

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE BLIDA 1

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE



Mémoire De Fin D'étude

En vue d'obtention du Diplôme de Master II en Sciences de la Nature et de la Vie

Option : EAU ET ENVIRONNEMENT

Thème

**Inventaire des Lichens Epiphytes Et évaluation de la
Qualité de L'air dans Le Massif Forestier de Chréa**

Présenté par : Mellek Ilham

Devant les jurys composés de :

Président :	Mr Zella. L	Professeur/ Blida1
Promotrice :	Mme Benrima. A	Professeur /Blida1
Co. Promotrice :	Mme Benslimane. W	Attaché de recherche
Examineur :	Mr Hadj Miloud. S	MAA/Blida1

Année Universitaire : 2017/2018

Dédicace

Spéciale dédicace à cette personne qui compte déjà énormément pour moi, et pour qui je porte beaucoup de respect. À toi Mr

Boutahraoui Ahmed.

Je dédie ce mémoire à ma mère, qui m'a encouragé à aller en l'avant et qui m'a donné tout son amour pour reprendre mes études.

A mon père pour sa patience, son soutien et leur encouragement.

A mon adorable fille Maya

A mes frères et mes sœurs : Hocine, Mohamed, Hadjer et Ichrak.

A mes chères cousines : Kawther, Yousra, Radia, Rim, Asmaa, Alaa, Ahlam. Meriem, Soumia, Naima, Fatima, Nesrine.

A mes amies Rawnak, Kawther, Yasmina, Farah, Khira.

A mon mari Sidahmed

Remerciements

J'adresse mes sincères remerciements à Dieu le tout puissants de m'avoir donné la force et la puissance pour aller jusqu'au bout de ce travail,

J'exprime ma profonde reconnaissance et mes vifs remerciements à ma promotrice Mme A. BENRIMA, professeur à l'université de Blida 1, pour le temps qu'elle a consacré et pour les précieuses informations qu'elle m'a prodiguées avec intérêt et compréhension.

J'exprime mes sincères remerciements à Mr Zella, qui me fait l'honneur d'accepter de présider le jury

Je tiens à remercier Mr. Hadj Miloud d'avoir accepté d'examiner ce travail

Je tiens à remercier vivement ma Co-promotrice Mme W. BENSLIMANE, Chargée des études environnementales, pour sa gentillesse, sa disponibilité et sa contribution à l'élaboration de ce travail

Je tiens d'exprimer mes chaleureux remerciements à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire et au bon déroulement de mon stage fin d'études :

A' Mr R. DAHEL Directeur général du Parc National de Chréa

A' Mr Ziar chef secteur de Chréa

A' Mr R. elfarroudji chef secteur d'Elhamdania

A' Mme F. Takarli cadre au siège de Chréa

Aux gardes forestiers : Réda, Fayçal, Bilal, Lotfi, Sayeh, Ali, d'avoir assuré ma sécurité sur le terrain, de m'avoir fourni des renseignements intéressants.

A' Mr R. Khedim ingénieur dans le parc national de Theniet el-Had (Tissemsilt, Algérie)

Je remercie aussi Mme Chaouia et Mr Zouaoui leurs encouragements, leur soutien, leur disponibilité et leur conseils

Je souhaiterais également remercier mes professeurs de la faculté des sciences agronomiques

Pr L. Zella, Mr Hamouche, Mr Ben Cheikh, Mr Bendali, Mme Hadadi et Mme zamouri pour tout le savoir qu'ils nous ont donné

introduction Général	Erreur ! Signet non défini.
Première partie	3
Etude bibliographique	3
Chapitre I	5
Généralités sur les Lichens	5
1. Généralités sur les lichens	6
1.1. Définition des lichens	6
1.2. Constituants des lichens	6
1.2.1. Les Champignons des lichens	6
1.3. Appareil végétatif	6
1.3.1. Morphologie du thalle	7
1.3.1.1. Thalles fruticuleux	8
1.3.1.2. Thalles foliacés	8
1.3.1.3. Thalles squamuleux	8
1.3.1.5. Thalles gélatineux	8
1.3.1.6. Thalles composites (Complexes)	8
1.3.2. Structures du thalle	9
1.3.2.2- Structure hétéromère	10
1.3.2.2.1. Structure radiée	10
1.3.2.2.2. Structure stratifiée	11
1.3.3. Différenciations superficielles du thalle	12
1.3.3.1. Poils	12
1.3.3.2. Rhizines	12
1.3.3.3. Cils	13
1.3.3.4. Fibrilles, Papilles, Tubercules	14
1.3.3.6. Les Cyphelles et les Pseudocephelles	17
1.3.3.7. Céphalodies	18
1.4. Appareil reproducteur	19
1.4.1. Ascocarpes	19
1.4.1.1. Apothécies	19
1.4.1.2. Disposition des apothécies sur le thalle	21
1.4.1.2. Périthèces	23

1.4.2. Asques	24
1.4.3. Spores	25
1.4.3.2. Couleur des spores	26
1.4.3.3. Forme des spores	26
1.4.3.4. Constitution des spores.....	26
1.4.3.5. Différents types des spores	27
1.4.3.6. Emission des spores	28
1.5. Reproduction, développement et croissance	29
1.5.1. Reproduction : Les lichens se reproduisent de deux façons	29
1.5.1.1. La reproduction végétative	29
1.5.1.2. La reproduction sexuée	29
1.5.2. Développement	29
1.5.2.1. Germination	29
1.5.2.2. Croissance et longévité	29
1.5.3. Symbiose lichénique	30
1.6. Biochimie des lichens	30
1.6.1. L'eau	30
1.6.2. Les substances organiques	30
1.6.2.1. Glucides	31
1.6.2.3. Lipides.....	31
1.6.3. Les substances minérales	31
1.6.4. Les produits élaborés par les deux symbiotes	31
1.6.4.1. Les substances contenues dans les cellules	32
1.6.4.1.1. Constituants du protoplasme.....	32
1.6.4.2. Les substances des membranes	32
1.7. Systématique	32
1.8. Les lichens et le milieu.....	33
1.8.1. Répartition géographique	33
1.8.2. Ecologie des lichens.....	33
1.8.2.1. Les facteurs climatiques	34
1.8.2.2. Les facteurs substratiques.....	34
1.8.2.3. Les facteurs biologiques et anthropozoïques	34
1.8.3. L'habitat.....	35
1.9. intérêts des lichens.....	35
1.9.1. alimentaires.....	35

1.9.2. industriels	36
1.9.4. comme indicateurs de conditions de milieu	36
Chapitre II	37
Les Lichens Et La Qualité De L'Air	37
2. Les Lichens et la qualité de l'air	38
2.1. Définition de pollution	38
2.2. Sources de pollution	38
2.2.1. Les sources naturelles	38
2.2.2. Les sources anthropogéniques	38
2.3. Les principaux polluants atmosphériques	39
2.4. Surveillance de la qualité de l'air	39
2.4.1. Méthodes de suivi de la qualité de l'air	39
2.4.1.1. La détection et la quantification des polluants	39
2.4.1.2. La Biosurveillance	39
2.5. Biosurveillance de la qualité de l'air par les lichens	40
2.5.1. Choix des lichens comme indicateurs biologiques	40
2.5.2. Les effets des polluants atmosphériques sur lichens	41
2.6. Les méthodes d'estimation de la pollution atmosphérique par les lichens	41
2.6.1. Les méthodes qualitatives	41
2.6.2. Les méthodes quantitatives	42
Deuxième partie	46
<i>Partie expérimentale</i>	46
Chapitre III	47
<i>Présentation De La Région D'étude</i>	47
<i>Parc National de Chréa</i>	47
3. Présentation de la région d'étude : Parc National de Chréa	48
3.1. Historique	48
3.2. Situation géographique	48
3.3. Situation administrative	49
3.4. Biodiversité du Parc National de Chréa	51
3.4.1. La Flore	51
3.4.2. La Faune	51
3.5. Cadre physique	52
3.5.1. Relief	52
3.5.2. Hydrographie	52

3.5.3. Géologie	52
3.5.4. Pédologie.....	53
3.6. Cadre climatique	54
3.6.1. Sources des données climatiques	54
3.6.2.1. Les précipitations moyennes mensuelles et annuelles.....	54
3.6.2.2. Les précipitations moyennes saisonnières.....	55
3.6.3. Les Températures.....	57
3.7. Bioclimat.....	59
3.7.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussien.....	59
3.7.2. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger	60
3.8.1. Cadre phytogéographique.....	61
3.8.2. Etages de végétation	62
3.9. Caractéristiques et localisation des stations d'étude prospectées.....	63
Chapitre IV.....	66
<i>Matériel Et Méthodes</i>	66
4. Matériel et méthodes.....	67
4.1. Le choix du site d'étude.....	67
4.2. Matériel utilisé sur le terrain.....	67
4.3. Récolte des échantillons.....	67
4.3.1. Préparation des échantillons.....	68
4.3.2. Conservation des échantillons	68
4.5. Technique de détermination des lichens	68
4.6. Evaluation de la qualité de l'air	70
4.6.1. Choix de la méthode.....	70
4.6.1.1. Méthode de l'Indice de la Qualité de l'Air (IQA)	70
4.6.1.1. Choix des phorophytes.....	71
4.6.1.2. La surface des relevés	71
4.6.1.3. La réalisation des relevés	71
4.6.1. Calcul de l'Indice de la Qualité de l'Air (IQA).....	72
4.7. Détermination de Coefficient générique	72
Troisième partie	74
<i>Résultats Et Discussions</i>	74
Chapitre V.....	75
<i>Etude de la Flore lichénique</i> 5. Etude de la Flore lichénique.....	75
5.1. Caractères de la flore lichénique recensées.....	76

5.1.1. Spectre systématique	76
5.1.2. Le spectre physiologique	78
5.2. Coefficient générique	80
5.4. Répartition géographique des lichens épiphytes recensés.....	86
5.5. Description morphologique de quelques lichens épiphytes recensés dans le massif forestier de Chréa (PNC)	97
5.5.2. <i>Parmelia acebulum</i> (Neck.) Duby	97
5.5.3. <i>Pseudovernia furfuracea</i> (L.) Zopt.....	98
5.5.4. <i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr.	98
6. Estimation de la qualité de l'air dans le massif forestier de Chréa	99
6.1. Comparaison de la qualité de l'air du massif forestier de Chréa	102
Conclusion	105
Annax.....	134

Résumés

Résumé :

L'étude menée dans le Massif Forestier de Chr a (Parc National de Chr a) relative à la Flore lich nrique épiphytes et à l'estimation de la qualité de l'air s'est révélée fructueuse. Une prospection de six stations s'échelonnent de 200 m (Jardin Sidi Yakoub, centre-ville de Blida : station urbaine)   1400 m d'altitude (Chr a), où nous avons récolté et déterminé 16 espèces de lichens épiphytes. Du point de vue lich nosyst matique, sur les 9 familles répertoriées, ce sont les Lecanoraceae et Parmeliaceae qui dominent le taxa lich nrique. Et du point de vue lich nophysionomique, les thalles crustacés sont les plus représentatifs. L'estimation de la qualité de l'air est déterminée par l'indice de la qualité de l'air (IQA) selon la méthode de KIRSCHBAUM et WIRTH (1997), ce dernier montre l'apparition de 6 zones de pollution atmosphérique varies d'extrêmement élevée au moyenne élevée le long du transect réalisé, ainsi le nombre de lichens augmente au fur à mesure quand s'éloigne des milieux urbains.

Mots clé : Inventaire, lichens épiphytes, (IQA), la pollution atmosphérique, Massif Forestier de Chr a.

ملخص

ثبتت الدراسة التي أجريت في منطقة الشريعة فيما يتعلق بالتنوع المختبري للحزازيات ن تقدير جودة الهواء كان مثيرا. مسح من ست محطات موزعة على 200 متر (حديقة سيدي يعقوب، وسط المدينة البليدة: محطة حضرية) الى ارتفاع 1400 م (Chr a)، حيث جمعنا وحددنا 16 نوعا من النباتات الأشنية. من 9 عائلات المذكورة، Lecanoraceae و Parmeliaceae تهيمن على تصنيف الحزاز. فإن الصلصال القشري هو الأكثر تمثيلاً. يتم تحديد تقدير جودة الهواء من خلال مؤشر جودة الهواء وفقاً لطريقة WIRTH KIRSCHBAUM 1997، ويظهر الأخير مظهر 6 مناطق تلوث جوي مختلف. من عالية للغاية إلى متوسطة عالية على طول منطقة المسح، وبالتالي فإن عدد أشنات يزيد مع زيادة المسافة من المناطق الحضرية.

الكلمات المفتاحية: الجرد، الأشنات الحلابية، مؤشر جودة الهواء، تلوث الهواء، غابة الشريعة.

Summary :

The study carried out in the Chr ea Forest Massif (Chr ea National Park) concerning the lichenous epiphyte Flora and the estimation of the air quality proved to be fruitful. A survey of six stations spread out 200 m (Jardin Sidi Yakoub, downtown Blida: urban station) at 1400 m altitude (Chr ea), where we collected and determined 16 species of lichen epiphytes. From the lichenosystematic point of view, of the 9 families listed, Lecanoraceae and Parmeliaceae dominate the lichen taxa. And from the lichenophysionomic point of view, the crustacean thalli are the most representative. The air quality estimate is determined by the air quality index (AQI) according to the method of KIRSCHBAUM and WIRTH (1997), the latter shows the appearance of 6 zones of various atmospheric pollution. from extremely high to medium high along the transect, so the number of lichens increases as the distance from urban areas increases.

Key words: Inventory, epiphytic lichens, (IQA), air pollution, Chr ea Forest Massif.

Introduction Général

Introduction Général :

Les lichens sont des champignons (principalement Ascomycètes) qui vivent en association symbiotique avec une population d'algues vertes ou cyanobactéries (ULRICH, 2002). Ils sont très présents en milieu forestier où ils constituent des associations liées à l'ambiance forestière et apportent donc des indications complémentaires à celles des autres groupes présents en ces lieux (BRICAUD et BAUVET, 2006).

Du fait de leur grande sensibilité aux conditions du milieu qui les abrite, les lichens peuvent être considérés comme des indicateurs biologiques de premier ordre. En effet, Ils intègrent sur le long terme les effets des différents facteurs abiotiques et biotiques de leur environnement, et une analyse de leurs peuplements donne des indications sur les niveaux de perturbations des milieux qui les hébergent (BRICAUD, 2010).

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

En Algérie, les recherches lichénologiques remontent au ^{XVIII}^{ème} siècle, sous forme de collection des espèces lichéniques récoltées par des naturalistes (Botanistes, Géologues, Zoologistes), des pharmaciens et des militaires, au cours de leurs explorations scientifiques. Généralement, leurs identifications est établi par des collectionneurs de plantes ou par des lichénologues (Desfontaines, 1799). Plusieurs auteurs ont pu marquer l'histoire de la lichénologie algérienne tels que : STEINHEIL (1834); MONTAGNE (1838); DURIEU DE MAISONNEUVE et MONTAGNE (1846-1867) ; NYLANDER (1853, 1854, 1857, 1858, 1864 et 1878); COSSON (1857) ; COSSON et DURIEU DE MAISONNEUVE (1854-1867) ; JOURDAN (1866 et 1867) ; REBOUD (1867 et 1883) ; DURIEU DE MAISONNEUVE (1868) ; PARIS (1871); GANDOGER (1883-1884); HUE (1887-1888) ; TRABUT (1887); FLAGEY (1888, 1891, 1892, 1895 et 1896) ; STITZENBERGER (1890); JULIEN (1894); STEINER (1902); HOCHREUTINER (1904); FLAHAULT (1906) ; MAHEU (1906) ; BOULY DE LESDAIN (1907, 1911 et 1939); LAPIE (1909); RIKLI et SCHROTER (1912); BATTANDIER et *al* (1914) ; MAIRE (1916, 1931,1933,1940 et 1962) ; HUE (1901 et 1921); TITS (1925); MAIRE et SENEVET (1928); SZATALA (1929); MAGNUSSON (1929 et 1937); MAIRE et WILCZEK (1936); REICHERT (1936 et 1937a et b) ; WERNER (1930,1938,1939, 1940, 1946,1949 et 1955); DUBUIS et FAUREL (1945) ; FAUREL et *al*. (1951a et b, 1952, 1953a, b et c et 1954) ; FAUREL et SCHOTTER (1958) ; ARVIDSSON (1984) ; ESNAULT (1985) ; LETROUIT et VAN HALUWYN (1986); ESNAULT et ROUX (1987) ; EGEA (1988) ; DJELIL-ZOUAOUI (1989) ; TORRENTE et EGEA (1989 a et b) ; VAN HALUWYN et LETROUIT (1990) ; EGEA et *al*. (1990) ; EGEA et LLIMONA (1991) ; MORENO et

EGEA (1992a et b) ; VAN HALUWYN *et al.* (1994) ; ROUX *et al.* (1995) ; BREUSS (1996) ; BOUTABIA (2000) ; ETAYO et MAYRHOFER (2003), JORGENSEN (2003) ; RICO *et al.* (2003) ; ALONSO et EGEA (2003) ; BENDECHACH et HAINA (2004) ; RICO *et al.* (2007) ; KNUDSEN et ETAYO (2009) ; REBASS *et al.* (2011) ; ALI AHMED-SERRADJ *et al.* (2013) ; SLIMANI *et al.* (2013) ; SLIMANI (2014) ; BOUTABIA *et al.* (2015) ; AIT HAMMOU *et al.* (2008, 2011, 2013, 2014), ALI AHMED-SERRADJ *et al.* (2013) ; BOUTABIA (2016).

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

Les études de la flore lichénique du Parc National de Chréa sont fragmentaires. Il est possible de citer les travaux de ABBAR (2009), TOUMI *et al.* (2011) et BENSLIMANE (2015).

A cet effet, notre travail contribuera à l'enrichissement des travaux d'inventaire et de la bio indication, menés sur ces végétaux encore méconnus et ce au niveau du Massif forestier de Chréa.

Dans cette optique, nous avons choisi 6 stations avec des altitudes allant de 200 à 1400 m, où nous avons récolté nos échantillons soumis aux conditions écologiques et substratiques du massif.

Le présent travail s'articule autour de trois parties. L'introduction est suivie par la première partie consacrée à l'étude bibliographique de la biologie des lichens, et leurs utilisations dans la bioindication pour la détection de la pollution atmosphérique. La deuxième partie, traite la présentation de la région d'étude selon plusieurs aspects, climatiques, édaphique, floristique et faunistique. Ainsi que la méthodologie adoptée sur le terrain et au laboratoire pour la détermination des espèces récoltées, et l'estimation de la pollution atmosphérique. La troisième partie regroupe les résultats obtenus, et les discussions permettons d'établir la relation entre la diversité lichénique et la qualité de l'air du massif forestier étudié. Une conclusion générale suivie de perspectives clôture cette étude.

Première partie

Etude Bibliographique

Chapitre I

Généralités sur les Lichens

1. Généralités sur les lichens :

1.1. Définition des lichens :

Le terme « Lichen » est d'origine grecque, désignant des plantes qui se développent sur les troncs d'arbres (OZENDA et CLAUZADE, 1970). Ce sont des végétaux résultant de l'association étroite d'une Algue et d'un Champignon, et constituant, avec eux, l'embranchement des Thallophytes (JAHNS, 1989). La définition la plus employée est celle qui consiste à reconnaître un lichen comme une entité morphologique et physiologique autonome, composée d'au moins d'un champignon (le mycobionte) et d'un partenaire photosynthétique, souvent qualifié d'algal (le photobionte), (SERUSIAUX et *al*, 2004).

1.2. Constituants des lichens :

Le lichen est l'union d'une algue et d'un champignon. Avant d'étudier la morphologie et l'anatomie du complexe lichénique, il convient d'étudier séparément les deux constituants et de définir les grands groupes d'Algues et de Champignons au quels ils appartiennent (ABBAYES, 1951).

1.2.1. Les Champignons des lichens :

Les champignons des lichens appartiennent à la classe des Ascomycètes, par ailleurs d'autres espèces appartiennent à la classe des basidiomycètes ou des Hyphomycètes (OZENDA et CLAUZADE, 1970). Parmi les lichens ascospores, les uns ont des apothécies largement ouvertes, ce sont des Ascomycètes Discomycètes ; les autres ont des apothécies à enveloppe coriace, ne s'ouvrant que par un pore étroit, ce sont des Ascomycètes Pyrénomycètes (ABBAYES, 1951).

1.2.2. Les Algues des lichens :

D'après JAHNS (1989), Les algues des lichens appartiennent au grand groupe des algues vertes (Chlorophycées), des algues bleues (Cyanophycées), mais rarement, aux algues brunes (Phaeophycées).

1.3. Appareil végétatif :

La morphologie externe et l'anatomie interne de l'appareil végétatif des lichens sont extrêmement variables, on trouve des formes rudimentaires et des thalles hautement différenciés. Ces dissemblances tiennent d'une part à la liaison plus ou moins étroite et stable qui s'établit entre les deux constituants, d'autre part à leur rôle respectif dans la morphogénèse et la

prédominance du champignon, qui se manifeste à des degrés divers (OZENDA et CLAUZADE, 1970).

La coupe longitudinale d'un lichen (Fig.1), montre que le thalle est formé par un réseau de filaments nommés hyphes, comparables au mycélium des champignons. C'est au milieu d'un enchevêtrement de ces filaments que se trouvent les algues. Au niveau de la partie inférieure du thalle, on observe un nouvel entrelacement de filaments servant à fixer le lichen à un support, ce sont les rhizines (BAUWENS, 2003).

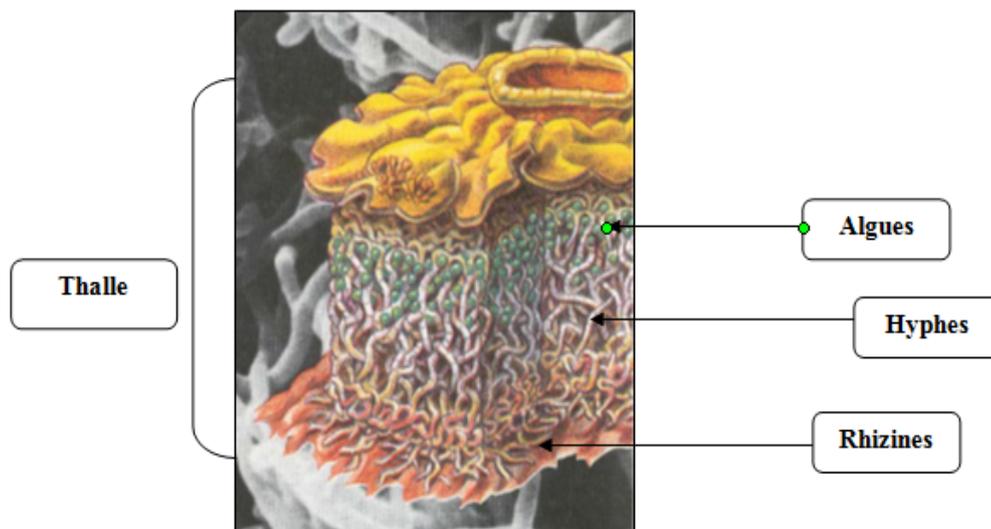


Fig.1. Coupe longitudinale d'un lichen (Ahmadijian et Jacobs, in Bauwens, 2003)

1.3.1. Morphologie du thalle :

Les thalles des lichens ont des formes très variées. Parmi lesquelles on peut distinguer plusieurs grands types morphologiques. Il ne s'agit que d'une classification arbitraire, et que des types intermédiaires peuvent exister (DERUELLE et LALLEMANT, 1983). Les thalles des lichens peuvent être classés en six types morphologiques fondamentaux. Chacun de ces derniers peut présenter des aspects plus ou moins divers et parfois des formes de transition avec d'autres types (CLAUZADE et ROUX, 1987).

1.3.1.1. Thalles fruticuleux :

Ce sont des thalles non appliqués sur le substrat mais fixés par un crampon (Fig.2) ; en forme de tige cylindrique (*Usnea*) ou de lanière (*Ramalina*, *Evernia*, *Cetraria*). (DERUELLE, 1994).

1.3.1.2. Thalles foliacés :

Ces thalles forment des lames le plus souvent lobées (Fig.3), facilement séparables du substrat, plus au moins appliquées sur celui-ci, ou bien plus au moins redressées, avec la face inférieure et garnie de fausses radicelle (rhizines) jouant le rôle de fixation (CLAUZADE et ROUX, 1987). Cependant, certaines formes sont fixes au substrat par un point en position plus au moins centrale, à la face inférieure du thalle ; formant des thalles ombiliqués ; c'est le cas de *Umbilicaria* (JAHNS, 1989).

1.3.1.3. Thalles squamuleux :

Les thalles appartenant à ce type morphologiquement sont composés d'écailles ou de squamules, fortement imbriquées, dont seulement une partie du thalle s'adhère au substrat (thalle pelté) (Fig.4). (SERUSIAUX et *al*, 2004).

1.3.1.4. Thalles crustacés :

Les lichens crustacés forment des thalles ressemblant à des croûtes, insérés dans le substrat (Fig.5). Le prélèvement de ces lichens entraîne le plus souvent leur détérioration (KIRSCHBAUM et WIRTH, 1997).

1.3.1.5. Thalles gélatineux :

Le thalle est de couleur noirâtre ; le plus souvent rigide et fragile à l'état sec. Sous l'action de l'eau ; le thalle gonfle ; devient pulpeux, semblable à de la gélatine (Fig.6) (CLAUZADE et ROUX, 1987).

1.3.1.6. Thalles composites (Complexes) :

Ils sont constitués par un thalle primaire crustacé, foliacé ou squamuleux et un thalle secondaire, fruticuleux avec des podétions (éléments se développant perpendiculairement au substrat), ramifiés ou non (DERUELLE, 1994), fréquemment en forme d'entonnoir et provenant de la prolifération de la partie basale des ascocarpes genre *Cladonia* (Fig.7), (OZENDA et CLAUZADE, 1970).



Fig.2. Thalle fruticuleux
Usnea filipendula (Anonyme, 2004)



Fig.3. Thalle foliacé
Parmelia sulcata (Anonyme, 2004)



Fig.4. Thalle squamuleux
Squamarina



Fig.5. Thalle crustacé
Lecanora



Fig.6. Thalle gélatineux
Collema subflaccidum



Fig.7. Thalle composite
Cladonia cristatella

1.3.2. Structures du thalle :

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

1.3.2.1. Structure homéomère :

Les deux constituants sont mélangés de façon homogène, c'est-à-dire qu'en tout point de thalle on a à la fois, un champignon et une algue (TROTET, 1968). Cette structure est observée chez deux types différents de lichens :

Chez divers lichens gélatineux et principalement les *Collema* (Fig.8), dont la structure rappelle celle d'un Nostoc. Dans la masse mucilagineuse sont répartis, de façon aléatoire des trichomes en forme de chainettes et des hyphes (OZENDA et CLAUZADE, 1970).

Chez les lichens à thalle lépreux, les petits granules sont formés chacune d'un seul hyphe enroulé contenant quelques cellules algales (CLAUZADE et ROUX, 1987).

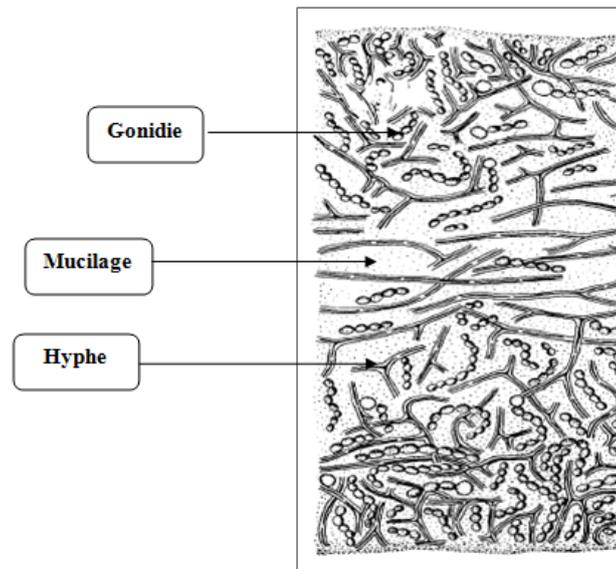


Fig.8. Structure homéomère des lichens gélatineux *Collema Tenax*
(Ozenda et Clauzade, 1970)

1.3.2.2- Structure hétéromère :

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

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

On peut observer deux types de structures stratifiées

1.3.2.2.1. Structure radiée :

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

La médulle peut disparaître en grande partie comme chez les *Alectoria*, ou contraire être différenciée, comme chez les *Usnea* (Fig.9), en zone externe constituée d'hyphes lâches, et partie axiale (cordon axial) formée d'hyphes très serrées (CLAUZADE et ROUX, 1987).

1.3.2.2.2. Structure stratifiée :

Dans la plupart des thalles foliacés (*Lobaria pulmonaria*) (Fig.10), chez de rares lichens fruticuleux en lanières (*Evernia prunastri*, *Pseudevernia furfuracea*) et quelques thalles squamuleux ou crustacés, on observe sur une coupe transversale, un cortex supérieur, une couche algale, une médulle, et un cortex inférieur, qui peut donner naissance à des rhizines (CLAUZADE et ROUX, 1987). La plupart des thalles squamuleux et crustacés et le thalle foliacé de *Peltigera*, n'ont pas de cortex inférieur, mais ce sont les hyphes de la médulle qui fixent le thalle au substrat (OZENDA et CLAUZADE, 1970). Dans de nombreux thalles crustacés, le cortex inférieur est absent, il est remplacé par un hypothalle formé d'hyphes parallèles au substrat, de couleur sombre, donnant naissance à des filaments fixateurs (ABBAYES, 1951).

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

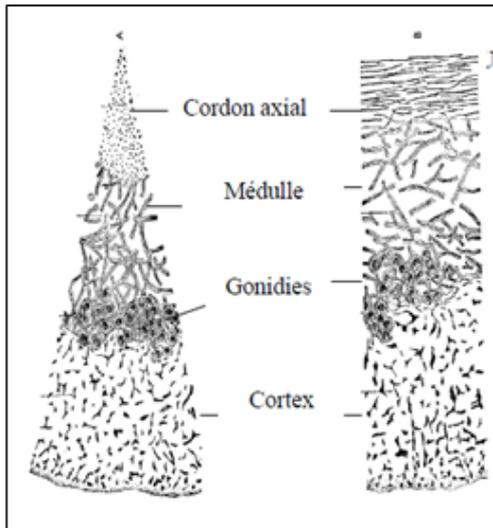


Fig.9. Structure radiée des lichens fruticuleux (Des Abbayes, 1951).

Usnea florida

A : Coupe Transversale du thalle

B : Coupe Longitudinale du thalle

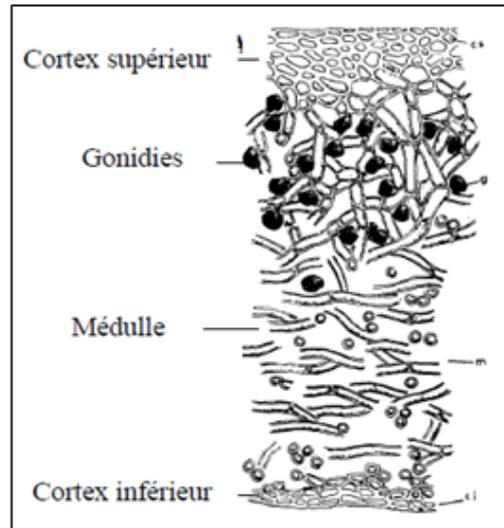


Fig.10. Structure stratifiée des lichens foliacés (Ozenda et Clauzade, 1970).

Lobaria Pulmonaria

1.3.3. Différenciations superficielles du thalle :

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

1.3.3.1. Poils :

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

Selon OZENDA et CLAUZADE (1970), les poils sont rencontrés surtout chez les lichens foliacés, principalement sur la face inférieure du thalle, ils sont plus longs, incurvés, un peu cotonneux et entrecroisés (tomentum), comme chez les *Lobaria* (Fig.11.) les *Nephroma resupinatum*, les *Peltigera*. On peut les observer sur la face supérieure, ils sont courts, droits et relativement peu serrés (pubescence), comme chez les *Parmelia globra*, *Parmelia subargentifera*. Dans certains cas, la surface du thalle peut être parsemée, de petits amas de cristaux blanchâtres et luisants (Oxalate de calcium) ; appelle pruine (SERUSIAUX et al, 2004).



Fig.11. Poils en bordure du thalle chez *Lobaria pulmonaria* (Anonyme, 2004)

1.3.3.2. Rhizines :

Les rhizines servent à la fixation du thalle sur le substrat (KIRSCHBAUM et WIRTH, 1997), de même origine que les poils. Les hyphes qui les constituent sont en effet plus ou moins soudés par leurs membranes et ne se trouvent libres que par leur extrémité (ABBAYES, 1951). Les rhizines sont localisées à la face inférieure du thalle. Elles peuvent être simples ou ramifiées (Fig.12), de différentes couleurs. Dans quelques cas lorsque les rhizines sont longues et abondantes, elles peuvent déborder latéralement le thalle (SERUSIAUX et al, 2004).

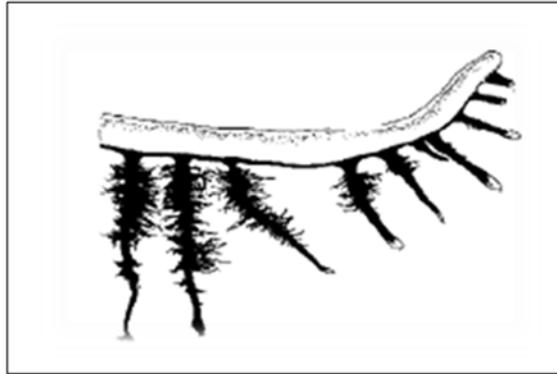


Fig.12. Rhizines ramifiées (Wirth (1995), in Bauwens 2000)

1.3.3.3. Cils :

Les cils ont la même structure que les rhizines, de couleur sombre rarement décolorés. Les hyphes qui les constituent restent soudées jusqu'à leur extrémité (OZENDA et CLAUZADE, 1970). Les cils sont fréquents sur la marge ou à l'extrémité des lobes des thalles foliacés, et fruticuleux (Fig.13), (KIRSCHBAUM et WIRTH, 1997). Leur rôle, est de favoriser les échanges gazeux et aqueux, en augmentant la surface du thalle (CLAUZADE et ROUX, 1987).

