies érodées avec des soralies) 14
- 14 Thalle recouvert par endroits d'une pruine blanche, sinon brun jaune, brun, brun rouge, brun sombre, brun olive. Lobes à marge ascendante, relativement larges, arrondis, ± mats, à soralies maculiformes, faciales à marginales, bords des lobes couverts de petits poils (uniquement visibles à fort grossissement, loupe binoculaire !) **Parmelia subargentifera**
- 14* Thalle non pruineux, brun, brun olive. Lobes plats, appliqués, non redressés à la marge, ± mats ou légèrement brillants par endroits, avec des petites soralies maculiformes souvent jaunâtres, ponctiformes, et en outre avec de fragiles isidies hémisphériques à cylindriques (la plupart en groupes dispersés), sans poils **Parmelia subaurifera**
- 15 Thalle sans soralies ni isidies et excroissances similaires, apothécies normalement présentes, souvent absentes dans les régions polluées 16
- 15* Thalle avec des soralies ou des isidies. Apothécies rares 18
- 16 Lobes du thalle très larges (dépassant habituellement 4 mm), aux extrémités arrondies, à marges ± ondulées. Face supérieure rarement gris brunâtre, le plus souvent vert gris sombre, vert sombre, souvent pruineuse et bleuâtre. Médulle K+ rouge. Apothécies cupuliformes, disque brun rouge, brun, non pruineux **Parmelia acetabulum**
- 16* Lobes du thalle très allongés et relativement étroits (jusque 3 mm), médulle K-. Disque brun, brun sombre, noirâtre, souvent pruineux 17
- 17 Face inférieure du thalle noire, claire uniquement au niveau de la marge, avec des rhizines noirâtres en forme de goupillon (simples à la marge), face supérieure grise à brune, ± pruineuse (souvent tachetée), sans cils terminaux, non poilue. Lobes fortement appliqués. Apothécies brunes, brun sombre, à marge souvent munie de lobules minuscules. **Physconia distorta**
- 17* Face inférieure du thalle claire et peu canaliculée, sans rhizines, avec des cils marginaux (surtout aux extrémités), face supérieure grise à gris brun, finement tomenteuse-veloutée (loupe). Lobes lâchement appliqués, à dressés, ramifiés. Apothécies courtement stipitées. Disque noir brun, souvent pruineux, avec une marge saillante fortement incurvée **Anaptychia ciliaris**
- 18 Thalle présentant des taches pruineuses irrégulières, ailleurs mat. Rhizines en forme de goupillon ou simples à fourchues, compactes. Lobes ayant jusqu'à 2(2,5) mm de large. 19
- 18* Thalle non pruineux. Lobes dépassant souvent 2 mm de large 21
- 19 Rhizines simples, blanches, grises, brunâtres. Face inférieure blanchâtre à brun pâle. Face supérieure grise à brune, ± pruineuse, avec des granules sorédiés à isidiés sur la marge et la surface, parfois couvert d'isidies/sorédiés sur toute la partie centrale du thalle **Physconia grisea**
- 19* Rhizines (dépassant la marge) en forme de goupillon, noires. Face inférieure noire, blanchâtre seulement vers la marge. Thalle brun gris à brun ou brun teinté de lilas, pruineux au moins sur les parties terminales des lobes, avec des soralies labriformes ou marginales 20
- 20 Médulle blanche, K-. Lobes courts, à soralies labriformes (terminales) grises, souvent imbriqués et partiellement redressés, bruns, brun sombre, fréquemment teintés de violet, pruineux surtout aux extrémités. La plupart des thalles non en rosettes, assez variables **Physconia perisidiosa**

