

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة عمار ثليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT
كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم البيولوجيا
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master en

Filière :Sciences Ecologiques

Option :Ecologie Végétale et Environnement

THEME

**INVENTAIRE ET ESSEZ D'ATTRIBUTION DES LICHENS
COMME BIO-INDICATEURS DE POLLUTION ATMOSPHERIQUE
DANS L'ECOSYSTEME FORESTIERE DE LA REGION DE
LAGHOUAT – OUED MORRA**

Présenté par :

LAGGOUNAICHA NOUR HOUDA

KOUIDRI FATIMA ZAHRA

Devant le jury :

Président(e) :Youcefi Mustapha.

Rapporteur :Souffi Ibtissam

Examineur (rice)s : Zerrouk Salim

Soutenu publiquement le :2018 / 2019

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous remercions Allah le tous puissant pour son aide et sa bénédiction.

Notre profonde gratitude s'adresse à notre encadreur Mme Souffi Ibtissem qui a dirigé ce travail avec beaucoup de compétence et d'efficacité, ainsi que pour son entière disponibilité, et la remercier de nous avoir proposé le sujet et de nous avoir encadrés, pour ses orientations et ses conseils qui nous ont été d'un grand apport.

Nous remercions également notre prof Mr Youcefi Mustapha maître assistant à l'Université Amar tldji pour ces conseils orientation, sa disponibilité et sa gentillesse.

Nous remercions également Mr. Rabeh Khadim- maître assistant à l'Université de Tiaret de nous avoir aidé dans la détermination des échantillons, sa disponibilité et sa gentillesse.

Nous remercions les membres du jury pour avoir accepté de présider et examiner ce mémoire.

A toutes les personnes qui ont contribué à la réussite de ce travail soit en prenant part aux débats, soit en fournissant des documents. Sincères remerciements.



Dédicaces

Je dédie ce mémoire

♥ *A mes parents pour leur amour inestimable, leur confiance, leur soutien, leurs sacrifices et toutes les valeurs qu'ils ont m'inculquer.*

♥ *A mes chers frères.*

♥ *A mes chers sœurs.*

♥ *A toutes les familles pour leurs conseils et leurs encouragements.*

♥ *A ma chère biome : Kouidri Fatima*

♥ *A tous mes amis sans exception, et je vous souhaite la prospérité et le succès.*

♥ *A nos encadreur Mme Souffi Ibtisem , et tous nos professeurs.*

♥ *Ainsi à toutes personnes qui m'ont encouragé ou aidé au long de mes études.*

LAGGOUN AICHA





Dédicaces

Louange à Allah le tout puissant et le miséricordieux

Au prophète MOHAMMED que j'adore tant

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

A mes frères: Ammar et Youcef

A mes soeurs: kheira et imane

A ma binôme Aïcha et à toute sa famille

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

Je dédie ce travail.

Kouïdrí Fatíma



Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des photos

Introduction générale.....01

I - Généralités sur les lichens

1-Etude de la végétation lichénique.....05

1.1-- Historique et définition05

1.1.1-Historique.....05

1.1. Définition05

1.2- Symbiose lichénique.....05

1.2.1- Phycosymbiote (l'algue)05

1.2.2- Mycosymbiote (champignon)06

1.2.3- Le cyanosymbiote : la cyanobactérie.....06

1.3- Biologie et morphologie des lichens08

1.3.1- Biologie des lichens.....08

1.3.2-Principaux types de thalles08

A. Les thalles crustacés09

B. Les thalles squamuleux09

C. Les thalles foliacés	09
D. Les thalles fruticuleux	09
E. Les thalles gélatineux	09
F. Les thalles complexes (ou composites).....	09
1.4- Structure du thalle lichénique	13
1.4.1- Structure homéomère	14
1.4.2- - Structure hétéromère	15
1.5- Relation du thalle avec le substratum	16
1.6- Nutrition des lichens	16
1.6.1- L'eau :.....	16
1.6.2- Nutrition carbonée et échanges gazeux	16
1.2.6.1- Respiration	16
1.2.6.2- Assimilation :.....	17
1.2.6.3- Nutrition minérale :.....	17
1.7- Systématique, reproduction et développement des lichens :.....	17
1.7.1- Systématique des lichens :.....	17
1.7.2- Reproduction et développement des lichens :.....	18

1.7.2.1	Reproduction des lichens :.....	18
A.	La reproduction végétative :.....	19
B.	Reproduction sexuée.....	20
C.	Reproduction asexuée.....	21
1.7.2.2-	Développement :.....	23
1.8-	Ecologie des lichens :.....	24
1.8.1-	Facteurs substratiques :.....	24
1.8.2-	Facteurs climatiques :.....	24
1.8.3 –	Facteurs biologiques.....	24
1.9.	Lichens et pollution :.....	25
A.	Choix des lichens comme bio indicateur de la pollution atmosphérique.....	25
B.	Dommmages physiologique causes par les polluants aux lichens	27
C.	Modification de la végétation lichénique en réponse aux changements de la pollution Atmosphérique	28