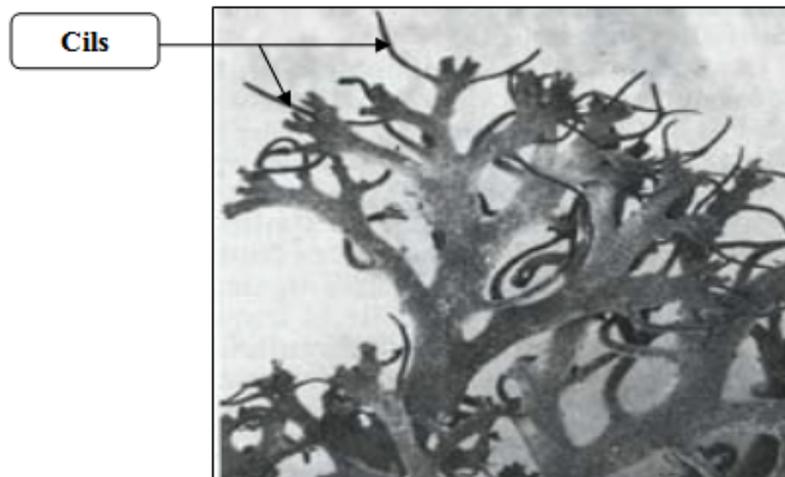


Fig.13. Cils à la marge des lobes chez *Anaptychia ciliaris* (KIRSCHBAUM et WIRTH, 1997).

1.3.3.4. Fibrilles, Papilles, Tubercules :

Ces productions du thalle qui augmentent sa surface et par conséquent les échanges avec l'atmosphère sont particulièrement caractéristiques chez les *Usnea* où elles jouent un rôle primordial dans la détermination des espèces (OZENDA et CLAUZADE, 1970). Les Fibrilles (Fig.14), sont semblables aux cils, mais de même couleur que le thalle, ce sont de véritables ramifications. Elles sont toujours bien visibles à l'œil nu (quelques millimètres de longueur), (CLAUZADE et ROUX, 1987).



Fig.14. les fibrilles chez *Usnea cornuta* (Anonyme, 2004)

Les papilles (Fig.15), sont de petites protubérances présentes entre les fibrilles du genre *Usnea* (ANONYME, 2014), seulement visibles à la loupe. De forme conique, avec une hauteur souvent plus grande que le diamètre de la base, constituées uniquement par le cortex (CLAUZADE et ROUX, 1987).



Fig.15. Les **papilles** chez *Usnea substerilis* (Anonyme, 2004)

Les tubercules ou **nodules**, visibles à l'œil nu, sont de simples saillies, ont une hauteur moins grande que le diamètre de la base, contiennent des hyphes médullaires (CLAUZADE et ROUX, 1987).

1.3.3.5. Isidies et Soralies :

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

Les isidies :

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

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

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

- Cylindriques : *Pertusaria melano-chlora*, *Parmelia saxatilis* ;
- Sphériques : *Parmelia tinctoria* ;
- Claviformes (en forme de clou ou de massue) et spatuliformes : *Parmelia exasperatula* ;
- Squamuliformes : *Collema flaccidum* ;
- Coralloïdes : *Lasallia pustulata*

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

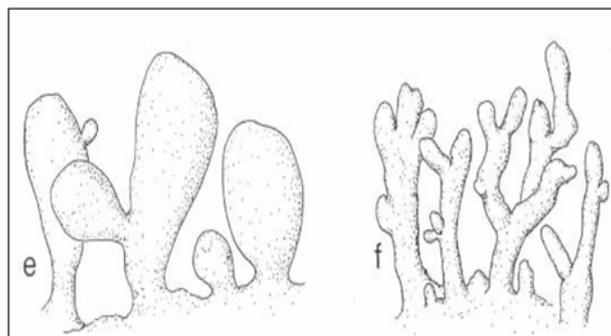


Fig.16. différents types d'isidies chez *Melanelia* (Wirth (1995), *in* Sérusiaux et al, 2004).

(e) isidies spatulées à claviformes de *Melanelia exasperatula* ;

(f) isidies cylindriques à coralloïdes de *Melanelia elegantula*

Les Sorédies :

Sont de petites granulations de 25 à 100 μm de diamètre, constituées de quelques filaments mycéliens entremêlés et entourant quelques gonidies, souvent groupées en amas ou soralies (DERUELLE, 1994). Elles jouent un rôle important dans la multiplication végétative (OZENDA et CLAUZADE, 1970). Les soralies se forment sous la poussée des hyphes de la médulle qui chassent devant elles les gonidies et font éclater le cortex, ce dernier forme une lèvre autour de la déchirure (Fig.17). La couche gonidiale, faisant ainsi explosion à l'extérieur, se fragmente en sorédies dont l'ensemble constitue la masse pulvérulente (farineuse) de la soralie (ABBAYES, 1951).

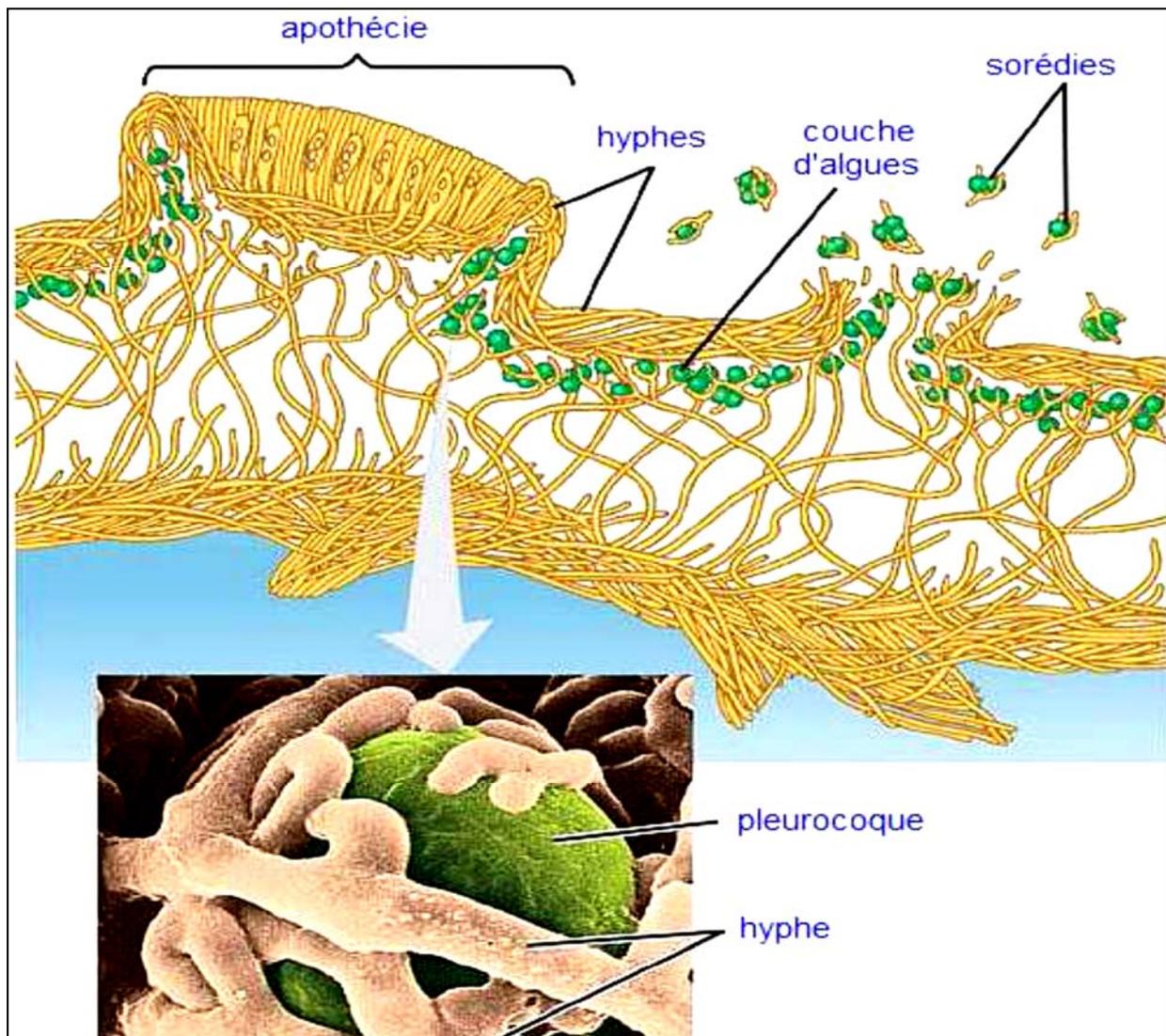
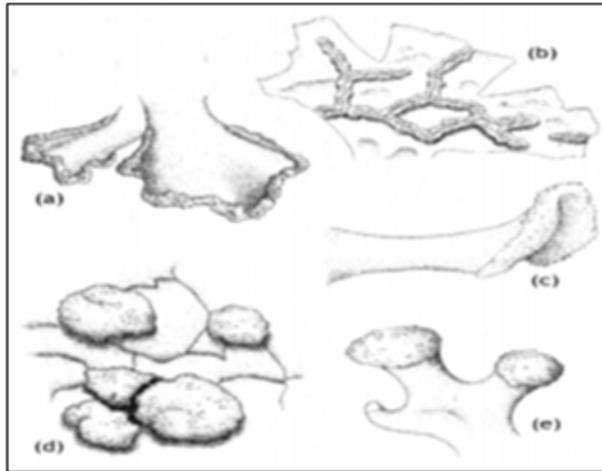


Fig.17. La Sorédiogénèse (Anonyme, 2004)

Selon KIRSCHBAUM et WIRTH, (1997), la localisation et la forme des soralies définissent les caractères différentiels spécifiques d'une espèce. Elles peuvent être localisées sur la surface, à la marge ou à l'extrémité des lobes. Elles présentent une forme allongée, ronde, fortement convexe ou presque labriforme (Fig.18).



- (a) Soralies marginales ;
- (b) Soralies en forme de fente ;
- (c) Soralies labriformes ;
- (d) Soralies sphériques ;
- (e) Soralies capitiformes

Fig.18.les différentes formes des Soralies
(Kirschbaum et Wirth, 1997)

1.3.3.6. Les Cyphelles et les Pseudocephelles

Ce sont des dépressions arrondies ou allongées, de teinte blanchâtre, situées à la surface des thalles foliacés et fruticuleux (OZENDA et CLAUZADE, 1970). Les **cyphelles** existent uniquement à la face inférieure du thalle des *Sticta*, et leur fond est recouvert d'un cortex lâche (Fig19), perméable aux gaz (CLAUZADE et ROUX, 1987).

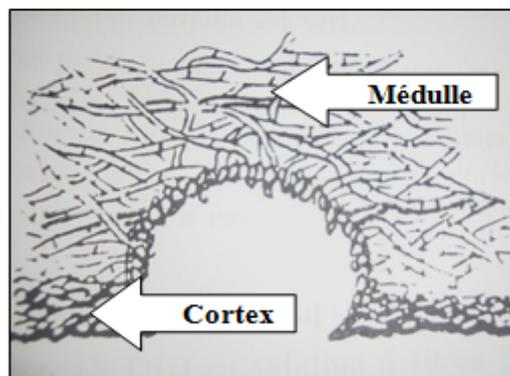


Fig.19. Les Cyphelles (Trotet, 1968)

Les **pseudocephelles** sont beaucoup plus fréquentes, ce sont des déchirures du cortex (Fig20), blanchâtres, légèrement ponctiformes ou linéaires (KIRSCHBAUM et WIRTH, 1997).

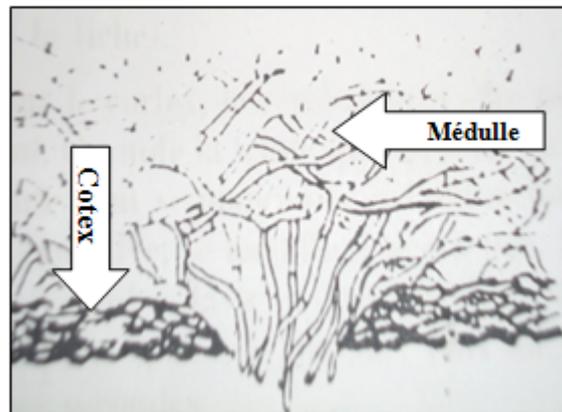


Fig.20. Les Pseudocyphelles (Trotet, 1968)

1.3.3.7. Céphalodies

Les céphalodies sont des sortes de verrues en général cortiquées (Fig.21), réparties sur la surface du thalle, de couleur différente de celui-ci, et contenant des Cyanophytes (OZENDA et CLAUZADE, 1970). Elles peuvent être internes au thalle comme chez *Solorina saccata*, ou externes comme chez *Peltigera leucophelbia* ou chez les *Stereocaulon* (SERUSIAUX et al, 2004). Les céphalodies peuvent posséder des morphologies différentes (Fig.22) (ISMAD, 2012).

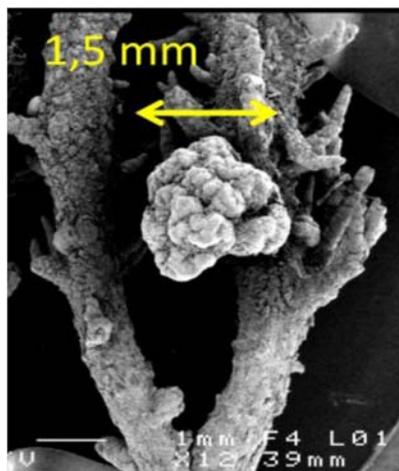


Fig.21. Céphalodies
(ISMAD, 2012)

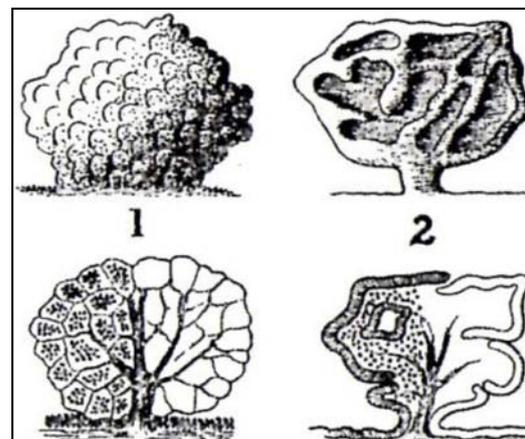


Fig.22. Morphologies des céphalodies
(ISMAD, 2012)

- (1) Céphalodie sphérique
- (2) Céphalodie scrobiculé

1.4. Appareil reproducteur :

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

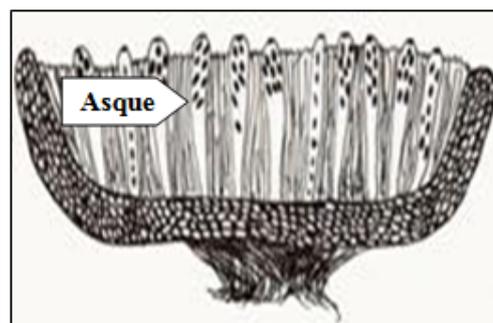
- Chez les ascolichens (qui sont les plus nombreux), dans des asques groupées à l'intérieur d'ascocarpes.
- Chez les basidiolichens (qui sont peu nombreux), à l'extrémité des basides que portent les basidiocarpes

1.4.1. Ascocarpes :

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

1.4.1.1. Apothécies :

Les apothécies sont des organes (disques, cupules), se développant à la surface supérieure du thalle (l'hyménium), (ROUMEGUERE, 1868). Cette dernière est constituée principalement par les sommets des asques (Fig.23), lesquels sont tous en contact directement avec l'extérieur. La cupule peut être concave, plane ou convexe. Ces différentes formes varient selon de l'âge de l'apothécie (SERUSIAUX et *al*, 2004). Le bord de la cupule est le plus souvent entouré d'une bordure d'origine thalline (bord thallin) ou d'origine discale (rebord propre) (CLAUZADE et ROUX, 1987).



**Fig.23. Structure générale d'apothécie
(REINMERS, 2000)**

Une apothécie est généralement constituée par (Fig.24) :

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

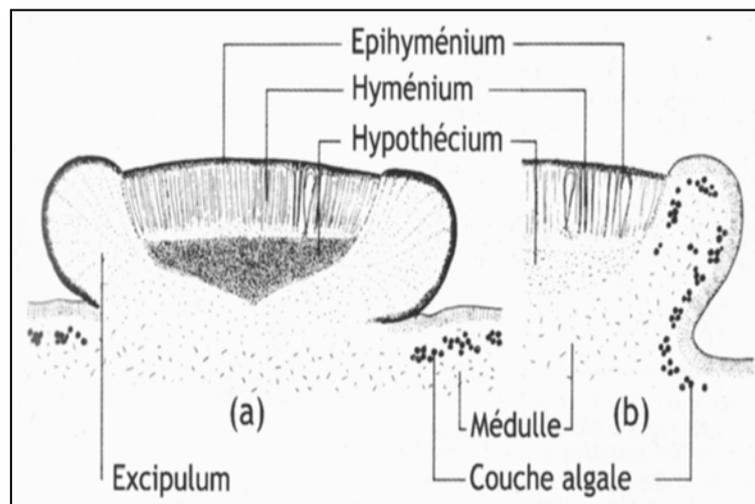


Fig.24. (a) coupe longitudinale à travers une apothécie avec bord propre.

(b) coupe longitudinale à travers une apothécie avec bord thallin.

(Wirth, 1995).

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

Le type lécanorin, dont l'apothécie est entourée d'un bord thallin à l'intérieur duquel on peut, distinguer plus au moins un rebord propre (Fig.25).

Le type lécidéin où seul existe un rebord propre, de couleur noire ou au moins très foncée chez les apothécies lécidéines typiques, de teinte claire, tout au plus brune chez les apothécies

biatorines(Fig.26).Lorsque les apothécies sont de forme plus au moins allongées, devenant ainsi linéaires et parfois ramifiées ,et organisées en étoiles, sont nommées **lirelles** (Fig.27), (MARCHAND, 1896).



Fig.25. Apothécie lécanorine
Protoparmelia badia

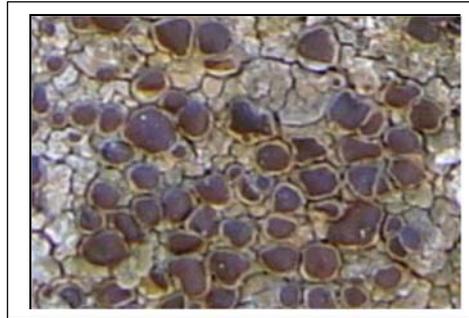


Fig.26. Apothécie lécidéine
Lecidea sp



Fig.27. Apothécie lirelle
Phaeographis dendritica

1.4.1.2. Disposition des apothécies sur le thalle :

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

Selon (TROTET, 1968), chez les lichens foliacés, les apothécies sont également le plus souvent disposées à la surface du thalle, on peut trouver

- **Des Apothécies résupinées :** chez les *Nephroma*, les apothécies au lieu de se former à la surface supérieure des lobes, se forment à leur surface inférieure. Dans ce cas le lobe se retourne, de ce fait, l'apothécie se trouve orientée vers la lumière (ABBAYES, 1951).
- **Les Apothécies adnées,** chez les *Peltigera*, l'apothécie recouvre la face supérieure du bord du thalle. Le lobe s'allonge un peu et se recourbe généralement vers le haut, pendant que le bord de l'apothécie se roule fréquemment en dessous (ABBAYES, 1951).

Chez les lichens fruticuleux, on peut trouver ;

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

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

▪ Hyménium :

L'hyménium est habituellement persistant et incolore, plus rarement pourpre (*Tephromela*, *Leeidea sareogynoides*), bleu verdâtre (chez certains *Leeidea*) ou jaunâtre. Il disparaît à un stade précoce (avant la maturité des spores) chez la plupart des Caliciales (*Calicium* et genres affines), donnant naissance à une masse d'abord gélatineuse, ensuite pulvérulente (Mazédium), dans laquelle se trouvent dispersées les spores (CLAUZADE et ROUX, 1987). Il est formé de deux éléments (Fig.28), l'un stérile formé par les paraphyses, l'autre fertile formé par les asques ou thèques (ABBAYES, 1951). Il repose sur une couche souvent plus foncée dite hypothécium et à partir de laquelle naissent les asques ; à l'opposé, les extrémités épaissies et souvent pigmentées des paraphyses forment un liséré dit épithécium (CLAUZADE et ROUX, 1987). On y trouve aussi, dans quelques rares cas, des gonidies appelées hyménales (ABBAYES, 1951).

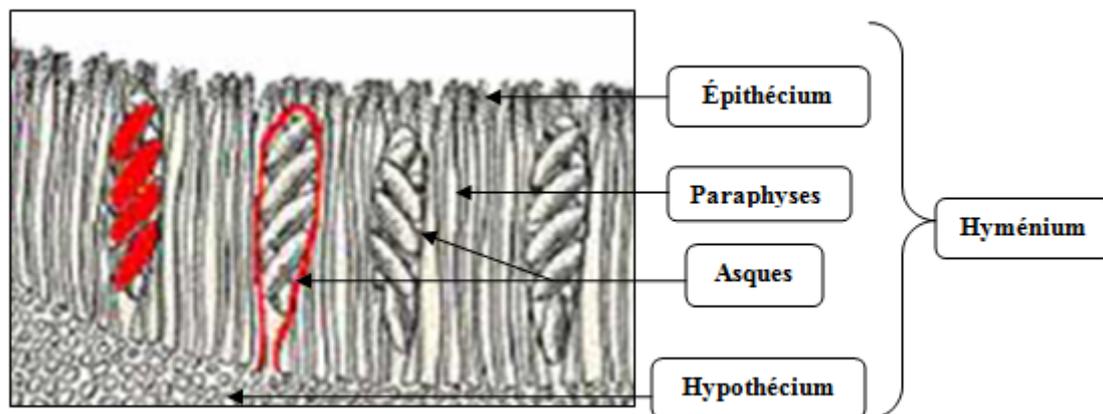


Fig.28. Anatomie générale de l'hyménium

▪ **Les paraphyses :**

Ce sont des filaments étroits, cylindriques, simples ou ramifiées, leur morphologie peut être très variable (Fig.29), (OZENDA et CLAUZADE, 1970). D'après TROTET (1968), certains de ces paraphyses sont, centrales et prennent naissance de l'hypothécium, d'autres sont marginales, leur origine est le parathécium. Elles peuvent être libres formant de longs poils, raides ou flexueux ; ou soudées par leurs membranes, ou collées en masse par les membranes gélifiées (cohérentes). Chacune de ces paraphyses est formée d'une seule pièce siphonnée ou inarticulée, ou bien formée de cellules dont les cloisons sont bien visibles et disposées en une file articulée. Les paraphyses présentent un épaississement apical au niveau duquel se localisent des pigments qui donnent alors à l'épithécium sa couleur particulière (OZENDA et CLAUZADE, 1970).

(A) Paraphyse simple inarticulée.

(B) Paraphyse simple articulée.

(C) Paraphyse simple, inarticulée et capitée.

(D) Paraphyse ramifiée inarticulée.

(E) Paraphyse ramifiée articulée.

(F) Paraphyse articulée, bifurquée et capitée.

(G) Paraphyses cohérentes et articulées.

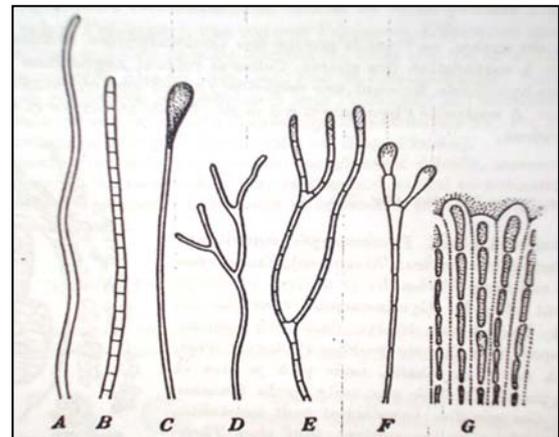


Fig.29. Les divers Types de paraphyses (Abbeyes, 1951)

1.4.1.2. Périthèces :

Ce sont des fructifications en forme de sphérules creuses, s'ouvrant au sommet par un port ou ostiole (Fig.30) à travers lequel sont émises les spores (OZENDA et CLAUZADE, 1970). Les périthèces sont toujours plus au moins enfoncés dans le thalle ou rarement superficiels (SERUSIAUX et al, 2004).

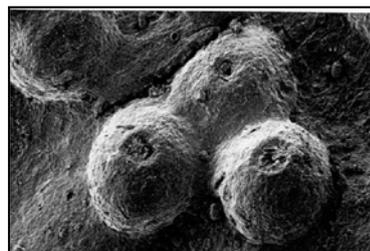


Fig.30. Le Périthèce chez *Pyrenula nitidella* (X85)

(Wirth (1995), in Gagnon 2014)

Selon CLAUZADE et ROUX (1987), un périthèce est constitués (Fig.31) généralement par :

- ◆ Une couche protectrice dure (excipulum ou pyrénium), et, rarement de couleur sombre, au moins au sommet,
- ◆ Un couvercle dit involucrellum, plus ou moins grand entourant la partie supérieure mais rarement la totalité de l'excipulum. Il est plus dur, et de couleur sombre que l'excipulum.
- ◆ A l'intérieur de l'excipulum, on trouve:
 - L'ensemble des périphyses, filaments généralement courts, couvrant la partie interne de l'ostiole.
 - L'hyménium, formé par l'ensemble des asques et des paraphyses.

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

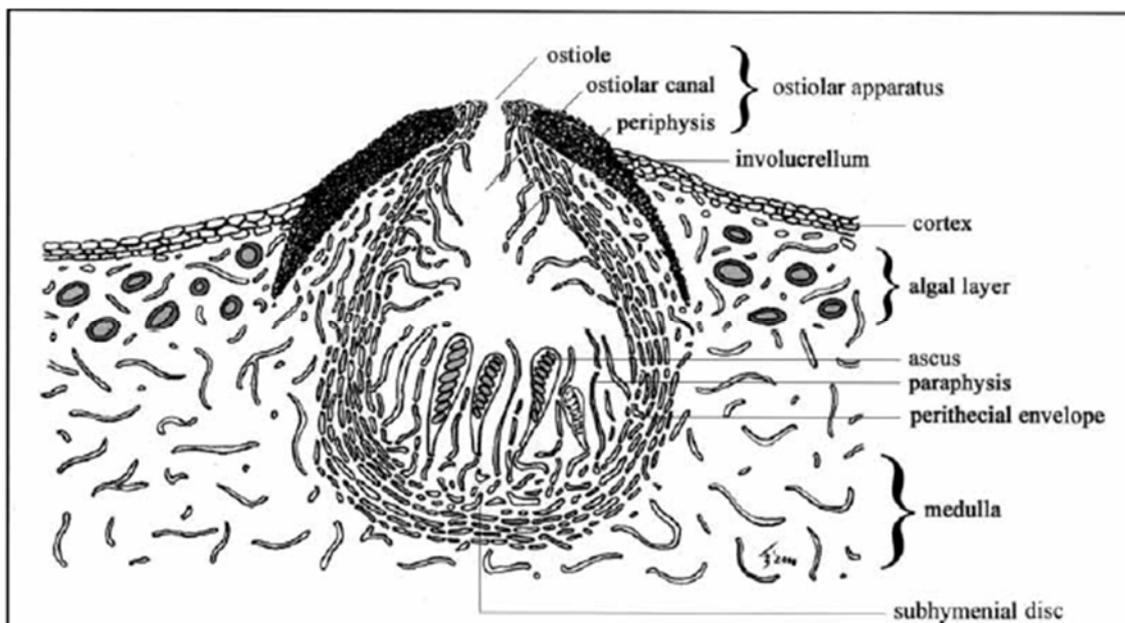


Fig.31. Anatomie d'un périthèce (NASH 2002, in Gagnon 2014)

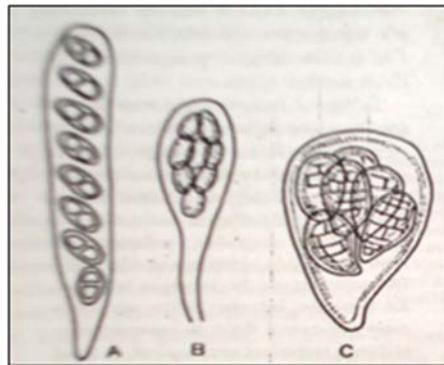
1.4.2. Asques :

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

Selon ABBAYES (1951), la forme varie peu. On distingue trois types (Fig.32), entre lesquels on trouve des formes intermédiaires :

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

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



(A) Type cylindrique ; (B) Type claviforme ; (C) Type pyriforme

Fig.32. Types divers d'asques

(Abbeyes, 1951)

1.4.3. Spores :

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

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

1.4.3.1. Nombre de spores :

Les spores, sont habituellement au nombre de huit, uni- ou pluricellulaires (Fig.33) (KIRSCHBAUM et WIRTH, 1997).



Fig.33. Mise en évidence des spores dans une coupe longitudinale d'une apothécie (Reinmers, 2000)

1.4.3.2. Couleur des spores :

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

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

1.4.3.3. Forme des spores :

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

1.4.3.4. Constitution des spores :

Selon TROTET (1968), la spore est formée de trois parois (Fig.34) :

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

Le protoplasma contient fréquemment des globules d'huiles, souvent volumineux, qui se colorent en rouge par les colorants des graisses. Les spores possèdent un ou plusieurs noyaux (TROTET, 1968).

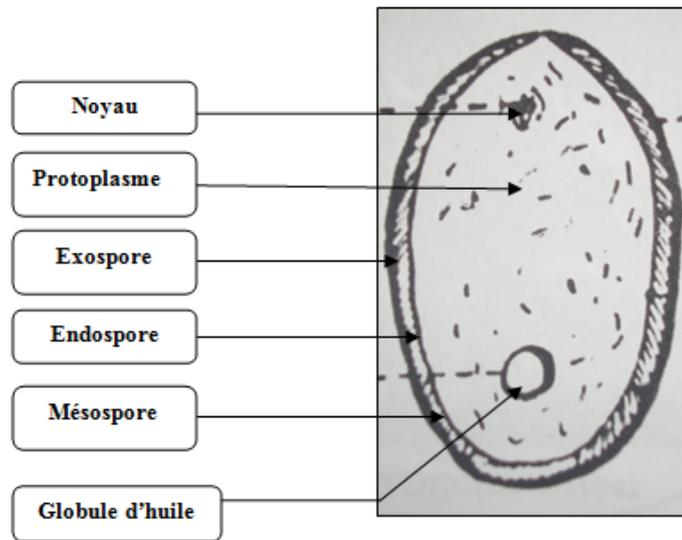
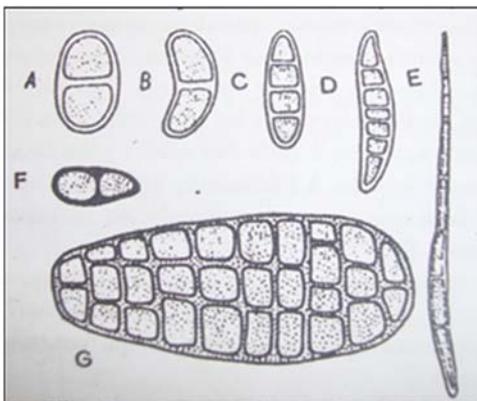


Fig.34. schéma d'une spore (Trotet, 1968)

1.4.3.5. Différents types des spores :

Selon leur constitution, les spores peuvent être classées en :

- ◆ **Spores simples**, formées d'une seule cellule généralement munie d'un seul noyau (Fig.35). Elles sont le plus souvent hyalines, de forme ellipsoïde ou ovoïde, et présentant fréquemment un ou deux globules huileux (ABBAYES, 1951).



- (A) Spore hyaline ovoïde ;
- (B) Spore hyaline ovoïde avec gouttes huileuses ;
- (C) Spore hyaline sphérique ;
- (D) Spore brune sphérique ;
- (E) Spore hyaline à parois épaisses.

Fig.35. Les divers types de spores simples (ABBAYES, 1951)

- (A) Spore hyaline biloculaire ;
- (B) Spore hyaline biloculaire courbe ;
- (C) Spore hyaline quadriloculaire ;
- (D) Spore hyaline fusiforme ;
- (E) Spore hyaline aciculaire ;
- (F) Spore brune biloculaire ;
- (G) Spore brune murale

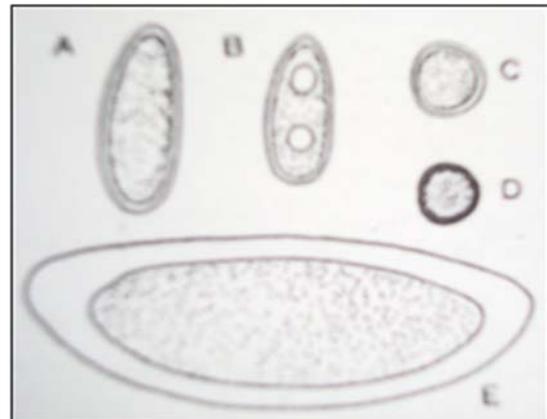


Fig.36.les divers types de spores cloisonnées (Abbeyes, 1951)

Les Spores polariloculaires : Ce sont des spores elliptiques, a paroi colorée ou non, représentant un épaissement équatorial considérable, repoussant le cytoplasme dans deux loges polaires, reliées entre elles par un canal étroit, généralement bien visible (Fig.37) (SERUSIAUX et *al*, 2004).