- 20* Médulle habituellement jaunâtre à jaune, K+ jaune. Lobes bordés de soralies marginales. Soralies ± jaunâtres, plus rarement blanchâtres, rarement des sorédies-isidies. Lobes brun gris à brun, assez allongés, appliqués, fortement divisés, souvent courts à contour flexueux **Physconia enteroxantha**
- 21 Lobes du thalle, larges, à rhizines rares, ascendants ou au moins nettement relevés à la marge, à marge sorédiée à isidiée 22
- 21* Lobes du thalle ± appliqués, à isidies faciales ou à papilles isidiformes (si soralies : cf. les formes brunes de *Phaeophyscia orbicularis* [44]) 23
- 22 Thalle brun à brun olive, coriace, plissé, large de 2-6(8) mm, à face inférieure brun pâle à blanchâtre, à soralies marginales granuleuses blanc gris à brunâtre **Cetraria chlorophylla**
- 22* Thalle brun surtout à la marge (extrémités), sinon clair, rarement entièrement brun (dans les zones ventées), face inférieure noire ou brune vers le bord. A la marge, isidies ramifiées ou non ou sorédies granuleuses **Platismatia glauca**
- 23 Thalle à verrues basses, coniques, percées d'un orifice au sommet. Apothécies normalement présentes dans les zones où l'air est pur, à marge fortement verruqueuse. Face inférieure à partie centrale noirâtre, souvent plus claire au bord. Seulement dans les endroits très peu pollués **Parmelia exasperata**
- 23* Thalle à isidies allongées, cylindriques à spatuliformes. Face inférieure habituellement blanchâtre teinté de brun à brun clair. Apothécies souvent absentes . . . 24 (si face inférieure noire, face supérieure légèrement réticulée, brune aux extrémités, sinon grise, cf. exemplaires exceptionnellement bruns de *Parmelia saxatilis*)
- 24 Isidies bien développées, épaissies en massue au sommet ou évasées et aplaties en spatule, fortement brillantes, inclinées à dressées, creuses à l'intérieur, de 140-250 µm d'épaisseur. Thalle brillant, lobes souvent redressés à la marge, bruns, brun rouge, brun olive. Bord des apothécies non isidié **Parmelia exasperata**
- 24* Isidies cylindriques, très serrées dans la partie centrale du thalle, souvent divisées, jusqu'à 1 mm de hauteur et 50-140(180) µm de largeur, non creuses. Thalle le plus souvent en grande partie mat à légèrement brillant, appliqué, brun, brun olive. Bord des apothécies densément isidié **Parmelia elegantula**
- 25 Thalle isidié 26
- 25* Thalle sans isidies 31
- 26 Isidies surtout marginales, grosses, souvent coralloïdes. Lobes du thalle larges, peu divisés, redressés, inégaux-plissés surtout à la marge, à rhizines rares. Face inférieure noire ou brune vers le bord, rarement blanchâtre par endroits **Platismatia glauca**
- 26* Isidies sur toute la surface, ± régulièrement éparpillées à fortement serrées . . 27
- 27 Face inférieure sans rhizines, souvent blanchâtre à rose aux extrémités, gris bleu à noir mat dans les parties plus âgées. Lobes bien développés uniquement à la base. Face supérieure gris souris, à isidies cylindriques à coralloïdes (mais très dispersées sur les lobes jeunes) **Pseudevernia furfuracea**
- 27* Face inférieure munie de nombreuses rhizines 28
- 28 Face inférieure blanchâtre à brunâtre pâle, rhizines claires, simples cf. forme fortement pruveuse de **Physconia grisea**
- 28* Face inférieure noire, brune à la marge, avec de nombreuses rhizines noires . 29
- 29 Face supérieure du thalle à pseudocyphelles blanchâtres, légèrement saillantes, finement allongées à réticulées. Médulle K+ jaune, puis orangé à rouge, C-. Isidies cylindriques à coralloïdes, brunies à l'extrémité ; lobes gris clair, gris,