II- Matériel et méthodes

II.	Matériel et méthodes.....	30
II.1.	Présentation du site	30
II.1.1	Situation géographique	30

II.1.2.- Situation géographique du site d'étude :.....	30
II.2- Géologie et géomorphologie :.....	32
II.3.- Hydrologie :.....	32
II.4.- Pédologie :.....	33
II.5.-Caractérisation bioclimatiques de la zone d'étude :.....	34
II.5.1.- Le Climat :.....	34
II.5.2.- Source de données :.....	35
II.5.2.1.- Température :.....	35
II.5.2.2.Précipitation :.....	36
II.6.-Synthèse climatique :.....	38
II.6.1.- Indice de DE MARTONNE :.....	39
II.6.2.- Climagramme pluviothermique d'EMBERGER	39
II.6.3.- Diagramme ombrothermique de GAUSSEN	41
II.7.- Flore et végétation :.....	41
II.8.1. Méthode de travail :.....	43
II.8.2. Echantillonnage :.....	45
II.8.3. Récolte et conservation des lichens :.....	45

II.9. Détermination et identification des lichens :.....	46
A. Matériel optique :.....	46
B. B. Documentation :.....	47

III. Résultats et discussions

III.1 Résultats :.....	49
III.2. Discussions :.....	57

Conclusion générale

Conclusion générale :.....	63
Références	66
Annexes.....	73

Liste des figures

- Figure n° 01 :** Echanges nutritionnels entre les partenaires des lichens .p 07
- Figure n° 02 :** Les principaux types de thalles .p 13
- Figure n° 03 :** Coupe morphologique d'un thalle .p 14
- Figure n° 04 :** les deux catégories de structures. p 15
- Figure n° 05 :** Les différents types de soralies . p 19
- Figure n° 06 :** Les isidies .p 20
- Figure n° 07 :** Coupe à travers un périthèce, montrant la paroi, les asques, les paraphyses (entre les asques) et les périphyces (dans l'ostiole) . p 21
- Figure n° 08 :** apothécie contenant des asques . p 21
- Figure n° 09 :** Coupe à travers une pycnide. Différents types de conidiophores produisant des conidies. P 22
- Figure n° 10 :** Reproduction sexuée et asexuée sur un thalle d'ascolichen. P 23
- Figure n° 11 :** Principaux mécanismes d'entrée des polluants dans les lichens . p 26
- Figure n° 12 :** Carte de localisation de la région d'Oued Morra. P 30
- Figure n° 13:** Carte topographique du site d'étude (Foret de Madna). P 31
- Figure n° 14 :** Carte des Pentas et réseaux hydrographiques de la région . p 33
- Figure n° 15 :** Carte : Topographie de la région, la zone étudiée se situe entre 1000 et 1400m d'Altitude . p 35
- Figure n° 16 :** Evolution de la Température annuelle dans la station d'oued M'zi. P 36
- Figure n° 17 :** Evolution de la précipitation annuelle dans la région d'étude [2001-2014]. P 37
- Figure n°18 :** Le régime saisonnier de la zone d'étude. P 38
- Figure n°19 :** Climagramme pluviothermique d'EMBERGER de la région d'étude. P 40
- Figure n°20 :** Diagramme ombrothermique de BAGNOULS & GAUSSEN de la région [2001-2014]. P 41
- Figure n° 21 :** Extrait de la carte d'occupation des sols de la wilaya de Laghouat (Service des forets, 2010). P 42

Liste des tableaux

Tableau 01 : Différents types morphologiques .p 12

Tableau02: les caractéristiques essentielles qui privilégient les lichens par rapport aux autres végétaux. P 27

Tableau 03: Températures moyennes mensuelles de la région d'étude de 2001 à 2014. P 35

Tableau 04 : Précipitations mensuelles enregistrées de l'année 2001 jusqu'à l'année 2014. P 36

Tableau 05: Le régime saisonnier de la zone d'étude. P 37

Tableau (06) : Pluviosité et températures moyennes annuelles de la région d'étude [2001-2014] . P 40

Tableau 07 : Echelle d'estimation de la qualité de l'air de la moitié Nord de la France. P 44

Tableau 08 : classification des espèces selon la famille et ordre. P 58

Tableau 09 : Répartition de la flore lichénique d'Oued Morra selon le gradient de la pollution. P 59

Liste des photos

Photo 01 : *Xanthoria parietina*.(L).p 49

Photo 02 : *Cladonia pyxidata*(L).p 50

Photo 03 : *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb).p 51

Photo 04 : *Lepraria incana*(L).p 52

Photo 05 : *Aspicilia calcarea* (Zahlbr). P 53

Photo 06 : *Ochrolechia* (L).p54

Photo 07 : *Pertusaria pertusa* (L). p54

Photo 08 : *Physcia leptalea* (Ach).p 55

Photo 09 : *Placidium squamulosum* (L).p 56

Résumé :

La biosphère est un milieu fragile. Elle subit de nos jours des agressions multiples causées par les activités humaines, ce qui perturbe son bon fonctionnement et risque d'avoir des conséquences irréversibles. Pour cela la nécessité de la protéger et recommandée. Parmi les réactions des lichens utilisés comme bio indicateurs de la pollution de l'air, nous pouvons donner des exemples tels que les altérations morphologiques, l'accumulation des polluants par les lichens. (Duingeaud 1974).