Fig.37. Spore polariloculaire

1.4.3.6. Emission des spores :

La déhiscence de la plupart des asques à anneau apical se fait par ouverture du sommet. Dans la plupart des cas l'émission des spores se fait, sous la pression du gonflement par l'eau des manchons périapicaux et de la gélatine hyméniale,. L'émission s'arrête par temps sec (ABBAYES, 1951).

1.5. Reproduction, développement et croissance :

1.5.1. Reproduction : Les lichens se reproduisent de deux façons :

1.5.1.1. La reproduction végétative :

La reproduction végétative du lichen peut se faire soit par dispersion de fragments indifférenciés du thalle, à la suite de contraintes mécaniques comme l'arrachement par le vent, ou le piétinement par des animaux, etc. (SERUSIAUX et *al*, 2004). Soit par émission de corpuscules spéciaux : les sorédies et les isidies (OZENDA et CLAUZADE, 1970).

1.5.1.2. La reproduction sexuée :

La reproduction de lichen, se fait par dissémination du champignon à l'aide de ses spores, qui après germination émettent des hyphes captant de nouvelles gonidies et entrant en symbiose avec elles, ce qui reconstitue un nouveau lichen (OZENDA et CLAUZADE, 1970).

1.5.2. Développement :

1.5.2.1. Germination :

La germination des spores a été observée et décrite par de nombreux auteurs qui ont cultivé expérimentalement les champignons des lichens. Le début de la germination est marqué par un léger accroissement de volume de la spore ensuite par la sortie de tubes germinatifs siphonnés, à paroi mince (TROTET, 1968). Les grosses spores à contenu multinucléé, ou les spores murales émettent une grande quantité de filaments de germination divergents (OZENDA et CLAUZADE, 1970).

1.5.2.2. Croissance et longévité :

Les lichens sont reviviscents par l'ensemble de leur thalle. Après une période de vie latente et au retour des conditions favorables, les phénomènes de croissance et de développement reprennent, sans qu'il y ait de régression ou de perte de substance (KOFLEK, 1954). La croissance des lichens est extrêmement lente, mais elle est assez variable, selon les espèces et les conditions climatiques (DERUELLE et LALLEMANT, 1983). Elle est de 0.5 à 2 mm par an pour les lichens crustacés, de 0.5 à 4 mm par an pour les lichens foliacés, et de 1.5 à 5 mm pour les lichens fruticuleux (VAN HALUWYN et LEROND, 1993).

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

1.5.3. Symbiose lichénique

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

D'après COSTE (2011), la symbiose est très fréquente dans la nature (les exemples sont nombreux : protozoaires, métazoaires, champignon en symbiose avec divers organismes autotrophes tels que les chlorelles, les spermaphytes). Chez les lichens, ce n'est qu'en 1866 que l'hypothèse d'une dualité de l'organisme lichénique a été formulée par SCHWENDER (OZENDA et CLAUZADE, 1970). Les lichens sont des organismes symbiotiques constitués de l'association entre une algue ou une cyanobactérie (élément autotrophe) et un champignon (élément hétérotrophe), (COSTE, 2011). L'algue fournit divers produits organiques tels les sucres ; le champignon contrôle l'apport minéral (DORLEANS, 2006), différencie des filaments suçoirs appelés haustories qui pénètrent dans la cellule de l'algue pour prélever ces produits (JAHNS, 1989), de ce fait, il est considéré comme le partenaire le plus favorisé. Dans certains cas, il y a une tendance au parasitisme vis à vis de l'algue (JACQUELINET, 2008). Cette double nature permet aux lichens d'acquiescer quelques caractéristiques, ces derniers sont capables de stopper leur métabolisme à l'état sec (forme de résistance) et reprennent leur activité lorsque les conditions hydriques deviennent favorables ce qui leur confère une large amplitude écologique. Ils colonisent des zones soumises à des conditions climatiques extrêmes qui dépassent les limites physiologiques de la plupart des végétaux terrestres (COSTE, 2011).

1.6. Biochimie des lichens

Du point de vue composition chimique, les substances fondamentales des lichens sont, l'eau, les substances organiques et minérales.

1.6.1. L'eau

L'absorption de l'eau se fait par les hyphes corticaux, se produit surtout au niveau des ouvertures (pores) dans le cortex. 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 (COSTE, 2008).

1.6.2. Les substances organiques

Les substances organiques fondamentales sont les glucides, les protides, et les lipides.

1.6.2.1. Glucides

D'après COSTE (2008), les glucides sont des sucres à quatre, cinq, six et a sept carbone fixés par le photobionte, transférés au champignon sous forme :

- De glucose chez les lichens à cyanobactéries ; en fait, synthèse de polysaccharides par la cyanobactérie, puis hydrolyses en glucose par des glucanases produites et libérées dans la couche gélatineuse par le champignon.
- Des Polyols dans les autres cas : chez la plupart des lichens, on trouve le ribitol, alors que chez *Roccella*, on trouve l'érythritol. Le sorbitol est rencontré chez *Dermatocarpon*. Quelle que soit l'espèce de lichen, les glucides absorbés sont convertis en mannitol (DERUELLE, 1994).

1.6.2.2. Protides

Le pourcentage des protides est très variable (2 à 10% du poids sec). Divers acides aminés ont été extraits tels que la leucine, la phénylalanine, le tryptophane, la lysine (COSTE, 2008).

1.6.2.3. Lipides

Les lipides jouent un rôle de réserve nutritive. Ils sont localisés dans les hyphes de certaines espèces, dans les paraphyses de l'hyménium et les spores qui les utilisent pour la germination. Des gouttelettes lipidiques (pigments caroténoïdes) sont présentes chez certaines algues (*Trentépolhiées*).

1.6.3. Les substances minérales

Le champignon fournit au photobionte les ions minéraux. 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 (ISMED, 2012).

1.6.4. Les produits élaborés par les deux symbiotes

Parmi les produits élaborés par les deux symbiotes, les uns restent à l'intérieur des cellules, les autres s'accumulent dans les membranes, et certains produits sont excrétés à l'extérieur des cellules, entre les hyphes (OZENDA ET CLAUZADE, 1970).

1.6.4.1. Les substances contenues dans les cellules

1.6.4.1.1. Constituants du protoplasme

Le protoplasme est formé de constituants minéraux tels que l'eau et les sels minéraux, et de constituants organiques représentés principalement par les protéines, les acides nucléiques, les lipides, les glucides, les enzymes, les vitamines, les pigments chlorophylliens et les pigments caroténoïdes.

1.6.4.2. Les substances des membranes

- Les gonidies : leurs membranes renferment surtout de la cellulose associée à des sels de calcium, à de la callose et à des composés pectiques.
- Les Hyphes : la composition de leurs membranes renferme des substances minérales, des glucides, des composés pectiques, de la chitine, et des pigments

1.6.4.3. Les substances rejetées à l'extérieur des cellules

Elles sont produites par les hyphes, parmi lesquelles on a l'oxalate de calcium, les lipides et les substances lichéniques (malonates, acétates).

1.7. Systématique

Les lichens ne sont pas une unité systématique, mais seulement un groupe particulier de champignons à biologie particulière ; de ce fait, les lichens sont souvent inclus, à des degrés différents, dans la systématique des champignons (JAHNS, 1989). Cette double nature du lichen pose le problème de la classification qui a été particulièrement longue à élaborer. Doit-elle être basée sur la morphologie du thalle, la nature du photosymbiote, la nature des métabolites secondaires ou la nature du mycosymbiote (COSTE, 2008).

La classification des lichens était fondée sur des caractères purement morphologiques et anatomiques du thalle (NYLANDER, 1858 ; HARMAND, HUE). Les caractères des champignons, et plus particulièrement ceux de l'apothécie, des spores et des conidiophores avaient été pris en considération, à la suite des travaux de Vainio et de Reinke, comme fondement d'une classification moderne. Alors que la forme, la structure du thalle ainsi que la nature des gonidies étaient par contre considérées comme accessoires (OZENDA et CLAUZADE, 1970). Les recherches de Reinke, puis de Zahlbruckner ont abouti au système proposé par cet auteur en 1907, c'est le seul qui ait embrassé l'universalité des lichens jusqu'à l'espèce et ses variations (ABBAYES, 1951).

Selon Zahlbruckner (1907), Les lichens appartiennent à :

Classe des lichens

1. Sous-classe des **Ascolichenes** : Les spores sont produites dans des asques.
 1. Ordre des **Pyrenocarpales** : Les ascocarpes ne s'ouvrent que par un pore, les thalles en général sont crustacés.
 2. Ordre des **Gymnocarpales**: Les ascocarpes plus ou moins largement ouverts, les thalles sont de tous les types.
 1. Sous-ordre des Coniocarpinées : Les asques et les paraphyses se détruisent et forment avec les spores, dans l'ascocarpe, un amas pulvérulent.
 2. Sous-ordre des Graphidinées : Les asques sont persistants et les apothécies sont plus au moins allongées.
 3. Sous-ordre des Cyclocarpinées : Les ascocarpes sont de forme arrondie. C'est le groupe le plus nombreux, où se trouvent tous les types de thalles.
2. Sous-classe des **Basidiolichenes** (ou **Hymenolichenes**) : spores produites sur des basides.

Récemment la prise en considération de nouveaux critères basés sur les recherches les plus récentes de la lichénologie, notamment en cytologie, anatomie et chimie, ont changé les bases de la systématique des lichens : l'appareil apical des asques, la paroi des ascospores, l'ontogénie des ascocarpes et des pycnides, et les acides lichéniques. Chacun d'eux est analysé et illustré par des exemples empruntés surtout à des travaux français. L'utilisation de méthodes mathématiques, comme l'analyse multivariable, et le problème de la hiérarchie des caractères sont discutés (ROUX *et al*, 1986).

1.8. Les lichens et le milieu

1.8.1. Répartition géographique

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

1.8.2. Ecologie des lichens

Les lichens sont considérés dans leur ensemble comme un groupe très plastique. Cependant chaque espèce a ses exigences propres et sa répartition est influencée par les facteurs écologiques du milieu (OZENDA et CLAUZADE, 1970). Ceux-ci peuvent être classés en facteurs climatiques, substratiques, biologiques et anthropozoïques (CLAUZADE et RONDON, 1966).

1.8.2.1. Les facteurs climatiques

- **La lumière** : les lichens sont pratiquement tous des végétaux héliophiles ; seule une minorité d'espèces, comprenant presque exclusivement des lichens à Cyanophycées, préfèrent les habitats ombragés. Pour tous les autres lichens, la richesse tant en espèces qu'en individus augmente avec la luminosité des stations, comme on l'observe pour les rochers exposés ou les troncs d'arbres isolés (OZENDA et CLAUZADE, 1970).
- **L'humidité atmosphérique et substratique** : l'humidité joue un rôle primordial, dans la physiologie du complexe lichénique. la stabilité de ce dernier est comprise entre deux limites, d'une part sa résistance à la dessiccation, d'autre part sa résistance à l'imbibition prolongée. On distingue l'action de l'humidité atmosphérique de celle de l'eau provenant de la pluie ou du substratum. La première est à l'état de vapeur, de brume ou de brouillard et sature le thalle sans le mouiller notablement. la seconde est liquide et mouillante (ABBAYES, 1951).
- **La température** : les lichens résistent aux basses températures, ils ont la particularité à photosynthétiser à des températures nettement inférieures au point de congélation, ce qui leur permet de rester métaboliquement actifs et de continuer leur croissance (KIRSCHBAUM et WIRTH, 1997).
- **Le vent** : il provoque une action physiologique indirecte en augmentant la vitesse de dessiccation des thalles, une action mécanique, directe, entraînant une dispersion des fragments de lichens, et joue un rôle primordial dans la multiplication végétative du lichen (OZENDA et CLAUZADE, 1970).

1.8.2.2. Les facteurs substratiques

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

1.8.2.3. Les facteurs biologiques et anthropozoïques

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

1.8.3. L'habitat :

Les lichens sont présents sur les roches, les écorces, les feuilles, le bois ouvragé, dans les milieux humides, ombragés, ensoleillés (COSTE, 2008). Cependant ils sont inexistant dans la mer à des profondeurs supérieures à 10 mètres, au centre des grandes villes, où la pollution atmosphérique est importante, et sur les tissus des animaux vivants (CLAUZADE et ROUX, 1987).

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

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

1.9. Intérêts des lichens :

On distingue les utilisations possibles, qui sont multiples, les utilisations réelles, qui sont limitées. La différence est due à la poussée des lichens considérée comme trop lente pour fournir une matière première suffisamment abondante dans l'industrie. Les usages des lichens dans la plupart des cas, n'ont plus qu'un caractère folklorique (TROTET, 1968).

1.9.1. Alimentaires :

Les lichens représentent une source de nourriture importante et un abri précieux pour de nombreux êtres vivants. Dans les pays nordiques, la poudre de *Cetraria islandica* est incorporée à la farine panifiable, pour sa richesse en lichénine. La valeur énergétique de cette farine est nettement supérieure à celle de la farine de blé (ABBAYES, 1951). Diverses espèces d'*Umbilicaria* ont été occasionnellement consommées au Canada par les trappeurs sous le nom de « tripes de roches » (CLAUZADE et OZENDA, 1970). Les lichens peuvent être employés comme aliment de bétail, (TROTET, 1968).

Selon SARDA (2009), Plusieurs espèces d'oiseaux utilisent les usnées (lichens fruticulés) comme matériau de base pour la construction de leurs nids, tout comme les écureuils volants d'Amérique du Nord.. De même Certains lézards ont développé des couleurs similaires aux lichens saxicoles présents dans leur biotope afin de se protéger des prédateurs. Soulignant que plusieurs chenilles de papillons se nourrissent des lichens.

1.9.2. Industriels :

Les lichens sont très recherchés dans la parfumerie pour la fabrication d'essences concrètes. Ils possèdent une odeur fraîche de verdure et sont couramment employés dans la composition de parfums genre fougère, Chypre et de fantaisie, lesquels sont utilisés dans des produits cosmétiques comme eau de cologne, lotion, savon de toilette, détergent ou encore comme fixatif (LESSARD, 1990). Leur utilisation en cosmétique se limitait aux propriétés antimicrobiennes. Les lichens peuvent avoir des propriétés hydratantes, gélifiantes et texturantes (PAULIGNE, 2013).

Les lichens peuvent être une source d'alcool. Dans le nord de Russie, les *Cladonia* sont exploités industriellement pour la fabrication du glucose (ABBAYES, 1951). D'autres ont beaucoup été utilisés, dans la formulation de teintures. Les pigments qu'ils contiennent servent à la coloration des fibres textiles, notamment dans la confection des articles de l'artisanat traditionnel (SARDA, 2009).

1.9.3. Médicinaux :

Depuis toujours, les lichens sont utilisés en médecine traditionnelle dans toutes les sociétés humaines. La plupart de ces utilisations étaient sans fondement et reposaient sur de simples analogies d'apparence :

- Les lichens du genre *Usnea*, sont largement utilisés en médecine traditionnelle pour traiter la toux, la diarrhée et les douleurs abdominales (ISMED, 2012).
- Le lichen foliacé *Parmotrema saccatilobum* est utilisé en Nouvelle Guinée sous forme d'un onguent obtenu par macération dans l'huile et appliqué en cas de coups, contusions, douleurs articulaires (ISMED, 2012).
- Le lichen jaune *Xanthoria parietina*, guérissent la jaunisse (ABBAYES, 1951).
- Le lichen *Peltigera canina* est utilisé contre la rage.

Le principal intérêt des lichens en médecine semble être actuellement la possibilité d'en extraire des antibiotiques à partir de certains espèces comme *Cetraria islandica*, et *Romalina reticulata* (CLAUZADE et OZENDA, 1970).

1.9.4. Comme indicateurs de conditions de milieu :

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

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

Chapitre II

Les Lichens Et La Qualité De L'Air

2. Les Lichens et la qualité de l'air :

2.1. Définition de pollution :

On parle de pollution lorsque « la présence d'une substance étrangère ou une variation importante dans la proposition de constituants de l'air est susceptible de créer une gêne ou de provoquer un effet nuisible, compte tenu des connaissances scientifiques du moments » (conseil de l'Europe, 1967, *in* Bauwens 2003).

2.2. Sources de pollution :

La pollution résulte de la présence des polluants variés dans l'atmosphère.

2.2.1. Les sources naturelles :

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

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

2.2.2. Les sources anthropogéniques :

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

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

- L'accroissement des besoins en énergie et en matières premières (activités d'extraction et de transport) ;
- L'utilisation sans cesse de combustibles fossiles ;
- Le développement et l'intensification de nombreuses activités à l'origine d'une pollution directe ou indirecte (chimie, agriculture industrielle, chauffage) ;

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

2.3. Les principaux polluants atmosphériques :

Les principaux polluants atmosphériques et leurs origines, sont classés dans le tableau II (GOUJON, 2004).

Tableau I. Principaux polluants atmosphériques

Polluants	Origines
Dioxydes de soufre (SO ₂)	Centrales thermiques, chauffages industriels et domestiques
Oxydes d'Azote (NO _x)	Transports, installations de combustion, certaines industries
Ozone (O ₃)	Transports, installations de combustion, certaines industries (se forme à partir des oxydes d'azote)
Monoxyde de carbone (CO)	Combustion incomplète des combustibles et carburants
Particules en suspension	Transports, industries

2.4. Surveillance de la qualité de l'air :

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

2.4.1. Méthodes de suivi de la qualité de l'air :

Les méthodes permettant de surveiller la qualité de l'air peuvent être réparties en deux catégories, clairement distinctes :

2.4.1.1. La détection et la quantification des polluants :

Cette méthode est assurée, le plus souvent en milieu urbain, par un réseau de capteurs physico-chimiques qui mesurent les concentrations des différents polluants atmosphériques (COUJON, 2004).

2.4.1.2. La Biosurveillance :

La Biosurveillance est l'utilisation d'organismes bioindicateurs, elle permet d'observer et d'analyser les réactions des organismes vivants exposés de façon plus au moins chronique à des polluants atmosphériques (GARREC ET VAN HALUWYN, 2002).

Cette méthode constitue un moyen d'évaluation des polluants là où il n'y a pas de capteurs, elle permet de réaliser des cartes des zones touchées par la pollution. La Biosurveillance complète les autres moyens de surveillance du milieu, elle a l'avantage d'être relativement simple à mettre en œuvre et peu coûteuse. En effet, elle permet de sensibiliser la population à la pollution de l'air.

2.5. Biosurveillance de la qualité de l'air par les lichens :

Depuis le milieu du XIXe siècle (NYLANDER ,1866), souligne que les lichens sont très sensibles à la qualité de l'air. Il avait remarqué que l'abondance des lichens diminuait à l'approche des villes et qu'ils avaient disparus à Paris, à l'exception du Jardin de Luxembourg. Ce même auteur attribuait cette absence à la mauvaise qualité de l'air (DERUELLE, 1978).

2.5.1. Choix des lichens comme indicateurs biologiques :

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

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

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

- Un grand pouvoir d'accumulation : la partie interne des lichens est une véritable éponge, qui est capable de piéger des quantités importantes de substances prélevées dans l'atmosphère. Des polluants variés sont ainsi accumulés de façon non sélective comme le soufre, le fluor, le plomb, les éléments radioactifs, leurs rétention est en outre facilité par la présence de substances chimiques (acides lichéniques et mucilages) abondantes dans les espaces intercellulaires.
- Une absence de moyens de défense contre les polluants : a la différence des plantes supérieures qui peuvent contrôler l'absorption des éléments exogènes, les lichens ne possèdent pas de moyens efficace de lutter contre la pollution (sans système de filtration). En cas de pollution aigue, les feuilles des arbres réagissent en fermant leurs stomates et bloquent l'entrée des polluants, alors que les lichens, qui sont dépourvus de cuticules et de stomates, récoltent toute la pollution.
- Une activité continue : les lichens ont une activité photosynthétique continue quelle que soit la saison. Ainsi, contrairement aux caducifoliés, qui perdent leurs feuilles en hiver, la photosynthèse est interrompue. L'activité hivernale des lichens facilite l'accumulation des polluants résultant d'une part de

l'augmentation de leurs émissions (chauffage domestique), et d'autre part de la diminution de leur élimination (absence de feuilles).

- Un métabolisme lent : il se traduit par un taux de croissance très faible et par une grande longévité qui permet de suivre l'évolution de la pollution. La productivité réduite des lichens est attribuée à la faible quantité de chlorophylle qu'ils possèdent et qui limite leur pouvoir de récupération après une intoxication par les polluants.

2.5.2. Les effets des polluants atmosphériques sur lichens :

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

2.6. Les méthodes d'estimation de la pollution atmosphérique par les lichens :

D'après DERUELLE (1970), les méthodes biologiques actuellement utilisées pour l'estimation atmosphérique, reposent sur les particularités structurelles et fonctionnelles des lichens. Elles sont classées en trois catégories :

- Les méthodes qualitatives permettant de déterminer le taux de pollution atmosphérique, directement à partir de l'observation de la végétation lichénique ;
- Les méthodes quantitatives nécessitant de calcul d'un indice mathématique comme IPA, IP, déterminé en fonction de la présence et du recouvrement des espèces ;
- Les méthodes indirectes faisant appel à une expérimentation plus au moins longue et qui sont encore peu développées.

2.6.1. Les méthodes qualitatives :

Les méthodes qualitatives de détermination de la pollution atmosphérique permettent d'estimer le taux de pollution uniquement à partir de l'observation de la végétation lichéniques. Plusieurs échelles ont été établies en comparant les cartes de répartition de certaines espèces, de reconnaissance faciles, et les valeurs mesurées de la pollution acide. En regroupant ces espèces, on peut distinguer plusieurs zones de pollution définies chacune par un ensemble d'espèces caractéristiques (DERUELLE 1978, DERUELLE et LALLEMANT, 1983).

La première échelle biologique a été publiée par Jones (1952). Cet autour a distingué trois zones en fonction des niveaux de pollution en Grande Bretagne (RAHALI, 2003).

Plus tard, plusieurs échelles d'estimation de la pollution ont été mises au point comme, Berkman (1963), Gilbert (1970), Hawksworth et Rose (1970), Johnsen et Sochting (1973), Seaward (1975), et Van Haluwyn et Lerond (1986).

- La méthode de Berkman (1963)

Cette échelle a été établie à Limbourg en Belgique où 15 espèces lichéniques épiphytes ont été reconnues et cartographiées. La région étudiée a été classée en trois catégories selon le niveau de la pollution :

1. Zone peu polluée ;
2. Zone à pollution modérée ;
3. Zone très polluée.

- La méthode de Hawksworth et Rose (1970)

L'échelle de Hawksworth et Rose (1970) comporte 11 zones de pollutions (Tableau I, II) définies chacune par un ensemble d'espèces caractéristiques (zone 0 = absence de lichens, très polluée, zone 10 = grande diversité des lichens, air pur).

- La méthode de Van Haluwyn et Lerond (1986)

Cette méthode a été dressée pour la moitié Nord de la France, elle est basée sur les groupements lichéniques définis par des relevés phytosociologiques. Un tableau représentant la liste des espèces retenues dans chaque groupe, avec une échelle correspondante de la qualité de l'air (teneur en SO₂ en µg/m³), (Tableau III).

2.6.2. Les méthodes quantitatives :

- Indice de la Qualité de l'Air (IQA)

Cette méthode consiste à étudier la végétation lichénique naturelle des arbres de la zone à étudier. La somme des fréquences de chaque espèce est égale à l'Indice de la Qualité de l'Aire. Cet indice est reporté sur une échelle de l'évaluation de la pollution de l'air. Plus l'indice obtenu est élevé, plus la pollution atmosphérique est faible, donc plus l'air est de bonne qualité (KIRSCHBAUM et WIRTH, 1970).

- Indice de pureté atmosphérique (IPA)

Cette méthode a été employée sous sa forme actuelle par LEBLANC et DE SLOOVER (1970). Son principe consiste à explorer le plus grand nombre possible de stations sur toute la zone étudiée, de déterminer plusieurs critères quantitatifs (nombre total d'espèces, recouvrement et fréquence) et de calculer un indice qui sera reporté sur une carte (DERUELLE 1978).

n : nombre d'espèces

$$I.P.A = 1/10 (\sum_{n_1} Q . F)$$

F : abondance de chaque espèce

Q : indice représentant le cortège floristique moyen

Q est calculé par la moyenne du nombre d'espèces accompagnant l'espèce retenue dans toutes les stations où elle est présente.

Le produit Q.F est divisé par 10 pour réduire la valeur de l'I.P.A., et faciliter l'établissement de la carte.

Le coefficient F représente le recouvrement et la fréquence, il est déterminé arbitrairement de la façon suivante :

- 1 : espèce très rare et à recouvrement très faible ;
- 2 : espèce très peu fréquente ou à faible recouvrement ;
- 3 : espèce peu fréquente ou à recouvrement moyen ;
- 4 : espèce fréquente ou à recouvrement très élevé sur quelques arbres ;
- 5 : espèce très fréquente et à recouvrement très élevé sur la plupart des arbres.

Tableau II. Echelle qualitative pour l'estimation de la pollution acide hivernale en Angleterre et au Pays de Galles, utilisant des lichens épiphytes sur des arbres à écorce non eutrophisée (Hawksworth et Rose, 1970).

Zone	Moyenne hivernale de SO ₂ (µ/m ³)	Espèces caractéristiques
0		Epiphytes absents
1	>170	<i>Pleurococcus viridis</i> s.l. présent mais limité à la base du tronc
2	Environs 150	<i>Pleurococcus viridis</i> s.l. s'étend sur le tronc ; <i>Lecanora conizaeoides</i> limité à la base.
3	Environs 125	<i>Lecanora conizaeoides</i> s'étend sur le tronc ; <i>Lepraria incana</i> devient fréquent à la base.
4	Environs 70	<i>Hypogymia phyodes</i> et/ou <i>Parmelia saxatilis</i> ou <i>Parmelia sulcata</i> apparaissent à la base du tronc mais ne s'étendent pas. <i>Lecidea scalaris</i> , <i>Lecanora exalens</i> et <i>Chaenotheca ferruginea</i> souvent présents.

5	Environs 60	<i>Hypogymia phyodes</i> et/ou <i>Parmelia saxalitis</i> s'étendent jusqu'à 2.5 m ou plus ; <i>P. globratula</i> , <i>P. subrudecta</i> , <i>Parmeliopsis ambigua</i> et <i>Lecanora chlarotera</i> font leur apparition ; <i>Calicium viride</i> ; <i>Lepraia candelaris</i> , <i>Pertusaria amara</i> peuvent apparaître ; si <i>Ramalina farinacea</i> et <i>Evernia prunastri</i> sont présents, ils sont limités à la base ; <i>Plastimatia glauca</i> peut être présent sur les branches horizontales.
6	Environs 50	<i>Parmelia caperata</i> présent au moins à la base, riches communautés de <i>Pertusaria</i> (<i>P. albescens</i> , <i>P. hymenea</i>) et de <i>Parmelia</i> (<i>P. revoluta</i> sauf dans le N.E), <i>P. tiliacea</i> , <i>P. exasperatula</i> (N), <i>Graphis elegans</i> ; <i>Pseudevernia furfuracea</i> et <i>Alectoria fuscescens</i> présent dans les régions montagneuses.
7	Environs 40	<i>Parmelia caperata</i> , <i>P. revoluta</i> (sauf dans le N.E.), <i>P. tiliacea</i> , <i>P. exasperatula</i> (sauf dans le N.) s'étendent sur le tronc ; apparition de <i>Pertusaria hemisphaerica</i> , <i>Usnea subfloridana</i> , <i>Rinodina roboris</i> (dans le Sud) et <i>Arthonia impolita</i> (dans l'Est).
8	Environs 35	<i>Usnea ceratina</i> , <i>Parmelia perlata</i> ou <i>P. reticulata</i> (S. et W.) apparaissent ; extension de <i>Rinodina roboris</i> (S) ; <i>Normandina pulchella</i> et <i>Usnea rubigena</i> (S.) généralement présent.
9	Environs 30	<i>Lobaria pulmonaria</i> , <i>L. amplissima</i> , <i>Pachypiale cornea</i> , <i>Dimerella lutea</i> ou <i>Usnea florida</i> présents ; si ces espèces sont absentes, les lichens crustacés sont très bien développés avec généralement plus de 25 espèces sur des arbres bien illuminés.
10	« pur »	<i>Lobaria amplissima</i> , <i>L. scrobiculata</i> , <i>Stricta limbata</i> , <i>Pannaria sp.</i> , <i>Usnea articulata</i> , <i>U. filipendula</i> ou <i>Teloschites flavicans</i> .

Tableau III. Echelle qualitative pour l'estimation de la pollution acide hivernale en Angleterre et au Pays de Galles, utilisant des lichens épiphytes sur des arbres à écorce eutrophisée (Hawksworth et Rose, 1970).

Zone	Moyenne hivernale de SO ₂ (µ/m ³)	Espèces caractéristiques
0		Epiphytes absents
1	>170	<i>Pleurococcus viridis</i> s.I. s'étend sur le tronc.
2	Environs 150	<i>Lecanora conizaeoides</i> abondant ; <i>Lecanora expallens</i> apparaît parfois à base des troncs.
3	Environs 125	<i>Lecanora expallens</i> et <i>Buella punctata</i> abondants ; apparition de <i>Buella canescens</i> .
4	Environs 70	<i>Buella canescens</i> commun, apparition de <i>Physcia adscendens</i> et <i>Xanthoria parietina</i> à la base ; <i>Physcia tribacia</i> apparit dans le Sud.

5	Environs 60	<i>Physconia grisea</i> ; <i>P. farrea</i> ; <i>Bullia alboarta</i> , <i>Physcia orbicularis</i> , <i>P. tenella</i> , <i>Ramalina farinacea</i> , <i>Haematomma coccineum</i> var. <i>porphyrium</i> , <i>Schismatomma decolorans</i> , <i>Xanthoria candelaria</i> , <i>Opegrapha varia</i> et <i>O. vulgata</i> apparaissent ; <i>Buellia canescens</i> et <i>Xanthoria parietina</i> communs ; <i>Parmelia acetabulatum</i> apparaît dans l'Est.
6	Environs 50	<i>Pertusaria albescens</i> , <i>Physconia pulverulenta</i> , <i>Physciopsis adglutinata</i> , <i>Arthopyrenia alba</i> , <i>Caloplaca luteoalba</i> , <i>Xanthoria polycarpa</i> , <i>Lecania cyrtella</i> sont présents ; <i>Physconia grisea</i> , <i>Physcia orbicularis</i> , <i>Opegrapha varia</i> et <i>O. vulgata</i> deviennent abondants.
7	Environs 40	<i>Physia aipolia</i> , <i>Anaptychia ciliaris</i> , <i>Bacidia rubella</i> , <i>Ramalina fastigiada</i> , <i>Candelaria concolor</i> , <i>Arthopyrenia biformis</i> font leur apparition.
8	Environs 35	<i>Physia aipolia</i> , abondant ; <i>Anaptychia ciliaris</i> fructifié ; <i>Parmelia perlata</i> , <i>P. reticulata</i> , (S. et W.) ; <i>Gyalecta flotowii</i> , <i>Ramalina obtusata</i> , <i>R. pollinaria</i> et <i>Dezmaziema evernoides</i> apparaissent.
9	Environs 30	<i>Ramalina calicaris</i> , <i>R. fraxinea</i> , <i>R. subfarnacea</i> , <i>Physia leptalia</i> , <i>Caloplaca aurantica</i> et <i>C. cerina</i>
10	« pur »	Comme zone 9.

Deuxième partie

Partie expérimentale

Chapitre III

Présentation De La Région D'étude

Parc National de Chréa

3. Présentation de la région d'étude : Parc National de Chréa

3.1. Historique :

Le parc National de Chréa est créé par arrêté gouvernemental du 03 septembre 1925 pris sur application de l'arrêté général du 17 février 1921 fixant à l'époque le statut type des parcs Nationaux en Algérie. « A cette époque, seule la cédraie (1351 ha) a suscité un intérêt de protection en vue de réduire les pressions humaines exercées à l'intérieur de ses peuplements, par une fréquentation touristique déjà massive » (Fig.38), (ANONYME I, 1998).

Le décret n°83-461 du 23 /07/1983, fixe le Parc National de Chréa comme un établissement public à caractère administratif et étend sa superficie à 26 587 ha (ANONYME II, 1999).

A la différence des autres parcs nationaux, le Parc National de Chréa est resté juridiquement une propriété de douars dont la gestion relevait de la commune de Blida. Quant à la surveillance des patrimoines biologiques, elle revenait à l'administration des forêts (ANONYME V, 2006).

3.2. Situation géographique :

Le Parc National de Chréa est situé dans le massif tellien à 50 km au sud-ouest d'Alger. Il s'étend du Sud-Ouest au Nord-Est sur les topographies centrales de la chaîne de l'atlas tellien d'une longueur de 39,5 km et une largeur variante de 7 à 14 km comprises entre les latitudes Nord $36^{\circ}19'$ / $36^{\circ}30'$ et les longitudes Est $2^{\circ}38'$ / $3^{\circ}02'$.

Vers le Nord, le Parc National de Chréa est limité par la ville de Blida, la plaine de la Mitidja, les collines du Sahel, les monts de Chenoua ainsi que la mer méditerranéenne. Vers le Sud, la vue s'étale sur les talwegs des Oueds Mektâa et Merdja, l'anticlinal de Takitount allant jusqu'aux confins de l'Atlas Blidéen. Vers l'Ouest, le Parc National de Chréa révèle un large horizon, étendu aux montagnes du massif du Dahra et de toute la terminaison orientale de l'Ouarsenis. Enfin, vers l'Est au premier plan, nous distinguons la chaîne des Bibans, et les hauteurs de la chaîne Kabyle en particulier, du Djurdjura.