- gris légèrement bleuâtre, parfois teintés de brunâtre, jusqu'à 3 mm de large, souvent un peu tronqués aux extrémités **Parmelia saxatilis**
- Thalle avec de remarquables lobes en forme de lanières allongées, souvent ± ondulés, lâchement appliqués à dressés, non en rosettes, très proche de *P. sulcata*, mais à isidies courtes, oviformes, parfois fortement pulvinées, se rompant souvent en sorédies et finalement à soralies ponctiformes *Parmelia submontana*
- 29* Face supérieure du thalle sans pseudocyphelles, mate, souvent blanchâtre à la marge, toujours (grise, gris brun à noirâtre en raison de la présence des ididies, sans nuance bleuâtre. Isidies grises, brun gris, brun noir ou noires. Médulle K-, C+ rouge. Espèces en larges rosettes, aux bords ± aplatis 30
- 30 Isidies noires (à brun sombre), au moins en partie élargies au sommet, en forme de bouton aplati ou en forme de coupe déprimée, laissant après cassure une petite cicatrice creuse. Lobes fortement appliqués, souvent un peu brillants. Rare dans les zones humides **Parmelia pastillifera**
- 30* Isidies grises à gris sombre, gris brun, parfois noirâtres, non aplaties au sommet, parfois déprimées, ne laissant aucune cicatrice après cassure. Lobes mats, un peu plus appliqués que chez *P. pastillifera* **Parmelia tiliacea**
- 31 Thalle sans soralies 32
- 31* Talle sorédié 38
- 32 Lobes creux, un peu renflés, gris à gris bleu, gris verdâtre, lisses, face inférieure brune, le plus souvent noire vers le centre, sans rhizines. Sans apothécies. Thalle juvénile de **Hypogymnia physodes**
- 32* Lobes non creux 33
- 33 Face inférieure du thalle brune à noire 34
- 33* Face inférieure du thalle blanchâtre à brunâtre pâle 36
- 34 Sans ou avec de rares rhizines, face supérieure gris clair à grise, à lobes larges. Thalle K+ jaune. Toujours sans apothécies. Thalle juvénile de **Platismatia glauca**
- 34* Avec de nombreuses rhizines noirâtres. Apothécies fréquentes. Lobes à pruine blanchâtre à gris bleu 35
- 35 Rhizines simples. Lobes arrondis aux extrémités, larges de 3-10 mm, pruine donnant une teinte gris olive, grise, gris bleu, marge un peu redressée. Médulle K+ jaune, puis rouge. Apothécies cupuliformes, brunes, non prulineuses Forme très prulineuse de **Parmelia acetabulum**
- 35* Rhizines en grande partie en forme de goupillon. Lobes blanchâtres à brun gris par la présence de la pruine, larges de 1-2 mm, fortement allongés, plats, non redressés. Médulle R-. Apothécies cupuliformes, brunes à brun sombre, habituellement prulineuses Forme très prulineuse de **Physconia distorta**
- 36 Lobes du thalle à cils (fibrilles) isolés, clairs à gris, marginaux et terminaux, lobes en forme de lanières allongées, non contigus, face inférieure un peu canaliculée, sans rhizines ; face supérieure grise, gris brun, K- **Anaptychia ciliaris**
- 36* Lobes du thalle dépourvus de cils, ± contigus, à rhizines blanchâtres, grises à brunâtres, larges de 1-1,5(2) mm, plans à moyennement convexes, blanchâtres à blanc gris, blanc teinté de bleu, K+ jaune à jaune vert. Thalle en rosette, normalement à apothécies 37
- 37 Médulle K+ nettement jaune. Face supérieure du thalle nettement ponctuée de blanc (surtout bien visible à l'état humide). Apothécies le plus souvent prulineuses **Physcia aipolia**
- 37* Médulle K- (attention : cortex K+ jaune). Face supérieure du thalle habituel-

