

**Université Abderrahmane Mira-Béjaia-
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques de l'Environnement**

MEMOIRE

FIN DE CYCLE

En vue de l'obtention de diplôme de Master

Option : Sciences Naturelles de l'Environnement

Thème

**Les lichens de Béjaia : témoins de la qualité
de l'environnement**

Présenté par :

M^{elle} HASSANI Lidia

M^{elle} DJEDDI Khalissa

Devant le jury :

Président : M^{er} SAHNOUNE M

Examineurs :

- **M^{er} AISSAT L**
- **M^{me} BENHAMICHE S**

Promotrice : M^{me} ZEBBOUDJ A

**Promotion
JUN 2013**

Remerciements

Au terme de ce modeste travail, nous tenons à remercier le Bon Dieu de nous avoir donné courage, volonté et surtout santé pour réaliser ce travail.

Avant d'entamer la présentation de notre travail, il nous est particulièrement agréable d'adresser nos vifs remerciements et d'exprimer notre très grande reconnaissance à notre promotrice M^{me}: ZEBBOUDJ , Pour son aide précieuse, et pour tout le temps qu'elle a consacrée et surtout pour l'intérêt particulier qu'elle a toujours manifesté pour notre travail.

Nos remerciements vont aussi vers le membres de jury :

M^{er} SAHNOUNE M d'avoir accepté de juger notre travail.

M^{er} AISSAT L d'avoir accepté d'examiner notre travail.

M^{me} BENHAMICHE S d'avoir accepté d'examiner notre travail.

A toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire trouvent ici notre sincère gratitude.



Dedicaces

A mes très chers parents ,auquel je dois tant et à qui je ne rendrais jamais assez.

A mes frères: Abdelghani et Bilal.

A mes soeurs: Soraya, Samah, Saida et leurs maris Achour , Radouane et Abdesalem.

A mes neveux : Chanaz, Akli , Chiraz, Adem, Mailys, Zakaria et Abdellah Smail.

A mon très cher fiancé Abdelouhab et sa famille.

A ma binôme Khalissa et à toute sa famille

*A tous ceux qui me sont chers :
grande famille et mes amies.*

Je dédie ce travail.



Dédicaces

A mes très chers parents, auquel je dois tant et à qui je ne rendrais jamais assez.

A mes frères: Fahim et Mouhend ou Slimane et leurs femmes Noura et Dalila.

A mes sœurs: Faroudja, kafia, nassira et leurs maris Brahim, Samir et Abdnour.

A mes neveux : Amine, Yannis, Oussama et Amir.

A mes nièces : Ouissam, Mina, Assia et Lamia.

A mes cousines Nissa, Fatiha et Ahlam.

A mes copines Nabila, salima, Lamia.

A ma binôme Lidia et a toute sa famille

*A tous ceux qui me sont chers :
grande famille et mes amies.*

Je dédie ce travail.

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des photos

Introduction générale.....1

I - Généralités sur les lichens

I.1. Définition.....2

I.2. Les partenaires de la symbiose lichénique et leur rôle.....2

A. Le mycosymbiote : le champignon2

B. Le phycosymbiote : l'algue2

C. Le cyanosymbiote : la cyanobactérie.....3

I.3. Principaux types de thalles.....5

A. Les thalles crustacés5

B. thalles squamuleux..5

C. Les thalles foliacés5

D. Les thalles fruticuleux5

E. les thalles gélatineux5

F. Les thalles complexes5

I.4. Structure9

A. Structure homéomère.....9

B. Structure hétéromère.....11

I.5. Reproduction des lichens.....11

A. La reproduction végétative11

B. reproduction sexuée..13

C. Reproduction asexuée14

I.6. Physiologie des lichens16

I.7. L'écologie des lichens.....	17
I.8. Rôle et usages des lichens.....	18
I.9. Lichens et pollution.. ..	19
A. Choix des lichens comme bioindicateur de la pollution atmosphérique....	19
B. Dommages physiologique causes par les polluants aux lichens.....	21
C. Modification de la végétation lichénique en réponse aux changements de la pollution atmosphérique	22

II- Matériel et méthodes

II. Matériel et méthodes.....	23
II.1. Station d'étude	23
II.1.1 Présentation du site	23
II.1.2. Caractéristique du milieu.....	24
II.1.2.1. Le climat	24
II.1.2.2. Le régime thermique	24
II.1.2.3. Le régime pluviométrique.....	25
II.1.2.4. Le vent	25
II.1.2.5. Les sols	25
II.2. Méthode de travail.....	26
II.2.2. Echantillonnage.....	27
II.2.3. Récolte et conservation des lichens.....	28
II.2.4. Détermination et identification des lichens.....	29
A. Matériel optique.....	29
B. Documentations.....	29

III- Résultats et discussions

III.1. Résultats.....	30
III.2. Discussions.....	48
Conclusion générale.....	49
Références bibliographiques.....	50
Annexe.	

Liste des figures

Figure n° 01 : Echanges nutritionnels entre les partenaires des lichens	4
Figure n° 02 : Les principaux types de thalles	8
Figure n° 03 : Coupe morphologique d'un thalle.....	9
Figure n° 04 : Les deux catégories de structures	10
Figure n° 05 : Différents types de soralies	12
Figure n° 06 : les isidies.....	13
Figure n° 07 : Coupe à travers un périthèce, montrant la paroi, les asques, les paraphyses (entre les asques) et les périphyses.....	14
Figure n° 08 apothécie contenant des asques.....	14
Figure n° 09 : Coupe à travers une pycnide. Différents types de conidiophores produisant des conidies.....	15
Figure n° 10 : Reproduction sexuée et asexuée sur un thalle d'ascolichen.....	16
Figure n° 11 : Principaux mécanismes d'entrée des polluants dans les lichens.....	20
Figure n° 12 : Présentation de la zone d'étude.....	23
Figure 13 : Situation géographique de localités étudiées	24

Liste des Tableaux

Tableau I: Différents types morphologiques.....	6
Tableau II : les caractéristiques essentielles qui privilégient les lichens par rapport aux autres végétaux.....	21
Tableau III : Les valeurs mensuelles des précipitations en mm pour la région de Bejaia 2012/2013.....	25
Tableau VI : Echelle d'estimation de la qualité de l'air de la moitié Nord de la France	26
Tableau V: Répartition de la flore lichénique de Bejaia selon le gradient de la pollution.....	48

Liste des photos

Photo 01 : <i>Lecanora albescens</i>	30
Photo 0 2 : <i>Lecidella elaeochroma</i>	31
Photo 03 : <i>Lecanora garovaglii</i>	32
Photo 04 : <i>Lecanora pulicaris</i>	33
Photo 05 : <i>Evernia prunastri</i>	34
Photo 06 : <i>Parmelia conspersa</i>	35
Photo 07 : <i>Parmelia saxatilis</i>	36
Photo 08 : <i>Vulpicida pinastri</i>	37
Photo 09 : <i>Xanthoria parietina</i>	38
Photo 10 : <i>Ramalina fastigiata</i>	39
Photo 11 : <i>Rhizocarpon geographicum</i>	40
Photo 12 : <i>Aspicilia calcarea</i>	41
Photo 13 : <i>Ochrolechia parella</i>	42
Photo 14 : <i>Buellia punctata</i>	43
Photo 15 : <i>Dimelaena oreina</i>	44
Photo 16 : <i>Physcia adscendens</i>	45
Photo 17 : <i>Caloplaca erythrocarpa</i>	46

Introduction générale

Introduction générale

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

L'utilisation d'organismes vivants pour l'évaluation de la qualité de l'air, la bioindication lichénique, doit être un outil à privilégier. Les lichens sont présents partout et leurs différences de sensibilité aux polluants nous permet de les utiliser pour évaluer l'évolution qualitative et quantitative de nombreux milieux.

L'objectif visé au départ par la présente étude, est d'utiliser les lichens de la région de Béjaïa pour estimer la qualité de l'environnement de certaines localités. L'analyse bibliographique relative à ce thème a fait ressortir que les recherches sur la taxinomie des lichens d'Algérie et de Béjaïa en particulier ont été jusqu'à présent quasiment inexistantes et c'est ainsi que l'inventaire de ces plantes si importantes a été abordée. Les travaux se résume dans : REBBAS *et al*, (2011) ; AIT HAMMOU *et al*, (2011) ; MAIZI *et al* (2010); ALIOUA *et al* (2008) .

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

- Le premier chapitre est consacré à la description des lichens et donne des informations sur les lichens et la pollution atmosphérique.
- Le deuxième chapitre présente le matériel et les méthodes utilisés dans la réalisation de cette étude.
- Le troisième chapitre présente les résultats obtenus soit l'inventaire et la description des espèces identifiées et les discussions relatives à différents aspects de ces plantes.
- Une conclusion termine ce mémoire accompagnée de quelques perspectives.

I. Généralités sur les lichens

I. Généralités sur les lichens

I.1. Définition :

Un lichen est une structure autonome, le thalle lichénique, résultant de l'association symbiotique entre deux catégories de partenaires :

Le partenaire fongique, hétérotrophe, appelé mycosymbiote, pratiquement toujours un champignon ascomycète, qui représente plus de 90 % de la biomasse lichénique, dont les hyphes microscopiques enchevêtrées emprisonnent le partenaire chlorophyllien, autotrophe, appelé photosymbiote, qui est une algue verte (phycosymbiote) ou une cyanobactérie (cyanosymbiote) (COSTE, 2011).

I.2. Les partenaires de la symbiose lichénique et leur rôle:

A. Le mycosymbiote : le champignon

Le champignon est un organisme thallophyte, Eucaryote, dépourvu de chlorophylle, dépourvu de vaisseaux conducteurs et se reproduisant à l'aide de spores. La paroi contient de la callose, de l'hémicellulose et de la chitine (voisine de la chitine des insectes) ; on y trouve également du mannitol, de l'arabitol et des glucides assurant une pression osmotique élevée ce qui limite la dessiccation du thalle.

Ce mycosymbiote protège les cellules algales contre la dessiccation et l'excès de lumière. Les hyphes en relation directe avec l'atmosphère et le substrat captent l'eau et les sels minéraux.

Le champignon des lichens est en général un ascomycète, rarement un basidiomycète exceptionnellement un autre champignon (COLLOMBET, 1989).

B. Le phycosymbiote : l'algue

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

Dans la plupart des lichens, l'algue est une Chlorococcale appartenant au genre *Trebouxia*, elle se reproduit par bipartition ou par spores non flagellées ; en seconde position une Trentepohliale (genre *Trentepohlia*) contenant des pigments rouge orangé.

Les réserves glucidiques sont de l'amidon et de nature lipidique chez les Trentepohliales;

L'association modifiant profondément la structure algale, la position systématique ne peut que rarement être précisée au-delà du genre (un peu plus de 20 genres différents) (COSTE, 2011).

C. Le cyanosymbiote : la cyanobactérie

La cyanobactérie est un organisme procaryote, sans noyau ni chloroplaste ; contenant des pigments assimilateurs vert bleuâtre (chlorophylle a et caroténoïdes associés à une protéine, la phycocyanine) et la ; cyanophycine comme réserve protidique. La reproduction, asexuée, se fait bipartition (pas de spores).

Les Nostocales (avec le genre Nostoc) sont les plus fréquentes et présentent le plus souvent des files de cellules \pm dissociées. Environ 10 % des lichens contiennent des cyanobactéries (16 genres) qui sont dispersées dans le thalle ou groupées à sa surface où elles forment les céphalodies. Les échanges nutritionnels entre les trois partenaires sont montrés dans la Fig.1 (COSTE, 2011).

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

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

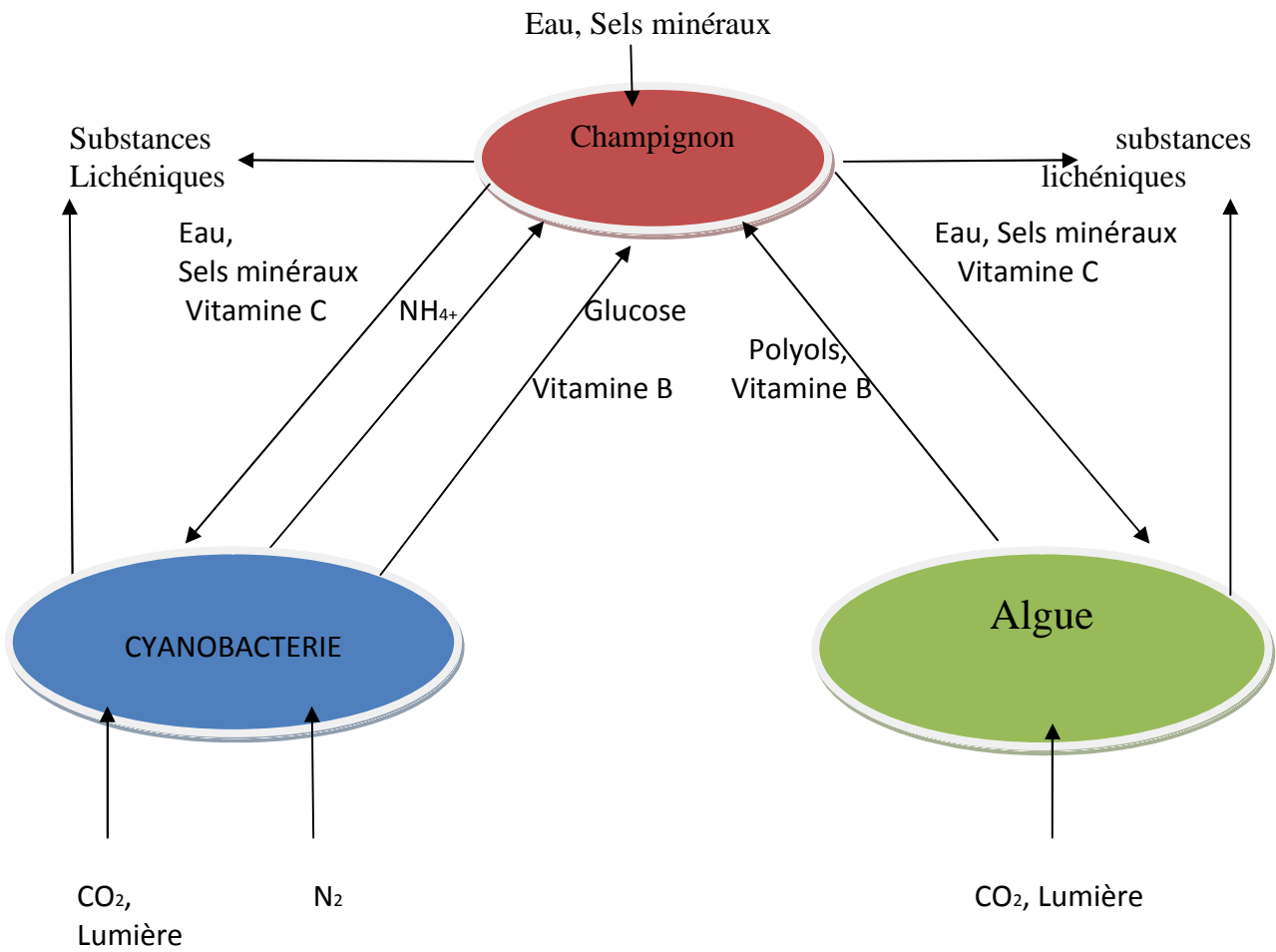


Figure 01: Echanges nutritionnels entre les partenaires des lichens (d'après Van-Haluwyn, Asta , *et al.* (2009))