L'étude menée dans la région d'Oued Morra relative à la flore lichénique .

Du point de vue lichénosystématique on a recensé 09 espèces différentes appartenant à 09 familles et représentant quatre (04) ordres de lichens. nous pouvons dire que la région présente une diversité lichénique ce sont les taxa à thalles crustacés qui dominent avec 05 espèces suivies par les foliacés et les squamuleux avec 02 espèces.

L'espèce *Protomeliopsis muralis* est l'espèce la plus fréquemment rencontrée suivie par *Pertusaria pertusa*.

Comme ces lichens sont très souvent utilisés dans l'estimation de la qualité de l'air, nous avons tenté de se baser dessus pour évaluer la qualité de l'environnement dans lequel ils ont été échantillonnés.

On a remarqué l'abondance de l'espèce *Pertusaria pertusa* par rapport aux deux espèces citées dans le tableau du classement de pollution. Donc on déduit que notre zone d'étude est faiblement polluée.

Mots-clés : lichens- crustacés- foliacés-squamuleux- bio indicateurs.

المخلص:

ان المحيط الحيوي وسط هش. يتعرض للعديد من الاقحامات في أيامنا الأخيرة والسبب يعود إلى النشاط البشري المتزايد هذا ما أدى إلى اختلاله وقد يصل به إلى نتيجة غير عكسية لحماية هذا المحيط أمر ضروري حسب ردود الفعل من الاشنات المستخدمة كمؤشر حيوي لتلوث الهواء يمكننا تقديم أمثلة مثل التغيرات المرفولوجية وتراكم الملوثات بواسطة الاشنات. إن الدراسة أجريت في منطقة واد مره و الخاصة بالاشنات من الناحية التصنيفية للاشنات تم حصر و تصنيف 09 أنواع نباتية تابعة إلى 09 عائلات مختلفة وترتب إلى 04، مما يسمح لنا القول أن المنطقة تحتوي على تنوع هام و مؤكد من الاشنات. من الناحية الشكلية للاشنات ، فإن الأصناف القشرية هي السائدة مع 05 أنواع نباتية متبوعة بالاشنات الوريقية و حرشفية الشكل بنوعين :

Protomeliopsis muralis. هو النوع المتواجد بكثرة في المنطقة ثم يليه *Pertusaria pertusa*.

يما أن هذه الاشنات تستخدم غالباً في تقدير جودة الهواء ، حاولنا أن نعتمد عليها لتقييم نوعية البيئة التي ندرسها .

ولوحظ أيضاً وفرة *Pertusaria pertusa* بالنسبة للنوعين المدرجين في جدول تصنيف التلوث.

لذلك نستنتج أن منطقة التي درسناها لدينا ملوثة بعض الشيء.

الكلمات المفتاحية : الاشنات- القشرية- الوريقية- و الحرشفية-مؤشر-

Abstract:

Now days the biosphere is suffering with various aggressions of the human activities which increase its fragility and disrupt its functioning so he should be protected to prevent any irreversible effect.

Among the reactions of lichens used to trace air pollution, we can give some examples as : the morphological alterations, the accumulation of pollutants by lichens, etc.

The study carried out in the region of Oued Morra on the lichen flora.

Regarding lichen systematic, with a total of 09 different families and 09 species belonging to 04 orders, the study region revealed high lichen diversity the taxa with shell-shape thalloidominated with 05 species followed by leaf-shapetaxa and squamulosum with 02 species.

Protomeliopsis muralis is the dominated species followed by *Pertusaria pertusa*.

As these lichens are very often used in the estimation of the quality of the air, we have tried to rely on it to assess the quality of the environment in which they were sampled.

The abundance of *Pertusaria pertusa* was noted in relation to the two species listed in the pollution ranking table.

So we deduce that our study area is slightly polluted.

Keywords : Lichens, Crustose, Squamulosum, Foliose-trace air pollution-

Introduction

Introduction

Introduction générale

La forêt est l'écosystème, qui après les océans, présente la plus grande diversité biologique. Les lichens forment une part importante de la biodiversité de ce type de milieu naturel, par le grand nombre de formes qu'ils présentent et la variété des conditions écologiques qu'ils recherchent.

Ils restent cependant encore mal connus du grand public, et même des naturalistes où la connaissance des espèces reste très imparfaite et sujette à de nombreuses découvertes, notamment dans les forêts méditerranéennes qui constituent un milieu naturel fragile **(Bricaud, 2006)**.