Les points culminants sont : Koudiat Chréa 1545 m et le pic de Sidi Abd El Kader 1629 m, le point le plus bas se trouve à Sidi Brahim 175 m près des gorges de la Chiffa.

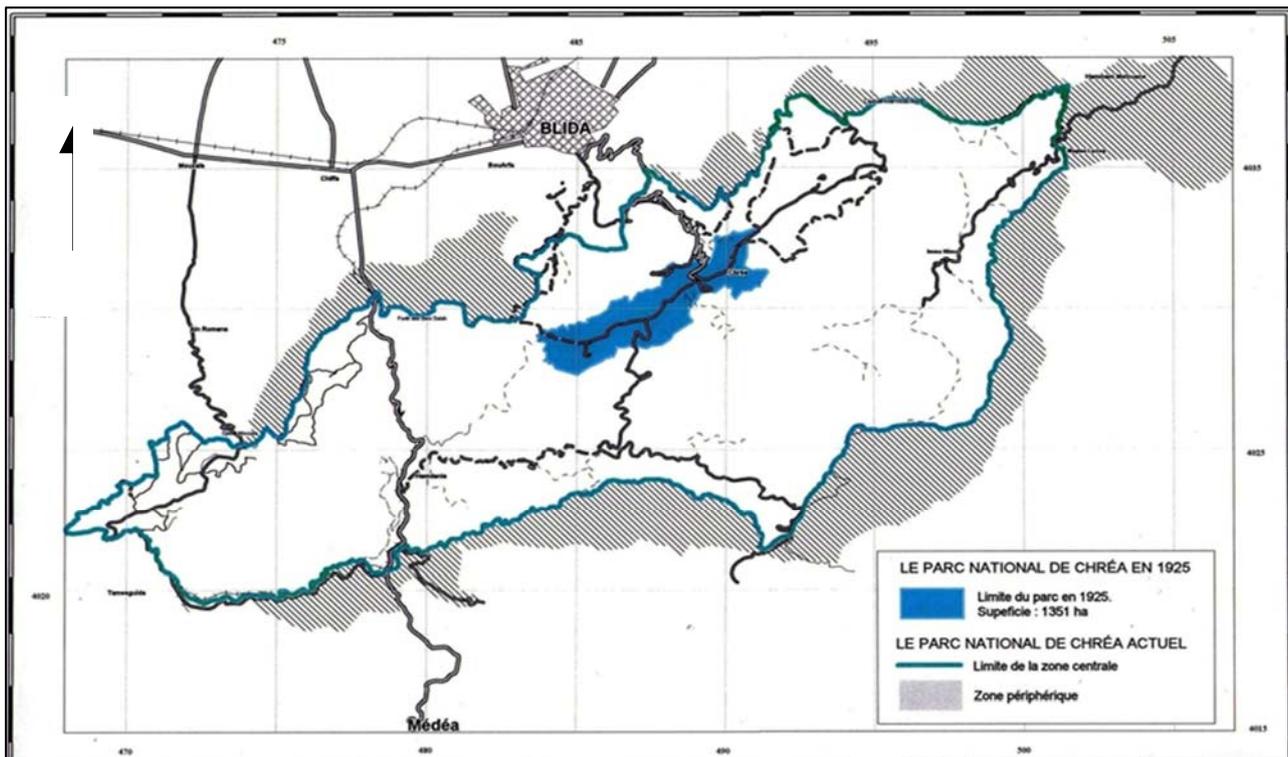


Fig.38. Carte des limites anciennes et actuelles du Parc National de Chréa (PNC, 1999)

Echelle : 1/125.000

3.3. Situation administrative :

Selon le décret n°91-306 du 24/08/1991 portant le découpage administratif du territoire national, le Parc National de Chréa chevauche les wilayas de Blida, de Médéa et Ain Defla. Elles sont représentées toutes ensemble, par un total de 12 collectivités locales (Fig.39), (ANONYME III, 2009).

- La wilaya de Blida compte près de 17 857 ha soit 67,1% de la superficie totale du Parc National de Chréa.
- La wilaya de Médéa, compte près de 8 650 ha soit 32,6 % de la superficie totale du PCN.
- La wilaya d'Ain Defla, compte près de 80 ha soit 0.30% de la superficie totale du PNC.

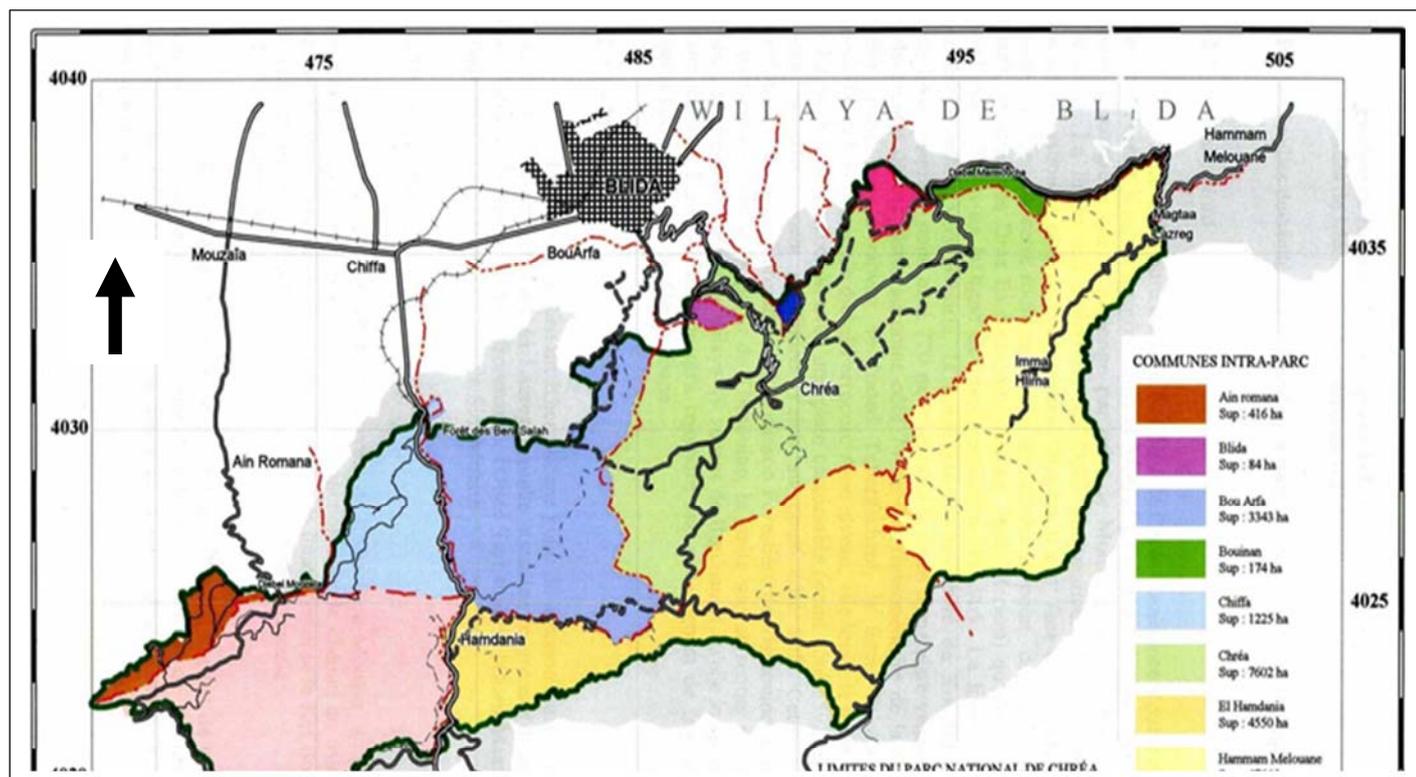


Fig.39. Carte des limites administratives du Parc National de Chréa (PNC, 2009)

Echelle : 1/125.000

3.4. Biodiversité du Parc National de Chréa :

3.4.1. La Flore :

Le Parc National de Chréa compte 1152 espèces végétales réparties à travers 08 unités écologiques. La Flore mycologique est composée de 26 espèces dont 16 sont comestibles (ANONYME II, 1999). L'examen de la carte d'occupation des terres du Parc National du Chréa montre qu'il englobe les unités suivantes:

- L'unité du cèdre : elle occupe la tranche altitudinale allant de 1300 à 1625 m. Elle se situe dans l'étage bioclimatique per-humide et couvre environ 1200 ha.
- L'unité du chêne vert : Elle couvre sous forme d'un taillis de 6 à 8 m de hauteur la tranche altitudinale allant de 800 à 1400/1500m excepté la zone de Chréa et couvre environ 10.000ha.
- L'unité de chêne liège : Les subéraies du Parc National de Chréa se présentent en bouquets sur des superficies réduites à travers notamment les reliefs septentrionaux.
- L'unité du Pin d'Alep: Elle occupe 7000 ha à travers le versant méridional du Parc National.
- L'unité du chêne Zen : Elle se limite à quelques impacts notamment au niveau des stations fraîches et humides caractérisées par la présence de *Pteridium aquilium*.
- L'unité du Pin d'Alep et du Thuya de Berberie : Elle se présente sous forme d'un maquis à *Tétraclinis articulata* enrésiné par du Pin d'Alep.
- L'unité des Ripisylves : Cette unité se caractérise principalement par la présence des groupements suivants au niveau des abords des oueds : *Iridi populetum albae*, *Ulmo fraxinetum angustifoliae*, *Prunus avium*.
- Les terrains vides : Ce sont les espaces dénudés plus les pelouses couvertes par un tapis herbacé.

3.4.2. La Faune :

Par la variété de ses climats locaux, ses expositions, la nature de ses sols et sa végétation, le Parc National de Chréa offre à de nombreuses espèces des habitats et des possibilités de développement considérables tant pour les mammifères, les oiseaux, les reptiles et les insectes. Parmi la faune recensée le singe Magot (*Macaca Sylvanus*) constitue l'espèce représentative du Parc National De Chréa. Il se trouve principalement dans la partie occidentale du Parc, dans les reliefs fermés de Djebel Tamezguida, les gorges humides de la Chiffa et de Koudiet Sidi El Mokhfi. Le lièvre, le lapin, le chacal, le pigeon ramier, la

mésange, le rouge gorge ainsi que de nombreuses rapaces tels que le vautour fauve, l'aigle royal, le hibou, constituent, l'essentiel du patrimoine faunistique du Parc National de Chréa (ANONYME I, 1998).

3.5. Cadre physique :

3.5.1. Relief :

D'après Halimi (1980), l'Atlas Blidéen est une région montagneuse, résultant du plissement alpin dont le point culminant atteint 1629 m Koudiet Abdelkader. C'est une masse de terre surélevée entre la mer méditerranéenne au Nord et les Hauts Plateaux au Sud.

L'Atlas Blidéen forme la partie centrale de l'Atlas Tellien d'orientation générale Sud-Ouest / Nord-Est, dont la superficie est de 1572 km². Cette orientation générale joue le rôle d'un véritable écran aux précipitations venant du nord-ouest créant ainsi un déséquilibre net entre les deux versants Nord et sud. Le relief tourmenté accentué par le ravinement et l'érosion faisant apparaître de nombreux talwegs et bas-fonds à microclimats particuliers avec une grande diversité des précipitations, des températures et de végétation, dont les principaux talwegs sont Oued Chiffa, Oued Kbir, Oued Messaoud et Oued Mektâa.

3.5.2. Hydrographie :

Le Parc National de Chréa est caractérisé par un réseau hydrographique dense et important qui est soumis aux caractéristiques du climat méditerranéen notamment une série d'Oueds d'orientation générale Sud-Nord, dont les principaux sont : Oued Chiffa, Oued Kbir, Oued Messaoud, Mektâa et Bou maane (Fig.40).

3.5.3. Géologie :

Le massif de Blida fait partie des zones externes de la chaîne Alpine en Algérie, ce massif a été le théâtre de violents mouvements orogéniques datant de la dernière partie du tertiaire, et qui lui ont donné surtout dans sa partie centrale un aspect très mouvementé. Du point de vue géologique, le massif de Chréa est très homogène et composé uniquement de puissant dépôt de schistes du crétacé inférieur plus au moins argileux par places et rarement fossilifères (FAUREL, 1947).

3.5.4. Pédologie :

Les terres du massif de Chréa sont composées dans leur partie de la décomposition des schistes constituées de gros éléments (cailloux, graviers) de nature siliceuse très faible en proportion de calcaire, phosphore et chlore (HALIMI, 1980).

Selon KILLIAN et MARTIN (1957), différents types de sols sont différenciés en fonction de la topographie et du couvert végétal et sont qualifiés de sols jeunes et peu évolués. On distingue :

- Des sols forestiers de haute altitude (1550 m), bruns à texture limono-argileuse et plus ou moins caillouteux. Ces sols sont riches en matière organique,
- Des sols dégradés des piémonts, ce sont des sols d'apport colluvial ou lithosol.

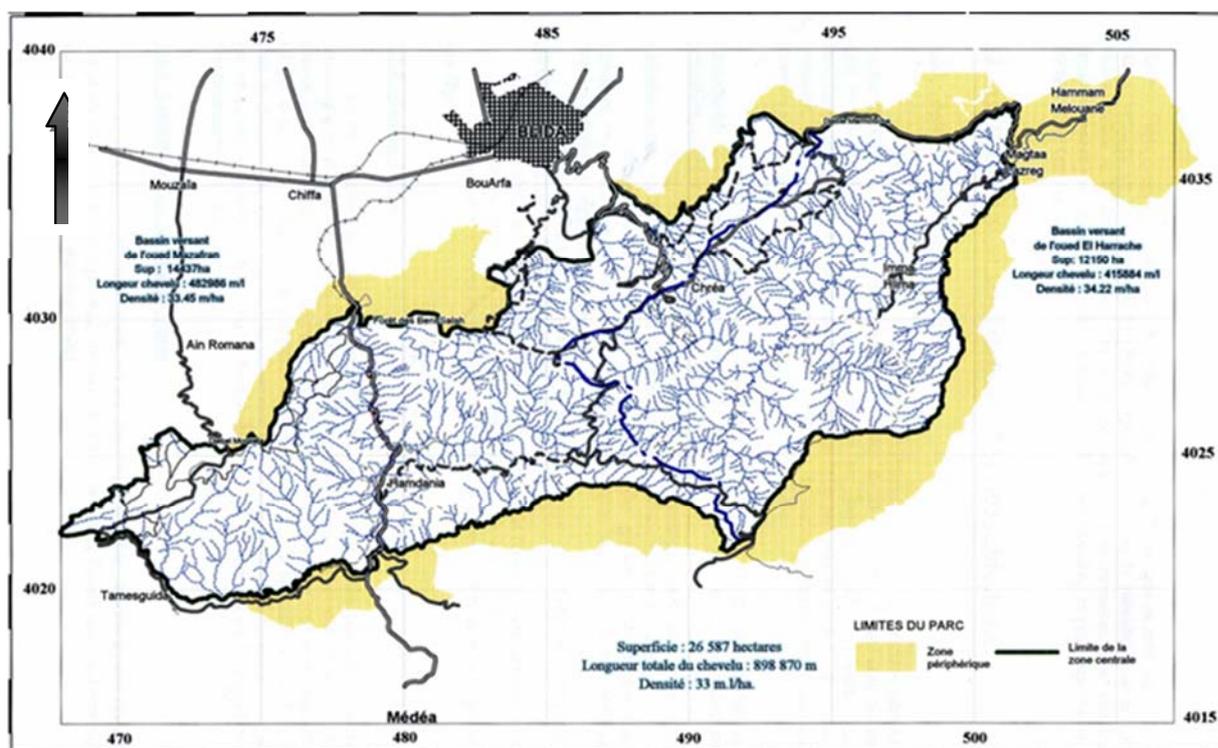


Fig.40. Carte hydrographique du Parc National de Chréa (PNC, 2009)

Echelle : 1/125.000

3.6. Cadre climatique :

3.6.1. Sources des données climatiques :

Nous avons utilisé deux données climatiques de l'A.N.R.H, l'une est calculée sur une période de 15 ans (1997-2012) retenues pour l'étude climatique de la station de Blida, et l'autre est calculée sur une période de 20 ans (1996-2016) pour l'étude de Chréa.

3.6.2. Les précipitations :

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

3.6.2.1. Les précipitations moyennes mensuelles et annuelles :

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

Tableau N°IV. Données pluviométriques moyennes mensuelles et annuelles (mm) des stations d'études

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Jt	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Moy A (mm)
Chréa	75	171.31	99	191	61.5	50.15	10.37	3.6	16.1	69.08	144	118.05	1107.35
Blida	116	85	92	64	58	26	2	4	34	66	114	130	791

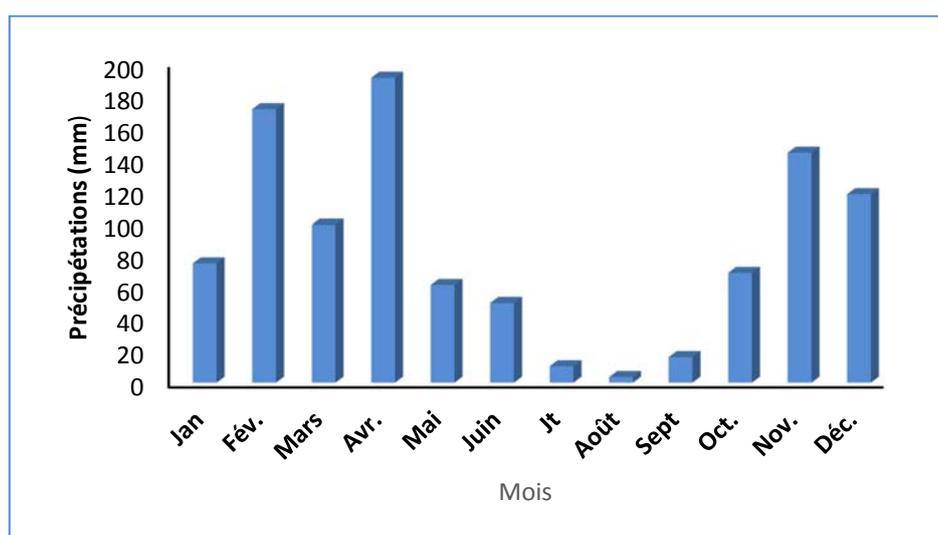


Fig. 41. Répartition des précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station de Chréa

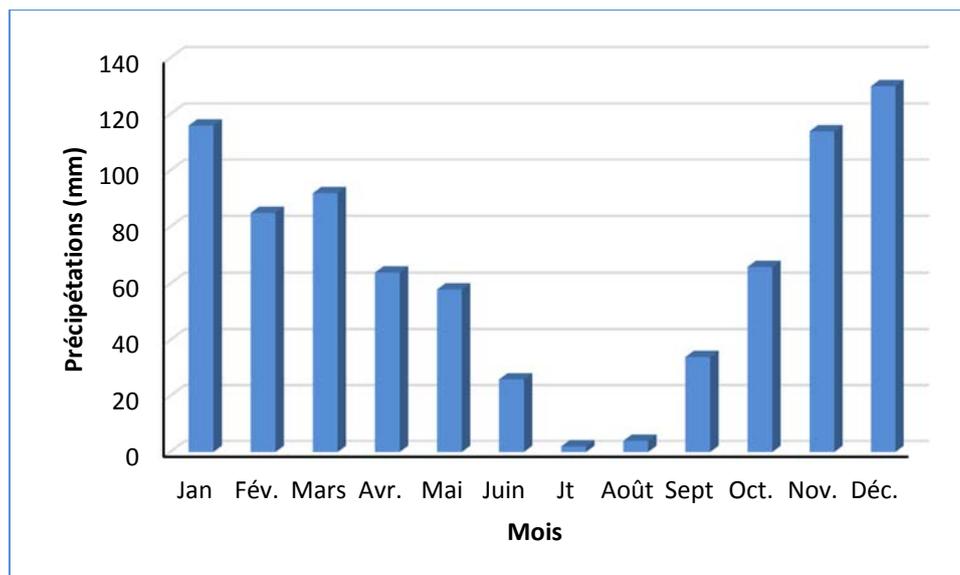


Fig. 42. Répartition des précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station de Blida

La répartition mensuelle des précipitations moyennes mensuelles dans les stations considérées, tout en tenant compte du caractère irrégulier de la pluviosité (Fig.41 et 42), définit une période pluvieuse correspondant à la saison froide, qui s'étale d'octobre à Mai pour les deux stations, avec un maximum de précipitations enregistré au mois de Février soit 171.31 mm pour la station de Chréa et en mois de Décembre pour la station de Blida soit 130 mm ; et une période sèche correspondant à la saison chaude qui s'installe à partir du mois de Juin jusqu'au mois d' Août avec un minimum de précipitations enregistré au mois d'Août pour la station de Chréa (3.6 mm), et au mois de Juillet pour la station de Blida (2 mm).

La station de Chréa enregistre des précipitations annuelles de moyenne de 1107 mm, quant à la station de Blida, elles sont à 791 mm.

3.6.2.2. Les précipitations moyennes saisonnières :

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

Il est à constater qu'il existe un seul type de régime saisonnier. Le régime saisonnier des pluies pour les deux stations est de type HPAE. L'Eté est la saison la moins arrosée, caractéristique du climat méditerranéen. Cependant, la station de Blida enregistre des précipitations saisonnières identiques au Printemps et en Automne.

Tableau N°V. Données pluviométriques moyennes saisonnières (mm) des stations d'étude

Station	Saisons	Hiver (H)	Printemps (P)	Eté (E)	Automne (A)	Indicatif saisonnier
Chrèa		364 mm	351 mm	64 mm	230 mm	H P A E
Blida		331 mm	214 mm	32 mm	214 mm	H P=A E

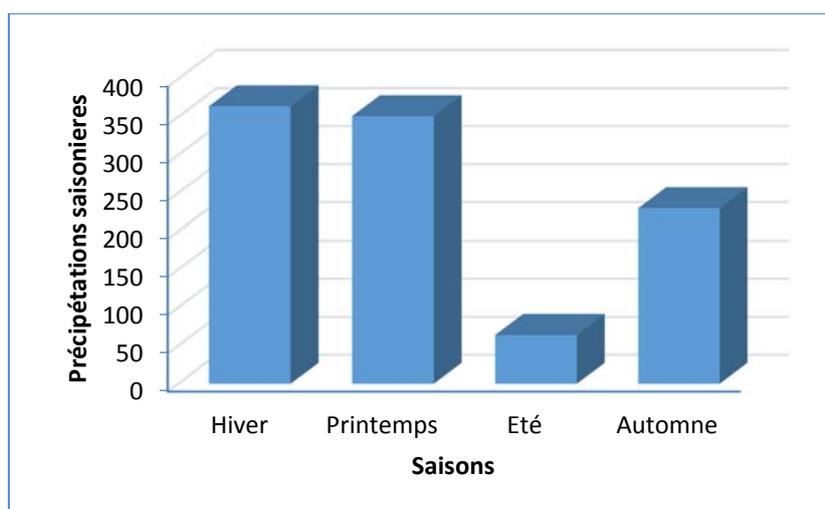


Fig. 43. Répartition des précipitations moyennes saisonnières (mm) de la station de Chrèa

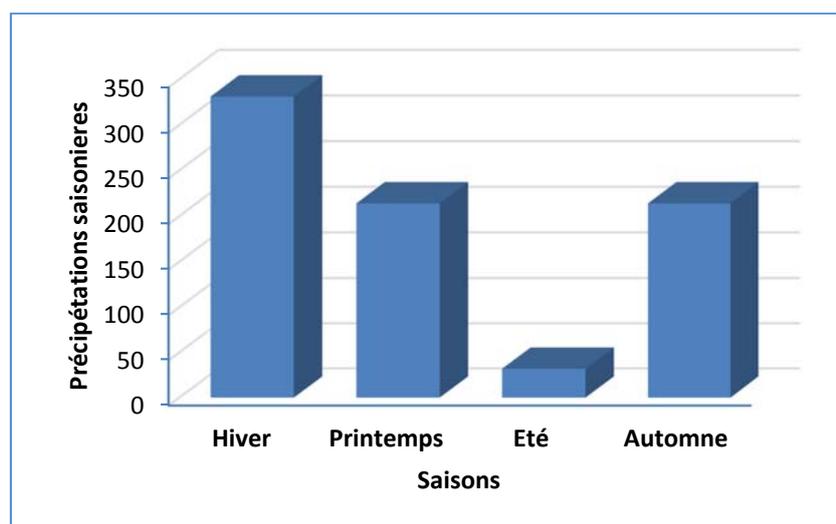


Fig.44. Répartition des précipitations moyennes saisonnières (mm) de la station de Blida

3.6.3. Les Températures :

Divers critères thermiques sont utilisés pour apprécier le climat d'une station. C'est tout d'abord la température moyenne annuelle (T) et les moyennes mensuelles (T min, T max) qui sont fréquemment utilisées, et surtout les moyennes des maxima du mois le plus chaud (M), les moyennes des minima du mois le plus froid (m).

Tableau N°VI. Données thermiques moyennes mensuelles et annuelles des stations d'étude

La station de Chréa													
Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Jt	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
Tmin °C	3.05	1.22	5.55	8.48	13.16	18.67	21.3	22.68	16.75	12.23	7.56	4.44	11.25
Tmax °C	1.97	4.35	9.05	11.51	8.11	25.26	28.07	29.29	22.7	17.21	10.17	6.76	15.37
Tmoy °C	2.51	2.78	7.3	9.99	15.63	21.96	24.68	25.98	16.98	14.72	8.86	5.6	13.08

La station de Blida													
Tmin °C	7	7.6	9.3	11.4	14.3	17.7	21.4	22.1	20	15.2	10.9	8.2	13.75
Tmax °C	14.2	15.5	17.3	19.9	23.3	26.8	30.9	31.7	28.2	23.3	18.5	15.3	22.07
Tmoy °C	10.6	11.5	13.3	15.6	18.8	22.2	26.1	26.9	24.1	19.2	14.7	11.7	17.89

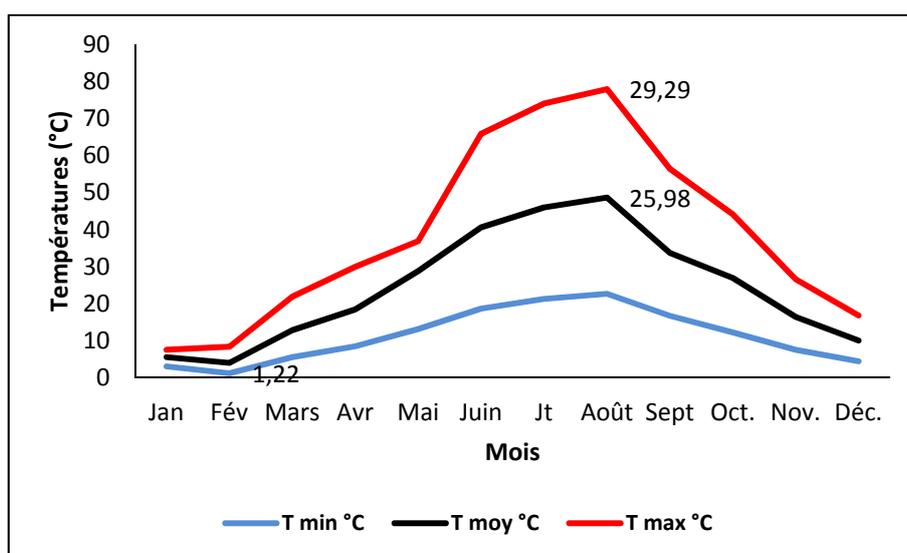


Fig.45. Répartition des températures moyennes mensuelles de la station de Chréa

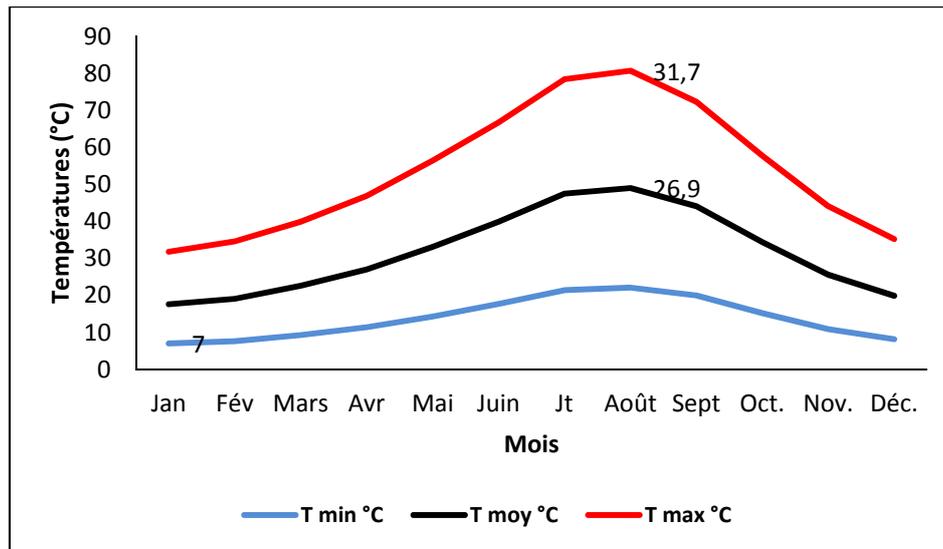


Fig.46. Répartition des températures moyennes mensuelles de la station de Blida

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

La température moyenne mensuelle au niveau des stations d'études, est inférieure à la moyenne annuelle entre le mois de novembre jusqu'au mois d'avril.

Cependant elle augmente à partir du mois de Juin jusqu'au mois de Septembre, permettant ainsi de diviser l'année en un semestre froid et un semestre chaud. Mais, des nuances nombreuses existent localement en fonction de l'altitude, de la latitude, de l'exposition, et de la proximité de la mer.

Dans les stations d'étude la température moyenne maximale du mois le plus chaud est enregistrée dans le mois d'Août soit 29.29 °C pour la station de Chréa et de 31.7 °C pour la station de Blida. Quant à la température moyenne maximale du mois le plus froid est de 1.2 °C (Février) pour la station de Chréa, et de 7°C pour la station de Blida.

3.7. Bioclimat :

3.7.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен :

Le type de climagramme le plus répandu est celui conçu par Bagnouls et Gausсен (1953). La représentation sur un même graphique des précipitations moyennes mensuelles, exprimées en mm, et des températures moyennes mensuelles, exprimées en °C, avec en abscisses les mois, permet d'obtenir le diagramme ombrothermique. Ce dernier permet une visualisation immédiate de la durée et de l'intensité de la saison sèche, à condition que les échelles prises en ordonnées sont telles qu'à 1°C correspond 2 mm, et il permet aussi d'évaluer la longueur de la saison pluvieuse.

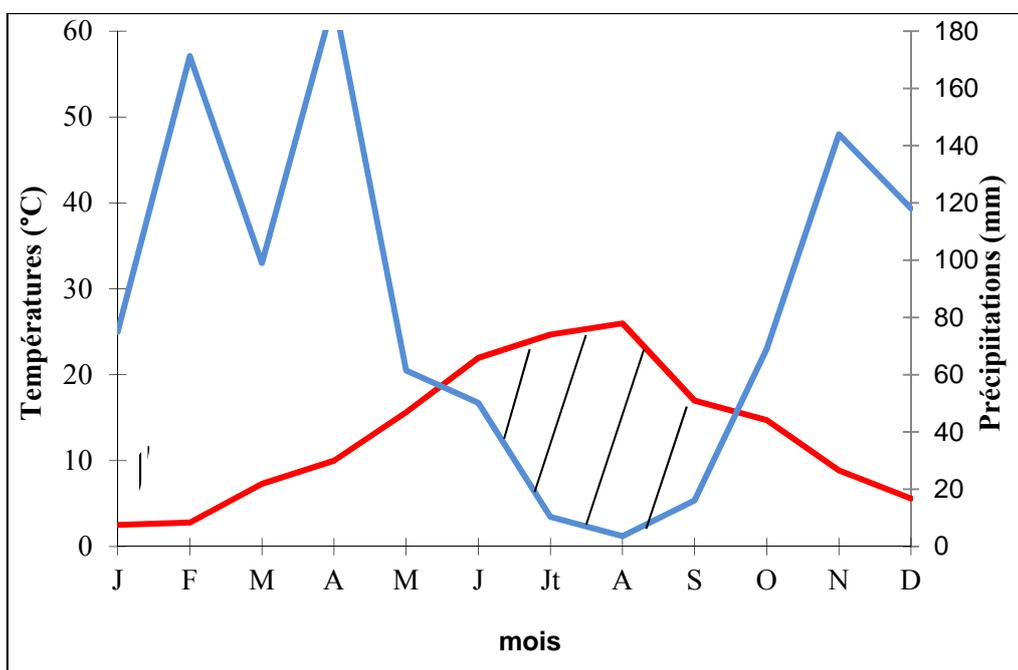


Fig.47. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la station de Chréa

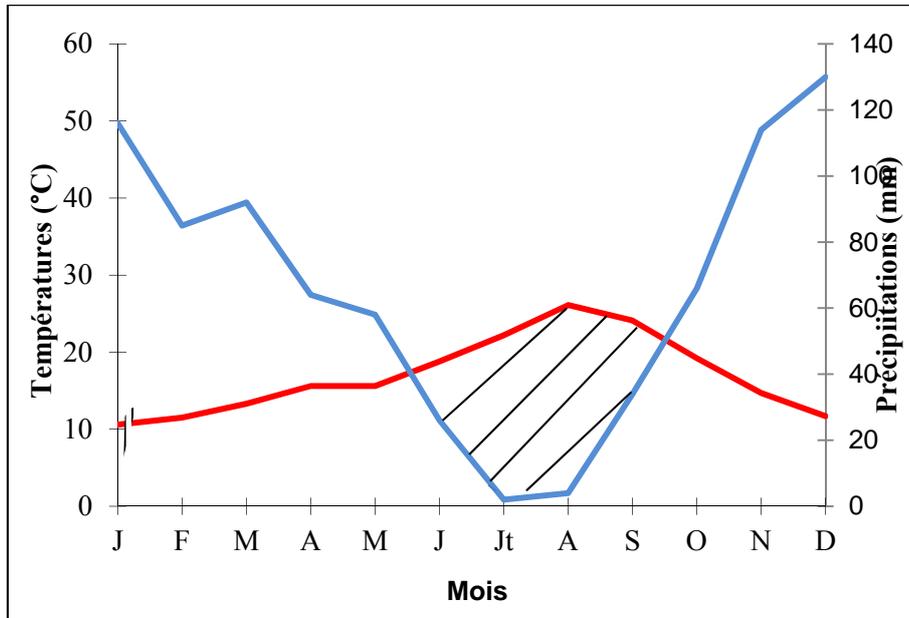


Fig.48. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la station de Blida

D'après les Fig. 46 et 47, la durée de la période sèche dans les stations d'étude est :

Pour la station de Chréa, la période sèche commence de la mi-Mai jusqu'à la mi-septembre (4 mois). Quant à la station de Blida, la période sèche débute de la mi-Mai jusqu'au mois d'Octobre (4 mois et demi).