I.3. Principaux types de thalles

L'appareil végétatif du lichen est un thalle (Thallophytes) ne présentant ni feuilles, ni tiges, ni racines ni appareil conducteur. Il est de forme variée et portent divers types d'organes reproducteurs. L'observation à l'œil nu ou à la loupe des lichens permet de distinguer plusieurs types morphologiques qui sont décrits sur le tableau I. (Coste,1989 ; Van-Haluwyn *et al.*,2009).

A. Les thalles crustacés :

Les lichens au thalle crustacé forment une croûte qui adhère au support sur toute la surface et ne peut en être détachée (Fig.2.a).

B. Les thalles squamuleux :

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

C. Les thalles foliacés :

Ce type de lichens a la forme d'une feuille plus ou moins ramifiée, adhérente à son substrat, ou bien fixée au substrat par un crampon central unique (Fig.2.b).

D. Les thalles fruticuleux :

Les lichens fruticuleux présentent des formes barbues ou en lanière (petit arbuste dressé), fixés en un seul point au support (Fig.2.c).

E. Les thalles gélatineux :

Ils forment, lorsqu'ils sont hydratés, des lames gélatineuses plus ou moins découpées qui sont souvent confondues avec des algues ou cyanobactéries ; à l'état sec, ils perdent cet aspect gélatineux, noirâtre (parfois aussi bleuâtre à cause de la pruine), et deviennent très faibles. Ce type de thalle est celui des collémacées (*Collema*, *Leptogium*, etc.)

F. Les thalles complexes (ou composites)

Sont formés d'un thalle primaire plus ou moins foliacé, squamuleux ou crustacé, adhérent au substrat, sur lequel se développe un thalle secondaire dressé, podétions des *Cladonia* et pseudopodétions des *Stereocaulon*. Les pseudopodétions sont buissonnantes,

recouverts d'écaillés à fonction assimilatrice (les phylloclades), alors que les podétions sont de formes très diverses : «tiges» simples plus ou moins pointues ou évasées en entonnoirs (ils sont dans ce dernier cas nommés scyphes), buissons plus ou moins denses et plus ou moins squamuleux (Fig.2.d).

Tableau I- Différents types morphologiques (Van Haluwyn.et Lerond, 1993)

RELATIONS AVEC LE SUBSTRAT	DESCRIPTION GENERALE
<p>Thalle très adhérent au substrat → non séparable de celui-ci, sauf par des petits fragments :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Endosubstratique (dans le substrat);seuls sont visibles les organes habituellement portés par le thalle. -Episubstratique (sur le substrat) 	<p><u>THALLE CRUSTACE</u> Exemple: <i>Lecidellaelaechroma</i> Faceinférieure non visible car soudée ou même incorporée au substrat</p>
<ul style="list-style-type: none"> -Thalle épisubstratique ± fortement appliqué sur le substrat ; le bord du thalle est généralement ± redressé et de ce fait non adhérent. Souvent une petite partie de la surface inférieure adhère au substrat. 	<p><u>THALLE SQUAMULEUX</u> Exemple:<i>Psoradeciens</i> -Petites squamules ou écailles rapprochées ou imbriquées à la manière des tuiles d'un toit. -On peut déjà différencier une face supérieure d'une face inférieure, notamment sur le bord des squamules. -Transition entre thalles crustacés et foliacés.</p>
<ul style="list-style-type: none"> -Thalle toujours épisubstratique, adhérent au substrat mais toujours détachable tout au moins en grande partie. -Appliqué au substrat par toute la face inférieure qui peut être nue, tomenteuse ou pourvue de rhizines. -Appliqué au substrat par un point de fixation central (ombilic). -Face inférieure nue, tomenteuse, pulvérulente ou garnie de rhizines. 	<p><u>THALLE FOLIACE</u> Exemple:<i>Parmeliacaperrata</i> -Différenciation très nette entre face supérieure et face inférieure</p> <ul style="list-style-type: none"> • Talles foliacés types: En forme de lameslobes ou lanières simples ou divisés • Thalles foliacés ombiliqués : <ul style="list-style-type: none"> ➤ largeur ou diamètre supérieure à la hauteur ➤ simples (monophylles) ou composés de plusieurs lobes ou lames polyphylles)

<p>-Thalle adhérent uniquement au substrat par extrémité; pendant, étalé ou dressé.</p>	<p><u>THALLE FRUTICULEUX</u> Exemple: <i>Usneasubfloridana</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ En forme de tiges ou lanières ± ramifiées ou non ➤ dans la majorité des cas la longueur est supérieure à la largeur ➤ section du thalle ronde à ± plate ➤ couleur uniforme du thalle ; rarement différenciation entre face supérieure et face inférieure ; excepté pour des espèces communes comme <i>Everniaprunastri</i>, <i>Pseudeverniafurfuracea</i>...
<p>Thalle formé de deux parties bien distinctes: -thalle primaire ±adhérent au substrat; crustacé ; squamuleux ou ± foliacé. -thalle secondaire fruticuleux et dressé développé secondairement sur le thalle primaire.</p>	<p><u>THALLE COMPLEXE OU COMPOSITE</u> Exemple: <i>Cladonia fimbriata</i> Deux genres principaux: <i>Cladonia</i>: thalle secondaire =podétions simples ou ramifiés, couverts de squamules ou non <i>Stereocaulon</i>: thalle secondaire = pseudopodétions ramifiés et couverts de squamules</p>
	<p><u>THALLE GELATINEUX</u> Lichens à cyanobactéries ; noirs et cassants à l'état sec; pulpeux-gélatineux à l'état humide. Aspect particulier dû à la cyanobactérie.</p>

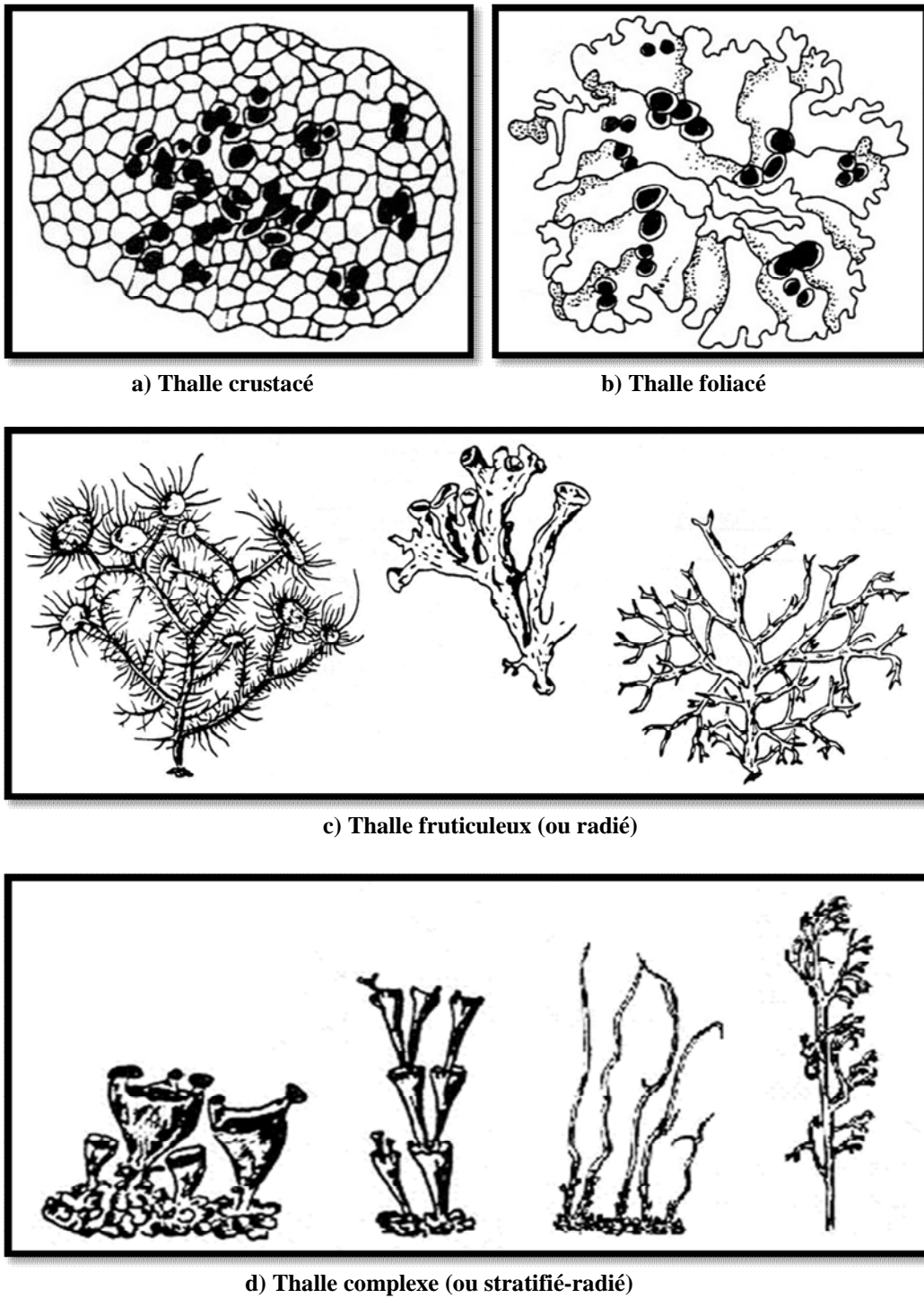


Figure 2 : Les principaux types de thalles
(ACFJ Association pour la Connaissance de la Flore du Jura (8 septembre 2012) : Journée à la découverte des lichens).

I.4. Structure

Le thalle est formé par un réseau de filaments nommés **hyphes** (ils sont comparables au mycélium des champignons). C'est au milieu d'un enchevêtrement de ces filaments que se trouvent les algues.

Au niveau de la partie inférieure du thalle, on observe un nouvel entrelacement de filaments servant à fixer le lichen à un support, ce sont les **rhizines**.

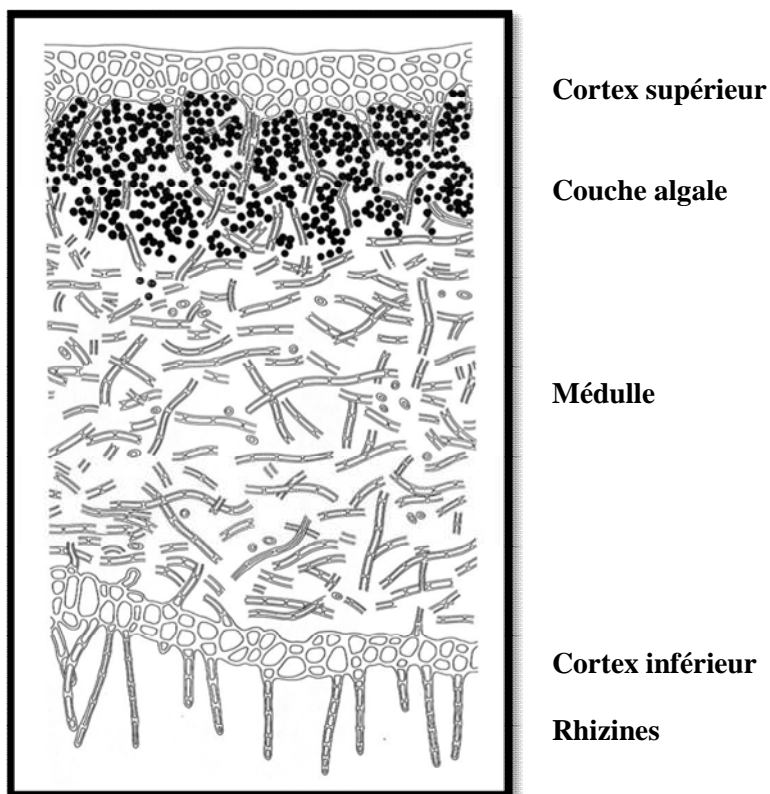


Figure 3 : Coupe morphologique d'un thalle (ACFJ Association pour la Connaissance de la Flore du Jura (8 septembre 2012) : Journée à la découverte des lichens)

Tous les types de thalles présentent une structure très différente, et on peut distinguer deux catégories fondamentales de structures :

A. Structure homéomère (Clauzade et Roux ,1987) :

Homogène (ou presque) dans toute l'épaisseur du thalle, elle existe dans trois groupes de lichens très différents :

- a) Chez divers lichens gélatineux, plus spécialement les *Collema*, dont le thalle est formé d'une masse mucilagineuse incolore ou jaune clair, contenant des chaînes de *Nostoc* et des filaments fongiques.
- b) Chez les lichens lépreux, dont les petits granules pulvérulents sont formés chacun d'un seul hyphes enroulé contenant quelques cellules algales.
- c) Chez quelques genres de lichens, passant facilement inaperçus car très petits, *Spheconisca* et *Veizdaea*, le thalle, crustacé, souvent peu visible, est formé en grande partie de petits granules (1 à 10 µm de diamètre) nommés algocystes (goniocystes), correspondant à un amas d'algues (cyanophycées à cellules munies d'une enveloppe gélatineuse dans *Spheconisca*, Chlorophytes du genre *Leptosira* dans *Veizdaea*) entourés chacun d'une gaine d'hyphes continue ou discontinue.