- lement non ou indistinctement ponctuée. Apothécies le plus souvent non pruneuses **Physcia stellaris**
- 38 Soralies limitées aux extrémités des lobes, soit à la face inférieure de l'extrémité recourbée en forme de lèvres ou en forme de casque soit capitiformes-hémisphériques 39
- 38* Soralies faciales ou marginales, jamais limitées aux extrémités des lobes, ni sur la face inférieure 43
- 39 Lobes redressés à verticaux, fortement convexes, creux à soralies capitiformes à (hémi)sphériques. Thalle gris, gris légèrement teinté de bleuâtre, face inférieure noirâtre, sans rhizines **Hypogymnia tubulosa**
- 39* Extrémités des lobes en forme de lèvres ou de casque portant des soralies sur leur face inférieure 40
- 40 Face inférieure sombre, noirâtre, mais à marge souvent brune ou plus claire. Lobes creux ou pleins, sans ou avec rhizines nettement noirâtres. Thalle K- ou K+ jaune 41
- 40* Lobes non creux, blanchâtres à gris clair, avec des cils isolés semblables à des fibrilles aux extrémités ; face inférieure blanchâtre à légèrement teintée de brunâtre, plane à canaliculée, à rhizines claires ; thalle K+ jaune. 42
- 41 Lobes creux, gris, gris bleu, à face inférieure noirâtre, un peu brune à la marge. Sans rhizines. Thalle K+ jaune. Sur écorce acide. **Hypogymnia physodes**
- 41* Lobes non creux, gris clair à gris, plans, à médulle rouge orangé par endroits. Rhizines nombreuses, celles de l'extérieur en partie plus claires, les autres noires, simples. Thalle K- (parties orangées de la médulle K+ violet). Sur écorce riche en bases *Phaeophyscia endophoenicea*
- 42 Soralies situées à la face inférieure de l'extrémité des lobes, plane ou labri-forme. Apothécies parfois présentes **Physcia tenella**
- 42* Soralies situées à la face inférieure de l'extrémité des lobes en forme de coupole ou de casque. Apothécies très rares **Physcia adscendens**
- 43 Face inférieure du thalle dépourvue de rhizines, noire, seulement brune à la marge, face supérieure grise, soralies diffuses envahissant le centre du thalle. Lobes creux. **Hypogymnia farinacea**
- 43* Face inférieure du thalle munie de rhizines, soralies non diffuses mais bien délimitées. Lobes non creux 44
- 44 Thalle K- éventuellement teinté de vert, soralies, médulle K-, C-. Lobes petits, gris clair, gris sombre, gris brunâtre, verts à l'état humide, avec des soralies arrondies à irrégulièrement planes à plus rarement convexes, face inférieure noirâtre, à rhizines noires jusqu'à la marge (occasionnellement plus claires à la marge), lobes souvent irréguliers, rarement en rosettes, thalle jusque 3 cm, mais paraissant plus grand par confluence de thalles. Apothécies assez rares, noires, à rebord thallin **Phaeophyscia orbicularis**
- 44* Thalle K+ jaune, soralies et médulle K+ jaune à rouge orangé ou C+ rouge. Lobes blanc gris à gris bleu 45
- 45 Face inférieure blanc teinté de brun à brunâtre clair, rarement gris noirâtre. Médulle et soralies C+ rouge. Lobes du thalle arrondis, contigus à imbriqués, assez larges (jusqu'à 8(10) mm), à soralies faciales rondes et presque toujours marginales et linéaires. Marge du thalle parfois un peu recourbée. Face supérieure à pseudocyphelles dispersées, punctiformes ou courtement allongées **Parmelia subrudecta**
- 45* Face inférieure du thalle noire, brune uniquement à la marge. Médulle et sora-

lies C-, K+ jaune puis orangé à rouge. Lobes du thalle le plus souvent allongés, ± linéaires, larges de 1-4 mm, divisés, appliqués à l'extrémité. Face supérieure à pseudocyphelles sous forme d'un fin réseau faiblement saillant. Soralies normalement longuement allongées **Parmelia sulcata** (Sans pseudocyphelles, lobes larges et ascendants à l'extrémité, soralies marginales blanches, médulle K+ jaune orangé, P+ orangé : *P. perlata* (Huds.) Ach. Sans pseudocyphelles, lobes révolutés -retournés vers le substrat- soralies grises, faciales ± rongeantes, médulle C+ rose rouge : *P. revoluta* (Flörke) Hale)