3.7.2. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger

Le quotient pluviothermique d'Emberger (1932), s'exprime par la formule suivante :

$$Q_2 = 1000 P / (M+m/2) \quad (M-m) = 2000 P / M^2 - m^2$$

Q₂ : Quotient pluviométrique.

P : Pluviosité moyenne annuelle en mm.

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

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

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

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

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

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

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

Les valeurs du quotient pluviothermique d'Emberger des stations d'étude sont récapitulées dans le tableau N°VII.

Station	P (mm)	m (°C)	Q2	Bioclimats	Variante thermique
Chr�a	1107 mm	1.22	137.28	Humide	Frais
Blida	791 mm	7	109.9	Subhumide	Chaud

3.8. Cadre phytogéographique et étages de végétation :

3.8.1. Cadre phytogéographique :

Selon les subdivisions biogéographiques en domaines et en secteurs floristiques de Maire (1926), Quezel et Santa (1962), Barry et Celles (1974), notre zone d'étude est incluse dans :

- Empire de Holarctis
- Région méditerranéenne
- Domaine Maghrébin méditerranéen
- Secteur algérois
- Sous-secteur de l'Atlas tellien

3.8.2. Etages de végétation :

La notion d'étage de végétation a fait l'objet de plusieurs travaux, selon EMBERGER (1936), «On appelle étage de végétation, les différentes ceintures ou zone de végétation qui se succède en altitude, sur un massif montagneux depuis la base jusqu'au sommet ».

Plus tard, (OZENDA, 1975) a défini l'étage de végétation comme étant « un ensemble de groupement végétaux réunis par des affinités écologiques dans une même tranche altitudinale ». Pour cet auteur, l'étage de végétation est lié à la température minimale du mois le plus froid "m" qui doit rester un principe de classification rationnelle. Il ne peut réunir que des groupements végétaux vivant dans des conditions du milieu sensiblement identiques.

RIVAS MARTINEZ (1982), a complété cette définition en liant l'étage de végétation aux températures moyennes annuelles "T" et à la température minimale du mois le plus froid "m".

Tableau VIII. Division des étages de végétation selon Ozenda (1975) et Rivas Martinez (1982)

Etage \ Paramètres	Altitude (m)	Ozenda (1975)	Rivas Martinez, (1982)	
		'm"	'T"	" m"
Thermoméditerranéen	700	>3°C	>16	>5
Mésoméditerranéen	1200	0<m<3	12<T<16	0<m<5
Supra méditerranéen	1600	-3<m<0	8<T<12	-3<m<0
Oroméditerranéen	2000	-7<m<-3	4<T<8	-6<m<-3
Altiméditerranéen	>2000	<-7	<4	<-6

L'étude des étages de végétation de l'Atlas Blidéen a été réalisée par différents auteurs parmi eux HALIMI (1980), MEDDOUR (1994), BOUAOUNE (1996).

D'après le tableau VIII, on constate trois étages de végétations caractérisant notre zone d'étude :

➤ L'étage thermoméditerranéen :

Cet étage de végétation s'étale sur une tranche altitudinale comprise entre 0 et 600 m, caractérisé par bioclimat subhumide tempéré et chaud. Cet étage coïncide avec la série de l'Olivier lentisque, il comprend des formations à *Oléa ceratonia*, *Pistacia lentiscus*, et également aux conifères thermophiles (*Pinus halepensis*...).

➤ L'étage mésoméditerranéen :

Il fait son apparition vers 600-1000m, cet étage occupe les étages bioclimatiques subhumide et humide tempéré et frais constitué par des formations sclérophylles (chêne vert et chêne liège), *Juniperus oxycedrus*, *Cytisus triflorus*.

➤ L'étage supraméditerranéen :

Il occupe les étages bioclimatiques per-humide et humide en ambiance fraîche (>1000m), dont il permet le développement des formations sylvatiques exigeantes en humidité telles que, les forêts caducifoliées, (la zénaie, l'érablière et la cédraie).

3.9. Caractéristiques et localisation des stations d'étude prospectées :

L'objectif de notre travail est d'inventorier les espèces de lichens épiphytes, et de les utiliser comme bioindicateur pour estimer la qualité de l'air dans le Massif Forestier de Chréa. De cet effet, nous avons prospecté 6 stations en allant de Jardin Sidi Yakoub (centre-ville de Blida, 208m vers Chréa 1400 m). Les sorties sur le terrain ont eu lieu, (Mar. Avr. 2018)

Les caractéristiques des stations échantillonnées sont récapitulées dans le tableau N°IX ainsi que leur localisation géographique est représentée dans la carte topographique du Parc National de Chréa (Fig.N°48).

Tableau IX . Les caractéristiques des stations prospectées voir l'Annex IV

Stations	Lieu -dit	Alt (m)	Coordonnées géographiques		Exposition	Pente %	Phorophytes	Circonférence (m)	Observations
			Long N	Lat. E					
I	Quatre ponts	1400	36°25' 800''	002 ° 43'253''	N	30	Cèdre	1-2	Dominance du cèdre (<i>Cedrus atlantica</i>), endroit fréquenté par le public
II	kerrache	1200	36°25'800''	002°53'253''	N	20	Cèdre	1.8-3	Dominance du chêne vert
III	Châtaigniers	900	36° 26' 848''	002° 52' 262''	NE	45	Châtaigniers	1.9 - 2.3	La périphérie du site est dominée par les Châtaigniers (<i>Castania sativa</i>), à l'intérieur c'est le Chêne vert (<i>Quercus ilex</i>) qui domine, mélangé avec le Pin d'Alep (<i>Pinus halepensis</i>). Présence des arbres fruitiers (Murier, Cerisiers), Cytise velu (<i>Cytisus villosus</i>)
IV	Beni Ali	750	36°27'215''	002°51'248''	NE	55	Cèdre	2 - 1.4	Dominance du cèdre (<i>Cedrus atlantica</i>) milieu non fréquenté par le public
V	Hakou Feraoun	700	36°27'210''	002°51'240''	SW	30	Chêne vert	0.3 - 0.5	Dominance de Chêne vert (<i>Quercus ilex</i>), présence de quelques pieds de cèdre (<i>Cedrus atlantica</i>) à la périphérie de la station, présence de Cytise velu (<i>Cytisus villosus</i>)
VI	Jardin Sidi yakoub (centre ville)	208	36°30'304''	002°51'48''	NW	0	Olivier	5 - 3.9	Jardin ouvert au public, très fréquenté, comprend le Pin d'Alep (<i>Pinus halepensis</i>), et l'olivier (<i>Oléa europea</i>).

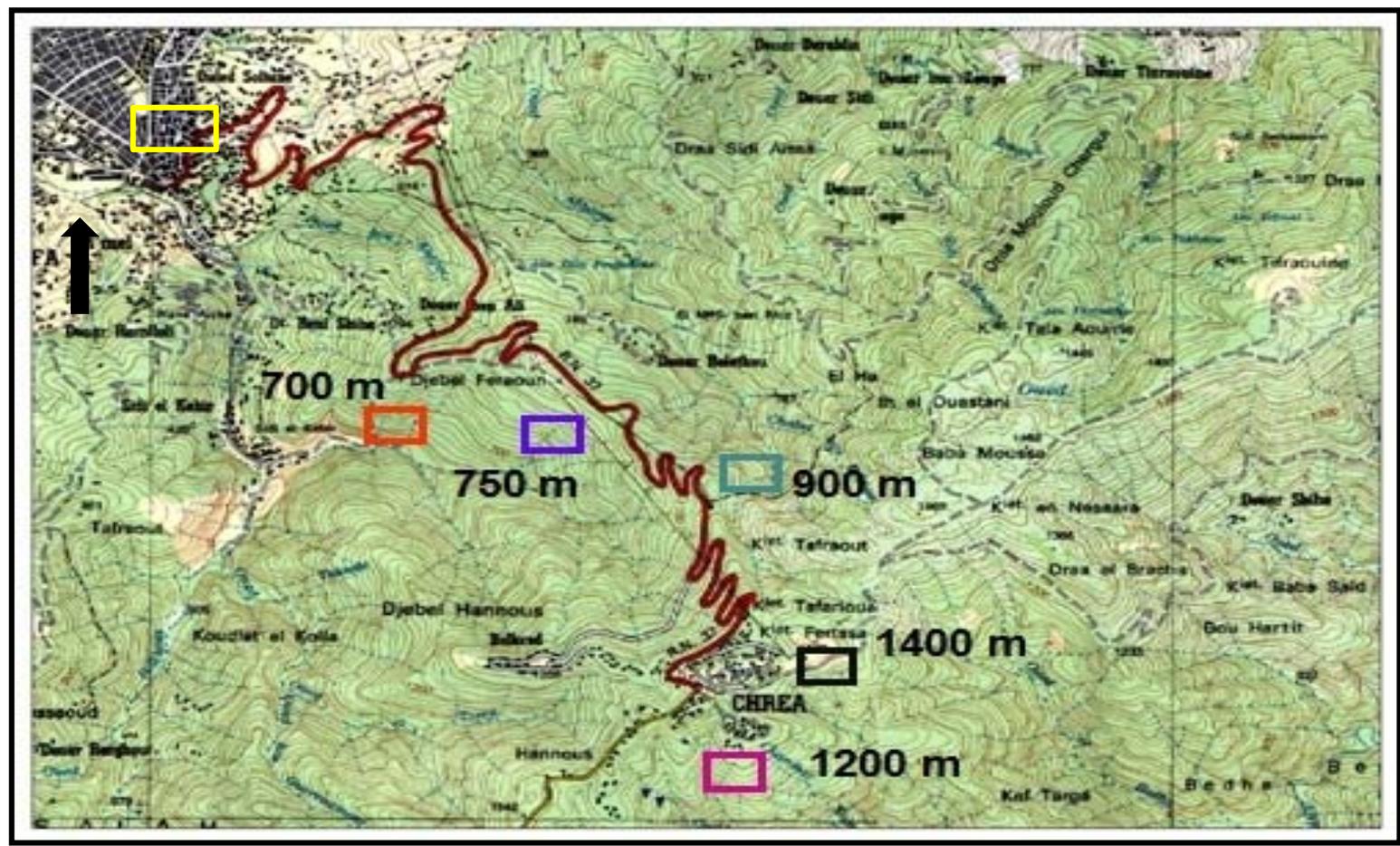


Fig.49. Localisation géographique des stations prospectées Échelle: 1/ 50 000

-  Station Hakou Feraoun
-  Station Ben Ali
-  Station Quatre bondes
-  Station kerrouche
-  Station châtaignier
-  Jardin Sidi Yakoub

Chapitre IV

Matériel Et Méthodes

4. Matériel et méthodes :

4.1. Le choix du site d'étude :

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

4.2. Matériel utilisé sur le terrain :

Sur le terrain, nous avons utilisé le matériel suivant :

- Une loupe, pour l'observation des lichens de petits thalles, peu visibles à l'œil nu,
- Un GPS, qui sert à indiquer les coordonnées géographiques (Longitude, Latitude, et l'altitude), pour situer le lieu de récolte,
- Un cutter utilise pour la récolte des espèces,
- Un ruban afin de mesurer la circonférence des arbres,
- Un clésimètre qui sert à indiquer la pente,
- Des Crayons.
- Des grilles de relevés,
- Des fiches terrain (fiche arbre, fiche station),
- Des enveloppes, pour envelopper les échantillons récoltés,
- Un Appareil photo.

4.3. Récolte des échantillons :

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

Pour des raisons évidentes, éviter d'abîmer l'écorce des arbres, et en particulier d'atteindre les tissus vivants du liber. Lorsque le lichen forme une rosette qu'il n'est pas possible de récolter en entier, il importe de prélever des fragments périphériques et centraux du thalle, on notons éventuellement la taille de la rosette (SERUSIAUX et *al*, 2004).

4.3.1. Préparation des échantillons :

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

Il est pratique d'utiliser de bonnes enveloppes en papier pour assurer le transport du matériel et leur conservation jusqu'à leur classement définitif, après détermination. Pour les échantillons les plus petits ou les plus fragiles, il est souvent utile de munir de petits récipient (par exemple piluliers, boîtes d'allumettes de petits formats), (SUSSEY, 2015).

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

4.3.2. Conservation des échantillons :

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

La conservation définitive peut se faire de multiples façons, la plus simple étant de ranger les enveloppes contenant le matériel dans des boîtes cartonnées (type boîte à chaussures), sans oublier de consigner toutes les indications d'identification et de localisation de l'échantillon (SUSSEY, 2015).

Le classement se fera selon les choix personnels (par ordre alphabétique des genres, par région biogéographiques, etc.) et sera utile de compléter par une base de données informatisées (SERUSIAUX et *al*, 2004).

4.5. Technique de détermination des lichens :

La détermination des lichens a été effectuée au laboratoire de Biotechnologie des productions végétales, nous avons utilisé des clés de détermination et de différentes flores:

- Ozenda et Clauzade (1970). " Les lichens, Etude biologique et flore illustrée. "
- Clauzade et Roux (1985). " Likenoj de Okcidenta Europo ilustrita determinlibro."

- Kirschbaum et Wirth (1997). " Les lichens bio-indicateurs, les reconnaître, évaluer la qualité de l'air."
- Clés d'identification de quelques lichens corticoles J-C MASSON - IFE - avril 2014
- SERUSIAUX E., DIEDERICH P. et J. LAMBINON, 2004. Les macro lichens de Belgique, du Luxembourg et du Nord de la France : Clés de détermination. Luxembourg : Travaux scientifiques de Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg,
- Ait Hammou analyses taxonomique et ecologique des lichens de la region de tiaret voir l'Annex VI.

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

L'identification d'un lichen s'effectue dans un premier temps à l'aide d'une loupe de poche et loupe binoculaire (identification macroscopique). Ensuite nous déterminons l'espèce après consultation des différentes flores.

Nous procédons à l'utilisation des réactifs chimiques quand il y a une ambiguïté entre deux genres ou deux espèces et qu'on ne parvient pas à une identification exacte.

Les principaux réactifs chimiques employés en lichénologie sont:

- Le chlore (cl) : Eau de javel concentrée de commerce
- La potasse (k) : Solution à 10 %.

Les réactions colorées s'effectuent en déposant le réactif directement sur le thalle et / ou sur la médulle préalablement mise à nu en rayant ou en grattant le cortex supérieur.

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

Dans ce dernier cas, on note la teinte qui apparaît. Ensuite, nous nous référons aux flores pour une éventuelle détermination des espèces lichéniques.

Si avec les réactifs chimiques, on n'aboutit pas à l'identification exacte, nous serons appelé à procéder à une dernière manipulation qui consiste en une préparation microscopique basée sur une coupe de fructifications (apothécies) nécessaire afin de déterminer les particularités des spores (forme, couleur, dimensions et cloisonnement) (OZENDA et CLAUZADE, 1970).

4.6. Evaluation de la qualité de l'air :

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

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

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

4.6.1. Choix de la méthode :

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

4.6.1.1. Méthode de l'Indice de la Qualité de l'Air (IQA) :

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

4.6.1.1. Choix des phorophytes :

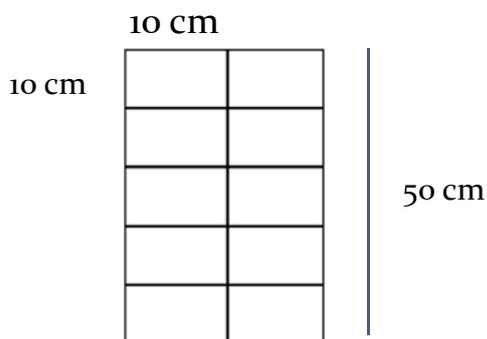
Dans une zone de 500 m de côté, on choisit 6 arbres d'une même espèce. En effet, tous les arbres n'ont pas le type d'écorce. En fonction de l'acidité et le type d'écorce (crevassée, lisse, acide, neutre), on trouvera différentes espèces de lichens. Or, pour obtenir des résultats représentatifs de la qualité de l'air, il est important d'éliminer tout facteur qui n'est pas lié à la qualité de l'air et qui influence la présence ou l'absence de certaines espèces de lichens.

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

Le diamètre des arbres doit être de plus de 70 cm. En effet, la croissance des lichens est tellement lente que seuls les arbres âgés possèdent des colonies de lichens suffisamment développées.

4.6.1.2. La surface des relevés :

Préparer une grille de comptage (20 cm x 50 cm) à l'aide d'un transparent de rétroprojecteur, sur la quelle tracer 10 cases de (10 cm x 10 cm) voir l'Annexe V.



4.6.1.3. La réalisation des relevés :

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

4.6.1. Calcul de l'Indice de la Qualité de l'Air (IQA) :

La somme des fréquences de chaque espèce est égale à l'Indice de la Qualité de l'Air. Cet indice est reporté sur une échelle de l'évaluation de la pollution de l'air (Fig.45). Plus l'indice obtenu est élevé, plus la pollution atmosphérique est faible, donc plus l'air est de bonne qualité.

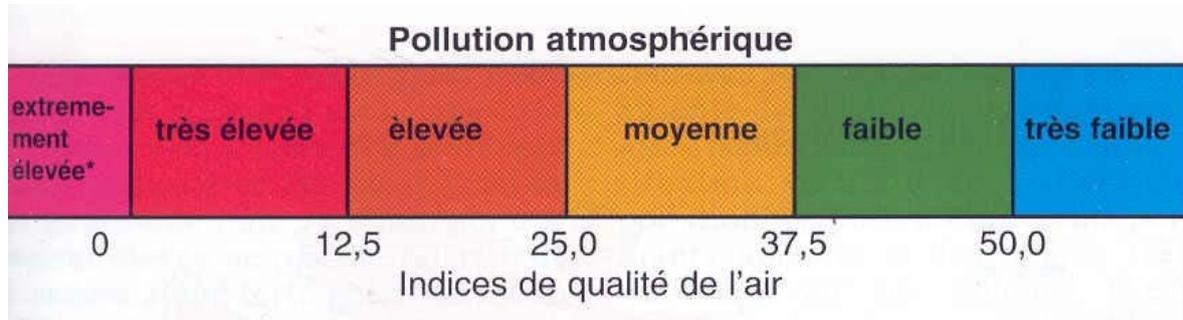


Fig. 50. Echelle d'évaluation de la qualité de l'air de KIRSCHBAUM ET WIRTH (1970)

4.7. Détermination de Coefficient générique :

Ce coefficient correspond au rapport évalué en % du nombre de genres au nombre d'espèces, défini par JACCARD (1929). C'est un moyen de comparaison permettant d'exprimer la diversité des conditions écologiques offertes à la végétation dans le massif forestier Nord de Parc National de Chréa.

$$\text{Coefficient générique} = \frac{\text{Nombre de genres} * 100}{\text{Nombre d'espèces}}$$

Troisième partie

Résultats Et Discussions

**

Chapitre V

Etude de la Flore lichénique

5. Etude de la Flore lichénique :

La liste des espèces lichéniques recensées dans un massif forestier de Parc National de Chréa est présentée ci -après par ordre alphabétique. Cette liste comprend 16 espèces, dont nomenclature adoptée est celle proposée par Clauzade et Roux (1985).voire l'Annex III

1. *Anaptychia ciliaris* (L.) Koerb
2. *Caloplaca* Sp
3. *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl
4. *Lecanora chloratera* (Nyl.)
5. *Lecanora dispersa* (Pers.). Sommerf
6. *Lecanora* sp (Nyl.)
7. *Lecidella elaechroma* (Arch.) Choisy
8. *Lepraria incana* (L.) Ach.
9. *Parmelia acetabulum* (Neck) Dub
10. *Pseudovernia furfuracea* (L.) Zopt.
11. *Pertusaria albscens* (Huds.) Choisy et Werner
12. *Pertusaria albscens* Var *corralina* Auct.
13. *Physia adscendens* (Fr.) H. Oliver
14. *Physia tenella* (Scop.) DC.
15. *Ramalina farinacea* (L.) Ach.
16. *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.

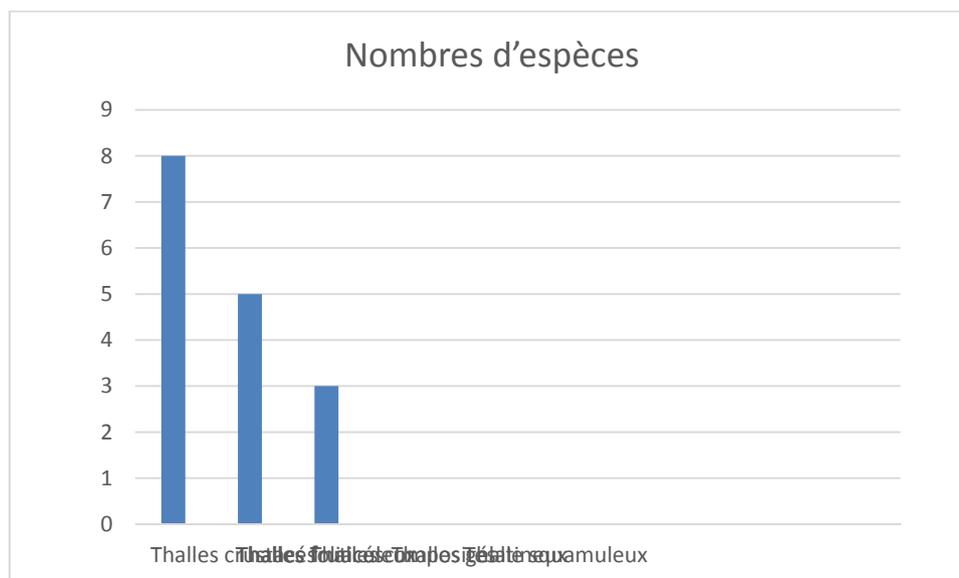
5.1. Caractères de la flore lichénique recensées

5.1.1. Spectre systématique

Les lichens recensés se répartissent dans 9 familles (Tab. X).

Tableau .X. Distribution quantitatives des familles des lichens rencontrés dans le massif forestier du PNC

Familles	Nombres d'espèces
Buelliaceae	1
Lecanoraceae	3
Lecideaceae	1
Parmeliaceae	3
Pertusariaceae	2
Physciaceae	2
Ramalinaceae	1
Stereocaulaceae	1
Teloschistaceae	2

**Fig.51. Spectre systématique des espèces lichéniques recensées**

Le spectre systématique (Fig.50), montre une forte représentation de certaines familles, ainsi on remarque l'importance quantitative des Lecanoracees et des Parmeliacees, représentées par 3 espèces, suivi par les Pertusariacees, les Physciacees et les Teloschistacees avec 2 espèces pour chacune. Cependant, on note une faible représentation des Lecideacees, des Buelliacees, des Ramalinacees et des Stereocaulaceae avec une espèce.

Par comparaison (Tab XI) avec les résultats des spectres systématiques obtenus dans les inventaires réalisés dans le massif forestier du Parc National de Chréa par ABBAR (2099) et BENSLIMANE (2015), on constate une dominance des PARMELIACEES, des

LECANORACEES, suivi par une faible présence des PERTUSARIACEES, des PHYSCIACEES, des RAMALINACEAES, des BUELLIACEES, et des LECIDEACEES. Cependant, on remarque, une absence totale des ACAROSPORACEAES, des CLADONIACEES, des COLLEMATAACEES, des DERMATOCARPACEES, des PSORACEAE et des USNEACEES.

Tableau N°XI. Tableau comparatif de différents spectres systématiques des inventaires réalisés dans le Massif forestier de Chréa

Les Inventaires	ABBAR (2009) (29espèces)	BENSLIMANE (2015) (30 espèces)	MELLEK (2018) (16 espèces)
Les Familles			
ACAROSPORACEAES	1	0	0
BUELLIACEES	0	2	1
CLADONIACEES	0	2	0
COLLEMATAACEES	1	1	0
DERMATOCARPACEES	0	1	0
LECANORACEES	4	5	3
LECIDEACEES	0	1	1
PARMELIACEES	10	5	3
PERTUSARIACEES	1	5	2
PHYSCIACEES	2	1	2
PSORACEAE	1	0	0
RAMALINACEAES	3	0	1
STEREOCAULACEAES	2	0	1
TELOSCHISTACEES	4	3	2
USNEACEES	0	4	0

5.1.2. Le spectre physiologique :

Nous avons distingué pour les espèces récoltés un certain nombre des types physiologiques en utilisant les termes de OZENDA et CLAUZADE (1970), dont 6 ont été rencontrés dans le massif forestier Nord de Parc National de Chréa.

Nous rappelons la signification des types de thalles rencontrés :

- Thalle crustacé, fortement adhérent au substrat.
- Thalle composite des Cladoniacées.
- Thalle foliacé étalé sur le substrat et généralement fixé à celui-ci par des rhizines ou gel de fixation.
- Thalle fruticuleux en forme de lanière.
- Thalle squamuleux formé par des sortes d'écailles plus ou moins rapprochées, adhérent au substrat.
- Thalle gélatineux des Collemacees (souple à l'état humide).

Tableau XI. Distribution quantitatives des différents types physiologiques des lichens recensés du massif forestier du massif étudié

Types physiologiques	Nombres d'espèces
Thalles crustacés	8
Thalles foliacés	5
Thalles fruticuleux	3
Thalles composites	0
Thalles gélatineux	0
Thalle squamuleux	0

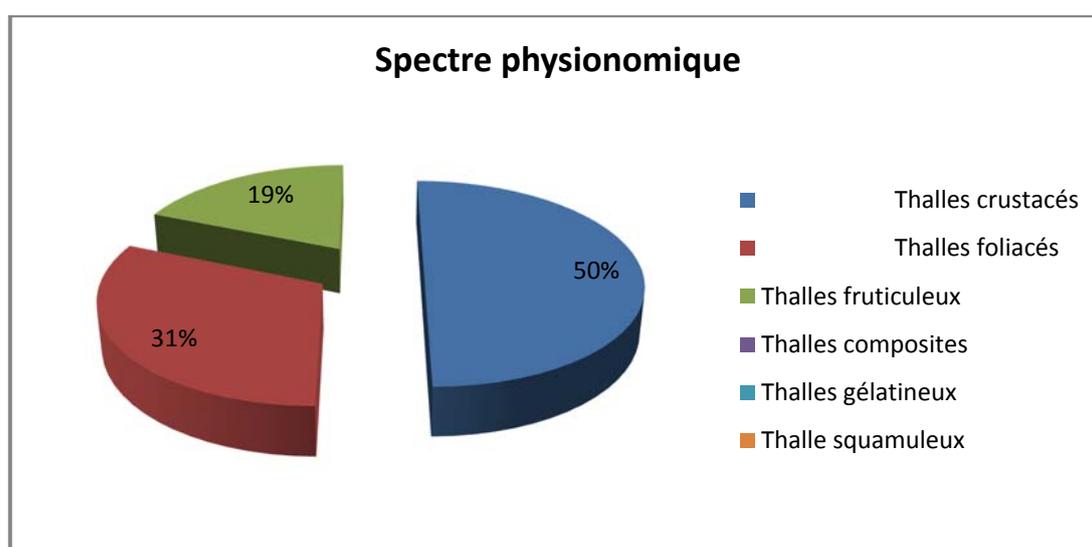


Fig.52. Spectre physiologique des lichens récoltés du massif forestier étudié

L'examen du spectre physiologique des espèces lichéniques recensées révèle la dominance des thalles Crustacés 50%, suivi par les thalles foliacés (31%), et une faible représentation des thalles fruticuleux (19%). Cependant, on enregistre une absence totale des thalles fruticuleux, gélatineux et les thalles squamuleux.

Les spectres physiologiques des inventaires réalisés dans le Massif forestier de Chréa par ABBAR (2009), BENSLIMANE (2015), et MELLEK (2018) montrent une dominance des thalles crustacés, des Thalles foliacés et des Thalles fruticuleux. Quant aux thalles composites, aux thalles gélatineux, et aux thalles squamuleux, on note une absence totale dans les inventaires (2009 et 2018).

Tableau N°XII. Tableau comparatif de différents spectres physiologiques des inventaires réalisés dans le Massif forestier de Chréa

Les inventaires			
Types de thalles	ABBAR (2009)	BENSLIMANE (2015)	MELLEK (2018)
Thalles crustacés	13	13	8
Thalles foliacés	10	7	5
Thalles fruticuleux	6	6	3
Thalles composites	0	2	0
Thalles gélatineux	0	1	0
Thalles squamuleux	0	1	0

5.2. Coefficient générique :

Ce coefficient correspond au rapport évalué en % du nombre de genres au nombre d'espèces, défini par JACCARD (1929). C'est un moyen de comparaison permettant d'exprimer la diversité des conditions écologiques offertes à la végétation dans le massif forestier Nord de Parc National de Chréa.

$$\text{Coefficient générique} = \frac{\text{Nombre de genres} * 100}{\text{Nombre d'espèces}} = 75 \%$$

Tableau XIII. Comparaison de Coefficients génériques des régions d'études différentes

	MELLEK (2018)	BENSLIMANE (2015)	ZOUAOUI (1989)
Régions d'étude	Massif forestier du Parc National de Chréa	Massif forestier du Parc National de Chréa	Massif forestier d'Akfadou et de Beni-Ghorbi (Tizi Ouzou)
Nombre de lichens récoltés	16	30	147
Nombre de genres	12	17	40
Coefficient générique	75%	56.66%	27.21%

Les seize lichens recensés dans le massif étudié appartenant à 12 genres, donne un coefficient générique de 75 %. Alors que cette valeur diminue dans la même région d'étude à 56.66% pour 17genres. On remarque un abaissement important du coefficient générique à 27.21%, 40 genres dans région de Tizi Ouzou.

Ainsi plus les conditions écologiques sont variées, plus le nombre d'espèces par genre augmente et le coefficient générique s'abaisse. Plus il s'élève, plus le nombre d'espèce par genre diminue (ZOUAOUI, 1989).

Les variations du coefficient générique dans les deux stations, sont davantage en rapport avec la diversité des conditions écologiques qu'avec la composition florale.

En effet le coefficient générique varie à la fois avec l'étendue et dans une certaine mesure avec la richesse florale, mais il dépend avant tout de la diversité écologique locale, dont il est l'expression de la plus concrète. Il traduit l'influence des facteurs dominants dont les stations sont soumises tels que l'altitude, l'humidité, la nature de substratum (JACCARD, 1928).

5.3. Comparaison de la diversité lichénique épiphyte du Parc National de Chréa

On compare les inventaires des lichens de Chréa, l'un est fait par **ABBAR (2009)**, **TOUMI (2011)**, **BENSLIMANE (2015)** avec celui que nous obtenu cette année **(2018)**.