Le reste du thalle est formé seulement d'hyphes reliant les algocystes (goniocystes) entre eux et aux ascocarpes.

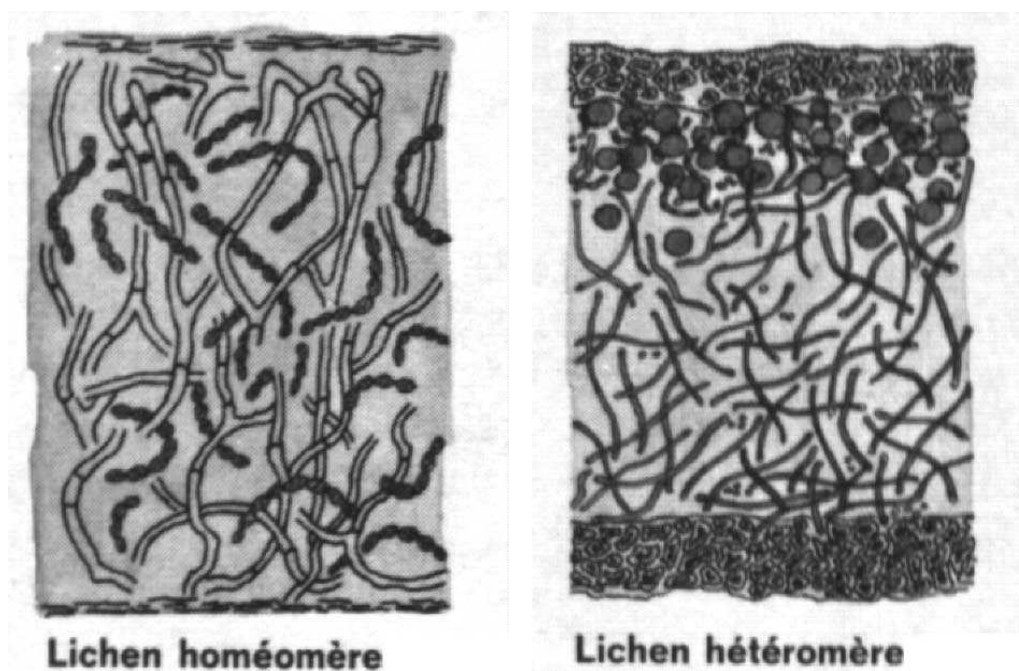


Figure 4: les deux catégories de structures

(<http://lesbeauxjardins.com/cours/botanique/6-lichens/index.htm>)

B. Structure hétéromère (Clauzade G et Roux C.-1987-)

Bien plus fréquente, elle se distingue de la précédente par la différenciation de plusieurs couches superposées, bien visibles sur une coupe transversale

- Cortex supérieur, constitué seulement d'hyphes très denses, formant parfois un faux tissu cellulaire (para- ou proso-plectenchyme).
- Couche algale, formée d'un réseau d'hyphes moins dense, dont les mailles contiennent les algues.
- Médulle, formée seulement d'hyphes en général très lâches, sauf dans la partie axiale du thalle des Usnées, où elles sont au contraire très serrées, parallèles à l'axe du thalle et constituent le cordon axial.

La transition entre structure homéomère et hétéromère est observable dans certains thalles gélatineux, ex : *Leptogium*, dont la structure se distingue de celle de *Collema* par la présence, sur les deux faces ou seulement sur la face supérieure, d'un cortex entièrement cellulaire bien visible sur un simple écrasement d'un fragment de thalle.

I.5. Reproduction des lichens :

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

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

A. La reproduction végétative :

La reproduction végétative se fait par simple fragmentation du thalle : des organes végétatifs se détachent, sont emportés puis s'accroissent. Ces organes végétatifs sont soit des sorédies soit des isidies. (Sérusiaux *et al* (2004)).

✓ **Fragmentation du thalle.**

Il très fréquent que des fragments de thalle soient cassés ou arrachés, à la suite notamment de contraintes mécaniques (arrachement par le vent, piétinement par des animaux, etc.).

✓ **Les sorédies :**

Par les déchirures du thalle, il y a émission de "granules", les sorédies, formées d'un enchevêtrement d'algues et d'hyphes. Ces sorédies forment la soralie dont la couleur est généralement différente de celle du thalle. Légères, elles sont facilement transportées par le vent, la pluie, les insectes et permettent une dissémination de l'espèce.

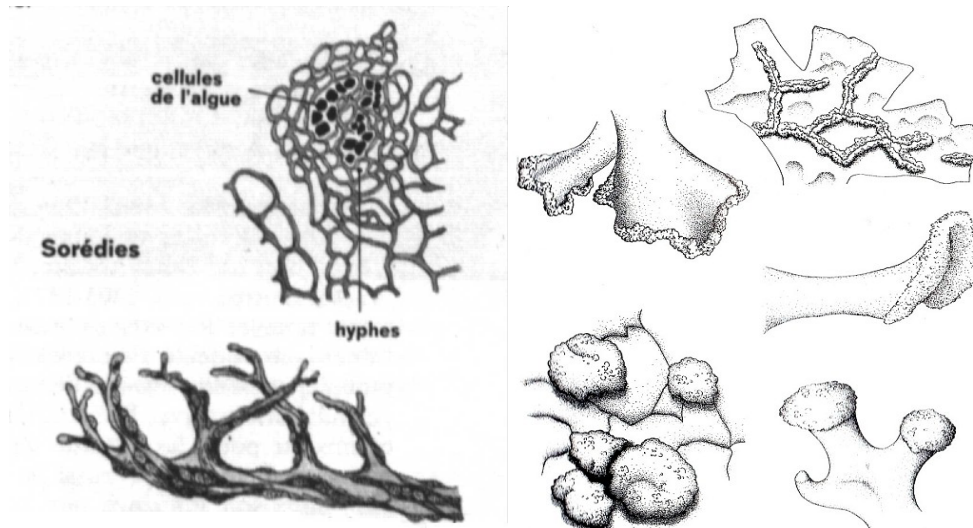


Figure 5: Les différents types de soralies (d'après Kirschbaum et Wirth, 1997).

✓ Les isidies :

Les isidies sont de petites protubérances cortiquées formées à la surface du thalle et qui peuvent s'en détacher. Les deux partenaires sont présents à l'intérieur de telles protubérances. Ces isidies, ne peuvent être transportées loin, elles assurent plutôt une colonisation du substrat.

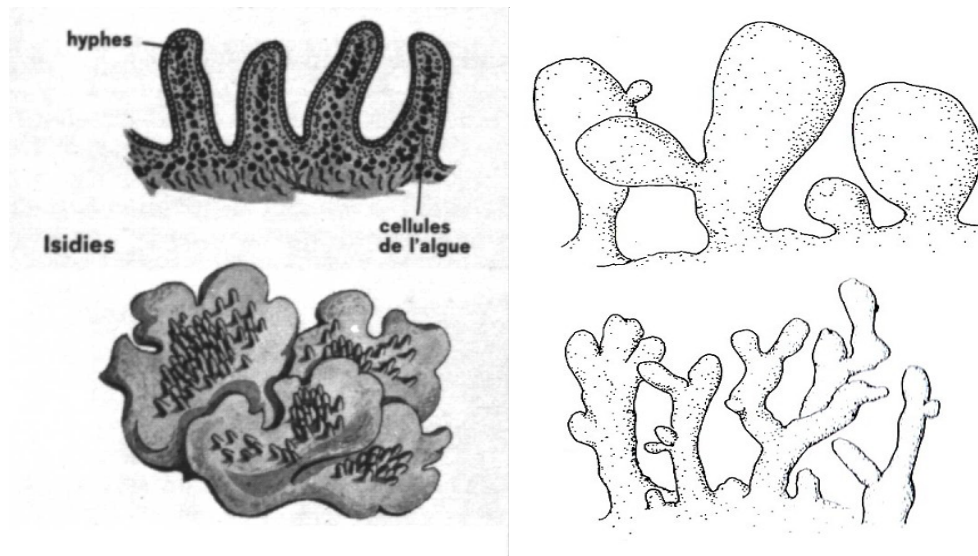


Figure 6: Les isidies (d'après Wirth, 1995).

B. Reproduction sexuée

Deux hyphes fongiques sexuellement différenciées fusionnent et donnent, à la surface du thalle, des structures en forme de boutons (**les apothécies**), ou de coupes plus ou moins fermées (**les périthèces**), dans lesquelles des cellules particulières (les asques) vont élaborer les ascospores, en général 8 spores par asque mais le nombre peut varier.

Après leur libération, ces spores issues d'une reproduction sexuée, germent et donnent des hyphes qui capturent des algues pour pouvoir redonner un nouveau thalle lichénique.

Entre les asques se trouvent des cellules stériles : les paraphyses, dont les extrémités renflées peuvent contenir des pigments responsables de la couleur de l'hyménium. (Sérusiaux *et al.*, 2004)).

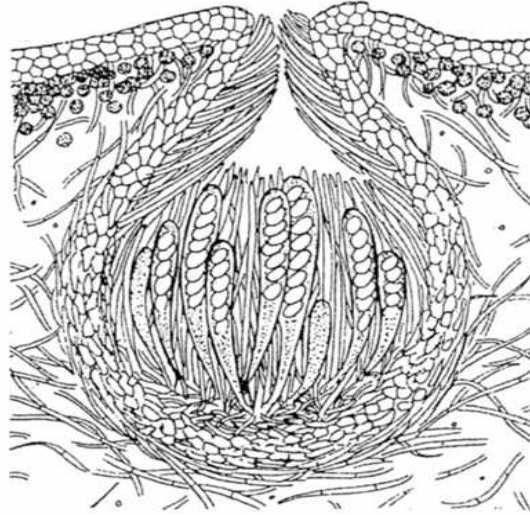


Figure 7: Coupe à travers un périthèce, montrant la paroi, les asques, les paraphyses (entre les asques) et les périphyses (dans l'ostiole) (Sérusiaux *et al.*, 2004)).

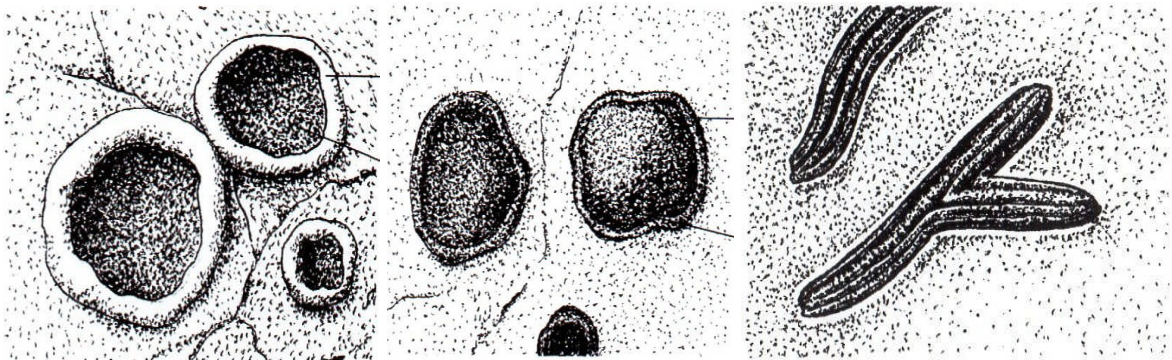


Figure 8 : apothécie contenant des asques (ACFJ. Association pour la Connaissance de la Flore du Jura (8 septembre 2012) : Journée à la découverte des lichens)

C. Reproduction asexuée

Le mycobionte produit, chez de nombreuses espèces, des «spores» sans faire intervenir de processus sexuel évident. Ces spores sont appelées des conidies (ou pycnospores); elles sont produites à l'extrémité d'hyphes de forme et de dimensions variables, appelées les conidiophores; les organes qui les contiennent, généralement de petites outres, enfoncées dans le thalle ou parfois sessiles sur celui-ci, sont appelés des pycnides (Fig. 9). Les conidies sont toujours dispersées seules (c'est-à-dire sans le photo-bionte) et dès lors, pour reconstituer un thalle lichénisé, elles doivent obligatoirement retrouver leur partenaire algal. (Van Haluwyn et Lerond, 1993).