Clé n° 3 : Lichens fruticuleux

- 1 Thalle jaune, K+ rouge sombre, petit, à aspect gazonnant. Lobes du thalle dressés, petits, moins de 0,8(1) mm, sorédiés. Soralies présentes aux extrémités des lobes (sur la tranche) et se propageant souvent sur la face inférieure **Xanthoria candelaria**
- 1* Thalle non jaune 2
- 2 Thalle en forme de filaments ou de lanières aplaties, de la même couleur sur les deux faces, c.a.d. : face inférieure non différenciable 3
- 2* Thalle formé de lanières ± aplaties, les deux faces non concolores, nettement différenciées, c.a.d. : faces inférieure et supérieure distinctes 12
- 3 Thalle en forme de petit buisson ou de longue barbe ou ± filiforme, gris brun, brun, brun sombre, brun noir, constitué de segments filamenteux, fourchus **Bryoria fuscescens**
- 3* Thalle gris verdâtre pâle à jaune verdâtre 4
- 4 Coupe transversale du thalle ± ronde à un peu anguleuse, traversée par un cordon blanc coriace (cordon axial), visible en brisant le cortex par étirement des segments, possédant souvent de courtes ramifications perpendiculaires. Dans les zones polluées on ne trouve que des individus très affaiblis, souvent difficiles à déterminer (désignés **Usnea** sp.) 5
- 4* Coupe transversale du thalle aplatie, sans cordon axial, absence de courtes ramifications perpendiculaires 6
- 5 Base du thalle non colorée en noir. Ramifications souvent anguleuses ou fovéolées par endroits, avec ou sans papilles hémisphériques, avec ou sans fibrilles perpendiculaires, à isidies acuminées ou groupées. Ramifications souvent rétrécies à la base. Médulle habituellement K-. **Usnea hirta**
- 5* Base du thalle noirâtre. Ramifications ± rondes à la base, non fovéolées, mais ± densément couvertes de papilles, possédant habituellement des courtes ramifications perpendiculaires, les plus âgées à isidies ou soralies isidifères. Médulle habituellement K+ rouge. **Usnea filipendula**
- 6 Sans soralies 7
- 6* Avec des soralies 11
- 7 Avec des apothécies jaune pâle à verdâtre pâle ou brunâtre clair 8
- 7* Sans apothécies 9
- 8 Thalle ± trapu, à dressé, presque aussi large que haut, de forme ± ramassée, très divisé, ramifications toutes ± de la même longueur, à apothécies terminales, le plus souvent enfoncées dans des renflements. Segments du thalle larges de 1-6 mm, jusqu'à 6 cm de longueur, ± creux, presque toujours fovéolés, à médulle aranéuse, sans pseudocyphelles **Ramalina fastigiata**

- 8* Thalle bien développé, plus long que large et pendant. Apothécies faciales ou marginales, rarement presque terminales. Segments du thalle en forme de lanières, larges de 2-25 mm, longs de 2-20 cm, légèrement canaliculés à aplatis, presque toujours nettement fovéolés ou ridés-costulés, rigides, à pseudocyphelles (quelquefois indistinctes). Chez les thalles en mauvais état : segments relativement courts, à face supérieure souvent noduleuse **Ramalina fraxinea**
- 9 Thalle ne possédant qu'un ou quelques segments en forme de lanière, dépassant habituellement 3 mm de largeur, à face supérieure ridée à noduleuse. Médulle K- forme réduite de *Ramalina fraxinea*
- 9* Lanières du thalle étroites, ne dépassant pas 2 mm de largeur, la plupart mates, dépassant rarement 2 cm de longueur, ± divisées 10
- 10 Médulle P+ jaune orangé à orangé rouge : forme réduite (sans soralies) de *Ramalina farinacea*
- 10* Médulle P- : forme réduite (sans soralies) de *Ramalina farinacea* et *Ramalina pollinaria* (formes jeunes difficiles à distinguer).
- 11 Soralies marginales, rarement sur la surface des segments, rondes à ovales. Médulle P- ou P+ orangé à rouge orangé. Thalle ± fortement divisé. Ramifications de la même largeur, dépassant rarement 2 mm de large. Face supérieure ± lisse, sorédies 20-40 µm **Ramalina farinacea**
- 11* Soralies principalement faciales et terminales ou un peu sous les extrémités, à peine sur les bords, irrégulièrement réparties, également presque capitiformes à labrifformes. Médulle P-. Segments du thalle souvent de largeurs très différentes, souvent très divisées aux extrémités, de section en partie presque cylindrique, avec parfois des excroissances noduleuses. Segments dépassant souvent 2 mm de largeur. Sorédies 40-70 µm. Très variable **Ramalina pollinaria** (La distinction entre les 2 espèces est souvent difficile ou impossible. Les segments du thalle de *R. farinacea* sont relativement mates, ceux de *R. pollinaria* ont parfois des excroissances et un bord noduleux ; si médulle et soralies P+ jaune, orangé à rouge orangé, il s'agit à chaque fois de *R. farinacea*).
- 12 Thalle à face supérieure jaune verdâtre pâle, verdâtre pâle, gris verdâtre pâle ; à face inférieure blanchâtre ou rarement tachée de verdâtre ; en forme de lanières, fourchues, souples, planes à légèrement convexes ; segments nettement canaliculés à la partie inférieure, à grosses soralies marginales ou faciales sur les segments plus âgés ; dans les zones polluées les thalles sont souvent compacts et fortement sorédiés. Médulle R-, cortex K± jaune **Evernia prunastri**
- 12* Thalle blanchâtre, gris, gris teinté de bleu ; lorsqu'il est légèrement teinté de vert, sa face inférieure n'est pas blanchâtre 13
- 13 Thalle isidié 14
- 13* Thalle sans isidies 15
- 14 Thalle gris, fourchu, à isidies faciales cylindriques à coralloïdes ; face inférieure blanchâtre à rose ou rose-gris dans les formes jeunes puis noircissant à la base (parties âgées), plate à un peu canaliculée, sans rhizines. Segments assez rigides. Face supérieure K+ jaune, médulle C- ou C+ rouge **Pseudevernia furfuracea**
- 14* Thalle à isidies marginales, souvent coralloïdes à irrégulièrement aplaties, rarement à isidies faciales isolées, gris clair, gris légèrement verdâtre, gris brun, face inférieure brune à noire, à rhizines éparses. Segments du thalle non en forme de lanières typiques, ni nettement fourchus, non fixés au substrat en un seul point. Segments du thalle minces, dressés, largement lobés, marge