Présent dans tous les milieux terrestres, les lichens 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. Il serait pertinent d'élaborer, tant à l'échelle nationale que régionale, un référentiel pratique permettant de faire le lien entre la végétation lichénique et l'état de maturation des boisements forestiers **(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.

Ils intègrent en effet 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 relatives aux pathologies des écosystèmes telle que la pollution atmosphérique ne sont venues que bien après.

A ce sujet, les lichens sont utilisés comme "bio-indicateurs" car ils réagissent effectivement avec beaucoup de sensibilité aux différents degrés de pollution de l'air **(Hawksworth, 1988)**.

Introduction

Depuis le début de l'industrialisation, période caractérisée par une augmentation de la pollution de l'air, un accroissement de l'urbanisation et une exploitation plus intensive des surfaces forestières et agricoles, les lichens ont été soumis à une très forte pression.

La liste rouge des macro lichens de Suisse montre que 37% des espèces (152 sur un total de 412) sont menacées, alors que 9% sont considérées comme ayant disparu. Il est donc temps d'agir afin d'enrayer le déclin alarmant de ces organismes. Protéger le monde menacé des lichens ne se justifie pas seulement par les services que ces derniers rendent à l'homme, mais surtout par l'importance du maintien de la biodiversité dans la nature.

La biodiversité possède, en elle-même, une valeur inestimable: même les organismes semblant les plus insignifiants ont, dans le contexte général, une grande importance. Conserver la nature dans toute sa diversité fascinante est donc pour nous un devoir éthique envers nos descendants (**Scheidegger et cleric, 2002**).

En Algérie, les premières traces d'herborisations lichénologiques issues d'explorations scientifiques remontent au XVIIIème siècle (Desfontaines, 1799). Au XIXème siècle des expéditions de naturalistes ont eu lieu et des collections d'espèces lichéniques récoltées ont été identifiées. Plusieurs botanistes se sont alors succédés en ce sens et ont pu marquer l'histoire de la lichénologie algérienne (**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**).

Le début du XXème siècle fût marqué par plusieurs contributions basées sur des explorations géographiquement très localisées qui se limitaient uniquement à des collections d'échantillons, (**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, 1933 et 1940; 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**).

La lichénologie en Algérie a évolué et pris de l'importance sous l'impulsion de: **Werner (1939, 1940, 1949 et 1955); Dubuis et Faurel (1945), Faurel et al. (1951a et b,**

Introduction

1952, 1953a, b et c et 1954) et Faurel et Schotter (1958) dont la contribution à l'étude de la flore lichénologique de l'Afrique du Nord et particulièrement d'Algérie, constitue sans nul doute un véritable travail de fond pour la région qui a abouti à l'élaboration des premières publications sur les lichens.

De 1959 à 1968, il y a eu interruption des recherches sur les lichens en Algérie, due principalement à la période de la guerre de libération. C'est à partir des années 1980, que les chercheurs nationaux et étrangers se sont penchés sur cette science, seulement, il faudrait préciser que mise à part les travaux sur l'utilisation des lichens comme bio indicateurs de pollution atmosphérique (Semadi, 1989; Semadi et Deruelle, 1993; Semadi et Tahar, 1995; Semadi et al., 1997; Alioua, 2001; Rahali, 2003), les travaux d'inventaires floristiques qui abordent la végétation lichénique reste très fragmentaires et ponctuels. A ce titre nous citons ceux effectués à l'Est du pays: région de Tébessa (Letrouit et Van Haluwyn, 1986; Van Haluwyn et Letrouit, 1990; Etayo et Mayrhofer, 2003), régions de Guelma, Annaba et El Tarf (Van Haluwyn et al., 1994; Roux et al., 1995; Boutabia, 2000; Slimani et al., 2013; Slimani, 2014; Boutabia et al., 2015), région d'Azaba (Knudsen et Etayo, 2009); à l'Ouest du pays dans les régions d'Oran, Mostaganem, Thniet El Had et Ténès (Esnault, 1985; Esnault et Roux, 1987; Egea, 1988; Egea et al., 1990; Egea et Llimona, 1991; Breuß, 1996; Alonso et Egea, 2003; Jørgensen, 2003; Rico et al., 2003) et au centre du pays, dans l'algérois: régions d'Alger, Tipaza (Arvidsson, 1984; Moreno et Egea, 1992a et b; Roux et al., 1995; Alonso et Egea, 2003), en Kabylie: régions de Tizi Ouzou, Bouira et Béjaïa (Djellil, 1989; Torrente et Egea, 1989a et b; Egea et al., 1990; Rico et al., 2007; Rebass et al., 2011).

Il est à noter que la majeure partie de ces travaux ont été faits par rapport à des échantillonnages aléatoires ou mêmes à des spécimens récoltés par les uns ou les autres et identifiés par la suite par des spécialistes.

Vue qu'il n'y a pas d'études lichénique dans notre région.

L'objectif de travail est de contribuer à l'identification des lichens existant dans la station de Oued Morra.