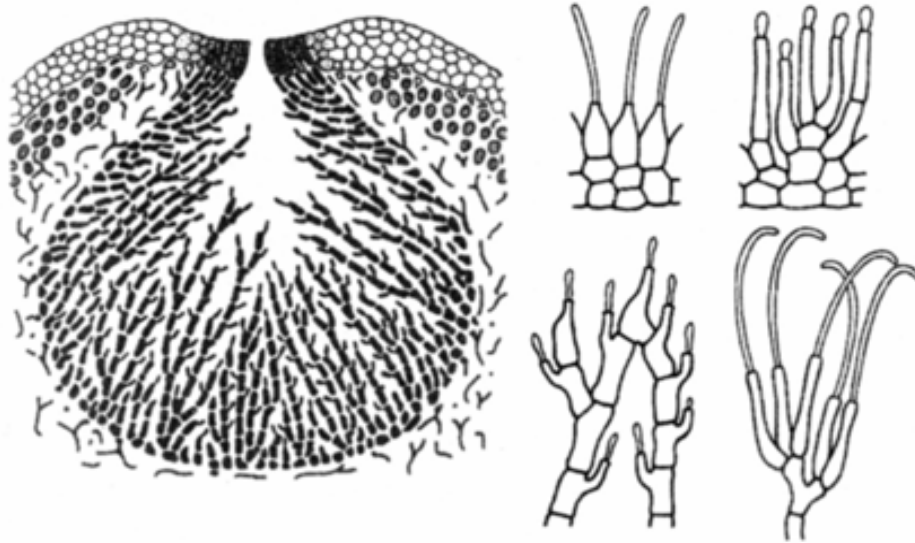


Figure 9 : Coupe à travers une pycnide. Différents types de conidiophores produisant des conidies. (Sérusiaux *et al.*,2004)).

Le thalle peut également comporter d'autres organes :

- ❖ **Poil** : visible à la loupe, il correspond au prolongement libre d'une hyphe du cortex. Parfois nombreux et serrés, les poils constituent un tomentum.
- ❖ **Cil** : formation filiforme, de teinte habituellement sombre, visible à l'œil nu, constituée par les prolongements de plusieurs hyphes accolées ; se trouve généralement sur les bords du thalle. Poils, tomentum et cils sont de nature fongique, ils protègent contre les radiations, limitent l'évapotranspiration, retiennent l'eau, la rosée, l'humidité, ils n'ont aucune fonction assimilatrice.
- ❖ **Rhizine** : organe de fixation des thalles foliacés, simple ou ramifié, formé d'un faisceau d'hyphes soudées et recouvertes d'une gaine gélatineuse facilitant l'adhésion au substrat.

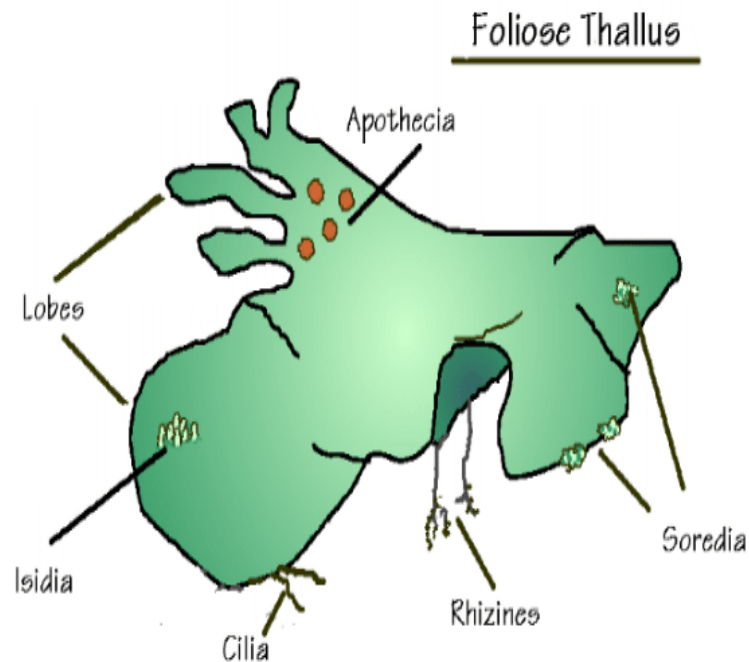


Figure 10 : Reproduction sexuée et asexuée sur un thalle d'ascolichen
(<http://lesbeauxjardins.com/cours/botanique/7-lichens/index.htm>)

I.6. Physiologie des lichens :

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

➤ Physiologie de l'eau :

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

L'absorption de l'eau se produit surtout au niveau des ouvertures dans le cortex ou des structures arachnoïdes quand elles sont externes.

Le stockage se fait dans les méats entre les éléments du thalle ainsi que dans les membranes qui gonflent. Mais c'est surtout au niveau de la zone médullaire que la teneur en eau est la plus forte. Le mécanisme de l'absorption et de la rétention de l'eau est essentiellement dû à des forces physiques ou aux caractères hygroscopiques des substances membranaires.

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

I.7. L'écologie des lichens:

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

➤ Sur les rochers : les lichens saxicoles

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

➤ Sur le sol : les lichens terricoles

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

➤ **Sur les végétaux : les lichens épiphytes**

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

I.8. Rôle et usages des lichens :

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

✓ **Usages Alimentaire**

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

✓ **La bio-indication**

Du fait de leur sensibilité ou de leur capacité d'accumulation de polluants, les lichens sont des indicateurs de pollution utilisés pour la bio surveillance. Ils permettent d'étudier, la chimie et la stabilité des sols, la hauteur moyenne de l'enneigement (certaines espèces ne supportent pas l'humidité permanente due à la couverture nivale), et surtout le degré de pureté de l'atmosphère.

✓ **Usages médicaux**

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

✓ **Usages industriels**

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

I.9. Lichens et pollution :

Les lichens sont très diversifiés et leur sensibilité à divers polluants (ozone, métaux lourds, azote, etc.) est différente en fonction des espèces. Leur inventaire peut fournir une réponse très nuancée aux divers agents polluants se trouvant dans l'air ce qui implique une grande prudence dans l'interprétation des résultats.

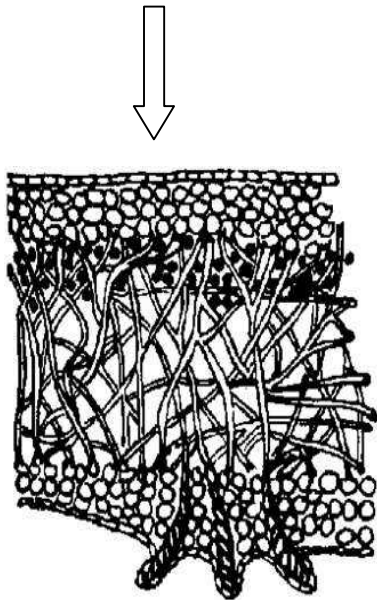
Ils ont un grand pouvoir d'accumulation. Ils accumulent de façon sélective des quantités très importantes de substances prélevées dans l'atmosphère comme le soufre, le plomb, le fluor, les éléments radioactifs, etc. Cette propriété permet de les utiliser comme bio-indicateurs d'une pollution spécifique.

Il est à noter que les espèces crustacées, aux échanges faibles et à la croissance plus lente que les espèces foliacées et fruticuleuses, sont moins affectées par la pollution atmosphérique et résistent mieux à l'environnement industriel et urbain. Ainsi, lors d'une première observation de la flore lichénique d'un environnement, un premier diagnostic de la qualité de l'air peut être avancé en fonction des types de thalles majoritairement présents sur les troncs d'arbres.

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

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

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



En fonction de leur sensibilité les différentes espèces disparaissent progressivement. Des polluants tels les ETM, les HAP, les dioxines s'accumulent au sein des thalles.

Figure 11 : Principaux mécanismes d'entrée des polluants dans les lichens (Journée scientifique bi-académique: Qualité de l'air: de l'échelle locale à l'échelle planétaire. Compréhension – implications (25 janvier 2012), Lille, France.)

Leur activité photosynthétique continue, leur taux de croissance très faible, leur grande longévité et leur productivité très faible font des lichens des espèces particulièrement sensibles utilisées dans la détection des pollutions (pollution acide, fluorée, métaux lourds, radioactivité,...)

Tableau II : les caractéristiques essentielles qui privilégient les lichens par rapport aux autres végétaux. (Déruelle S.,Lallemant R., (1983))

Végétaux	Lichens
l'eau et les sels minéraux sont puisés dans le sol	l'eau et les minéraux proviennent exclusivement de l'air et de l'eau de pluie
Feuilles recouvertes d'une cuticule protectrice et imperméable	Pas de cuticule, contact direct avec l'atmosphère
Pas d'activité hivernale	Actif toute l'année après la pluie
Stomates	Absence de système de régulation
Reproduction par graines protégées d'une enveloppe	Reproduction par des structures aériennes en contact direct avec les polluants de l'air
croissance rapide	croissance lente

B. Dommages physiologique causes par les polluants aux lichens :

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

La surface qu'ils exposent ne présente aucune protection, comme une cuticule cireuse, par exemple, mais au contraire absorbe de manière efficace non seulement les substances gazeuses nécessaires à leur survie (nutriments) mais aussi les polluants, sous forme de poussières ou de gaz qui leur sont associés, sans aucune possibilité de filtrage. De plus, ils vivent plusieurs années, sans renouvellement possible de leurs parties les plus exposées, ce qui aboutit à une concentration parfois considérable de certains polluants. La plupart des lichens, malgré la présence de mécanismes intrus de neutralisation des substances nocives ne peuvent cependant, survivre en atmosphère polluée.

Leur activité métabolique est dépendante principalement du taux d'humidité : elle est optimale par temps humide et froid, et cesse par temps chaud et sec.

C. Modification de la végétation lichénique en réponse aux changements de la pollution atmosphérique (D'après Fiore-Donno, (1996))

On distingue cinq zones de végétation lichénique soit :

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

II-Matériel et méthodes

II. Matériel et méthodes

II.1. Station d'étude

II.1.1 Présentation du site :

La wilaya de Béjaïa est située au Nord-est de l'Algérie, sur le littoral méditerranéen. Elle est limitée par :

- La mer méditerranée au Nord,
- La wilaya de Jijel à L'Est,
- Les wilayas de Sétif et Bordj-Bou-Argeridj au Sud,
- Les wilayas de Tizi Ouzou et Bouira à l'Ouest.

Le Chef lieu de wilaya est située à **220 km** à l'est de la capitale, Alger et s'étend sur une superficie de **3 261 km²**.

Elle est située entre les latitudes de 5°5' 3 E et Les longitude 36°45' 21 N.



Figure 12 : Présentation de la zone d'étude (Google earth).



Figure 13 : Situation géographique de localités étudiées (Google Earth).

II.1.2. Caractéristique du milieu :

II.1.2.1. Le climat :

Le climat de la région de Bejaïa est de type méditerranéen, caractérisé par deux saisons distinctes :

- Une saison relativement douce et humide allant du mois d'octobre à avril, et,
- Une saison chaude coïncidant avec la saison sèche allant de mai à octobre (voir tableau récapitulatif des données climatiques et diagramme ombrothermique).

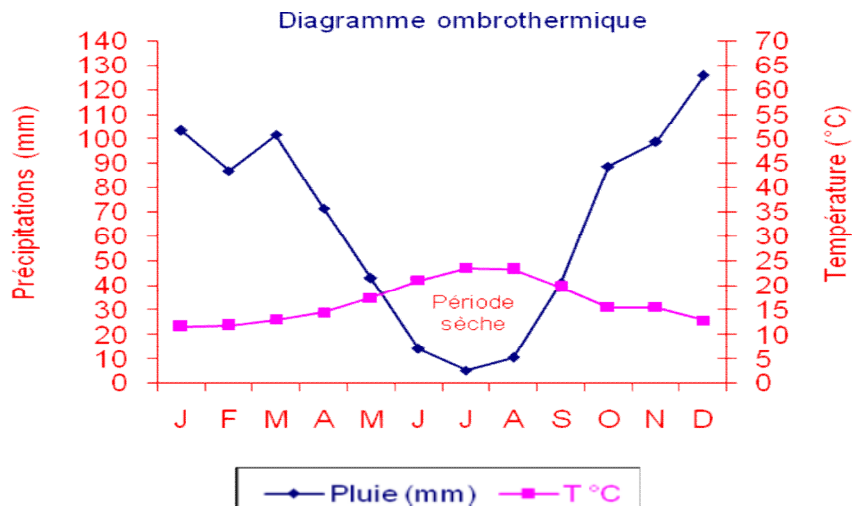
Dans le climagramme d'Emberger, la région de Bejaïa se situe dans l'étage subhumide à hiver doux.

II.1.2.2. Le régime thermique :

Pour le régime thermique durant ces deux dernières décennies, les températures minimales moyennes varient entre 7.3 °C en janvier et 20.3 °C en août. Par contre, les maximas varient entre 16.2 °C en janvier et 27.9 °C en juillet et septembre. La moyenne mensuelle est de 16.7 °C.

II.1.2.3. Le régime pluviométrique :

Les deux dernières décennies sont caractérisées par une moyenne pluviométrique de 791.3 mm. La répartition de ces précipitations est caractérisée par une irrégularité inter-saisonnière et inter-annuelle. La répartition relative est de 28.94 % de septembre à novembre, 39.96 % de décembre à février, 27.30 % de mars à mai et 3.80 % de juin à août



II.1.2.4. Le vent :

Les vents dominants viennent généralement du Nord Ouest (Vents Marins) et s’engouffrent facilement dans la vallée de la Soummam. Les zones de montagne enregistrent fréquemment des gelées en hiver.