- sinueuse ; face inférieure brune à noire ; face supérieure lisse à plissée, K+ jaune. Médulle C- **Platismatia glauca**
- 15 Thalle sans soralies, gris, gris brun, en forme de lanières fourchues, rigides ; face inférieure blanche, canaliculée, à cils clairs à gris sur les extrémités. Face supérieure très finement tomenteuse-veloutée (bino), K- ... **Anaptychia ciliaris**
- 15* Thalle à soralies (sans soralies chez les jeunes exemplaires), K+ jaune ... 16
- 16 Thalle blanchâtre, petit, dépassant rarement 3(4) cm, formé de petits lobes (jusque 1 mm de large) redressés seulement aux extrémités, à soralies sur la face inférieure recourbée en forme de lèvres ou aux extrémités gonflées en forme de casque ; face inférieure blanchâtre. Cortex K+ jaune **Physcia tenella/adscendens**
- 16* Thalle dépourvu de soralies en forme de lèvres ou de casque 17
- 17 Lobes du thalle creux, gris, à soralies terminales capitiformes, blanches **Hypogymnia tubulosa**
- 17* Lobes du thalle non creux. Thalle gris, en forme de lanières fourchues, molles ; face inférieure blanchâtre ou un peu tachée de vert, plane à légèrement canaliculée ; soralies irrégulières, marginales ou faciales chez les vieux exemplaires ; un seul point de fixation. **Evernia prunastri** fo. **herinii**

Clé n° 4 : Lichens squamuleux

- 1 Thalle constitué de deux parties, à la base, des squamules gris clair à verdâtre pâle, crénelées ou un peu recourbées et des parties ± verticales (des podétions) en forme de trompe, de corne, de baguette, de coupe, blanchâtres à gris ou gris verdâtre 2
- 1* Thalle formé d'une seule partie, dépourvu de tels podétions verticaux ... 4
- 2 Podétions en forme de trompe, de corne ou de pointe, avec une face supérieure finement farineuse, ayant jusqu'à 2 cm de haut, K-, P+ rouge **Cladonia coniocraea** (si K+ nettement jaune, avec parfois des punctuations rouges (pyncnides) ou des apothécies : **Cladonia macilentata**)
- 2* Podétions ressemblant à des gobelets ou à des coupes stipitées. Thalle K-, P+ rouge. Parfois difficilement déterminables. Groupe de **Cladonia pyxidata** ... 3
- 3 Podétions à surface presque entièrement (uniformément) farineuse, éventuellement un peu cortiqués et squamuleux à la base, verdâtre pâle à blanc gris, élancés, régulièrement formés, uniformément colorés. Coupe ± en forme de verre, longuement stipitée, brusquement rétrécie à la base, souvent jusqu'à 5 mm de largeur. Sorédies jusque 30(40) µm **Cladonia fimbriata**
- 3* Podétions en partie (au moins à la base) presque entièrement cortiqués, à surface finement à très granuleuse dans la partie supérieure ou tout au moins dans la coupe, gris verdâtre à gris brunâtre ; parties sorédiées le plus souvent verdâtre clair. Coupe se rétrécissant progressivement jusqu'à la base du pied. Sorédies 50-150 µm **Cladonia pyxidata** ssp. **chlorophaea**
- 4 Squames gris verdâtre, gris vert jaunâtre, grises, K+ jaune, P+ orangé, ± recourbées au bord, normalement non crénelées, munies de sorédies blanchâtres sur la marge et sur la face inférieure, la plupart grandes de 3-8 mm. A la base des arbres (conifères). Chez les formes bien développées, présence de coupes aplaties, grises, digitées, à sorédies blanchâtres, également de structures en forme de baguettes ou de trompes sur lesquelles se forment des punctuations