La problématique : es que notre zone d'étude est polluée ou pas ?

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

- Le premier chapitre est consacré à la description des lichens et donne des informations sur les lichens et la pollution atmosphérique.

Introduction

- Le deuxième chapitre présente le matériel et les méthodes utilisés dans la réalisation de cette étude.
- Le troisième chapitre présente les résultats obtenus soit l'inventaire et la description des espèces identifiées et les discussions relatives à différents aspects de ces plantes.
- on termine par une conclusion accompagnée de quelques perspectives d'avenir .

GENERALITES SUR LES LICHENS

I. Généralités sur les lichens :

1. Etude de la végétation lichénique :

La lichénologie est une branche de la biologie, elle s'intéresse à l'étude des lichens. C'est une discipline recouvrant plusieurs aspects de ces organismes, la taxonomie, la morphologie, la physiologie, la relation algue champignon, l'écologie et la bio indication (Kraner et *al*, 2002).

1.1-- Historique et définition :

1.1.1- Historique:

Le terme «lichen » est d'origine grec que d'où sa prononciation habituelle « LIKEN ». Il sera retrouvé pour la première fois dans les écrits de Théophraste au IV^e siècle avant notre ère. Il désigne des plantes croissant sur les troncs des arbres certainement confondues avec les lichens (Ozenda et Clauzade, 1970).

1.1. Définition :

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

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

1.2- Symbiose lichénique :

Les lichens ne présentent pas un embranchement naturel, ils réalisent une association symbiotique très précise d'une algue verte (ou d'une cyanobactérie) et d'un champignon (Guignard, 1998).

L'efficacité de la symbiose est procuré par les habitats peuplés des lichens ou ni un champignon seul ou une algue isolée ne pourrait subsister (Alioua, 1995).

1.2.1- Phycosymbiote (l'algue) :

L'algue est un organisme eucaryote se présentant sous forme de petites cellules sphériques isolées ou en colonies.

Elle est pourvue de chloroplastes contenant la chlorophylle pouvant utiliser l'énergie solaire pour élaborer certains de constituants organiques à partir de CO₂ atmosphérique, de l'eau et des sels minéraux fournis par le champignon.

Dans la plupart des lichens, l'algue est une Chlorococcale appartenant au genre *Trebouxia*, elle se reproduit par bipartition ou par spores non flagellées ; en seconde position une Trentepohliale (genre *Trentepohlia*) contenant des pigments rouge orangé. Les réserves glucidiques sont de l'amidon et de nature lipidique chez les Trentepohliales; L'association modifiant profondément la structure algale, la position systématique ne peut que rarement être précisée au-delà du genre (un peu plus de 20 genres différents) (Coste, 2011).

1.2.2- Mycosymbiote (champignon) :

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

Ce mycosymbiote protège les cellules algales contre la dessiccation et l'excès de lumière. Les hyphes en relation directe avec l'atmosphère et le substrat captent l'eau et les sels minéraux. Le champignon des lichens est en général un ascomycète, rarement un basidiomycète exceptionnellement un autre champignon (Collombet, 1989).

1.2.3- Le cyanosymbiote : la cyanobactérie :

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

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

(Coste, 2011).

Les lichens sont des organismes pionniers colonisant tous les milieux terrestres, où ils

recherchent des supports stables (roches, écorces, sol nu...). Ils participent à la formation progressive d'un sol et à l'installation des végétaux. En effet, l'association lichénique apporte des propriétés qu'on ne trouve pas chez l'un ou l'autre des partenaires :

- La reviviscence : la capacité de passer rapidement, réversiblement et répétitivement de l'état sec à l'état hydraté .
- Un pouvoir lithogène: qui leur permet de s'installer en pionnier sur des substrats difficiles .
- La résistance aux températures extrêmes: l'assimilation peut encore être active à - 40 °C.

L'originalité des voies métaboliques avec l'élaboration de substances spécifiques, les Métabolites secondaire encore appelées acides lichéniques. (Coste, 2011).