II.1.2.5. Les sols : (www.inraa.dz/IMG/doc/bejaia.doc)

On distingue les types de sols suivant selon les trois zones potentielles de la wilaya :

- Des sols sablonneux à sablono-limoneux caractérisent la zone côtière qui s’étend de l’embouchure de l’Oued Soummam à celle de l’Oued Agrioun sur une trentaine de Km environ.
- Des sols limoneux et alluviaux caractérisant la vallée de la Soummam.
- La zone de montagne qui représente 80% de la superficie totale de la Wilaya, soit 261.000 Ha environ, se caractérise par des sols de type silicieux et argilo-calcaire.

Tableau III : Les valeurs mensuelles des précipitations (P) en mm pour la région de Bejaia 2012/2013

Mois	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	oût	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév
P (mm)	74.4	198.5	7.4	95.5	1.0	2.0	333.8	83.6	106.4	57.1	130.8	179.8

II.2.1. Méthode de travail :

Pour déterminer l'état de la qualité de l'air, nous avons employé l'approche floristique qui utilise le lichen dans son intégralité .Parmi les méthodes floristiques nous avons choisi la méthode qualitative basée sur les associations lichéniques, proposée en 1986 par Chantal Van Haluwyn et Michel Lerond.

Tableau IV : Echelle d'estimation de la qualité de l'air de la moitié Nord de la France (D'après Van Haluwyn et Lerond (1986)).

ZONES	NIVEAU DE POLLUTION	LICHENS RECENSES
Zone A	pollution extrêmement forte	<i>Pleurococcus viridis (algue)</i>
Zone B	Pollution très forte	<i>Buellia punctata</i> <i>Lecanora conizaeoides</i>
Zone C	Pollution forte	<i>Lecanora expallens</i> <i>Lepraria incana</i>
Zone D	Pollution assez forte	<i>Diploicia canescens</i> <i>Lecidella elaeochroma</i> <i>Phaeophyscia orbicularis</i> <i>Physcia tenella</i> <i>Xanthoria polycarpa</i>
Zone E	Pollution moyenne	<i>Candelariella xanthostigma</i> <i>Evernia prunastri</i> <i>Hypogymnia physodes</i> <i>Parmelia sulcata</i> <i>Physcia adscendens</i>

		<i>Physconia grisea</i> <i>Pseudevernia furfuracea</i> <i>Xanthoria parietina</i>
Zone F	Pollution faible	<i>Parmelia acetabulum</i> <i>Parmelia caperata</i> <i>Parmelia glabratula</i> <i>Parmelia pastillifera</i> <i>Parmelia soledians</i> <i>Parmelia subaurifera</i> <i>Parmelia subrudecta</i> <i>Parmelia tiliacea</i> <i>Pertusaria amara</i> <i>Pertusaria pertusa</i> <i>Phlyctis argena</i> <i>Ramalina farinacea</i> <i>Ramalina fastigiata</i> <i>Xanthoria candelaria</i>
Zone G	Pollution très faible	<i>Anaptychia ciliaris</i> <i>Parmelia perlata</i> <i>Parmelia reticulata</i> <i>Parmelia revoluta</i> <i>Physcia aipolia</i> <i>Physconia distorta</i> <i>Ramalina fraxinea</i>

II.2.2. Echantillonnage :

Notre échantillonnage à été réalisé au niveau de plusieurs stations de la willaya de Bejaia et ce dans le but d’avoir le maximum de diversité lichénique. Il s’agit de :

- ❖ Localité khelil, Commune Barbacha.
- ❖ Localité Ait Idriss, Commune Taskriout.

II.2.3. Récolte et conservation des lichens :

La récolte des Lichens est relativement aisée, d'abord parce qu'ils sont largement représentés en toutes saisons dans la plupart des milieux naturels, et aussi parce que leur conservation ne présente pas les mêmes difficultés que celle des autres matériaux biologiques. Séchés simplement à l'air, ils se conservent très bien dans toutes leurs parties et peuvent être étudiés beaucoup plus tard, au besoin après réhydratation. Toutefois, il faut prendre des précautions pour éviter qu'ils ne soient brisés ou écorchés.

Plusieurs sorties sur le terrain ont été effectuées au mois de mars et avril.

Les espèces terricoles et muscicoles, les lichens fruticuleux et certains foliacés sont facilement enlevés de leur substrat, éventuellement à l'aide d'un bon canif, ou simplement à la main, en ayant soin de bien enlever la base. Pour les lichens très secs et cassants, il est parfois utile de les humecter avant de les prélever. Toutes les espèces crustacées et bon nombre de foliacées adhèrent fortement à l'écorce ou à la pierre à laquelle elles sont fixées. On a détaché des fragments du substrat avec un instrument adéquat (couteau, marteau et burin).

Sur le terrain, on a utilisé des enveloppes en papier pour assurer la conservation des échantillons jusqu'au moment de leur classement définitif. Si le temps de récolte est pluvieux, on peut se permettre de placer les échantillons dans des sacs en plastique, mais il est alors indispensable, après la récolte, de retirer les échantillons afin de permettre une dessiccation complète.

On n'oubliera pas de consigner sur le terrain toutes les indications habituelles : date, lieu de récolte précis (pays, commune, lieu-dit,) l'altitude, nature géologique de la roche, et toute autre information qui permette de bien appréhender la niche écologique de l'espèce récoltée.

II.2.4. Détermination et identification des lichens :

Plusieurs aspects du lichen sont à prendre en considération comme :

- Le type de thalle qui permet de placer le lichen dans l'un des 7 types morphologiques suivants: lépreux, crustacés, squamuleux, foliacés, fruticuleux, composites ou gélatineux.
- La couleur du thalle qui peut varier du jaune à orangé, vert, vert bleu, brun...
- La forme, la couleur et la localisation des divers organes portés par le thalle qui sont multiples comme les organes non reproducteurs (poils, cils, fibrilles, rhizines, papilles, pseudocyphelles...) ou reproducteurs (soralies, isidies, apothécies ou périthèces).

A. Matériel optique :

- ✓ Sur le terrain, une loupe s'avère nécessaire pour pouvoir distinguer le détail des fructifications et l'observation des petits thalles crustacés quelques fois très peu visibles à l'œil nu.
- ✓ Au laboratoire, une loupe binoculaire est également utilisée pour l'étude :
 - a) Du thalle du point de vue ses caractères macroscopiques du thalle, sa morphologie générale, sa couleur, ses particularités et sa surface (présence éventuelle d'isidies, de soralies...).
 - b) Des fructifications pour distinguer le type d'ascocarpes (apothécie ou périthèce) en plus de tous les autres caractères observables (couleur, forme et dimensions des thalles et les organes associés).

Un appareil photo numérique a été utilisé pour obtenir les photographies données dans ce mémoire.

B. Documentation :

Plusieurs documents (flores, ouvrages, fiches et sites internet) ont appuyé l'identification des échantillons récoltés. Il s'agit essentiellement de : Rebbas *et al* (2011): Inventaire des lichens du Parc national de Gouraya (Béjaïa, Algérie) ; VAN HALUWAYN et LEROND (1993): Guide des lichens ; <http://www2.ac-lille.fr/lichen/.htm>.

III - Résultats et discussions

III. Résultats et discussions :

III.1 Résultats :

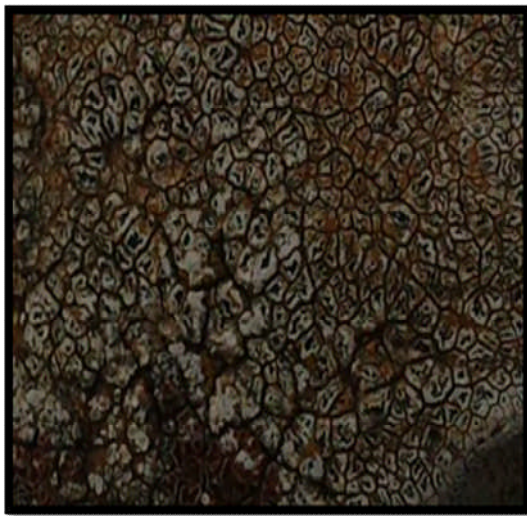
Durant la période allant de mars à avril 2013, une trentaine d'échantillons de lichens ont été analysés. Cette analyse a permis d'identifier 17 espèces différentes appartenant à 8 familles différentes et représentant trois (03) ordres de lichens.

Toutes ces espèces sont décrites et illustrées. Pour chacune d'elles, nous avons cherché à définir son statut écologique après avoir donné son habitat on se basant sur plusieurs documents : Van Haluwayn et Lerond (1993): Guide des lichens ; <http://www2.ac-lille.fr/lichen/.html> ; Roux *et al*, 2007).

1. Ordre: Lecanorales

1.1-Famille Lecanoraceae :

- *Lecanora albescens*



N° 01

Nom : *Lecanora albescens*

Localité: khelil, Barbacha (w)

Béjaia

Lieudit: Ighil larabaa

Substrat: Saxicole sur roche

Date de récolte : 19 mars 2013

Description: Thalle assez épais, compact ou formé de thalles plus petits mais voisins donnant parfois l'impression d'être lobés à la marge, craquelé à aréolé, un peu bombées ou gonflées, blanc de craie, Apothécies nombreuses en groupes compacts sur le thalle, sessiles et saillantes mais parfois un peu immergées dans le thalle, 0,5-1 mm, disque plan, brun-rosé pâle parfois un peu grisâtre-verdâtre, brun clair, céladon par temps très humide, souvent pruneaux de blanc. (<http://www2.ac-lille.fr/lichen/.htm>).

Biotope : Saxicole, sur rochers, blocs, pierres, supports artificiels (murs, tuiles, mortier, béton, bois ouvrage etc.) calcaires ou plus rarement de roches silicatées basiques.

Ecologie : Trouvé principalement aux altitudes faibles. (Roux *et al*, 2007).

- *Lecidella elaeochroma*



N° 2

Nom : *Lecidella elaeochroma*

Localité: khelil ,Barbacha (w)
Béjaia

Lieudit: Ighil larabaa

Substrat: Epiphyte sur figuier

Date de récolte : 24 avril 2013

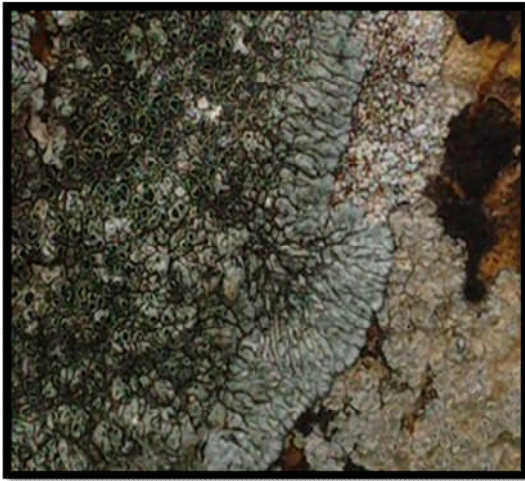
Description : Thalle crustacé régulier, gris ± verdâtre (plus jaunâtre dans les endroits ensoleillés), nettement délimité par une ligne hypothalline noire. (<http://www2.ac-lille.fr/lichen/.htm>).

Biotope : Sur écorce lisse ou peu fissurée de feuillus, parfois sur petites branches, rarement lignicole ou sur conifère. (<http://www2.ac-lille.fr/lichen/.htm>).

Ecologie : Espèce courante assez toxitolérante.

(Roux *et al*, 2007).

- *Lecanora garovaglii*



N° 3

Nom : *Lecanora garovaglii*

Localité: khelil, Barbacha (w)

Béjaia

Lieudit: Ighil larabaa

Substrat: Saxicole sur roche

Date de récolte : 9 avril 2013

Description : Les lobes typiquement a gonflé, sinueux, et le cortex supérieur manque des paquets coniques distincts de hyphe qui diffère principalement par des couleurs de disque et des caractères épi hyménal souvent modifiés par des conditions légères et parasitisme. (<http://www2.ac-lille.fr/lichen/.htm>).

Biotope : Très rare. Saxicole, sur des surfaces horizontales ou inclinées de roches silicatées basiques non ou à peine calcaires, calcifuge ou minime calcicole (Roux *et al*, 2007).

Ecologie : Trouvé principalement aux altitudes intermédiaires et aux montagnes (Roux *et al*, 2007).

- Lecanora pulicaris

N° 4

Nom : *Lecanora pulicaris***Localité:** khelil, Barbacha (w)

Béjaia

Lieudit: Ighil larabaa**Substrat:** épiphyte sur figuier**Date de récolte :** 11 mars 2013

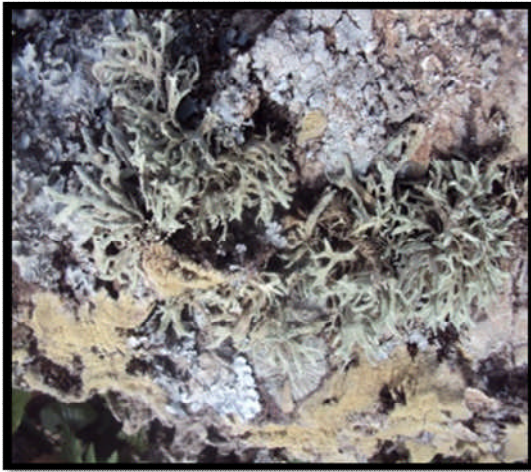
Description : Les disques apothecial sont brun- rougeâtre pour noircir ; ils s'étendent dans la taille de 0.3 millimètre à 1.5 millimètre. La jante apothecial est complète ou parfois grumeleux. Le thalle prendra un modèle de croissance circulaire si sans difficulté, atteignant un diamètre typique de 4 cm. La zone centrale du thalle est grumeleuse avec un aspect de fou-pavage. Le prothalle s'étend en couleurs de blanc à bleu-foncé. (Van Haluwayn et Lerond, 1993).