- rouges (pyncnides) ou des fructifications rouges *Cladonia digitata*
- 4* Squames K- 5
- 5 Thalle C+ rouge, à squamules à marge en forme de lèvre, comme des « tuiles de toit », souvent imbriquées, à sorédiés marginales, brun olive, brun clair à brun sombre, plus rarement gris olive **Hypocenomyce scalaris**
- 5* Thalle C- ; squamules dépourvues de bords sorédiés labrifformes 6
- 6 Thalle brun luisant, formé d'une multitude de petits lobes finement foliacés-lobulés, jamais à marge saillante, larges de 3-8 mm, face inférieure blanc brunâtre à rose brunâtre pâle *Parmelia laciniatula*
- 6* Thalle gris, verdâtre clair, gris verdâtre ; face inférieure blanchâtre 7
- 7 Squamules n'apparaissant pas marginées, verdâtre clair, gris verdâtre clair à face inférieure blanchâtre, crénelées à profondément découpées, le plus souvent denses et un peu allongées, la plupart longues de 2-4 mm, parfois sorédiées sur le bord, K-, P+ rouge *Squamules des thalles de Cladonia*
..... (*C. coniocraea/chlorophaea/fimbriata*)
- 7* Squamules à bord net, gris clair à gris verdâtre, arrondies à réniformes, souvent sorédiées sur le bord, appliquées au substrat sauf à la marge, larges de 1-2 mm, R-. Souvent sur ou parmi les mousses, sur pommier, frêne
..... *Normandina pulchella*

Partie illustrée et description des espèces

Cette partie traite essentiellement des lichens figurant dans la directive de l'Association des Ingénieurs Allemands (VDI) ainsi que de quelques espèces très courantes. Elle suit l'ordre alphabétique qui dans quelques cas n'est pas toujours respecté afin de regrouper des espèces très proches.

Les lichens présentés dans ce livre se développent sur les troncs d'arbres isolés suivants : *Acer platanoides* (érable plane) et *Acer pseudoplatanus* (érable sycomore), *Alnus glutinosa* (aulne glutineux), *Betula pendula* (bouleau verruqueux), *Fraxinus excelsior* (frêne élevé), *Juglans regia* (noyer commun), *Malus domestica* (pommier cultivé), *Populus sp.* (diverses espèces de peupliers), *Prunus avium* (merisier) et *Prunus domestica* (prunier cultivé), *Pyrus communis* (poirier cultivé), *Quercus robur* (chêne pédonculé) et *Quercus petraea* (chêne sessile), *Robinia pseudacacia* (robinier faux-acacia), *Tilia cordata* (tilleul à petites feuilles) et *Tilia platyphyllos* (tilleul à grandes feuilles), *Ulmus sp.* (ormes).

La description des espèces présente en règle générale les caractères à rechercher. Les quelques rares exceptions à la règle ne sont pas mentionnées. Dans certains cas exceptionnels, les indications sur la taille du thalle, par exemple, peuvent être dépassées ou une espèce habituellement sur feuillus peut se développer sur conifères. Nous pensons qu'il est plus utile de donner les valeurs normales plutôt que de présenter la variabilité des caractères. Les illustrations montrent des spécimens normalement développés, elles ne peuvent donner qu'une faible idée de la varia-

bilité. Les indications de couleur se rapportent à des thalles secs. Lorsque l'hygrométrie de l'air est élevée et particulièrement à l'état humide, de nombreuses espèces prennent des teintes vertes.