Tableau N°. XIII. Comparaison des inventaires lichéniques épiphytes (2009- 2011-2015-2018) de la station de Chréa

Les espèces des lichens	ABBAR (2009)	TOUMI et al (2011)	BENSLIMANE (2015)	MELLEK (2018)
<i>Anaptychia ciliaris</i> (L.) Koerb	+	+	+	+
<i>Buellia punctata</i> (Hoffm) A. Massal	-	-	+	-
<i>Caloplaca herbidella</i> (Nyl.) H.Magn	-	-	+	-
<i>Cladonia foliacé</i> (Huds) Willd.	-	-	+	-
<i>Cladonia pyxidata</i> (L.) Hoffm	-	-	+	-
<i>Collema furfuraceum</i> (Arn.) Du Rietz	-	-	+	-
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	+	+	+	-
<i>Hypogymnia bitteriana</i>	+	-	-	-
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl	+	-	+	+
<i>Hypogymnia tubulasa</i> (L.) Nyl.	+	-	-	-
<i>Lecanora argentata</i> (Ach.) Malm	+	-	-	-
<i>Lecanora attra</i>	+	-	-	-
<i>Lecanora chloratera</i> (Nyl.)	+	-	+	+
<i>Lecanora conizoeoides</i> (Nyl.)	-	-	+	-
<i>Lecanora dispersa</i> (Pers.) Sommerf	-	-	+	+
<i>Lecanora epibryon</i>	+	-	-	-
<i>Lecanora expallens</i> (Ach.) Nyl	-	-	+	-
<i>Lecanora sp</i> (Nyl.)	-	-	-	+

<i>Lecidella elaechroma</i> (Arch.) Choisy	+	-	+	+
<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach	-	-	-	+
<i>Normandia pulchella</i> (Borr.) Nyl.	-	-	+	-
<i>Parmelia acebulum</i> (Neck) Duby	+	+	+	+
<i>Parmelia conspersa</i>	+	-	-	-
<i>Parmelia perlata</i>	+	-	-	-
<i>Parmelia phylodes</i>	+	-	-	-
<i>Parmelia saxatilis</i> (L.) Ach.	-	-	+	-
<i>Parmelia sulcata</i> (Tayl.)	-	-	+	-
<i>Parmelia tylorensis</i>	+	-	-	-
<i>Protoblastenia</i> <i>rupestris</i> (Scop.) Steiner	+	-	-	-
<i>Pseudovernia</i> <i>furfuracea</i> (L.) Zopt	+	+	+	+
<i>Pertusaria albscens</i> (Huds.) Choisy et Werner	-	-	+	+
<i>Pertusaria albscens</i> Var corralina Auct	-	-	+	+
<i>Phlyctis agelea</i> (Ach.) Flot.	-	-	+	-
<i>Phlyctis argena</i> (Spreng.) Flot.	-	-	+	-
<i>Physia adscendens</i> (Fr.) H. Oliver	+	-	+	+
<i>Physia tenella</i> (Scop.) DC.	-	-	-	+
<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach	+	-	+	+
<i>Ramalina fastigiada</i> (Pers.) Ach.	+	-	+	-
<i>Ramalina fraxinea</i> (L.) Ach.	+	-	+	-
<i>Strangospora</i> <i>pinicola</i>	+	-	-	-
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th Fr.	+	+	+	+
<i>Xanthoria polycarpa</i> (Hoffm) Th. Fr.	+	-	+	-

+ Présence

- Absence

La comparaison des inventaires réalisés dans le massif forestier du Parc National de Chréa (Tableau XIII) montre :

- La présence de 9 espèces de lichens commune citées dans les inventaires réalisés en 2009, 2015 et 2018, et qui sont : *Anaptychia ciliaris*, *Hypogymnia physodes*, *Lecanora chloratera*, *Lecidella elaechroma*, *Parmelia acebulum*, *Pseudovernia furfuracea*, *Physia adscendens*, *Ramalina farinacea*, *Xanthoria parietina*. dont 4 lichens d'entre eux sont signalés dans les 4 inventaires fait par ABBAR (2009), TOUMI (2011), BENSLIMANE (2015) et Mellek (2018), et 3 espèces de lichens recensés dans les inventaires de BENSLIMANE (2015) et MELLEK (2018) *Lecanora dispersa*, *Pertusaria albscens*, *Pertusaria albscens* ;
- Les lichens inventoriés qu'en 2009 (11 espèces) sont : *Hypogymnia bitteriana*, *Hypogymnia tubulasa*, *Lecanora argentata*, *Lecanora attra*, *Lecanora epibryon*, *Parmelia conspersa*, *Parmelia perlata*, *Parmelia phylodes*, *Parmelia tylorensis*, *Protoblastenia rupestris*, *Strangospora pinicola*
- Les lichens identifiés qu'en 2015 (12espèces) sont : *Buellia punctata*, *Caloplaca herbidella*, *Cladonia foliacé*, *Cladonia pyxidata* *Collema furfuraceum*, *Lecanora conizoeoides*, *Lecanora expallens*, *Normandia pulchella*, *Parmelia saxatilis*, *Parmelia sulcata*, *Phlyctis agelea*, *Phlyctis argena*.
- Les lichens identifiés qu'en 2018 (2 espèces) *Lepraria incana*, et *Physia tenella*

Grâce à ces inventaires réalisés, nous pouvons proposer une première liste de 42 lichens du massif forestier de Chréa, en rassemblant toutes les espèces lichéniques signalées dans ces derniers.

Tableau N°XIV. La liste préliminaire des lichens épiphytes du massif forestier du Chréa (Parc National de Chréa)

Les espèces de lichens épiphytes du massif forestier du Chréa
1. <i>Anaptychia ciliaris</i> (L.) Koerb
2. <i>Buellia punctata</i> (Hoffm) A. Massal
3. <i>Caloplaca herbidella</i> (Nyl.) H.Magn
4. <i>Cladonia foliacé</i> (Huds) Willd
5. <i>Cladonia pyxidata</i> (L.) Hoffm
6. <i>Collema furfuraceum</i> (Arn.) Du Rietz
7. <i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.
8. <i>Hypogymnia bitteriana</i>
9. <i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl
10. <i>Hypogymnia tubulasa</i> (L.) Nyl
11. <i>Lecanora argentata</i> (Ach.) Malm
12. <i>Lecanora attra</i>
13. <i>Lecanora chloratera</i> (Nyl.)
14. <i>Lecanora conizoeoides</i> (Nyl.)
15. <i>Lecanora dispersa</i> (Pers.) Sommerf
16. <i>Lecanora epibryon</i>
17. <i>Lecanora expallens</i> (Ach.) Nyl
18. <i>Lecanora sp</i> (Nyl.)
19. <i>Lecidella elaechroma</i> (Arch.) Choisy
20. <i>Lepraria incana</i> (L.) Ach
21. <i>Normandia pulchella</i> (Borr.) Nyl
22. <i>Parmelia acebulum</i> (Neck) Duby
23. <i>Parmelia conspersa</i>
24. <i>Parmelia perlata</i>
25. <i>Parmelia phylodes</i>
26. <i>Parmelia saxatilis</i> (L.) Ach
27. <i>Parmelia sulcata</i> (Tayl.)
28. <i>Parmelia tylorensis</i>
29. <i>Protoblastenia rupestris</i> (Scop.) Steiner
30. <i>Pseudovernia furfuracea</i> (L.) Zopt
31. <i>Pertusaria albescens</i> (Huds.) Choisy et Werner
32. <i>Pertusaria albescens</i> Var corralina Auct
33. <i>Phlyctis agelea</i> (Ach.) Flot
34. <i>Phlyctis argena</i> (Spreng.) Flot
35. <i>Physia adscendens</i> (Fr.) H. Oliver
36. <i>Physia tenella</i> (Scop.) DC
37. <i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach
38. <i>Ramalina fastigiada</i> (Pers.) Ach.
39. <i>Ramalina fraxinea</i> (L.) Ach
40. <i>Strangospora pinicola</i> (A. Massal.) Körb
41. <i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th Fr.
42. <i>Xanthoria polycarpa</i> (Hoffm) Th. Fr

5.4. Répartition géographique des lichens épiphytes recensés

Le tableau ci-après (Tableau XV) présente la répartition géographique des espèces lichénique épiphytes inventoriées dans le massif forestier étudié.

Tableau XV. Répartition géographique des lichens épiphyte inventoriés dans le PNC

Espèces	Répartition géographique	Auteurs
	Famille BUELLIACEES	
	Sur le cèdre de l'Atlas de Blida.	BATTANDIER et al (1914)
	Chrèa,	ABBAR (2009), CHEKROUD et LAMROUS(2010) in BENSLIMANE(015), TOUMI et al (2011) BENSLIMANE (2015)
	Espèce caractéristique de l'élément subtempéré pour l'Algérie, la Tunisie, le Maroc,	WERNER (1955a) in BENSLIMANE(015),
<i>Anaptychia ciliaris</i> (L.) Koerb	Sur le cèdre dans les Aurès (Forêt Sgag), Batena.	BATTANDIER et al (1914)
	Espèce très abondante, et représenté par diverses variétés et formes,	DUBUIS et FAUREL (1945)
	Sur chênes, et sur branches mortes dans le massif d'Akfadou.	DJELIL-ZOUAOUI (1989)
	Dans la forêt communale Guezoul de Tiaret,	AIT HAMMOU et al (2013)
	Dans le massif forestier du Djebel Guezoul (Tiaret),	AIT HAMMOU et al (2011)
	Sur <i>Fraxinus angustifolia</i> , <i>Quercus suber</i> , dans les collines de l'Est et du Sud –est de la région Asfour, El Taref, Rhighia,	VAN HALUWYN et al (1994)
	Espèce largement répandue dans le Sud de le l'Europe et en Afrique du Nord, Dans le lac Oubeira (Parc National d'El Kala). □	STEAWARD ET FLITCH (1982), in, VAN HALUWYN et LETROUIT-GALINO (1990) ALI AHMED-SERRADJ et al (2013) Haina et Bendeachach (2004)

<p><i>Lecanora chloratera</i> (Nyl.)</p>	<p>Dans la région d'Alger au niveau du Parc National d'El Kala Nord Est Algérien.</p> <p>Dans la région d'El Kala (Nord-est algérien)</p> <p>Dans le parc national de theniet el-Had (tissemsilt, Algérie)</p> <p style="text-align: center;">Famille LECANORACCES</p> <p>Dans la région d'Annaba,</p> <p>Dans la région d'Alger,</p> <p>Chrèa,</p> <p>Dans le Parc National de Gouraya.</p> <p>Dans le lac Oubeira</p> <p>Dans la région d'El Kala (Nord-est algérien)</p> <p>au niveau du Parc National d'El Kala Nord Est Algérien</p> <p>Dans la région d'Oran</p>	<p>Slimani et al(2013)</p> <p>BOUTAIBA (2016)</p> <p>Khedim rebbah (2012)</p> <p>SEMADI (1989)</p> <p>GHENNAM(2011) RAHALLI (2003)</p> <p>ABBAR (2009) BENSLIMANE (2015)</p> <p>REBBAS et al (2011)</p> <p>ALI AHMED-SERRADJ et al (2013)</p> <p>BOUTAIBA (2000) BOUTAIBA (2016)</p> <p>Slimani et al.(2013)</p> <p>BENDAIKHA (2006)</p>
<p><i>Lecanora dispersa</i> (pers.) Sommerf</p>	<p>Espèce Eurytempérée, présenté dans le Sub ou l'Antarctique (stations isolées),</p> <p>Dans la région d'Annaba,</p> <p>Dans la région de Tébessa,</p> <p>Dans la forêt communale Guezoul de Tiaret,</p> <p>Dans la région d'Alger</p>	<p>FLAGEY (1896)</p> <p>WERNER (1949) Semadi(1989)</p> <p>VAN HALUWYN et al (1994)</p> <p>VAN HALUWYN et LETROUIT-GALINOU (1990)</p> <p>Egea et al. (1990) RAHALI (2003), Haina and Bendeach (2004)</p>

	<p>Chréa</p> <p>au niveau du Djebel Sidi R'ghis - Oum El Bouaghi</p> <p>Dans la région d'Oran</p> <p>Dans la ville de Sidi Bel Abbés</p>	<p>Merabti (2008) GHENNAM(2011) AIT HAMMOU et al (2013)</p> <p>BENSLIMANE (2015)</p> <p>Mosbah (2007)</p> <p>BENDAIKHA (2006)</p> <p>HAMRALAINE (2013).</p>
	Famille LECIDEACEES	
<p><i>Lecidella elaechroma</i> (Ach.) Choisy</p>	<p>Sur les cèdres du chemin Lapie vers 1900 m,</p> <p>Dans l'Afrique</p> <p>Dans la région d'Annaba,</p> <p>Sur chênes dans la forêt d'Akfadou,</p> <p>Dans les basses collines des massifs de bourdure (Annaba),</p> <p>Chréa,</p> <p>Dans la région d'Alger</p> <p>Dans le Parc National de Gouraya,</p> <p>Dans le lac d'Oubeira (Parc National d'El kala),</p>	<p>FLAGEY (1896) DUBUIS et FAUREL (1945)</p> <p>Werner (1955)</p> <p>SEMADI (1989)</p> <p>DJELIL-ZOUAOUI (1989)</p> <p>VAN HALUWYN et al (1994)</p> <p>ABBAR (2010) BENSLIMANE (2015)</p> <p>RAHALI (2003), Haina and Bendeachach (2004) Merabti (2008)</p> <p>REBBAS et al (2011)</p> <p>ALI AHMED-SERRADJ et al (2013) Slimani et al(2013) BOUTAIBA (2016)</p>

	<p>au niveau du Djebel Sidi R'ghis - Oum El Bouaghi</p> <p>Dans le Parc National de Gouraya.</p> <p>Dans la région d'El Kala (Nord-est algérien)</p> <p>Dans la région d'Oran</p>	<p>Mosbah 2007</p> <p>REBBAS et al. (2011)</p> <p>BOUTAIBA (2000)</p> <p>BENDAIKHA (2006)</p>
	<p>Famille PARMELIACEES</p> <p>Dans la région d'Algérie</p> <p>Dans l'atlas Blidiéen</p> <p>Chrèa</p>	<p>Nylander (1854) Haina and Bendeckach (2004)</p> <p>Brongniart (1882)</p> <p>FLAGEY (1896), ABBAR (2010) BENSLIMANE (2015)</p>
<p><i>Hypogymnia</i> <i>physodes</i> (L.)Nyl</p>	<p>au niveau du Djebel Sidi R'ghis - Oum El Bouaghi</p> <p>Dans la ville de Sidi Bel Abbès</p> <p>Dans la région d'El Kala (Nord-est algérien)</p>	<p>Mosbah 2007</p> <p>HAMRALAINE (2013).</p> <p>BOUTAIBA (2016)</p>

<i>Parmelia acebulum</i> (Neck) Duby.	Dans l'Atlas Blidiéen,	BRONGNART (1881) NYLANDER (1854)
	Djebel Ouahch, Touggourt, Edough et Souk-Ahras,	FLAGEY (1896)
	Atlas de Blida	BATTANDIER et al (1914)
	Sur chênes dans la forêt de Beni-Ghorbi,	DJELIL-ZOUAOUI (1989)
	Pic des cèdres,	DUBUIS et FAUREL (1945)
	Chréa,	ABBAR (2009) BENSLIMANE (2015)
	Alger,	RAHALLI (2003) Haina and Bendeckach (2004)
	de la région Kabylie du Djurjura	LAPIE(1909)
	de l'Algérie et la Tunisie	Werner (1941)
	Sur chênes dans la forêt d'Akfadou,	DJELIL-ZOUAOUI (1989)
Dans la région d'Annaba	SEMADI (1989)	
Dans la région d'El Kala (Nord-est algérien)	BOUTAIBA (2000)	

<p><i>Pseudovernia furfuracea</i> (L.) Zopt.</p>	<p>Dans l'Atlas de Blida, dans l'étage de <i>Quercus ilex</i>, sur les troncs des cèdres,</p> <p>L'Algérie et la Tunisie</p> <p>Forêt de Tiaret</p> <p>Dans l'Atlas Blidiéen,</p> <p>Chrèa,</p> <p>Dans la région d'Algérie</p> <p>Dans le parc national de theniet el-Had (tissemsilt, Algérie)</p>	<p>NYLANDER (1854), FLAGEY (1896), BRONGNIART (1881) BATTANDIER et al (1914)</p> <p>Werner (1949)</p> <p>Ait Hammou(2013) Ait Hammou et al (2008)</p> <p>Nylander (1854)</p> <p>ABBAR (2009) BENSLIMANE (2015)</p> <p>Flagey C. 1896 Haina and Bendeckach (2004)</p> <p>KHEDIM (2012)</p>
<p><i>Pertusaria albescens</i> (Huds.) Choisy et Werner</p>	<p>Famille PERTUSARIACEES</p> <p>L'Algérie et la Tunisie</p> <p>Dans la région d'Annaba,</p> <p>Sur chênes, très réponde dans tout le massif forestier d'Akfadou</p> <p>Dans la région d'Algérie</p> <p>Dans le Parc National de Gouraya,</p> <p>Dans le parc national de theniet el-Had (tissemsilt, Algérie)</p> <p>Dans le lac Oubeira</p>	<p>Werner (1941) Faurel et al.1951a</p> <p>SEMADI (1989)</p> <p>DJELIL-ZOUAOUI (1989)</p> <p>Haina and Bendeckach (2004)</p> <p>REBBAS et al (2011)</p> <p>KHEDIM (2012)</p> <p>ALI AHMED-SERRADJ et al (2013)</p>

<p><i>Pertusaria</i> <i>albscens</i> Var <i>corralina</i> Auct</p>	La ville du nord Est Algérienne	Fadel et al (2012)
	Dans le Parc National de Gouraya.	REBBAS et al. (2011) ALI AHMED-SERRADJ et al (2013)
	Dans la région d'El Kala (Nord-est algérien)	BOUTAIBA (2000) Slimani et al(2013) BOUTAIBA (2016)
	Chrèa	BENSLIMANE (2015)
	Sur tous chênes, dans tout le massif d'Akfadou et Beni-Ghorbi	DJELIL-ZOUAOUI (1989)
	Dans la région d'El Kala (Nord-est algérien)	BOUTAIBA (2000)
	Dans la région d'Algérie Chrèa	Haina and Bendeckach (2004) BENSLIMANE (2015)
<p><i>Physia</i> <i>adscendens</i> (Fr.) H. Oliver</p>	Dans la région d'Annaba	Semadi (1989)
	Dans la région d'Algérie	Egea et al. (1990) Rahali (2003) Merabti (2008) Haina and Bendeckach (2004)
	Dans la région d'Oran	BENDAIKHA (2006)
	Chrèa	Abbar(2009)
	Dans le Parc National de Gouraya.	Rebas et al. 2011
	Dans le parc national de theniet el-Had ^	KHEDIM (2012)

<i>Physia tenella</i> (Scop.) D.C.	(tissemsilt, Algérie)	
	Dans la région d'El Kala (Nord-est algérien)	BOUTAIBA (2000) Slimani et al(2013)
		BOUTAIBA (2016)
	Dans la région d'Annaba,	FLAGEY (1896) ; SEMADI (1989)
	Sur les chênes Zénes et Afares dans la forêt d'Akfadou,	DJELIL-ZOUAOUI (1989)
	Dans Djebel Anoual versant Sud (Tebessa),	VAN HALUWYN et LETROUIT-GALINOU (1990)
	Dans la région d'Annaba,	VAN HALUWYN et al (1994)
		Egea et al (1990) RAHALI (2003), GHENNAM(2011) Haina and Bendeckach (2004)
	Dans la région d'Alger,	
	au niveau du Djebel Sidi R'ghis - Oum El Bouaghi	Mosbah 2007
Dans la région d'El Kala (Nord-est algérien)	BOUTAIBA(2000) Slimani et al(2013)	
Dans la région d'Oran	BOUTAIBA (2016)	
Dans le massif forestier du Djebel Guezoul (Tiaret),	BENDAIKHA (2006) AIT HAMMOU et al (2011)	
Dans le parc national de theniet el-Had (tissemsilt, Algérie)	KHEDIM (2012)	
Dans la forêt communale Guezoul de Tiaret,	AIT HAMMOU et al (2013)	

	Chrèa	BENSLIMANE (2015)
<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach	La famille Ramalinaceae	
	Atlas de Blida,	FLAGEY (1896)
	Dans les forêts de cèdres, dans la forêt de Teniet el Had 1500 m, Oued Hdjèrine, crêtes de Bordjm (massif de Belzma) 1900 m, sur chêne zenne d'Akfadou,	WERNER (1949)
	Sur chênes zene et chênes afares dans la forêt de Beni-Ghorbi,	DJELIL-ZOUAOUI (1989)
	Dans le Parc National de Gouraya,	REBBAS et al (2011)
		ALI AHMED-SERRADJ et al (2013)
		ABBAR (2010)
	Chrèa	BENSLIMANE (2015)
	Dans le parc national de theniet el-Had (tissemsilt, Algérie)	KHEDIM (2012)
	Dans la ville de Sidi Bel Abbès	HAMRALAINE (2013).
Dans la région d'Algérie	Haina and Bendeachach (2004)	
Dans la région d'El Kala (Nord-est algérien)	Slimani et al(2013) BOUTAIBA (2016)	
	La famille Stereocaulaceae	
Dans la région d'Annaba	Semadi (989)	

<p><i>Lepraria incana</i> (L.) Ach</p>	<p>Dans la région d'Algérie</p> <p>Dans la région d'Oran</p> <p>Chrèa</p> <p>Dans le Parc National de Gouraya.</p> <p>Da Dans le parc national de theniet el-Had (tissemsilt, Algérie)</p> <p>Dans la ville de Sidi Bel Abbés</p> <p>Dans la région d'El Kala (Nord-est algérien)</p>	<p>Rahali(2003) Haina and Bendeckach (2004) Merabti (2008)</p> <p>BENDAIKHA (2006)</p> <p>Abbar(2009)</p> <p>REBBAS et al. (2011) ALI AHMED-SERRADJ et al (2013)</p> <p>KHEDIM (2012)</p> <p>HAMRALAINE (2013).</p> <p>BOUTAIBA (2016) Slimani et al(2013)</p>
<p><i>Xanthoria</i> <i>parietina</i> (L.) Th Fr.</p>	<p>Famille TESCHISTACEES</p> <p>Espèce subcosmopolite,</p> <p>Sur chênes en dessous de 1000m d'altitude, dans la forêt de Beni-Ghorbi</p> <p>Dans la région d'Annaba, Sur <i>Pinus halepensis</i> (Tébessa),</p> <p>Très abondante à Annaba,</p> <p>Dans la région d'Alger,</p>	<p>WERNER (1949)</p> <p>DJELIL-ZOUAOUI (1989)</p> <p>SEMADI (1989) VAN HALUWYN et LETROUIT-GALINOU (1990)</p> <p>VAN HALUWYN et al (1994)</p> <p>RAHALI (2003), Haina and Bendeckach (2004) GHENNAM(2011)</p>

	<p>Chréa,</p> <p>Dans le Parc National de Gouraya,</p> <p>Dans le massif forestier du Djebel Guezoul (Tiaret),</p> <p>Dans la forêt communale Guezoul de Tiaret,</p> <p>Dans le lac Oubeira,</p> <p>Da Dans le parc national de theniet el-Had (tissemsilt, Algérie)</p> <p>Dans la région d'Oran</p> <p>Dans la région d'El Kala (Nord-est algérien)</p>	<p>ABBAR (2010), TOUMI et al (2011) BENSLIMANE (2015)</p> <p>REBBAS et al (2011)</p> <p>AIT HAMMOU et al (2011)</p> <p>AIT HAMMOU et al (2013)</p> <p>ALI AHMED-SERRADJ et al (2013)</p> <p>KHEDIM (2012)</p> <p>BENDAIKHA (2006)</p> <p>BOUTAIBA(2000) Slimani et al(2013) BOUTAIBA (2016)</p>
--	---	---

5.5. Description morphologique de quelques lichens épiphytes recensés dans le massif forestier de Chréa (PNC)

Famille: BUELIACEES

5.5.1. *Anaptychia cliaris*. (L.) Koerb

C'est un lichen fruticuleux en lanières tomenteuses et ramifiées de couleur gris plus ou moins foncé à cils marginaux gris à noirs. Des apothécies laminales très nombreuses, stipitées et arrondies à disque bleu-noir souvent pruineux. Pas de cortex inférieur et pas de rhizines. Pas d'isidies, ni de soralies. Cette espèce est indicatrice de la faible pollution (GAVERIAUX, 2012). Voir l'Annex

Famille: PAEMELLIACEES

5.5.2. *Parmelia acebulum* (Neck.) Duby

Thalle foliacé brun-vert foncé pouvant atteindre une grande taille (25 cm) à lobes larges (15 mm), arrondis, élargis vers les extrémités, contournés, ridés au centre, devenant vert au contact de l'eau. Pas d'isidies ni de soralies. Face inférieure brune avec des rhizines simples. Apothécies : légèrement pédicellées, de grande taille (jusqu'à 1,5 cm de diamètre), à disque brunâtre, à rebords relevés souvent difformes et contournés

Médulle K+, jaune puis rouge. Apothécies cupuliformes, brunes, non pruineuses



Fig. 53. *Parmelia acebulum* (Neck.) Duby



Fig.54. Réaction de la médulle avec K

5.5.3. *Pseudovernia furfuracea* (L.) Zopt.

Lichen fruticuleux. Thalle à ramification plus au moins aplaties, les deux faces non concolores ; la face supérieure grise et fortement isidiée, face inférieure noirâtre tout au moins à la base.



Fig.55. la face inférieure de *Pseudovernia furfuracea* (L.) Zopt.



Fig.56. la face supérieure de *Pseudovernia furfuracea* (L.) Zopt.

Famille: TELOSCHISTACEES

5.5.4. *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.

Lichen foliacé. Thalle jaune orange, plus grand avec des apothécies (quand elles sont visibles), uniquement dans la partie centrale du thalle. K+ rouge.



Fig.57. *Xanthoria parietina*



Fig. 58. Résultat de la réaction du thalle de *Xanthoria parietina*

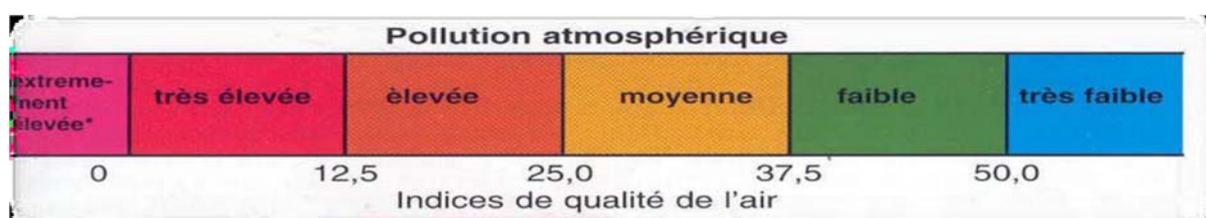
6. Estimation de la qualité de l'air dans le massif forestier de Chr a :

D'après la méthode allemande de KIRCHBAUM et WIRTH (1997), nous avons pu calculer l'Indice de la Qualité de l'Air (IQA) et d'évaluer la pollution atmosphérique des stations étudiées

L'indice I.Q.A est calculé de la manière suivante :

- Détermination de la fréquence moyenne de chaque espèce de lichens présente sur les six arbres phorophytes ;
- Ensuite, les fréquences moyennes de chaque espèce sont additionnées ; la somme résultante représente alors l'indice de la qualité de l'air : I.Q.A.

La valeur de l'I.Q.A. est attribuée d'une couleur. Pour cela, les valeurs sont groupées en classes, chaque classe ayant une couleur qui lui est propre (Fig.50 N ).



**Fig. 50 :  chelle d'évaluation de la qualité de l'air
(Kirschbaum et Wirth, 1997).**

Tableau XVI. Indice de la qualité de l'air des stations étudiées

N� de station	Nom de la station	Alt (m)	IQA	Qualité de l'air
I	Quatre bondes	1400	21.48	Elevé
II	Kerrache	1200	34.78	Moyenne
III	Châtaigniers	900	23.63	Elevé
IV	Hakou Feraoun	700	18.21	Elevé
V	Beni Ali	750	33.98	Moyenne
VI	Jardin Sidi yakoub (centre-ville)	208	8.83	Très élevé

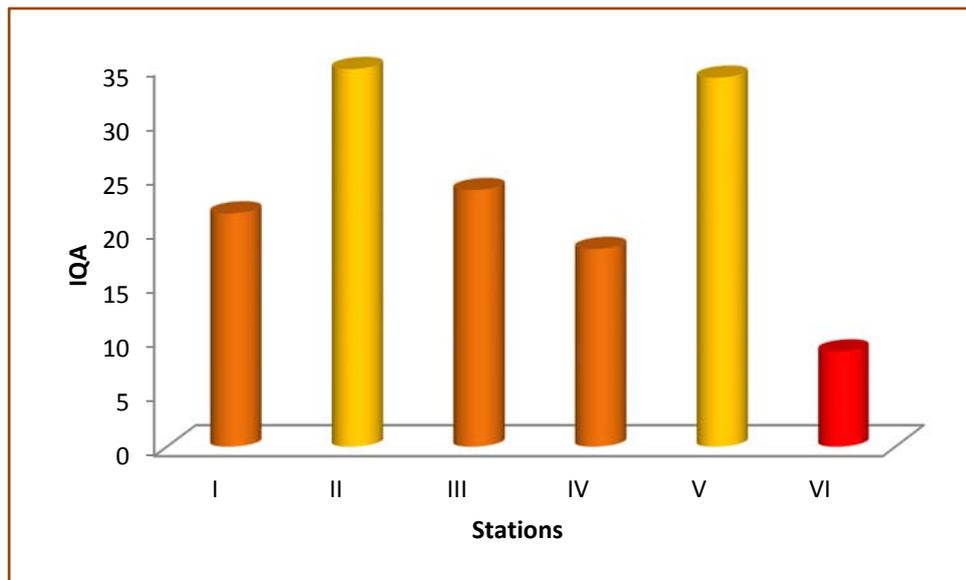


Fig. 60. L'indice de la qualité de l'air des stations étudiées

L'échelle d'évaluation de la qualité de l'air de Kirschbaum et Wirth, 1997 montre que, plus que l'indice de la qualité de l'air augmente, plus la pollution atmosphérique est faible. C'est-à-dire que plus on s'éloigne des milieux urbains et les milieux perturbés, plus que la qualité de l'air devient bonne.

D'après l'analyse du Tab N°XVI et la Fig.N°60, On remarque que on allant du centre-ville de Blida (Jardin sidi yakoub, 208 m) vers Chréa (les quatre Ponts, 1400 m), la valeur de l'indice de la qualité de l'air varie entre 8.83 -34.78, et la pollution de l'air varie entre moyenne, élevée et très élevées. Malgré que notre région d'étude est un milieu forestier, la pollution de l'air est élevée, ceci est dû aux perturbations de cet écosystème par l'action anthropique. En effet ;

La station des Quatre ponts, est une station montagnarde de haute altitude (1400 m) dont le cèdre (*Cedrus atlantica*) est l'espèce dominante. L'indice de la qualité de l'air est de 21.48, selon l'échelle d'évaluation de la qualité de l'air de KIRCHBAUM et WIRTH (1997), la pollution atmosphérique est élevée. Nous avons remarqué une absence des espèces fruticuleux, présence de quelques foliacés, dominance des crustacés. La dégradation potentielle des espèces lichéniques dans cette station, est due à la fréquentation de cette dernière par le public, car elle représente un espace de détente et de loisir. Dans la même fourchette de haute altitude, se trouve la **station d'El Kerrach** (1200m), dont l'indice de la qualité de l'air est de 34.78 ce qui correspond à une pollution atmosphérique moyenne. Les espèces lichéniques épiphytes dominantes sont les crustacés tel que : *Lecanora chloratera*, *Lecanora chloratera* (Nyl.), *Lecanora dispersa*, avec une faible présence des fruticuleux : *Anaptychia ciliaris* (L.) Koerb, *Pseudovernia furfuracea*.

La pollution atmosphérique de **la station des Châtaigniers** (900 m) est élevée, avec un indice de qualité de l'air de 23.63. La périphérie de cette station est aménagée comme une zone de détente pour les visiteurs, caractérisée par la présence dominante des Châtaigniers (*Castania sativa*) d'où le nom du site. C'est une espèce agro forestière (fruit : marrons appréciés par les gens) introduite lors de la période de la colonisation française. Les vieux spécimens datent de quatre-vingt ans, plantés en 1936 (témoignage de Yahiaoui Chef de la circonscription forestière de Blida). A l'intérieur de la station, nous observons un mélange d'espèces forestières tel que : le Cèdre (*Cedrus atlantica*), le chêne vert (*Quercus ilex*), et Pin d'Alep (*Pinus halepensis*). *Robinia pseudoacacia* comme espèce envahissante, et des arbres fruitiers tels que : le murier, le cerisier. Les lichens colonisant les troncs des arbres de cette station, sont des espèces qui indiquent une pollution atmosphérique moyenne à assez forte comme : *Xanthoria parietina*, *Physia adscence*, *Parmelia acetabulum*.

Dans la moyenne altitude du massif forestier de Chréa, se localisent les deux stations échantillonnées du site **Hakou Feraoun** et **Beni Ali** (700 et 900 m), l'essence forestière dominante est le chêne vert (*Quercus ilex*), suivi par le Pin d'Alep (*Pinus halepensis*), et quelques sujets de Cèdre (*Cedrus atlantica*). La pollution de l'air varie entre moyenne à élevée, avec un indice de qualité de l'air de 18.21 à 33.98. Ces stations caractérisées par une présence importante de lichens crustacés, suivis par les foliacés. L'action anthropique due aux passages des voitures est forte.

Les stations de basse altitude n'ont pas été choisies, par nos soins, pour être échantillonnées, vu l'absence quasi totale des lichens épiphytes, car ces stations sont exposées chaque année à des incendies qui détruisent la biodiversité lichénique. Il a été observé la présence importante des touffes de *Diss* (*Ampelodesma mauritanicum*), espèce indicatrice d'incendie.

La station de jardin de Sidi Yakoub, située dans le centre-ville de Blida à 208 m d'altitude, est une station urbaine, elle a été prise comme une station d'étude témoin servant de comparaison de la qualité de l'air entre de milieux différents (milieu forestier et urbain). Ce jardin, comprend des arbres d'Olivier (*Oléa europea*), et de Pin d'Alep (*Pinus halepensis*). Les sujets de Pin d'Alep ne contiennent aucun lichens, cependant quelques pieds d'olivier comprennent une seule espèce qui *Lecanora sp.* L'indice de la qualité de l'air est égal à 8.83, correspond à une pollution atmosphérique très élevée. Cette qualité de l'air s'explique par la fréquentation du public au jardin, et sa localisation dans un milieu urbain exposé aux polluants atmosphériques d'origine automobile.

6.1. Comparaison de la qualité de l'air du massif forestier de Chréa

Nous comparons nos résultats (2018) avec ceux obtenus par BENSLIMANE (2015) et ABBAR (2009) sur qualité de l'air des stations commune prospectées du massif forestier de Chréa (Tableau. XVI).

Tableau. XVI. Comparaison de la qualité de l'air du massif forestier de Chréa (2009-2015-2018)

Stations	ABBAR (2009)		BENSLIMANE (2015)		MELLEK (2018)	
	IQA	Pollution de l'air	IQA	pollution de l'air	IQA	pollution de l'air
Châtaigniers	-		28.49	moyenne	23.63	Elevé
Beni Ali (700 m)	21.11	Elevée	0	Extrêmement élevée	33.98	Moyenne
Jardin Sidi Yakoub	5.74	Très élevée	4.83	Très élevée	8.83	Très élevé

Le tableau ci-dessous fait ressortir que la pollution atmosphérique est très élevée dans la station de Jardin Sidi Yakoub pour les trois études (2009,2015 et 2018), quant à l'Indice de la Qualité de l'Air, on remarque une faible augmentation dans nos résultats par rapport aux autres études (2009 et 2018). Cette augmentation la valeur de l'indice de la qualité de l'air s'explique par l'installation de colonies de lichens crustacés caractérisés par une forte résistance à la pollution (forte rétention des métaux lourds).