Biotope: Retrouvé sur un arbre de hêtre, habituellement possible pour le trouver sur l'écorce et le bois des arbres à feuilles caduques et conifères, particulièrement dans les nœuds entre les branches, alors que ceci était trouvé sur le tronc même. Également trouvé sur des brindilles. (Van Haluwayn et Lerond, 1993).

Ecologie : Espèce des régions plus tempérées, mais il pousse aussi dans les montagnes. (Roux *et al*, 2007).

1.2-Famille : Parmeliaceae

- *Evernia prunastri*



N° 05

Nom : *Evernia prunastri*

Localité: Ait-Idriss, Taskriout (w)

Béjaia

Lieudit: Tighzart

Substrat: Epiphyte sur chêne liège

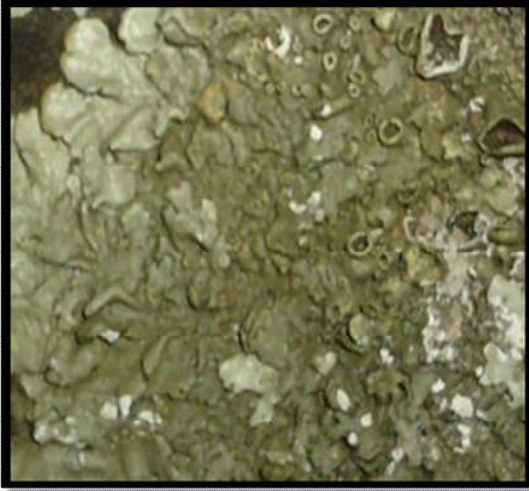
Date de récolte : 13 avril 2013

Description : De 3 à 10 cm de hauteur, de type arbustif formant des rameaux en lanières, cette espèce bicolore présente une face supérieure de couleur gris verdâtre à vert et une face inférieure grisâtre à blanchâtre - le bord des lobes est souvent garni de soralies. (<http://www2.ac-lille.fr/lichen/.htm>).

Biotopes : Principalement sur les arbres et arbustes tels frênes, chênes et saules mais aussi sur les pins, plus rarement sur les rochers. (<http://www2.ac-lille.fr/lichen/.htm>)

Ecologie : N'adhérant sur le substrat que par une petite surface il s'en détache facilement, raison pour laquelle on le trouve souvent sur le sol. Sensible à la pollution atmosphérique, ce lichen courant et généralement abondant se présente souvent sous des formes rabougries ou de petite taille. (Roux *et al*, 2007).

- *Parmelia conspersa*



N° 06

Nom : *Parmelia conspersa*

Localité: Ait-Idriss, Taskriout (w)
Béjaia

Lieudit: Tighzart

Substrat: Saxicole sur roche

Date de récolte : 10 mars 2013

Description : Lichen foliacé son thalle dont le diamètre peut atteindre 12 cm est de couleur gris-brun avec parfois une teinte plus claire aux bords. (Van Haluwayn et Lerond 1993).

Biotope : Saxicole, fréquent sur rocher siliceux, sur des blocs de granite.

Ecologie : Trouvé principalement aux altitudes intermédiaires et aux montagnes. (Roux *et al*, 2007).

- *Parmelia saxatilis***N° 07****Nom :** *Parmelia saxatilis***Localité:** Ait-Idriss, Taskriout w Béjaia**Lieudit:** Agouf**Substrat:** Saxicole sur roche**Date de récolte :** 13 mars 2013

Description : Thalle foliacé gris-bleu ± foncé (presque noir dans les zones très ensoleillées), très adhérent au substrat, à lobes de 3 mm de large ± coupés en carré et brunis à l'extrémité, se chevauchant les uns les autres et portant un réseau de pseudocyphelles bien visible. Pas de soralies mais des isidies très nombreuses, concolores au thalle, un peu brunies à l'extrémité, de formes diverses (verruciformes, allongées, ramifiées ou non), confluentes vers le centre du thalle. Face inférieure noire, plus claire vers le bord. (<http://www2.ac-lille.fr/lichen/.htm>)

Biotope : Saxicole (sur rochers non calcaires), corticole (sur feuillus et conifères). (<http://www2.ac-lille.fr/lichen/.htm>).

Ecologie : De l'étage thermo méditerranéen supérieur à l'étage alpin. (Roux *et al.*, 2007).

-Vulpicida pinastri



N° 08

Nom : *Vulpicida pinastri*

Localité: khelil, Barbacha (w) Béjaia

Lieudit: Takliat

Substrat: Epiphyte sur figuier

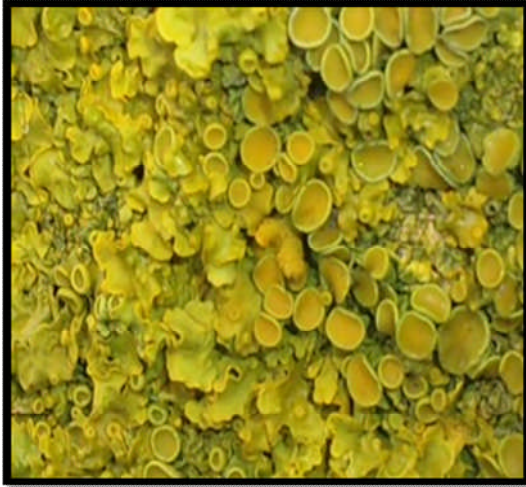
Date de récolte : 20 Avril 2013

Description : Petit lichen foliacé formant des rosettes jaune verdâtre à jaune vif; lobes principalement de 1,5-5 mm de large dont les bords sont parfois finement séparés ou volantes, se dissolvant en sorédies farineuses d'un jaune brillant; médulle jaune vif; surface inférieure jaune pâle à presque blanche; rhizines presque absentes à plutôt abondantes, brun pâle à foncé. Apothécies non communes. (Van Haluwayn et Lerond ,1993).

Biotope : Sur l'écorce, le bois et les roches. (Van Haluwayn et Lerond ,1993).

Ecologie : Dans les sites ouverts et ombragés.
(Roux *et al*, 2007).

- *Xanthoria parietina*



N° 09

Nom : *Xanthoria parietina*

Localité: khelil, Barbacha (w) Béjaia

Lieudit: Takliat

Substrat: Epiphyte sur figuier

Date de récolte : 20 avril 2013

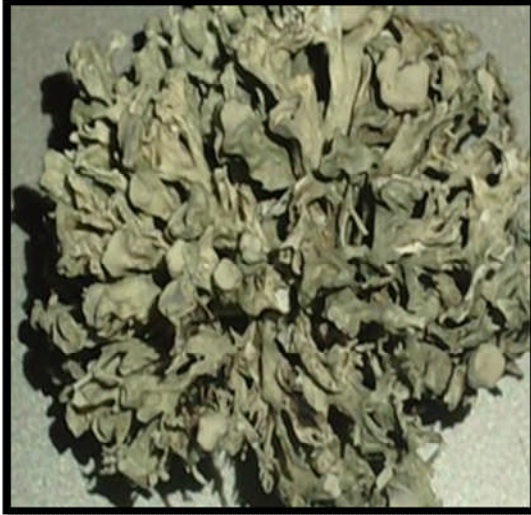
Description : De 5 à 10 cm de diamètre ou plus, thalle foliacé étalé sur le substrat souvent en colonies confluentes, de couleur jaune pâle, jaune verdâtre à l'ombre à jaune orangé en plein soleil, recouvert de nombreuses fructifications en forme de coupe plus ou moins évasées de même couleur ou plus orangées et à marge plus pâle. ([Http://www.acfj.asso.cc-pays-de-gex.fr](http://www.acfj.asso.cc-pays-de-gex.fr)).

Biotopes : Sur les rochers bien exposés que sur le bois et l'écorce des arbres vivants ou morts, appréciant également les sols enrichis en azote. ([Http://www.acfj.asso.cc-pays-de-gex.fr](http://www.acfj.asso.cc-pays-de-gex.fr)).

Ecologie : Cette espèce de grande dimension est très courante et couvre parfois des surfaces assez importantes sur les rochers ; pollution moyenne. (Roux *et al*, 2007).

1.3- Famille : Ramalinaceae

- *Ramalina fastigiata*



N° 10

Nom : *Ramalina fastigiata*

Localité : Ait-Idriss, Taskriout (w)

Béjaia

Lieudit: Agouf

Substrat : Epiphyte sur chêne liège

Date de récolte : 18 mars 2013

Description : Thalle fruticuleux à ramifications aplaties, courtes, vertes sur les deux faces, formant des touffes toujours dressées. Présence d'apothécies toutes au même niveau à l'extrémité des ramifications.

(<http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/svt/ressour/rescien/Lichens>).

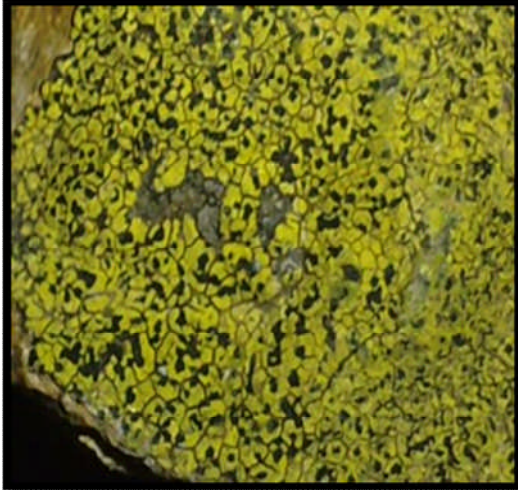
Biotope: Corticole, sur arbres à écorce enrichie des bords de routes, des parcs, dans des endroits bien ventés, très rare sur roche. Espèce fréquente. (<http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/svt/ressour/rescien/Lichens>).

Ecologie : Espèce indiquant une pollution faible.

(Roux *et al*, 2007).

1.4- Famille : Rhizocarpaceae

- *Rhizocarpon geographicum*



N° 11

Nom : *Rhizocarpon geographicum*

Localité: Ait-Idriss, Taskriout (w)

Béjaia

Lieu dit: Agouf

Substrat: Saxicole sur roche

Date de récolte : 13 avril 2013

Description : Thalle en petites taches jaunes à vert brillant dispersées sur un fond noir qui entoure l'ensemble du thalle. Apothécies visible sur le fond noir entre les taches colorées. (<http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/svt/ressourc/rescien/Lichens>)

Habitat : Sur la roche siliceuse; son allure caractéristique lui vaut son nom de lichen géographique. (<http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/svt/ressourc/rescien/Lichens>)

Ecologie : Trouvé principalement aux altitudes intermédiaires et aux montagnes. (Roux *et al*2007).

2. Ordre : Pertusariales

2.1- Famille : Megasporaceae

- *Aspicilia calcarea*



N° 12

Nom : *Aspicilia calcarea*

Localité: khelil, Barbacha (w) Béjaia

Lieudit: Ighil larabaa

Substrat: Saxicole sur roche

Date de récolte : 26 avril 2013

Description : Thalle crustacé et étalé en plaque circulaire pouvant atteindre jusqu'à 30 cm de diamètre, peu saillant au-dessus de la roche, blanc crayeux à gris blanchâtre, formant des taches ± orbiculaires, lisse, divisé en aréoles souvent disposées un peu radialement surtout à la périphérie du thalle, souvent délimité par un hypothalle gris ± foncé.

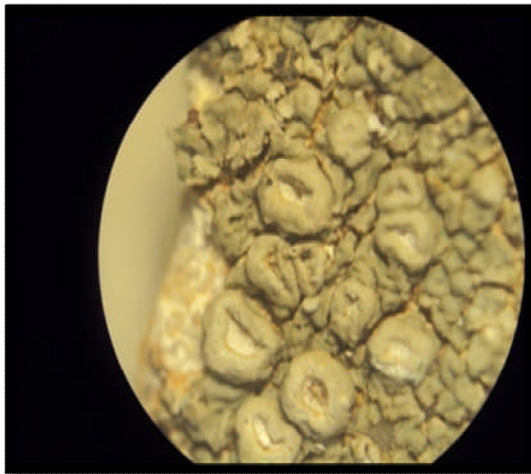
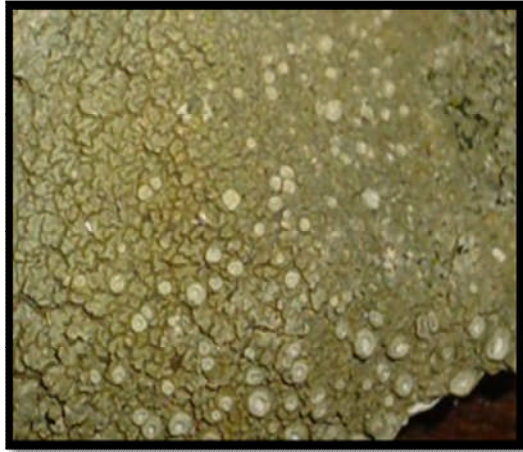
([Http://www.acfj.asso.cc-pays-de-gex.fr](http://www.acfj.asso.cc-pays-de-gex.fr)).

Biotope : Saxicole, sur roches et blocs ± calcaires exposés, parfois sur pierres au niveau du sol. ([Http://www.acfj.asso.cc-pays-de-gex.fr](http://www.acfj.asso.cc-pays-de-gex.fr)).

Ecologie : Trouvé principalement aux altitudes intermédiaires et aux montagnes. (Roux *et al*, 2007).