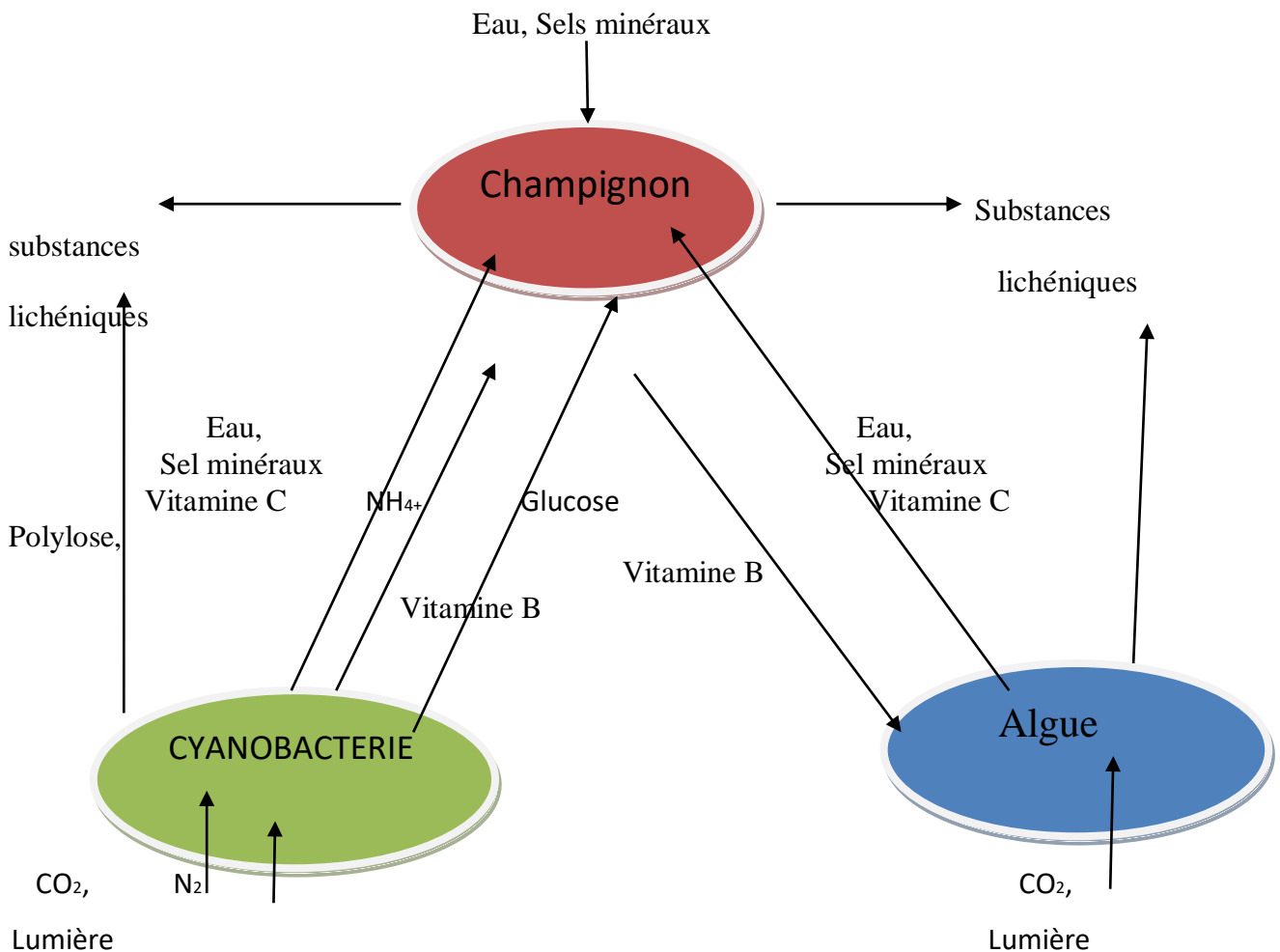


Figure 01: Echanges nutritionnels entre les partenaires des lichens (d'après Van-Haluwyn,Asta, *et al.* (2009)).

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

Les lichens sont issus d'une symbiose entre un champignon appelé mycobionte ou mycosymbiote, en majorité un Ascomycète, et une algue appelée photobionte ou photosymbiote. Dans 90 % des cas, le photobionte est une algue verte (chlorolichens), alors qu'il s'agit d'une cyanobactérie (cyanolichens) dans les 10 % restants. Ces deux partenaires sont indispensables au bon fonctionnement de leur association. L'algue synthétise la matière organique à partir du dioxyde de carbone (CO_2) de l'air et du rayonnement solaire (photosynthèse).

En contrepartie, le champignon prélève dans le milieu l'eau et les sels minéraux indispensables à la symbiose lichénique. Les éléments nutritifs n'étant pas puisés dans le substrat, les lichens ne sont donc pas néfastes au développement de l'arbre.

Le partenaire fongique est également responsable de l'ancrage de la structure et protège l'association lichénique des rayonnements ultraviolets trop agressifs et de leurs possibles effets délétères. **Van-Haluwyn, Asta, et al. (2009).**

1.3- Biologie et morphologie des lichens :

1.3.1- Biologie des lichens :

Une coupe transversale dans le thalle montre différentes parties de la face supérieure à la face inférieure. On distingue successivement le cortex supérieur, la couche gonidiale et la médulle, le cortex inférieur ; la première couche est formée par les filaments (dépourvus de chlorophylle) du champignon, appelés hyphes, l'ensemble enchevêtré de ces hyphes paraît homogène, mais on observe des lacunes, la couche gonidiale est caractérisée par la présence d'algues unicellulaires, ou gonidies, dans le cas de Parmélia, il s'agit d'algues du genre cystococcus.

Les gonidies sont enserrées par les hyphes du champignon, la médulle est uniquement formée par les hyphes libers, qui sont entre lacées et rappellent une toile d'araignée.