La station Châtaigniers reconnaît une pollution élevée (2018) par rapport ce qu'elle en été moyenne en 2015, qui traduit la forte action anthropique, et la dégradation des espèces lichénique épiphytes.

Dans La station de Beni Ali, nous remarquons que la pollution atmosphérique s'est dégradée d'élevée (2009) à extrêmement élevée (2015), et que l'indice de la qualité de l'air s'est abaissé de 21.11 à 0. En effet, un incendie a eu lieu en 2014 a brûlé les troncs des arbres de la station de Beni Ali (chêne liège, olivier), et il a fait disparaître 15 espèces lichéniques épiphytes recensées par ABBAR (2009). Cette année, ce site a connu un véritable appauvrissement lichénique. Par comparaison avec nos résultats (2018), durant ces années la présente station a reconnu une régénération des lichens et une amélioration de la qualité de l'air, qui est traduite par une pollution moyenne au lieu d'extrême élevée.

Cette comparaison, fait apparaitre que l'incendie est un facteur essentiel d'appauvrissement et de disparition la biodiversité lichénique, et que les lichens sont extrêmement sensibles au passage du feu.

Il nous semble intéressant d'inventorier la flore lichénique du Parc National de Chréa avant qu'elle soit modifiée ou disparue par le feu et par la présence humaine.

Conclusion

L'étude de la diversité lichénique des 6 stations choisies du massif forestier de Chr a a permis la récolte et la détermination de 16 espèces de lichens épiphytes. Et de mettre en évidence les points suivants :

Le spectre physiologique montre la dominance des lichens crustacés (50%), suivi par les thalles foliacés (31.25%) et les fruticuleux (18.25%).

Le spectre systématique traduit la répartition des espèces lichéniques en 09 familles. Ainsi on remarque l'importance quantitative de la famille des Lecanoraceae et la famille des Parmeliaceae, par 3 espèces pour chaque une, suivi par les Pertusariaceae, les Physciaceae et les Teloschistaceae représentées par 2 espèces. Cependant les Buelliaceae, les Lecideaceae, les Ramalinaceae et les Stereocaulaceae sont notés avec une seule espèce.

Les seize espèces de lichens recensées dans le massif étudié appartenant à 12 genres, donne un coefficient générique de 75%. Ce dernier exprime concrètement la diversité écologique locale, il traduit l'influence des facteurs dominants dont les stations sont soumises tels que l'altitude, l'humidité, et la nature de substratum.

La comparaison des inventaires réalisés dans le massif étudié montre, la présence de 09 espèces de lichens communes citées dans les inventaires fait en 2009, 2015 et 2018, dont 04 lichens d'entre eux sont signalés par ABBAR (2009), TOUMI et al (2011), BENSLIMANE (2015) et (2018); 11 espèces lichéniques inventoriées en 2009 et 02 espèces en 2018. Ces travaux nous ont permis de proposer une première liste des espèces lichéniques du massif forestier de Chr a comprenant 42 lichens.

La détermination de l'indice de la qualité de l'air (IQA) des stations échantillonnées et l'évaluation de la pollution atmosphérique par la méthode de KIRCHBAUM et WIRTH (1997), nous a permis de constater que la valeur de l'indice de la qualité de l'air augmente (de 8.83 à 34.78) et que la pollution de l'air varie entre moyenne à très élevée. C'est-à-dire plus on s'éloigne des milieux urbains et les milieux perturbés, plus la qualité de l'air devient bonne.

Ces résultats font apparaître que l'incendie est un facteur essentiel d'appauvrissement et de disparition de la biodiversité lichénique, et que les lichens sont extrêmement sensibles au passage du feu.

Perspectives

Cette étude a permis de déterminer une première liste des espèces lichéniques épiphytes présentes dans le massif forestier de Chréa, et de mettre en évidence l'intérêt des lichens dans la bioindication de la qualité de l'air. Des besoins d'approfondissement et des perspectives d'études complémentaires apparaissent dès à présent dans le domaine de la flore lichénique du Parc National de Chréa, et dans le domaine de la biodétection de la pollution atmosphérique :

Une poursuite de l'inventaire lichénique des stations échantillonnées : malgré le caractère préliminaire de ce travail. Il est cependant certain qu'un complément de prospections permettrait d'augmenter le nombre d'espèces récoltées (lichens saxicoles, terricoles...)

Utilité d'un inventaire global du massif forestier de Chréa, et de tout le Parc National de Chréa : lors de cette étude est apparu un manque flagrant de données lichéniques à l'échelle du massif étudié, aucune publication n'a été consacrée pour le Parc National de Chréa.

Etude de l'impact des incendies sur les espèces lichéniques : aucune étude n'est actuellement disponible sur la réponse des lichens au passage du feu, ainsi que sur leurs modalités de reconstitution. Une étude sur cette question s'avérerait intéressante pour mieux cerner l'impact de l'incendie sur les milieux touchés

Détermination de la densité des lichens et leurs degrés de recouvrement : on utilisant le Coefficient d'abondance dominance de BRAUN et BLANQUET (1925). Celui-ci permet d'apprécier simultanément la densité (nombre d'individu ou l'abondance) et le degré de recouvrement (surface occupée, dominance), cette échelle est généralement adoptée dans l'étude des formations végétales en phytosociologie.

Etude de la pollution atmosphérique globale et cartographie des zones d'isopollution : on utilisant l'Indice de Pureté Atmosphérique (I.P.A) de DE SLOOVER et LEBLANC (1968) qui consiste de traduire quantitativement la pauvreté et la richesse de la végétation lichénique des milieux soumis à la pollution atmosphérique, et de faire état du nombre d'espèces, ainsi que la sensibilité spécifique à l'égard de la pollution. Les valeurs de l'I.P.A de toutes les stations sont reportées sur une carte et toutes les stations qui ont un indice voisin sont regroupées ensemble dans des zones d'isopollution.

Sensibiliser le grand public sur l'importance des lichens dans la bioindication de l'air en l'informant sur le rôle des lichens dans la bioindication de la pollution atmosphérique,

Références

Bibliographiques

Références Bibliographiques

- ANONYME I., 1998. Les plans de gestion des parcs nationaux. Parc national de Chréa.123- 141 p.
- ANONYME II., 1999. Plan de gestion. Parc national de Chréa. 201 p
- ANONYME V., 2006. Atlas des parcs nationaux d'Algérie. Parc national de Chréa.
- ANONYME III., 2009. Atlas des parcs nationaux d'Algérie. Parc national de Chréa.
- ANONYME., 2011. Biosurveillance de la qualité de l'air autour de la zone industrielle Havre : cartographie des indices biologiques de lichen épiphytes. Air Normand : Roven. 8 p.
- ANONYME., 2014. Les lichens bioindicateurs de la qualité de l'air IFE. Masson : Paris.11 p.
- ABBAR A., 2009. Diversité lichénique et qualité de l'air dans un massif peu anthropisé du Parc National de Chréa. Mémoire d'Ingénieur d'Etat. USTHB. Alger.47 p.
- ABBAYES (DES) H., 1951. Traité de lichénologie. Lechevalier : Paris.197 p.
- AIT HAMMOU M., MAATOUG M., HADJADJ AOUL S., 2008. Contribution to the determination of the lichens in the forest pines in Tiaret area (Algeria). Damascus University.Journal For the Agricultural sciences. Vol 24, 2. 289-303 p.
- AIT HAMMOU M., HADJADJ S., MIRA M.D., ZERROUKI D., 2011. Aspects taxonomiques des lichens du Pin d'Alep (*Pinus Halepensis*) et du Cyprès (*Cupressus Semperverens*) de la forêt de Guezoul (Tiaret). Rev.Eolo.Envir. 26 p.
- AIT HAMMOU M., MIRA M.D., HADJADJ-AOUL S., KHEDIM R., SAFA A., 2013. Inventaire des lichens du chêne vert (*Quercus rotundifolia*) de la forêt communale Guezoul de Tiaret. Rev. Ecolo. Envir (9).
- AIT HAMMOU M., MIRA M.D., REBBAS K., SLIMANI A., RAVERA S., HAMER EL AIN A.S., 2014. Mise à jour de l'inventaire des lichens d'Algérie. Rev. Ecolo. Environ. (10). 75-103 p.
- AIT HAMMOU (2015) Mohammed analyses taxonomique et ecologique des lichens de la region de tiaret

AKROUR A., BOUKERCH R., BOUTALOULA H., 2006. Contribution à l'étude de la biodiversité de la flore de la partie centrale et ouest du Parc National de Chréa. Mémoire d'Ingénieur d'Etat. USTHB. Alger. 62 p.

ALI AHMED-SERRADJ M., EL OUALIDI J., SLIMANI A., BOUMEDRIS Z., 2013. Contribution à l'inventaire des lichens su lac Oubeira (Nord-est de l'Algérie). Bull. Inst. Scien. Rabat : Maroc. Section science de la vie. N°35. 15-17 p.

ALONSO, F. L. & EGEEA, J. M., 2003. Hongos liquenizados y liquenícolas epifitos de algunas localidades costeras de Argelia y Túnez. *Anales de biología*, 25: 73-79.

ARVIDSSON, L., 1984. Two new records of *Leptogium ferax*. *Lichenologist*, 16: 91-92.

ASTA J., 1980. Flore et végétation lichénique des Alpes Nord-Occidentales : écologie, biogéographie, écophysiologie, biodétection de la pollution fluorée. Thèse de Doctorat d'Etat. Grenoble. France. .

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

BARRY J-P., CELLES J-C., FAUREL L., 1974. Notice de la carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques. Feuille d'Alger au 1/ 1 000.000°. ONRS-CRBT, Serv. Ecol. Univ. Alger. 42 p + Carte.

BATTANDIER J.V., MAIRE R., TRABUT., 1914. Rapport sur les herborisations faites par la société pendant la session d'Alger. Soc. Bot. Fr.61. XXXVII, CVI.

BATTANDIER J.V., MAIRE R., TRABUT., 1921. Compte rendu de la session extraordinaire de la Société de Botanique du France à Alger. 71. XXVII. CVI.

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

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

BEBBA D., BENDROUCHE N., 2007. Détection da la pollution de la pollution atmosphérique par les hydrocarbures à l'aide d'un bioindicateur lichénique (*Xanthoria parietina*) et quelques végétaux supérieurs (*Casuarina equisetifolia* et *Phoenix dactylifera*) dans la région de Hassi Massoud. Mémoire d'Ingénieur. Univ. Kasdi Merbah. Ouargla : Algérie.89 p.

BEGAM R., 1998. Lichens de charpente. Le lobarion de la Braconne. Bull. Inform. Ass. Fr. lichénologie 23 (1) :Paris.210 p.

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

BOSSIER X., 2012. Toulouse où l'utilisé des lichens en milieu urbain. Colloque "plantes et cités". ENSAT : Toulouse.4 p.

BOUAOUNE D., 1996. Contribution à l'étude floristique des étages de végétation de l'Atlas Blidéen. Thèse de Magister. USTHB. Alger. 180 p + Ann.

BOULFELFEL S., 1987. Contribution à l'étude de la végétation lichénique corticole de la région d'Annaba. Algérie. Mémoire. DES. Univ. Annaba.84 p.

BOULFELFEL S., 1989. Contribution à l'étude de la flore lichénologique d'Algérie. Quelques données sur les lichens de la région d'Annaba. Mémoire d'ingénieur. Univ. Annaba. Algérie. 88 p.

BOULY DE LESDAIN M., 1906. Notes lichénologiques V. Bull. Soc. Bot. Fr.53.76-79 p.

BOULY DE LESDAIN M., 1907. Notes lichénologiques VII. Bull. Soc. Bot. Fr.54. 442-446

BOULY DE LESDAIN M., 1909. Notes lichénologiques IX. Bull. Soc. Bot. Fr.56. 170-175 p

BOULY DE LESDAIN M., 1910. Notes lichénologiques XI. Bull. Soc. Bot. Fr.57. 31-35 p.

BOULY DE LESDAIN M., 1911. Lichens du Sud Algérien recueillis par M. Seuart. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.3. 95-98 p.

BOULY DE LESDAIN M., 1912. Notes lichénologiques XX. Bull. Soc. Bot. Fr.59. 686-689.

BOULY DE LESDAIN M., 1921. Notes lichénologiques XVII. Bull. Soc. Bot. Fr. 68.490-495 p.

BOULY DE LESDAIN M., 1939. Notes lichénologiques XXXI. Bull. Soc. Bot. Fr. XXX.86.81-84 p.

BOUTABIA, L., 2000. Dynamique de la flore lichenique corticole sur quercus suber l. Au niveau du parc national d'el kala. Mémoire de Magister, I.S.N., Univ. Badji Mokhtar Annaba, 150 p.

BOUTABIA, L., TELAILIA, S. & DE BELAIR, G., 2015. Corticolous lichen flora on *Quercus suber* L. in the wetlands of El Kala national park (North-Eastern Algeria). *Advances in Environmental Biology*, 9 (4): 360-372.

- BOUTABIA, L., 2016. Etude systématique et bioécologique des corticoles de différents phorophytes au niveau de la région d'El Kala (Nord-Est Algérien). Thèse de Doctorat, Univ. Badji Mokhtar Annaba, 139 p.
- BOUZENAD R., 1987. Recherche bibliographique sur la flore lichénique du grand Maghreb. Mémoire. DES. Univ. Annaba. Algérie. 91 p.
- BRICAUD, O., 2010. *Les lichens des forêts de la région méditerranéenne française et leur relation avec la continuité écologique des boisements*. Rapport WWF-AFL, 118 p.
- BRICAUD, O. & BAUVET C., 2006. Aperçu de la végétation lichénique du bois de Païolive (Ardèche). Rapport Association Païolive-WWF, 34 p.
- BRONGNART CH., 1881. Compte rendu : Excursion dans l'Atlas de Blida. Bull. Assoc. Fr. Avan. Scien. 10, 1084-1092 p.
- BREUSS, O., 1996. Revision der Flechtengattung *Placidiopsis* (Verrucariaceae). *Österr. Z. Pilzk.* 5: 65-94.
- CLAUZADE G. et OZENDA P., 1970. Les lichens. Etude biologique et Flore illustrée. Masson : Paris. 801 p.
- CLAUZADE G. et RONDON Y., 1966. Types morphologiques et types biologiques chez les lichens. Bull. Soc. Bot. Fr. 133. Sup 2. 61-71.
- CLAUZADE G. et ROUX C., 1985. *Europa. Ilustrito determinlibroverkis*, Kunlaboris, ed. Houmeau. Royan. 893 p.
- COSSON E., 1857. Liste des plantes observées par le Dr Rebut dans le Sahara algérien pendant l'expédition de 1857 de Laghouat à Ouargla. Bull. Soc. Bot. Fr. 4. 469-473 p.
- COSSON, E. & DURIEU DE MAISONNEUVE, M. C., 1854-1867. Exploration scientifique de l'Algérie. Sciences Naturelles, Botanique. Flore d'Algérie. Phanérogamie. Groupe des Glumacées. (Seu descriptio glumacearum in Algeria nascentium). Paris, pp: 601-631
- COSTE C., 2008. Initiation à l'étude des lichens. Bull. Ass. Fr. Lichénologie. 16 (1). 3-10 p.
- COSTE C., 2011. Ecologie et fonctionnement des communautés lichéniques saxicoles. Hydrophiles. Thèse de Doctorat. Univ. Toulouse : Paris. 191 p.
- COSTE C., 2011. Aperçu de la flore de la végétation lichénique de la réserve biologique intégrale du cirque de Madasse (Forêt domaniale du causse Noir, Aveyron). Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse. 25 p.

- DAGET P., 1977. Le bioclimat méditerranéen : analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. *Vegetatio*. 34 (2). 87-103.
- DELMAS R., CHAUZY S., VERSTRAETE U-M., FERRE H., 2007. Atmosphère, Océan et Climat. Edt. Belin. 228 p.
- DELZENNE- VAN HALUWYN C., 1973. Contribution à l'étude de la distribution des lichens épiphytes dans le Nord de la France. Application au problème de la pollution atmosphérique. Thèse de Doct. Pharmacie. Univ. Lille II. 162 p.
- DERUELLE S., 1978. Les lichens et la pollution atmosphérique. Bull. Ecol. T. 9 (2): Paris. 87-128 p.
- DERUELLE S. et LALLEMANT R. 1983. Les lichens témoins de la pollution. Vuibert : Paris. 105 p.
- DERUELLE S., 1994. Utilisation des lichens comme bioindicateurs de la qualité de l'air. Module " L'homme et la biosphère". Université. Paris VI : Paris.21 p.
- DESFONTAINES R.L., 1798. Flora atlantica. Sive historia plantarum quae in Atlante Agro Funetano et Algerien. Si crescunt. 2 vols (261 tab).444 p.
- DJELIL - ZOUAOUI S., 1989. Etude de la Flore lichénique du massif forestier d'Akfadou et Beni – Ghorbri. Thèse. Magester. INSE. Tizi Ouzou. 108 p.
- DJELLOULI Y., 1981. Etude climatique et bioclimatique des hauts plateaux du Sud-Oranais (wilaya Saida). Comportement des espèces vis-à-vis des éléments du climat. Thèse de Doct. 3^{ème} cycle. USTHB. Alger.178 p.
- DORLEAN P., 2006. Les lichens prennent l'air : comment mesurer la pollution des villes en observant les troncs d'arbres. Rémuce. Orléans : Paris. 6 p.
- DURIEU DE MAISONNEUVE M.C., 1846-1849. Exploration scientifiques de l'Algérie. Flore de l'Algérie : cryptogamie, première partie. Lichens: 198-298 p. Imperiale : Paris. 631p.
- DURIEU DE MAISONNEUVE, M.C. & MONTAGNE, J.P.F.C., 1846-1867. Exploration scientifique de l'Algérie. Sciences Naturelles: Botanique Lichens: Vol. 1, pp: 198-295, PL. 17-19 de l'Atlas (3 vol. *in Folio* - Paris).
- DURIEU DE MAISONNEUVE, M.C., 1868. Exploration scientifique de l'Algérie. Sciences Naturelles, Botanique. Atlas de la Flore d'Algérie ou illustrations d'un grand nombre de plantes

nouvelles ou rares de ce pays choisies surtout parmi celles qui ont été recueillies par les soins de la commission scientifique de 1839-1844 par Durieu de Maisonneuve. Paris, pp: 1-7.

DUBUIS A., FLAUREL L., 1945. Note sur quelques espèces nouvelles ou intéressantes pour la flore de Djurdjura. Bull. Hist. Nat. Afr. Nord. 36. 12-22 p.

EGEA, J.M., 1988. Prospecciones liquenológicas en Africa del Norte. III –Liquenes saxicolos del Cabo de très Forcas (Nador, Marruecos y Cabo Falcon) (Oran, Argelia). *Collect. Bot.* (Barcelona), 17 (2): 185-189.

EGEA, J. M., TORRENTE, P. & ROWE, J. G., 1990. Contribucion a la flora de Argelia y Tunez: Liquenes y hongos lichenícolas. *Crypto., Bryol. Lichénol.*, 11(4): 409-417.

EGEA, J. M. & LLIMONA, X., 1991. Phytogeography of Silicicolous lichens in mediterranean. Europe and N.W. Africa, *Botanica Chronica*, 10: 179-197.

EL KHATRI S., 2003. Manuel du cours de climatologie. Centre. Natio. Rech. Météo. Casablanca : Maroc. 43 p.

EMBERGER L., 1936. Remarques critiques sur les étages de végétation dans les montagnes marocaines. Bull. Soc. Bot. Suisse. Vol. Jub. Inst. Rubel. T. 46. 614-

EMBERGER L., 1955. Une classification bioclimatique des climats. Rev. Trav. Lab. Bot. Géo. Zool. Fac. Sc. Univ. Montpellier. Bot.7.3-43.

ESNAULT J., 1985. Le genre *Aspicilia* Mass. (Lichens) en Algérie : Etude des caractères taxonomiques et leur variabilité. Thèse. Doct.3^{ème} cycle. Univ. Rennes I. 258 p.

ESNAULT J. et Roux C., 1987. *Amygdalaria tellensis* (lichens), nouvelle espèce du Tell Algérien. *Anales. Jardin. Bot. Madrid*. 44 (2) : 211-225.

ETAYO, J., 1989. Flora liquénica epífita del robledal de Ibardin (Navarra, España). *Anales Jará. Bot. Madrid*, 46(1): 323-332.

ETAYO, J. & MAYRHOFER, H., 2003. *Thelenella melanospora* (Thelenellaceae, lichenized Ascomycetes), a new species from the Mediterranean region. *Nova Hedwigia*, 77: 109-114.

FADEL D., DJAMAI R., LAIFA A., 2009. Estimation de la pollution atmosphérique hydrocarbonée issue de la circulation automobile dans la ville de Skikda (Algérie) à l'aide de transplants lichéniques. Actes. ENP : Alger. 169-174 p.

FAUREL L., 1947. Notes sur la cédraie de l'Atlas de Blida. (Algérie). Ses sols et ses associations végétales. Compte rendu. Conf. Pédago. Medit. Alger. Univ. Montpellier. 474-480 p.

FAUREL L., OZENDA P., SCHOTTER G., 1951 (a). Matériaux pour la flore lichénologique d'Algérie et de la Tunisie. Caliciaceae, Cypheliaceae, Peltigeraceae, Pertusariaceae. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord 42. 62-110 p.

FAUREL L., OZENDA P., SCHOTTER G., 1951 (b). Notes lichénologiques Nord africaines I. trois lichens rares à air disjointe. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.42. 113-118 p.

FAUREL L., OZENDA P., SCHOTTER G., 1952 (a). Notes lichénologiques Nord africaines II. Quelques lichens inédits pour l'Algérie. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.43. 133-145 p.

FAUREL L., OZENDA P., SCHOTTER G., 1953 (a). Matériaux pour la flore lichénologiques d'Algérie et de la Tunisie II. Graphidaceae. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.43. 133-145 p.

FAUREL L., OZENDA P., SCHOTTER G., 1953 (b). Notes lichénologiques Nord africaines III. Quelques lichens d'Afrique du Nord nouveau et rare ou peu connus. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.44. 367-384 p.

FAUREL L., OZENDA P., SCHOTTER G., 1953 (c). Les lichens du Sahara algérien. In Desert Research. Proceeding of the International symposium held in Jerusalem. May 7-14. Reaserch Conseil of Isreal. 310-317 p.

FAUREL L., OZENDA P., SCHOTTER G., 1954 (a). Matériaux pour la flore lichénologique d'Algérie et de la Tunisie III. Arthoniaceae, Dirinaceae, Roccellaceae. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.45. 275-298 p.

FAUREL L., OZENDA P., SCHOTTER G., 1954 (b). Remarques à propos du *Pleolecis geophana* (Nyl) Clement. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.45. 126-133 p.

FLAGEY, C., 1888. Herborisation lichénologique dans les environs de Constantine (Algérie). *Rev. Mycol.*, 10^{ème} année, pp: 126-134.

FLAGEY, C., 1891. Lichens algeriensis exsiccati: cent. I – *Rev. Mycol.*, 13^{ème} année, pp: 107-117

FLAGEY, C., 1892. Lichens algeriensis. Cent. II – *Rev. Mycol.*, 14^{ème} année, pp: 70-79.

FLAGEY, C., 1895. Lichens algeriensis. Cent. III et rectifications aux centuries I et II – *Rev. Mycol.*, 17^{ème} année, pp: 101-105.

- FLAGEY C., 1896. Catalogue des lichens de l'Algérie in : Battandier et Trabut. Flore de l'Algérie. Alger. 139 p.
- FLAHAULT, Ch., 1906. Rapport sur les herborisations de la société botanique de France (Session extraordinaire en Oranie). *Bull. Soc. Bot. France*, 53, LXXVIII-CLXXIX, 25 pl., 63 fig
- GANDOGER, M., 1883-1884. Catalogue des plantes récoltées pendant mon séjour en Algérie de 1877 à 1880. *Rev. de Bot.*, 2: 233-244.
- GARREC J.- P. et VAN HALWYN C., 2002. Biosurveillance végétal de la qualité de l'air. Tec et Dec : Paris. 117 p.
- GHENNAM K., 2011. Les lichens dans l'Algérois. Etude de leur biodiversité et biosurveillance SIG de la qualité de l'air. Thèse de Magister. USTHB. Alger. 75 p.
- GOUJON M., 2004. Connaître pour agir. Lichens et biosurveillance de la qualité de l'air. Agen. Régio. Environ. Hautes Normandie (AREHN). 4 p.
- HAINA N., et BENDECHACH S., 2004. Eude des lichens en Algérie. Mém. DES. ENS Kouba. Alger. 132 p.
- HOCHREUTINER, B. P. G., 1904. Le Sud oranais: Études floristiques phytogéographiques faites au cours d'une exploration dans le Sud-Ouest de l'Algérie en 1901 (Lichenes Oranenses Hochreutinerani, Auctore, Dr A. Zahlebruckner). *Annuaire Conserv. et Jard Bot. Genève*, Vol. 7-8: 244-247.
- HUE, (Abbé), 1887-1888. Description de *Endocarpon subnitens* Nyl. *Revue de Botanique*, 6: 103.
- HUE, (Abbé), 1901. Lichenes extra-europaei a pluribus collectoribus ad museum parisiense missi. *Nouvelles Archives du Museum d'Histoire Naturelle* (4^{ème} série) 3: 21-122, 12 pl. 135.
- HUE, (Abbé), 1921. Lichenes in Africa tropica occidentali et praccipue in Mauritania a cl. Chudeau, annis 1908-1912, lectos descripsit. *Mém. Soc. Bot. France*, 30:1-17
- HALIMI A., 1980. L'Atlas Blidéen : Climats et étages végétaux. O.P.U., Alger.523p.
- ISMED F., 2012. Phytochimie de lichens du genre *Stereocaulon* : étude particulière de *S. halei* Lamb et *S. montagneanum*. Lamb, deux lichens récoltés en Indonésie. Thèse. Doct. Univ. Rennes I : Paris. 281 p.

- JAHNS M. H., 1989. Guide des Fougères, Mousses, et Lichens d'Europe. Delachaux et Niestlé : Paris. 258 p.
- JACCARD P., 1928. Phytosociologie et phytodémographique. Bull. Soc. Vaudoise. Scien. Nature. Vol 56. N°221. 442-463 p
- JACQUELINET S., 2008. Les lichens, des végétaux unis pour la vie. Confér. Paris. 34 p.
- J-C MASSON - IFE – (avril 2014) Les lichens, bio-indicateurs de la qualité de l'air
- JORGENSEN, P.M., 2003. Notes on African *Pannariaceae* (lichenized ascomycetes). *Lichenologist*, 35: 11-20.
- JOURDAN, P., 1866. Flore murale de la ville de Tlemcen, Province d'Oran (Algérie). *Gazette Médicale de l'Algérie*, Alger, 38 p.
- JOURDAN. P., 1867. Flore murale du Tombeau de la chrétienne (Province d'Alger). *Bull. Soc. Climatol. Algérienne*, Alger, pp: 378-418.
- JULIEN, A., 1894. *Flore de la région de Constantine*. Constantine, 332 p.
- KIRSCHBAUM U., WIRTH V., 1997. Les lichens bioindicateurs : les reconnaître, évaluer la qualité de l'air. Ulmer : Paris. 127 p.
- KNUDSEN, K. & ETAYO, J., 2009. *Sarcogyne algerica* H. Magn., New to Europe. *Opuscula philolichenum*, 7: 61-64.
- LAGDIC L., CAQUET T., AMIRAD J-C., RAMADE F., 1998. Utilisation de biomarqueurs pour la surveillance de la qualité de l'environnement. Tec et Doc. **Pays et P**
- LAPIE G., 1909. Etude phytogéographique de la Kabylie du Djurdjura. Rev. Geog. Ann. T.III. 156 p.
- LE HOUEROU H.N., CLAUDIN J., POUGET M., 1977. Etude bioclimatique des steppes algériennes. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord. 68 (3-4), 33-74 p + cartes bioclimatiques à 1/1 000.000.
- LESSARD M., 1990. Caractérisation des produits naturels odorants retrouvés dans les lichens de genre *Usnea* et *Bryoria* de la région du mont Apica. Quebec. Mémoire. Univ. Quebec. 90 p.
- LETROUIT, M. A. & VAN HALUWYN, C., 1986. Compte rendu d'une mission en Algérie (Wilaya de Tébessa) 29-31 Décembre 1986. 25p + Annexes

- LETROUIT-GALINOU M.A., 1993. Les lichens bioindicateurs de la qualité de l'air. Bull. Inform. Ass. Fr. lichénologie. Paris. 116 p.
- MAGNUSSON, A. H., 1929. *A monograph of the genus Acarospora*. Kungl. Svenska Vetensk. Handl., tredje ser., Stockholm, Bd. 7, n° 4, in-4° de 400 p., 18 cartes h. t.
- MAGNUSSON, A. H., 1937. Additional notes on Acarosporaceae. *Acta Horti Gotoburgensis*, 12: 87-103.
- MAHEU J., 1906. Liches récoltés pendant la session extraordinaire de la société botanique de France dans la province d'Oran et déterminés. Bull. Soc. Bot. Fr. 53. CC XVIII.
- MAIRE, R., 1916. La végétation des montagnes du Sud-Oranais. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 7: 210-292, 14 pl. t. 4-17.
- MAIRE R., 1931. Les progrès des connaissances botaniques en Algérie depuis 1830. Masson et Cie : Paris. 235 p.
- MAIRE, R., 1933. Études sur la flore et la végétation du Sahara central: I, II. *Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 3: 1-272, 36 pl. noires, 2 cartes, 2 pl.
- MAIRE, R., 1940. Études sur la flore et la végétation du Sahara central: III. *Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 3: 273-433.
- MAIRE R., 1962. Carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie. Notice. Gouvernement algérien. Maire, R. & Senevet, G., 1928. La flore murale du tombeau de la chrétienne. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 19: 23-28. Général de l'Algérie. Service cartographique. Alger. 78 p + carte.
- MAIRE, R. & WILCZEK, E., 1936. Florule des Iles Habibas. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 26 bis: 61-78
- MARCHAND L., 1896. Enumération méthodique et raisonnée des familles et des genres de la classe des Mycophytes (Champignons et lichens). Société d'édition scientifique : Paris. 334 p.
- MEDDOUR R., 1994. Contribution à l'étude phytosociologique de la portion centro-orientale du Parc National de Chréa. Essai d'interprétation synthétique des étages et des séries de végétation de l'Atlas Blidéen. Thèse. Magister. INA. Alger. 330 p.
- MEDDOUR R., 2010. Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Exemple des groupements forestiers et preforestiers de la kabylie Djurdjurienne. Thèse. Doct. Univ. Mouloud MAAMERI. Tizi Ouzou. Algérie. 397 p.
- MOLINIE G., 2004. Mesure des précipitations. Cours. Univ. Joseph Fourier. France. 43 p.

- MONTAGNE C., 1838. Cryptogames Algériennes ou planches cellulaires recueillis par roussel aux environs d'Alger. Ann. Scien. Natur 10.
- MORENO, P. P. & EGEA, J.M., 1992a. El género *Lichinella* Nyl. en el sureste de España y Norte de África. *Cryptog., Bryolol. Lichénol.*, 13 (3): 237-259.
- MORENO, P. P. & EGEA, J. M., 1992b. Estudios sobre el complejo Anema-Thyrea-Peccania en el Sureste de La Península Ibérica y Norte de África. *Acta Botanica Barcinonensia*, 41: 1-66.
- MOUATS Z., 1990. Contribution au recensement de la végétation lichénique en fonction de niveau de pollution de la région de Skikda. Mémoire d'ingénieur. Univ. Annaba. 80 p.
- NYLANDER, W., 1853. Lichenes algérienses. *Novi. Ann. Sc. Nat. Bot. Ser.* 20(3): 315- 320.
- NYLANDER W., 1854. Etude sur les lichens de l'Algérie. Mém. Soc. Scien. Cherbourg. 2. 305-344 p.
- NYLANDER, W., 1857. Prodromus lichenographie Galliae et Algeriae. *Actes de la Société linneenne de Bordeaux*, 3^{ème} ser. 1: 249-467.
- NYLANDER, W., 1858. Enumération générale des lichens, avec l'indication sommaire de leur distribution géographique. *Mémoires de la Société Impériale des Sciences Naturelles de Cherbourg*, 5: 85-146.
- NYLANDER, W., 1864. Sur quelques lichens d'Algérie. *Bull. Soc. Bot. de France*, 11: 215-217
- NYLANDER W., 1878. Symbolae quaedam ad lichenographiam Sahariensis. *Flora*.61. 337-345 p.
- OZENDA P., 1975. Sur les étages de végétation dans les montagnes du Bassin méditerranéen. Doc. Cartogr. Ecol. Grenoble. XVI.1-32.
- PAULIGNE R., 2013. Les lichens et les cosmétiques. Thèse. Master. Univ. Rennes I : Paris. 30 p.
- PARIS, E.G., 1871. Notice sur la végétation des environs de Constantine. *Bull. Soc. Bot. France*, 18: 252-270.
- PELLETIER F., 2010. Les plantes indicatrices de pollution, suivi des lichens à Paris. Journée à thème de la SNHF. Jard. Envr. Santé. Paris. 2 p.
- POELT J., 1969. Bestimmungsschlüssel Europaischer Flechten. Cramer Lehre. 757 p.