2.2- Famille : Ochrolechiaceae

- *Ochrolechia parella*



N° 13

Nom : *Ochrolechia parella*

Localité: Ait-Idriss, Taskriout (w)

Béjaia

Lieu dit: Agouf

Substrat: Saxicole sur roche

Date de récolte : 18 mars 2013

Description : Thalle crustacé épais, lisse à granulo-verruqueux, ± orbiculaire, jusqu'à 20 cm de diamètre gris à gris chamois, avec un prothalle blanchâtre souvent remarquable et zoné à la périphérie. Il n'y a pas de soralies mais parfois le thalle est infecté par *Dactylosporoparellaria* qui donne des soralies blanches bien limitées. (<http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/svt/ressour/rescien/Lichens>).

Biotope : Très commun sur roches siliceuses dures et lisses, sur murs, constructions en briques, occasionnellement sur arbres.

(<http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/svt/ressour/rescien/Lichens>).

Ecologie : Espèce à grande amplitude écologique. (Roux *et al* 2007).

3. Ordre : Teloschistales

3.1- Famille : Physciaceae

- *Buellia punctata*



N° 14

Nom : *Buellia punctata*

Localité: khelil , Barbacha (w) Bejaia

Lieudit: Ighil larabaa

Substrat: Saxicole sur roche

Date de récolte : 23 mars 2013

Description : Thalle crustacé ± granuleux, gris-vert, souvent difficile à voir, couvert d'une multitude d'apothécies noires, globuleuses, de 0,3 à 0,6 mm de diamètre, plus ou moins dispersées. (<http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/svt/ressourc/rescien/Lichens>).

Biotope : Saxicole, sur rochers et blocs de roches silicatées.

Ecologie : Espèces indiquant une pollution très forte. (Roux *et al* 2007).

- *Dimelaena oreina*



N° 15

Nom : *Dimelaena oreina*

Localité : khelil ,Barbacha (w) Béjaia

Lieudit : Ighil larabaa

Substrat : Saxicole sur roche

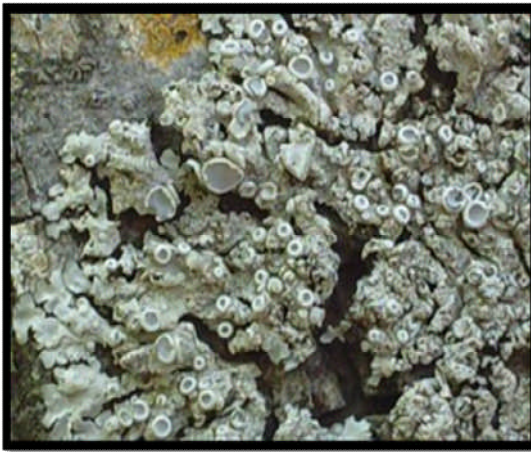
Date de récolte : 7 mars 2013

Description : Thalle crustacé, épi lithique, lobé au pourtour, fendillé-aréolé, un peu verruqueux vers le centre, de blanc jaunâtre jusqu'à jaune-vert, à lobes périphériques plans ou peu convexes, sans soralies, sans isidies, exceptionnellement pruneux. (Van Haluwayn et Lerond , 1993).

Biotope : espèce saxicole, calcifuge, nitrophile, héliophile. (Van Haluwayn et Lerond , 1993).

Ecologie : Surtout sur les escarpements de roches très cohérentes aux montagnes. (Roux *et al*,2007).

- *Physcia adscendens*



N° 16

Nom : *Physcia adscendens*

Localité : khelil ,Barbacha (w)

Béjaia

Lieudit : Ighil Larbaa

Substrat : Epiphyte sur figuier

Date de récolte : 26 mars 2013

Description : Thalle foliacé gris-bleu ± nuancé de verdâtre, découpé en lobes étroits (1 mm de largeur), portant des cils marginaux plus sombres. Extrémité des lobes ± élargies et recourbées en forme de capuchon (lobe cuculle) dont l'intérieur contient les soralies. (Van Haluwayn et Lerond ,1993).

Biotope: Espèce très courante sur écorce (corticole), rarement lignicole, parfois présente sur roches calcaires (béton, pierres tombales...). (Van Haluwayn et Lerond ,1993).

Ecologie : Dans des endroits ensoleillés ou légèrement ombragés. Sa présence indique une pollution moyenne. (Roux *et al* 2007).

3.2. Famille : Teloschistaceae

- *Caloplaca erythrocarpa*



N° 17

Nom : *Caloplaca erythrocarpa*

Localité: Khelil , Barbacha (w)

Béjaia

Lieudit: Takliat

Substrat: Saxicole sur roche

Date de récolte : 19 mars 2013

Description : Thalle crustacé, fendillé-aréolé, crayeux mais non pulvérulent, bien délimité, presque lobé au pourtour, souvent en rosette, de couleur blanche.

. (<http://www2.ac-lille.fr/lichen/.htm>).

Biotope : Saxicole, calcicole, hémi nitrophile, plutôt sur roches dures. (<http://www2.ac-lille.fr/lichen/.htm>).

Ecologie : Régions suffisamment chaudes, surtout dans la région méditerranéenne. On le trouve souvent associé à *Aspicilia calcarea*, dans des biotopes bien exposés au soleil et mouillés par les pluies. (Roux *et al*, 2007).

L'étude que nous avons menée vise à inventorier et identifier la flore lichénique de plusieurs localités de la wilaya de Bejaia.

Cette étude, nous a permis d'inventorier et identifier 17 espèces différentes qui se distribuent en 8 Familles systématiques dont les plus dominantes sont respectivement les Parmeliaceae, les Lecanoraceae et Physciaceae et 3 Ordres où les Lecanorales sont les plus représentés. La répartition des lichens par nature de substrat, montre la dominance des espèces saxicoles avec 10 espèces. Les types physiologiques sont représentés avec une nette dominance des thalles crustacés qui constituent à eux seuls 10 espèces de la flore lichénique recensée dans le présent travail. Les catégories les moins représentées étant les espèces fruticuleuses, avec uniquement 2 espèces de l'ensemble des espèces inventoriées.

III.2. Discussions

Cette liste de 17 espèces lichéniques constitue l'un des rares inventaires réalisés sur ces plantes et dans la région de Béjaïa.

L'analyse de la répartition qualitative de ces lichens au niveau de la région de Béjaïa montre que :

L'espèce *Xanthoria parietina* est l'espèce la plus fréquemment rencontrée (elle se retrouve quasiment dans les deux localités prospectées) suivie par *Physcia adscendens* et *Evernia prunastri*.

L'espèce *Buellia punctata*, qui résiste à un taux de pollution élevé, et présente de grande surface d'adsorption des polluants (Rebbas, 2011), a été échantillonnée et souvent signalée devant une décharge. Cette espèce reflète la qualité de l'air de ce milieu. Nous avons également remarqué la raréfaction de la flore lichénique à côté de ces décharges. Leur diversité augmente cependant en s'éloignant des zones urbaines. Les plus sensibles disparaissent totalement de certains milieux pour ne laisser place qu'aux espèces plus ou moins résistantes. Mais la survie de ces dernières face à de telles conditions contraignantes suggèrent qu'elles possèdent des mécanismes qui leur permettent de s'adapter, de résister et d'éviter les effets de ces conditions.

Les espèces que nous avons observées au cours de nos relevés se répartissent également en fonction d'autres conditions environnementales comme les caractéristiques des substrats et les conditions climatiques. En effet, la plupart des espèces ont été échantillonnées sur les roches ensoleillées.

Comme ces lichens sont très souvent utilisés dans l'estimation de la qualité de l'air, nous avons tenté de se baser dessus pour évaluer la qualité de l'environnement dans lequel ils ont été échantillonnés. Nous tenons à rappeler que l'absence de données et le manque de temps pour la réalisation de cette étude ne nous a pas permis de faire une étude quantitative.

D'après Van Haluwyn Ch et Lerond M (1986) et en se basant sur les lichens de Béjaïa (Rebbas, 2011 ; Djeddi et Hassani.2013), nous avons établi le tableau suivant sur lequel nous remarquons que les espèces lichéniques sont réparties selon un gradient de pollution. Ce gradient est théoriquement défini par la réduction du nombre d'espèces (Tab v). Sur ce tableau, les espèces en gras sont celles recensées dans le cadre du présent travail et celles

inventoriés par Rebbas ; les autres sont celles trouvées dans différents ouvrages (Van Haluwyn Ch et Lerond M (1986).

Tableau V : Répartition de la flore lichénique de Bejaia selon le gradient de la pollution.

Niveau de pollution	Lichens recensés
Pollution très forte	<i>Buellia punctata</i> <i>Lecanora conizaeoides</i>
Pollution assez forte	<i>Diploicia canescens</i> <i>Lecidella elaeochroma</i> <i>Phaeophyscia orbicularis</i> <i>Physcia tenella</i> <i>Xanthoria polycarpa</i>
Pollution moyenne	<i>Candelariella xanthostigma</i> <i>Evernia prunastri</i> <i>Hypogymnia physodes</i> <i>Parmelia sulcata</i> <i>Physcia adscendens</i> <i>Physconia grisea</i> <i>Pseudevernia furfuracea</i> <i>Xanthoria parietina</i>

A partir de ce tableau, les espèces recensées se situent dans les niveaux de pollution. Nous remarquons que le niveau de pollution moyenne contient le plus grand nombre d'espèces. Ces informations sont très importantes mais demandent à être approfondies par des études ultérieures.

Il est important de noter que les méthodes utilisant des bioindicateurs possèdent un bon nombre d'avantages. En effet, la détection de la pollution de l'air à l'aide de la bio indication est beaucoup moins coûteuse qu'avec les stations des mesures ; le prix élevé des stations rend la cartographie de la pollution sur de grandes surfaces presque impossible. De plus, les lichens nous donnent l'image de la pollution globale et non pas de quelques polluants bien déterminés.

En plus des 17 espèces que nous avons exposées plus haut, nous avons observé 19 autres que nous n'avons pas encore identifiées (Annexe).

Conclusion générale

Conclusion générale :

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

REBBAS *et al*, (2011) ; AIT HAMMOU M *et al* (2011) ; ALIOUA.A et TAHAR. A (2010) ; MAIZI *et al*, (2010).

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

Cette étude a permis de répertorier 17 espèces réparties en 3 Ordres et 8 Familles .Cette liste aurait pu être plus longue cependant sur une période de 4 mois, il est difficile de couvrir une grande superficie d'échantillonnage. Des prospections futures sont nécessaires pour enrichir cet inventaire des lichens de Béjaïa.

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

Notre étude a essayé de contribuer à l'étude de la pollution atmosphérique de deux localités de la région de Béjaïa (Khelil et Ait Idriss) en utilisant la flore lichénique comme bioindicatrice.

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

References bibliographiques

Références bibliographiques

A

Alioua A, Maizi N, Semadi F, Tahar A and Kahoul M, (2008): Détection et Etude de la Pollution Mercurielle a L'aide des Bioindicateurs Dans la Région de Azzaba (Algerie Orientale), pp.187-196.

Association pour la Surveillance et l'Etude de la Pollution Atmosphérique en Alsace(2001): Etude diagnostique sur l'évaluation de la pollution par les particules fines et leurs constituants, intégrant les méthodes de bio-indication et de bio-accumulation en Alsace ; Convention n°2001.2.57.8005 du 09.10.2001, 91p.

Atmo Picardie (Association pour la Surveillance de la Qualité de l'Air en Picardie) : Synthèse/Surveillance de la qualité de l'air - Mise en place d'un suivi longue durée par les bio indicateurs / lichens – Année 2004 à 2007, 10 p.

Ait Hammoum M, Hadjadj Aoul S, Miaran. D. et Zerrouki D. (2011), Aspects Taxonomiques des lichens du Pin d'Alep (*Pinus Haiepensis*) et du Cyprès (*Cupressus sempervirens*) de la forêt de Guezoul (Tiaret), Revue d'Ecologie et Environnement n° 07: pp 15-26.

ACFJ. Association pour la Connaissance de la Flore du Jura (8 septembre 2012) : Journée à la découverte des lichens. [Http://www.acfj.asso.cc-pays-de-gex.fr/](http://www.acfj.asso.cc-pays-de-gex.fr/)

B

Boutabia L., (2000) : Dynamique de la flore lichénique corticole sur *Quercus suber* L. au niveau du Parc national d'El Kala. Thèse de magister, Université d'Annaba (Algérie), 150 p.

Boumedris Z.D., Serradj Ali Ahmed M., Slimani A. et Djebbar J R.: Utilisation de la bioindication lichénique dans l'estimation de la pollution atmosphérique dans la région Est d'Annaba (Calcul d'I.P.A), Colloque International sur la Biosurveillance des Ecosystèmes, Université Ibn Khaldoun de Tiaret, Algerie : 11 et 12 Mars 2012, 34 p.

Benard A., Durif M., Vandamme L.,(2004):Utilisation d'une technique de biosurveillance pour évaluer les retombées des métaux lourds cas d'un site de seconde Fusion du plomb, INRIS –DRC-04-55891-Aire-n°0565-MDu /LVa (rapport final),61 p.

Blahá J., Baloch E.,Grube M. (2006): High photobiont diversity associated with the euryoecious lichen-forming ascomycete *Lecanorarpicola* (Lecanoraceae, Ascomycota), Biological Journal of the Linnean Society 88: 283–293.

Bricaud O., et Bauvet C. (2006): Aperçu de la végétation lichénique du bois de Paiolive (Ardèche), Rapport final Association française de lichénologie. 48 p.

Boulangier M., (2009): Projet pédagogique sur le thème de l'évaluation de la pollution atmosphérique à l'aide de lichens épiphytes mené avec des élèves d'enseignement secondaire, Air Pur -N°77-2009, pp 11-18.

Bricaud O., (2010): Les lichens des forêts de la région méditerranéenne française et leur relation avec la continuité écologique des boisements. Rapport WWF, Marseille, 118 p.