Le cortex inférieur présente les crampons assurent la fixation du thalle sur le support, en l'occurrence l'écorce de l'arbre. **(Van-Haluwyn et al. 2009).**

1.3.2-Principaux types de thalles : Selon le (Coste, 1989 ; Van-Haluwyn *Et al.* 2009).

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

A. Les thalles crustacés :

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

B. Les thalles squamuleux :

Ces espèces sont composées d'écailles ou de lobes plus ou moins adhérents au substrat,

Mais pouvant aisément s'en détacher.

C. Les thalles foliacés :

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

D. Les thalles fruticuleux :

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

E. Les thalles gélatineux :

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

F. Les thalles complexes (ou composites) :

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

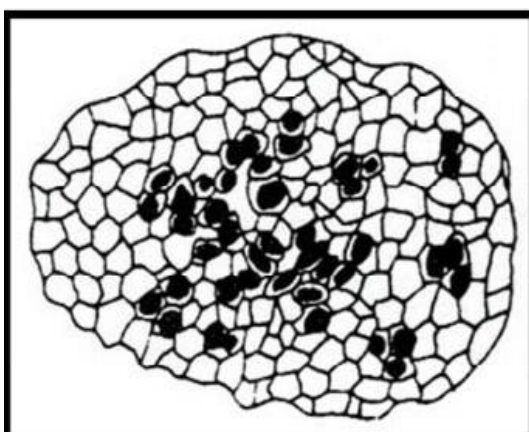
Les pseudopodétions sont buissonnants, recouverts d'écaillés à fonction assimilatrice (les phylloclades), alors que les podétions sont de formes très diverses : «tiges» simples plus ou moins pointues ou évasées en entonnoirs (ils sont dans ce dernier cas nommés scyphes), buissons plus ou moins denses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

<p>Thalle très adhérent au substrat → non séparable de celui-ci, sauf par des petits fragments :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Endosubstratique (dans le substrat); seuls sont visibles les organes habituellement portés par le thalle. -Episubstratique (sur le substrat) 	<p style="text-align: center;">THALLE CRUSTACE</p> <p>Exemple: <i>Lecidella elaeochroma</i></p> <p>Face inférieure non visible car soudée ou même incorporée au substrat</p>
<p>-Thalle épisubstratique ± fortement appliqué sur le substrat ; le bord du thalle est généralement ± redressé et de ce fait non adhérent. Souvent une petite partie de la surface inférieure adhère au substrat.</p>	<p style="text-align: center;">THALLE SQUAMULEUX</p> <p>Exemple: <i>Psoradeciens</i></p> <ul style="list-style-type: none"> -Petites squamules ou écailles rapprochées ou imbriquées à la manière des tuiles d'un toit. -On peut déjà différencier une face supérieure d'une face inférieure, notamment sur le bord des squamules. -Transition entre thalles crustacés et foliacés.

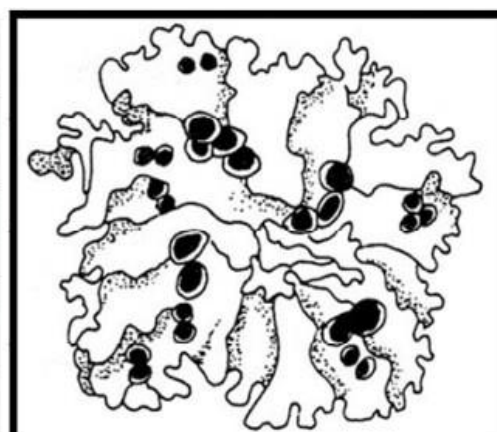
<p>-Thalle toujours épisubstratique, adhérent au substrat mais toujours détachable tout au moins en grande partie.</p> <p>-Appliqué au substrat par toute la face inférieure qui peut être nue, tomenteuse ou pourvue de rhizines.</p> <p>-Appliqué au substrat par un point de fixation central (ombilic).</p> <p>-Face inférieure nue, tomenteuse, pulvérulente ou garnie de rhizines.</p>	<p style="text-align: center;">THALLE FOLIACE</p> <p>Exemple : <i>Parmeliacapitata</i></p> <p>-Différenciation très nette entre face supérieure et face inférieure</p> <p><input type="checkbox"/> Talles foliacés types: En forme de lameslobes ou lanières simples ou divisés</p> <p><input type="checkbox"/> Thalles foliacés ombiliqués :</p> <p><input type="checkbox"/> largeur ou diamètre supérieure à la hauteur</p> <p><input type="checkbox"/> simples (monophylles) ou composés de plusieurs lobes ou lames polyphylles)</p>
<p>-Talle adhérent uniquement au substrat par extrémité; pendant, étalé ou dressé.</p>	<p style="text-align: center;">THALLE FRUTICULEUX</p> <p>Exemple : <i>Usneasubfloridana</i></p> <p><input type="checkbox"/> En forme de tiges ou lanières ± ramifiées ou non</p> <p><input type="checkbox"/> dans la majorité des cas la longueur est supérieure à la largeur</p> <p><input type="checkbox"/> section du thalle ronde à ± plate</p> <p><input type="checkbox"/> couleur uniforme du thalle ; rarement différenciation entre face supérieure et face inférieure ; excepté pour des espèces communes comme <i>Everniaprunastri</i>, <i>Pseudeverniafurfuracea...</i></p>