- POELT J. et VEZDA A., 1977. Bestimmungsschlüssel Europäischer Flechten. Ergänzungsheft I. Cramer Vaduz. 258 p.
- PUYMALY (DE) A., 1965. Les isidies des lichens: leur nature et leur rôle. *Le Botaniste* (68). 273-247 p.
- QUEZEL P. et SANTE S. (1962-1963). Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales 2 Vol. 1770 p. CNRS. Paris.
- RAHALI M., 2002. Cartographie de la pollution plombique dans la région d'Alger en utilisant un lichen (*Xanthoria prietina*) comme bioaccumulateur. *Pollution atmosphérique*. Vol 1. N°175 : 421-432 p.
- RAHALI M., 2003. Etude de la pollution plombique et globale dans la région d'Alger en utilisant les lichens comme indicateurs biologiques. Thèse. Doct. INA. Alger. 302 p.
- RAMADE R., 2003. *Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale*. 3^{ème} édition. Paris. 690 p.
- REBBAS K., BOUTABIA L., TOUAZI Y., GHARZOULI R., DJELLOULI Y., ALATOU D., 2011. Inventaire des lichens du Parc National de Gourara (Bejaïa, Algérie). *Phytothérapie*. Springer. Vertag France. 9 : 225-233 p.
- REBOUD, V., 1867. Catalogue des plantes les plus intéressantes observées dans le cercle de Bou-Saada (Algérie), de Sept. 1864 à Juil. 1865. *Bull. Soc. Bot. France*, 14: 130-136.
- REBOUD, V., 1883. «Lettre» (sur le *Lecanora esculenta* en Algérie). *Soc. d'Agric. d'Algérie*, pp: 173-174.
- REICHERT I., 1936. L'Afrique du Nord et sa position phytogéographique au point de vue lichénologique. *Bull. Bryol. Lichénol.* 10. 37-46 p.
- REICHERT, I., 1937a. Steppe and desert in the light of lichen vegetation. *Proc. Linn. Soc. London*. Part 1: 19-23.
- REICHERT, I., 1937b. La position phytogéographique de l'Afrique du Nord au point de vue lichénologique. *Rev. Bryol. Lichénol.*, 10, 37-46.
- RICO, V. J., CALATAYUD, V. & GIRALT, M. 2003. *Buellia tesserata* and *Dimelaena radiata*, two closely related species. *Lichenologist* 35: 117-124
- RICO, V. J., ARAGON, G. & ESNAULT, J., 2007. *Aspicilia uxoris*, an epiphytic species from Algeria, Morocco and Spain. *Lichenologist*, 39 (2): 109-119.

- RICHARD P., 1997. Les climats annuels, la variabilité climatique et le bioclimat.
- RIKLI, M. & SCHROTER, C., 1912. Vom Mittelmeer zum Nordrand der Algerischen Sahara. *Viert. Naturf. Gesells. In Zürich, Jahr.*, 57: 33-210, 18 fig., 20 pl. h. t.
- RIVAS-MARTINEZ S., 1982. Etages bioclimatiques, secteurs chorologiques et série de végétation de l'Espagne méditerranéenne. *Ecologia Mediterranea*. 8(1-2). 275-288 p.
- ROUX, C., CLERC, P., CLAUZADE, G. & BRICAUD, O., 1995. Le genre *Waynea* Moberg (*Ascomycetes, Lecanorales, Bacidiaceae*). *Biblioth. Lichenol.*, 58: 383-404.
- SARDA A., 2009. Utilisation des lichens. Extrait de mémoire : accompagnateur en moyenne montagne. 8 p.
- SAUVAGE C., 1963. Etages bioclimatiques. *In* : Atlas du Maroc. Com. Nat. Géogr. Maroc. Rabat. 44 p.
- SEMADI A., 1989. Effets de la pollution atmosphérique (pollution globale, fluorée et plombique) sur la végétation dans la région de Annaba (Algérie). Thèse de Doct Univ. Pierre et Marie Curie. Paris. 239 p.
- SEMADI, A. & DERUELLE, S., 1993. Détection de la pollution plombique à l'aide des transplants lichéniques dans la région de Annaba (Algérie). *Pollut. Atmosph.* Oct-Dec, 86-102.
- SEMADI, A. & TAHAR, A., 1995. Une méthode biologique pour la détection de la pollution globale dans la région d'Annaba (Algérie). *Pollut. Atmosph.*, 146: 50-58.
- SEMADI, A., TAHAR, A., FADEL, D. & BENOIT-GUYOD, J.L., 1997. The behaviour of some lichen species in Annaba area (Algeria). *Synthèse*, 2: 17-24.
- SERIEUX E., DIEDERICH P., LAMINO J. 2004. Les macroclimats de Belgique, du Luxembourg et du Nord de la France. Clé de détermination. *Trav. Sc. Du Musée. Nat. Hist.* : Luxembourg. 183 p.
- SLIMANI, A., SERRADJ, A. A. M., HAMEL, T. & COSTE, C., 2013. Contribution à l'étude de la flore lichénique dans la zénaie de Bougous (forêt de Ramel Toual) au niveau du Parc National d'El Kala Nord Est algérien. *Synthèse: revue des sciences et de la technologie*, 27: 22-29. 260.
- SLIMANI, A., 2014. *Inventaire de la flore lichénique au niveau du Parc National d'El Kala et extraction de quelques dérivés lichéniques*. Thèse de Doctorat 3ème cycle L.M.D. Univ. Badji Mokhtar Annaba, 241 p.

- STEINHEIL, Ad., 1834. Matériaux pour servir à la flore de Barbarie. IIème article. Notice sur les cryptogames recueillis aux environs de Bône. *Ann. Sci. Nat., Bot.*, sér. 2, 1: 282-289.
- STEINER J., 1902. Zwerter Beitrag Zur Flechten flora Algiers Vernandt. Zool. Bot. Gessellsch. Wien. 52. 469 – 487 p.
- STIZENBERGER, 1890. Lichenaea Africana. Jahresbericht de Saint Gallishen naturwissenschaftlichen Gessellchaft., Supplementa. Ibid. 1888-89-105-149, 1899-1890: 133-268, 1891-1892: 86-96, 1893-1894: 251-264 p.
- SZATALA, Ö., 1929. Enumeratio Lichenum a Cl. barone G. de Andreanszky in Africa boreale lectonIm. *Magyar Bot. Lapok. Budapest*, 78: 162-167.
- TITS, D., 1925. Le Sahara occidental (contribution phytogéographique). *Bull. Soc. Royale de Bot. Belgique*, 58: 39-91, 16 fig., 3 pl. phot.
- TORRENTE, P. & EGEEA, J.M., 1989a. *Opegrapha celtidicola* (Jatta) Jatta. Nombre correcto para *Opegrapha betulinoidea* B. de Lesd. y *Opegrapha thallincola* B. de Lesd. *Cryptog., Bryol. Lichénol.*, 10 (4): 313-317.
274. Torrente, P. & Egea, J.M., 1989b. La familia *Opegraphaceae* en el Area Mediterránea de la Península Ibérica y Norte de Africa. *Biblioth. Lichenol.*, 32: 4 + 1-282.
- TOUMI M., BOUTI K., ZEBIRI S., BENKHALIFA A., FORAR L-R. NOUASRI A., NASRI M., KADI F., 2011. Les lichens corticoles bioindicateurs de la pollution atmosphérique du Parc National de Chréa. Lettre du PNC. N°6. Blida. 12 p.
- TRABUT, L., 1887. D'Oran à Méchéria. Notes botaniques et catalogue des plantes remarquables. Alger, 36 p.
- TROTET G., 1969. Précis de lichénologie : Morphologie, Anatomie, Physiologie, Biologie. Boubee et Cie : Paris. 194 p.
- ULRICH L., MANFRED K., GABRIELA B., 1997. Botanique : traité fondamental. 2^{ème} Edt. Tec et Doc : Paris. 588 p.
- VAN HALUWYN C., 2003. Guide des lichens. Lechevalier : Paris. 344 p.
- VAN HALUWYN C., LETROUIT-GALINO M.C., 1990. La flore lichénique de *pinus halepensis* dans la région de Tebessa (Algérie orientale). *Crypt. Broyl. Lichénol.* 11(1). 31-42 p.

VAN HALUWYN C., SEMADI A., DERUELLE S., LETROUIT M.A., 1994. La végétation lichénique corticole de la région d'Annaba (Algérie orientale). *Cryptogamie. Bryol. Lichénol.* 15.1.1-21 p.

VOLIOTIS D., 1982. Relations of the climate to the latitudinal situation and altitudinal zonation. *Ecol. Medit.* VIII (4). 165-175 p.

WERNER R. G., 1930. Aperçu phytogéographique sur la flore cryptogamique méditerranéenne de l'Afrique du Nord. L'endémisme et les caractères propres au Maroc, à l'Algérie et à la Tunisie. 4^{ème} Congr. de la Fédér. Soc. Sav. Afr. Nord. 1, 219-244 p.

WERNER R. G., 1938. Aperçu phytogéographique sur la flore cryptogamique méditerranéenne de l'Afrique du Nord. *Comm. Soc. Sav. Afr. Nord.* 1-26 p.

WERNER, R.G., 1939. Aperçu phytogéographique sur la flore cryptogamique méditerranéenne de l'Afrique du Nord. L'endémisme et les caractères propres au Maroc, à l'Algérie et à la Tunisie. *Soc. Hist. Alger., 4^e Cong. Féd. Soc. Sav. Afr. Nord*, 1: 219-244.

WERNER R. G., 1940. Contribution à l'étude de la flore cryptogamique de l'Algérie et de la Tunisie. *Bull. Soc. Sc. Nat. Maroc.* 20. 113-121 p.

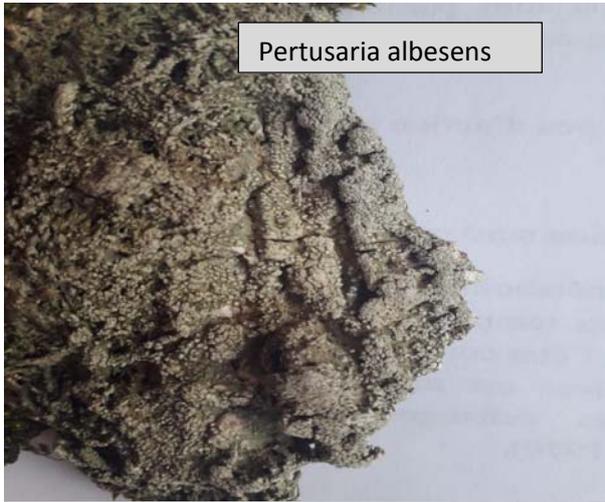
WERNER R. G., 1946. Nouvelle contribution à l'étude des lichens reliquaires en Afrique du Nord. *Bull. Ass. Fr. Avan. Sc.* 88 p.

WERNER R. G., 1949. Les origines de la flore lichénique de l'Algérie d'après nos connaissances. *Soc. Hist. Nat. Afr. Nord* 2. 299-312 p.

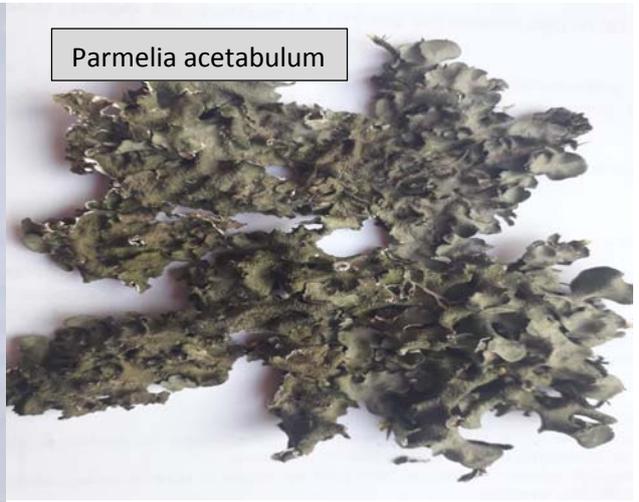
WERNER, R.G., 1955. Synthèse phytogéographique de la flore lichénique de l'Afrique du Nord française d'après les données récentes et essai de paléogéographie lichénique. *Bull. Soc. Bot. France*, 102: 35-50, 1 carte.

WIRTH V., 1995 b. Flechtenflora. Bestimmung und ökologische Kennzeichnung der Flechten Südwestdeutschlands und angrenzender Gebiete. Verlag Ulmer. 661 p.

Annexe



Pertusaria albesens



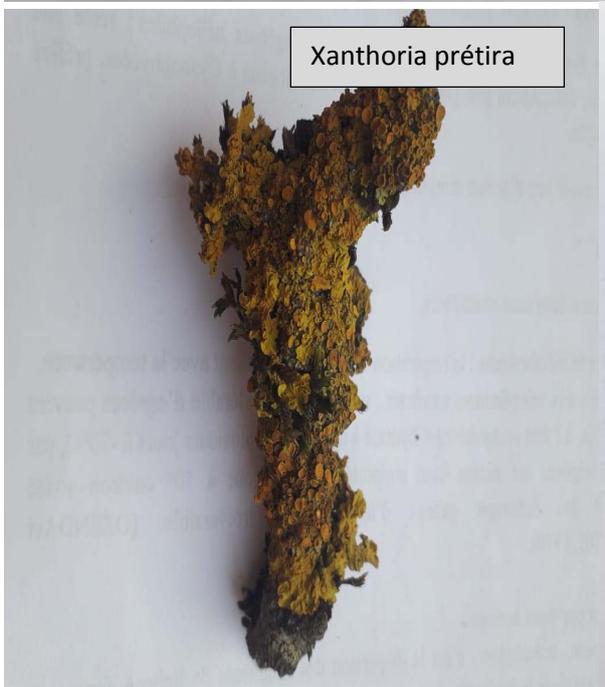
Parmelia acetabulum



Physcia adscendens



Pseudovernia furfuracea



Xanthoria prôtira



Physcia tenella

Lepraria incana



Pertusaria albescens choisy



Anaptychia ciliaris



Caloplaca Sp



Lecidella elaochroma



Lecanora dispersa





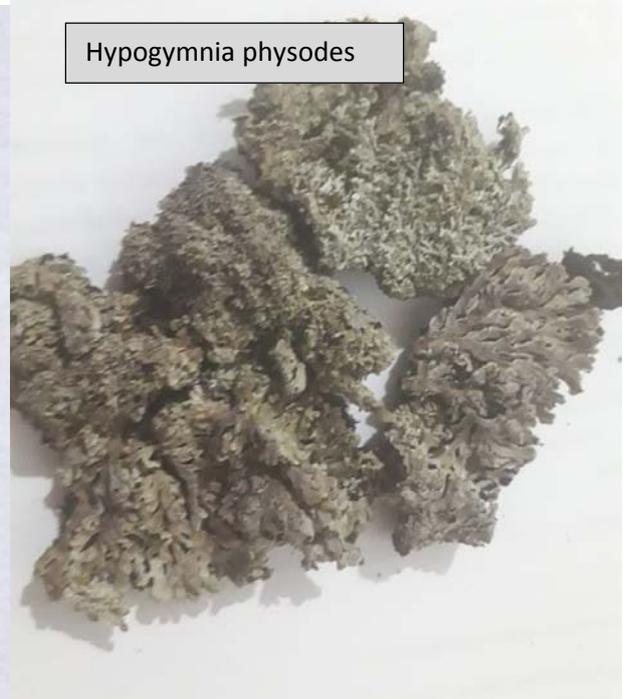
Ramalina farinacea



Lecanora chloretra



Lecanora sp



Hypogymnia physodes



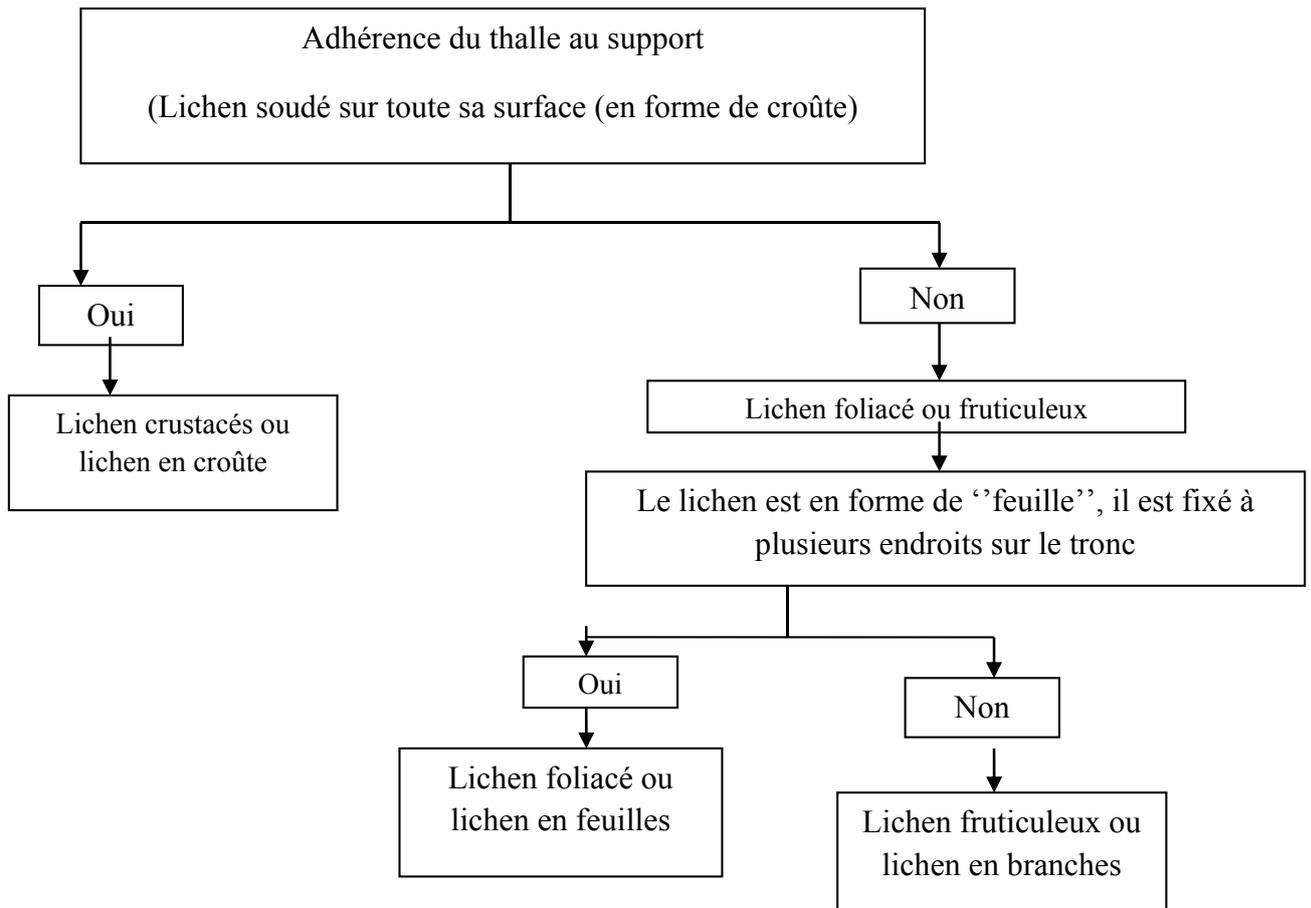


Annex V

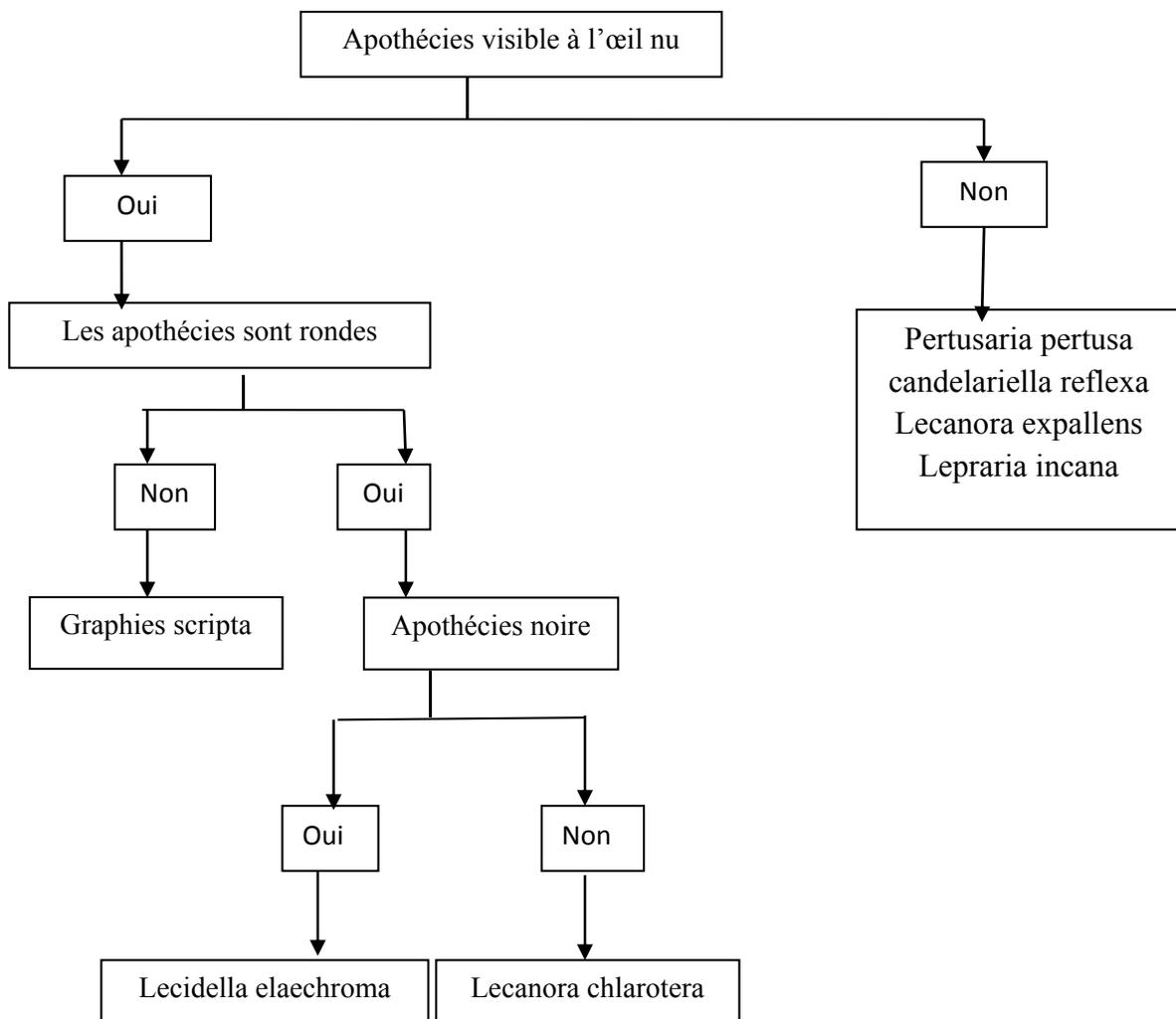


Annex VI

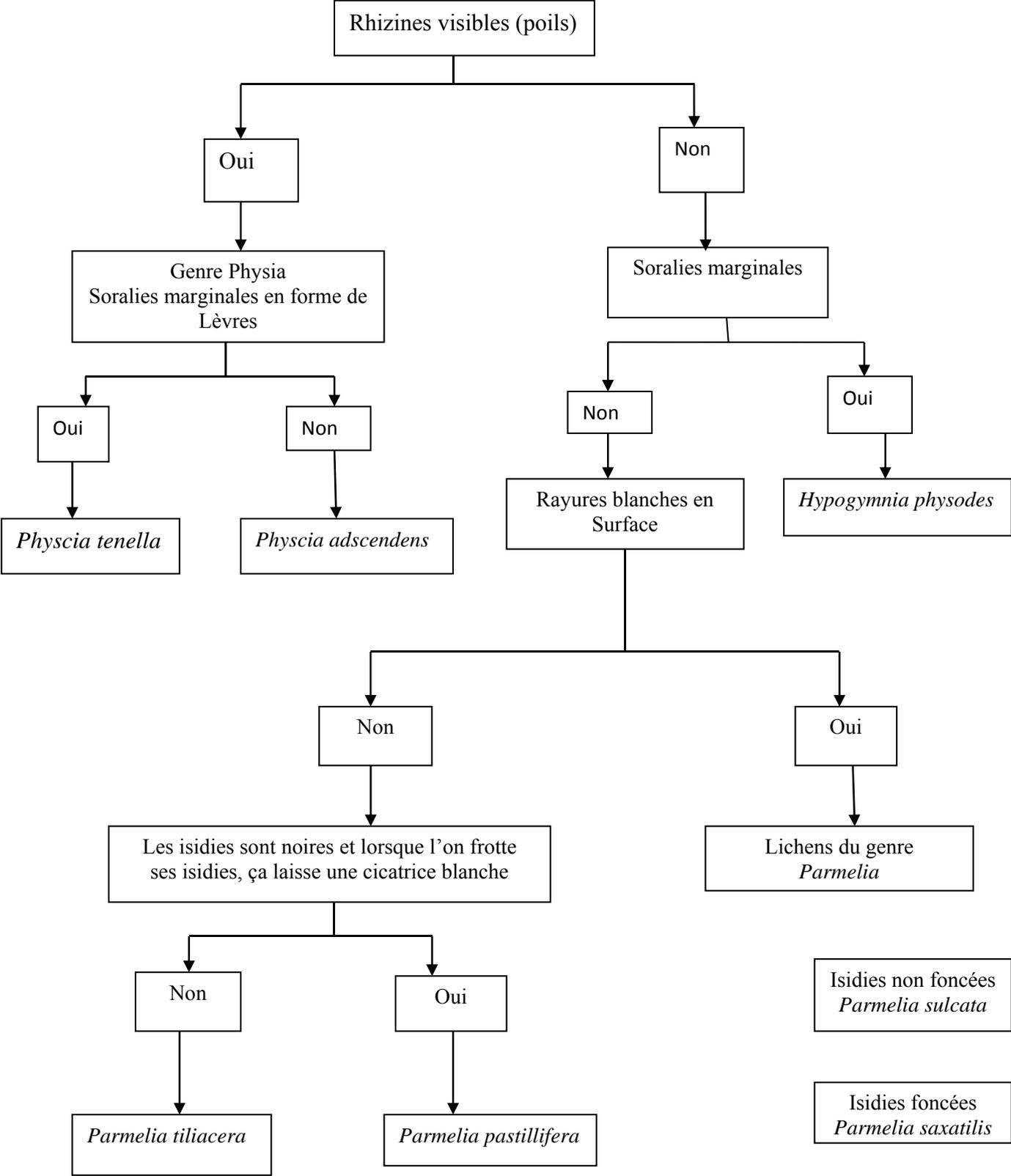
La méthode d'identification : tri la morphologie du thalle



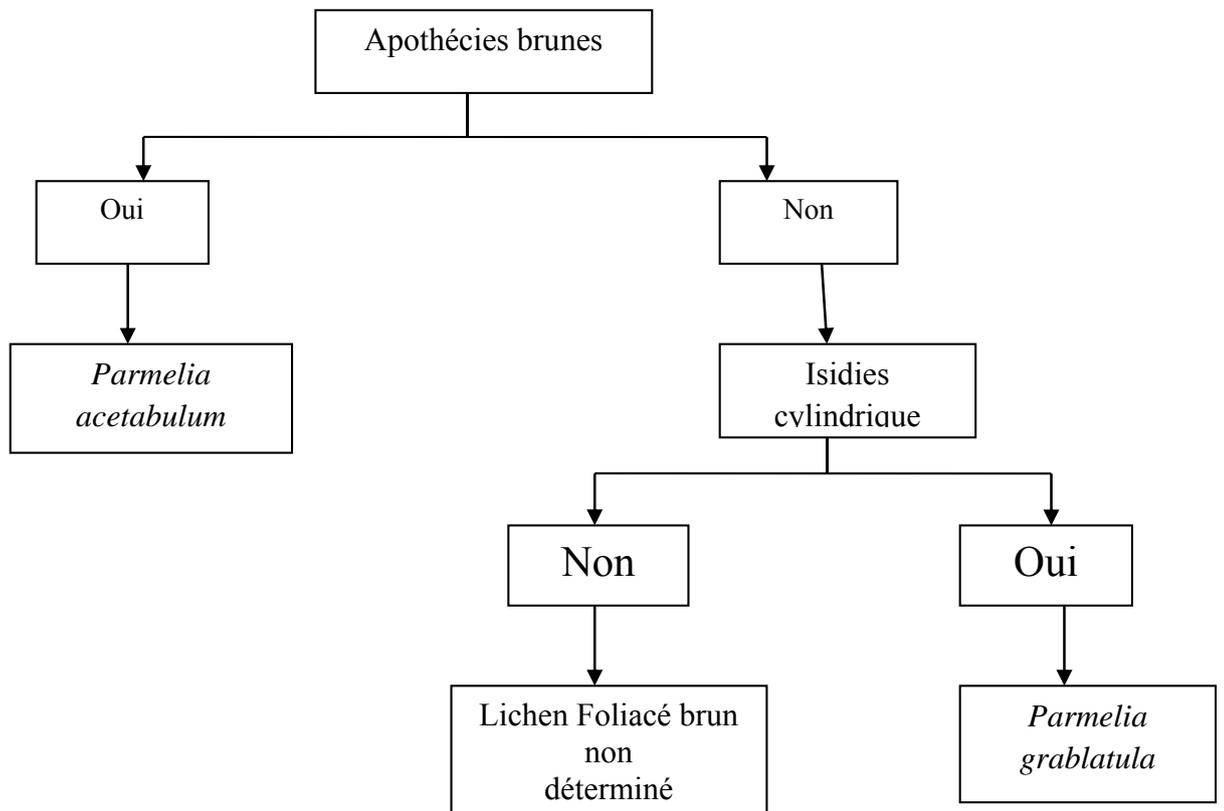
Tri des lichens crustacés d'après les apothécies :



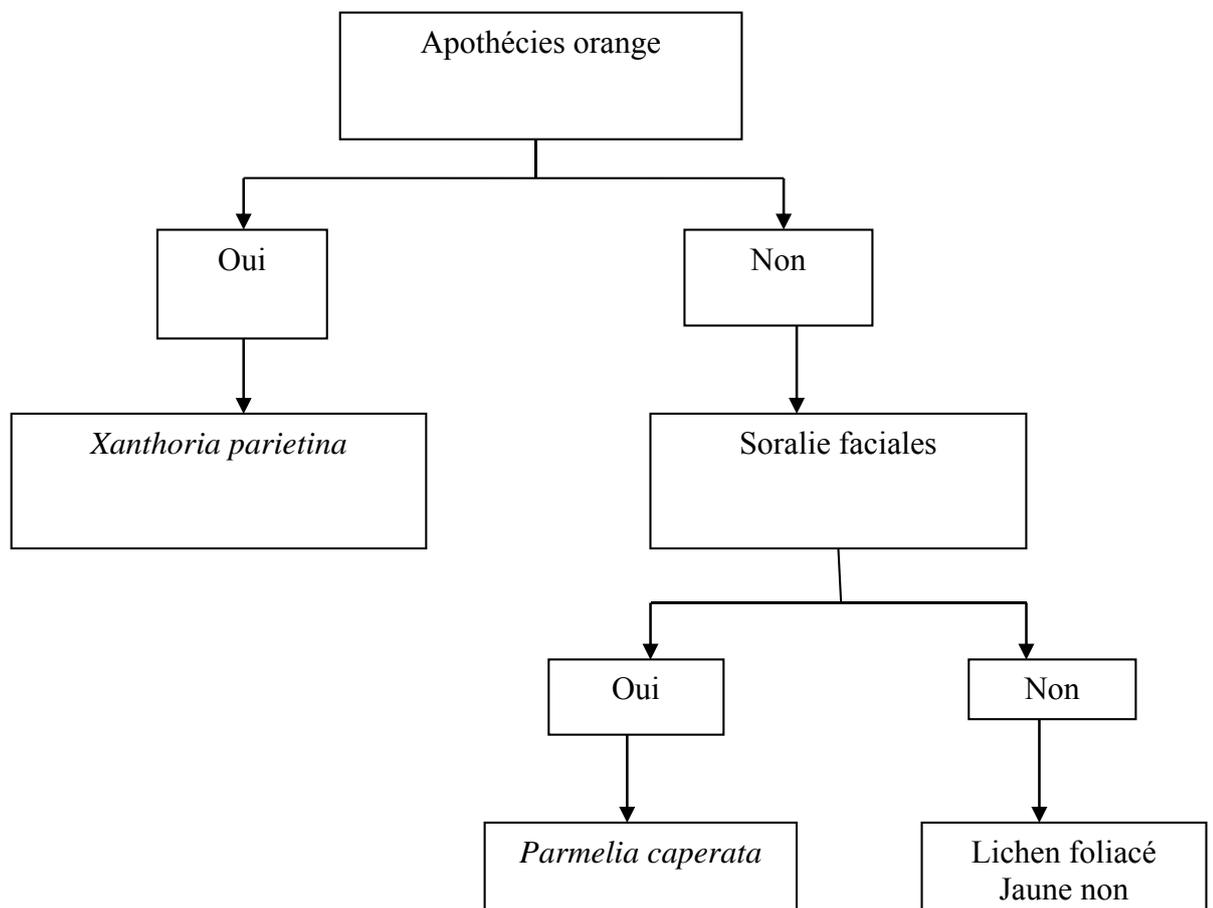
Tri des lichens foliacés de couleur gris :

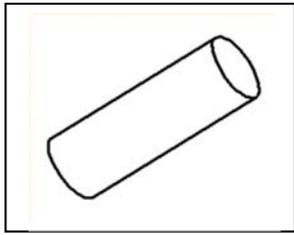


Les lichens foliacés de couleur brune (marron)

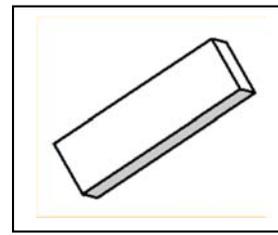


Les lichens foliacés de couleur jaune :





Branche cylindrique



Branche aplatie en lanière