C

Clauzade G. et Rondon Y., (1959): Aperçu sur la végétation lichénique alpine dans la région de Lautaret et du Galibier, travaux de la station alpine de Lautaret, extrait de la revue biologique et lichénologique n°T.XXVIII, Fasc 3-4 ; pp 361 -399.

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

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

Coubes L., (2008): La flore lichénique de Toulouse selon les travaux de J.P. VINCENT, Université Paul Sabatier Toulouse, Isatis N°8, pp178-184.

Coste C., (2011): Écologie et fonctionnement des communautés lichéniques saxicoles-hydrophiles, Thèse de doctorat d'Écologie. , Université Toulouse, 132 p.

Collombet C., (1989) : Lichen d'Islande et lichen Pulmonaire, Thèse de doctorat en pharmacie, Université Joseph FOURIER GRENOBLE I, 115 p.

Grube, M. and D. L. Hawksworth (2007): Trouble with lichen: the re-evaluation and reinterpretation of thallus form and fruit body types in the molecular era. Mycological Research 111(9), pp1116-1132.

D

Daillant O., (2003) : Lichens et accumulation des métaux lourds. Bulletin de l'AFL (Association Française de Lichénologie).13 p.

Déruelle S., Lallemand R., (1983): Les lichens témoins de la pollution, Université biologique, 108p.

De Vries B., De Vries I. (2006): know your prairie lichens of Saskatchewan. Canada, Conservation Data Centre - Resource Stewardship Branch Saskatchewan Environment, 18p.

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

F, J

Fredon F., Letrouit-Galinou M.A. et Avnaim M., (1993) : Recolonisation par les lichens des Arbres de Paris, Bull.Inform.Ass.Fr.Lich., Mémoires No2, Paris, pp 43-59.

Fiore-Donno A.M., (1996): Les lichens épiphytes comme bioindicateurs de la pollution atmosphérique dans la région Genevevoise, université de Genève, 105 p.

Friardi I., (2012): Phytochimie des lichens du genre *Stereocaulon*: Etude particulière de *S. halei* Lamb et *S. montagneanum* Lamb, deux lichens récoltés en Indonésie. Thèse de Doctorat en Chimie, Université de Rennes1, Faculté de Pharmacie, 284 p.

Journée scientifique bi-académique (25 janvier 2012): Qualité de l'air: de l'échelle locale à l'échelle planétaire. Compréhension – implications, Lille, France .

K, L, M

KIRSCHBAUM et WIRTH, 1997. Les lichens bio-indicateurs, les reconnaître, évaluer la qualité de l'air. Les Editions Eugen Ulmer, Paris, 128 p.

Larson D., W., (1987): The absorption and release of water by lichens, bibl. Lichénol 25, pp 351-360.

Maizi N., Alioua A., Tahar A., Semadi F., Fadel D., (2010): Utilisation des végétaux inférieurs comme bio indicateurs de la pollution plombique d'origine automobile dans la région d'Annaba (Algérie), J. Mater. Environ. Sci. 1 (4), pp 251-266.

R, S, T

Ramdani M. et Lograda T. Thème I: Biosurveillance de la qualité de l'air Colloque International sur la Biosurveillance des Ecosystèmes, Université Ibn Khaldoun de Tiaret, Algerie : 11 et 12 Mars 2012, 34 p.

Rebbas K., Boutabia L., Touazi Y., Gharzouli R., Djellouli Y. et Alatou D. (2011) : Inventaire des lichens du Parc national de Gouraya (Béjaïa, Algérie) Phytothérapie, vol. 9, N° 4, pp. 225-233.

Rieux R., Ritschel G et Roux C., (1977): Etude écologique et phytosociologique du *Crassuletum tillaeae* Molinier et Tallon 1949. Revue Biologique .Ecologica .Méditerrané , Tome IV, n°3, pp 117-143.

Roux C., Bricaud O. et Tranchida F., (2001): Importance des lichens et champignons lichénicoles dans la richesse spécifique et la gestion de la réserve de Chambord. Bull. Soc. linn. Provence, 52 : 161-183.

Roux C., Coste C., Bricaud O. et Masson D., (2007): Lichens et champignons lichénicoles du massif de l'Aigoual (France), Bull. Soc. linn. Provence, t. 58, pp 103-125.

Roux C., et Rosines PN., (2011) : Trimmatothelopsis (Acarosporaceae, Ascomycota lichenisati), le nom légitime de Silobia , Bull. Soc. linn. Provence, t. 62, pp 167- 187

Roux C., (2012): Liste des lichens et champignons lichénicoles de France, Bull. Soc. linn. Provence, n° spécial 16, 220 p.

Sérusiaux E., Diederich P. et Lambinon J., (2004): Les macrolichens de Belgique du Luxembourg et de nord de la France, Ferrantia 40, 192 p.

Souchon C., (1971): Les lichens. Presses Universitaires de France, 125p.

Tievaux P., (2001) : Guide des lichens : 350 espèces de lichens d'Europe. Édition Délachaux et Nestlé, Paris, 304 p.

V, W

Van Haluwyn Ch. et Lerond M., (1986): Les lichens et la qualité de l'air. Evaluation méthodologique et limites. Rapport final du Ministère de l'Environnement [S.R.E.T.I.E], 213 p.

Van Haluwyn Ch. et Lerond M., (1993) : Guide des lichens. Ed. Lechevalier, Paris, 344p.

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

Vust M., Truong C. et Mermilliod J.-C., (2009): Lichens du Vallon de Nant (Bex, Alpes vaudoises), Mém. Soc. vaud. Sc. nat. 23: pp 51-74.

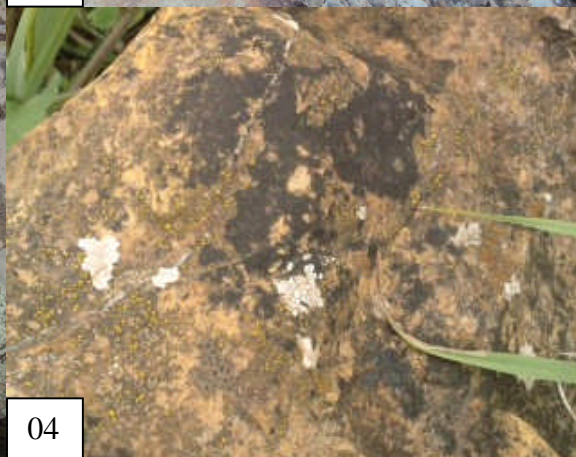
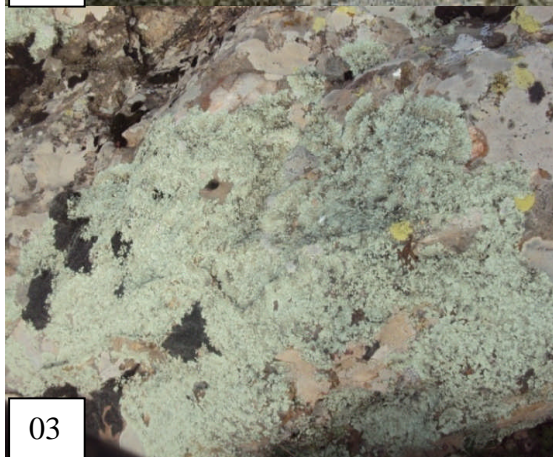
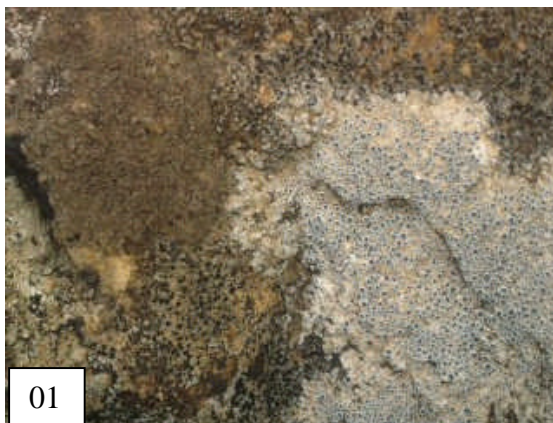
WIRTH V., (1995). Flechtenflora, Verlag Ulmer. 580 pp.

Site internet

- <http://www.egroups.fr/group/tb-lichens>
- http://www.biodiversite.ac-clermont.fr/documents/traam/traam_lichen.zip
- http://www.bourgogne-nature.fr/bnj/bnj1/CDG_1.html 10 sur
- <http://www.sciencestransfrontalieres.org/classes/>
- www.ucmp.berkeley.edu/fungi/lichens/lichenmm.html
- <http://lesbeauxjardins.com/cours/botanique/6-lichens/index.htm>

- <http://www.acfj.asso.cc-pays-de-gex.fr/>
- <http://lesbeauxjardins.com/cours/botanique/7-lichens/index.htm>
- <http://www.inraa.dz/IMG/doc/bejaia.doc>
- <http://www2.ac-lille.fr/lichen/.htm>
- <http://www.lichenology.info>
- <http://www.Googleearth.com>

Photos des lichens non identifiés

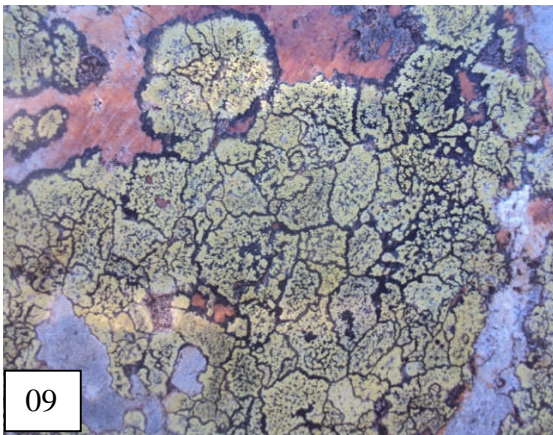


05

06

07

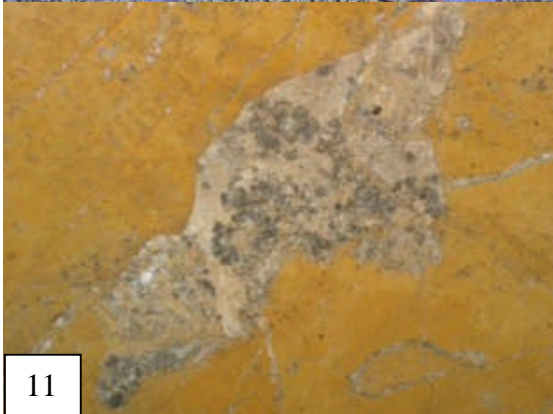
08



09



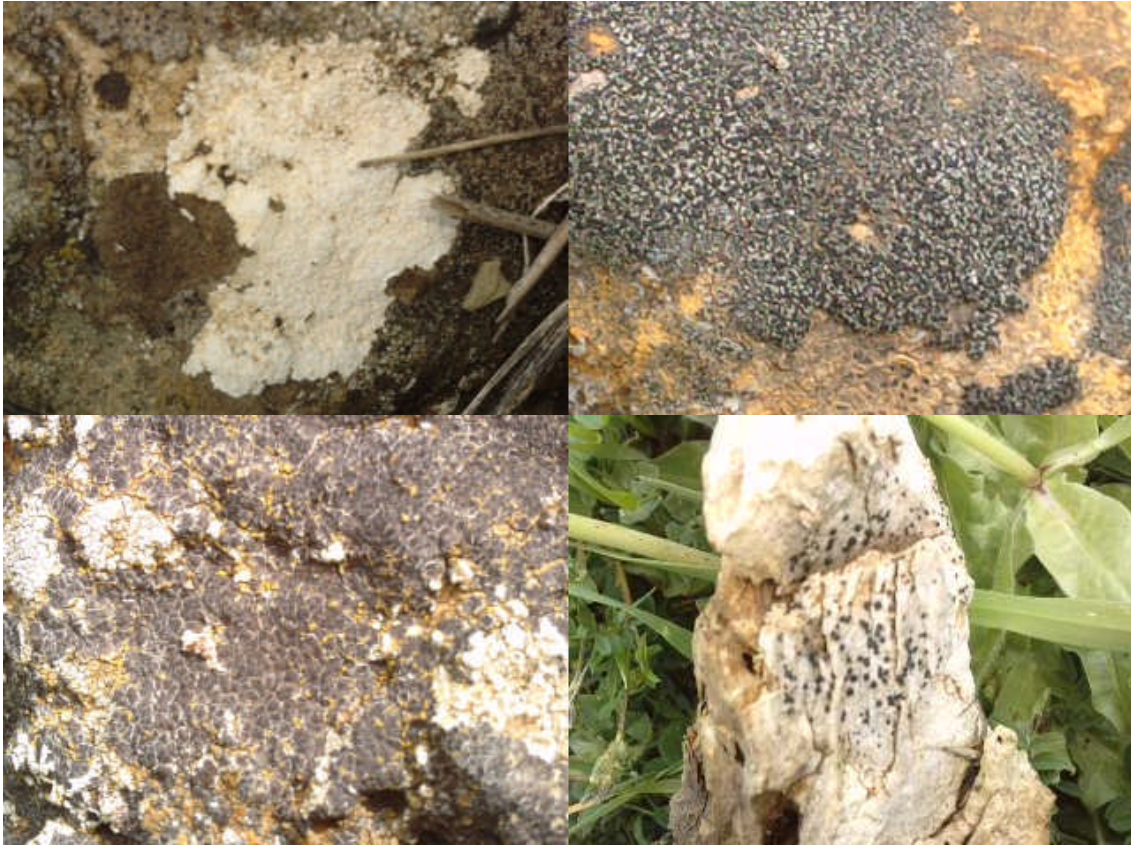
10



11



12



17



18



19

Annexes