Signification des abréviations

- D : Description des caractères importants
- R : Réactions aux tests colorés : +(-) : avec (sans) réaction.
- C : Caractères différentiels vis-à-vis des espèces voisines.
- E : Particularités écologiques (conditions stationnelles).

Définition des indices écologiques

- Lu : Indice de luminosité
 - 1 lichen se développant en situations très ombragées, par 1(-5) % de luminosité relative
 - 2 entre 1 et 3
 - 3 lichen d'ombre, croissant souvent avec 5 % de luminosité relative
 - 4 entre 3 et 5
 - 5 lichen de mi-ombre, croissant au dessus de 10 % de luminosité relative
 - 6 entre 5 et 7
 - 7 lichen semi-héliophile, souvent en pleine lumière mais aussi à l'ombre
 - 8 lichen héliophile, uniquement aux endroits dépassant 40 % de luminosité relative
 - 9 lichen de pleine lumière, rare en dessous de 50 % de luminosité relative
- Hu : Indice d'humidité

- 1 limité aux endroits secs
- 2 préférant les biotopes à faibles précipitations (< 750mm)
- 3 supportant les stations à faibles précipitations, mais également présent en zones humides
- 4 également dans les endroits à faibles précipitations, mais seulement si l'humidité atmosphérique est élevée
- 5 évite habituellement les endroits à faibles précipitations, précipitations souvent supérieures à 700 mm
- 6 entre 5 et 7, précipitations > 800 mm
- 7 habituellement limité aux régions à précipitations élevées; précipitations souvent supérieures à 1000 mm
- 8 habituellement dans les régions aux précipitations élevées (> 1400 mm), mais supportant la dessiccation
- 9 habituellement dans les régions aux fortes précipitations (> 1400 mm), aux endroits très humides, lichen se desséchant à peine

Ec : Valeur du pH de l'écorce

- 1 extrêmement acide, pH de l'écorce inférieur à 3,4
- 2 très acide, pH entre 3,4 et 4
- 3 assez acide, pH entre 4,1 et 4,8
- 4 entre 3 et 5
- 5 moyennement acide, pH entre 4,9 et 5,6
- 6 entre 5 et 7
- 7 subneutre, pH entre 5,7 et 6,5
- 8 neutre, pH entre 6,6 et 7,5
- 9 basique, pH dépassant 7

Nu : Capacités nutritives de l'écorce

- 1 pauvre en sels minéraux (exem-

ple : bouleau, épicéa, sapin en conditions naturelles) ; eutrophisation très faible

- 2 entre 1 et 3
- 3 écorce moyennement riche en sels minéraux (ex : hêtre, chêne); pas ou très peu d'eutrophisation
- 4 entre 3 et 5
- 5 écorce minéralisée (ex : érables, noyer, sureau noir) ou moyennement imprégnée de poussières riches en substances nutritives
- 6 entre 5 et 7
- 7 écorce riche en matières nutritives, fortement imprégnée de poussières ou moyennement imprégnée de déjections animales
- 8 et 9 ne se rencontrent pas sur écorces

To : Toxité vis-à-vis des polluants atmosphériques

- 1 très faible ; extrêmement sensible aux polluants atmosphériques
- 2 assez faible
- 3 entre 2 et 4
- 4 moyen
- 5 entre 4 et 6
- 6 moyennement élevée
- 7 assez élevée
- 8 élevée
- 9 très élevée

Lorsque le nombre est remplacé par la lettre x, cela signifie que l'espèce est indifférente vis-à-vis du facteur considéré. **F** : Fréquence des thalles : +++/++/+ correspondent respectivement à espèce fréquente, occasionnelle, rare.

Chapitre II

Résultats et discussion

Introduction Générale

Première partie

Recherche

Bibliographique

Chapitre I

Présentation des Lichens

Chapitre II

Généralités sur la Pollution Atmosphérique

Chapitre III

Lichens et Bioindication

Partie
Expérimentale
Et
Méthodologie

Chapitre I

Matériels et méthodes

Conclusion Générale

Références Bibliographiques

Annexes