<p>Thalle formé de deux parties bien distinctes:</p> <ul style="list-style-type: none"> -thalle primaire \pmadhérent au substrat; crustacé ; squamuleux ou \pm foliacé. -thalle secondaire fruticuleux et dressé développé secondairement sur le thalle primaire. 	<p>THALLE COMPLEXE OU COMPOSITE</p> <p>Exemple: <i>Cladonia fimbriata</i></p> <p>Deux genres principaux:</p> <p><i>Cladonia</i>: thalle secondaire = podétions simples ou ramifiés, couverts de squamules ou non</p> <p><i>Stereocaulon</i>: thalle secondaire = pseudopodétions ramifiés et couverts de squamules</p>
	<p>THALLE GELATINEUX</p> <p>Lichens à cyanobactéries ; noirs et cassants</p> <p>à l'état sec; pulpeux-gélatineux à l'état humide. Aspect particulier dû à la cyanobactérie.</p>

Tableau 01- Différents types morphologiques (Van Haluwyn.et Lerond, 1993).

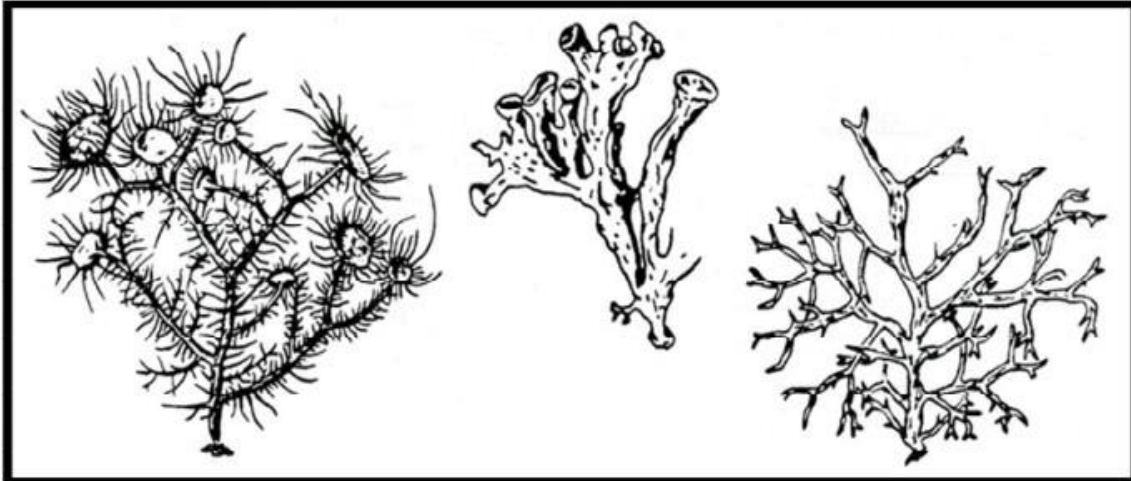


a) Thalle crustacé

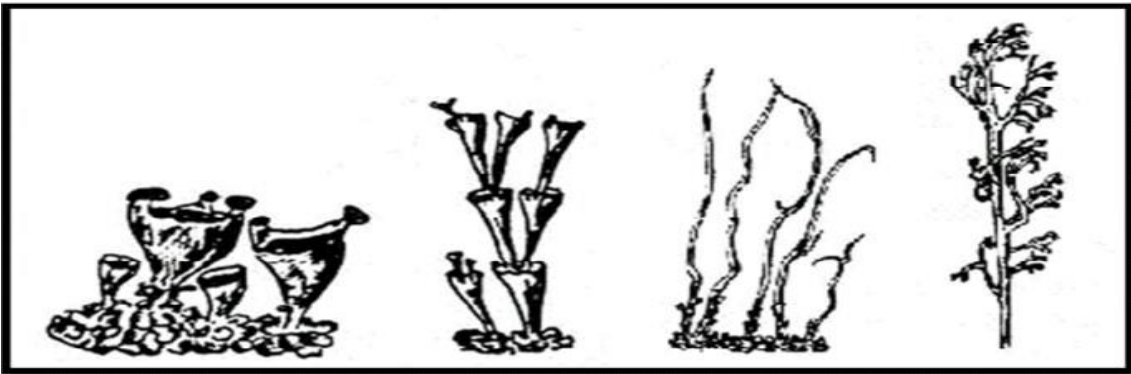


b) Thalle foliacé

(ACFJ 2012)



c) Thalle fruticuleux (ou radié) (ACFJ 2012)



d) Thalle complexe (ou stratifié-radié) (ACFJ 2012)

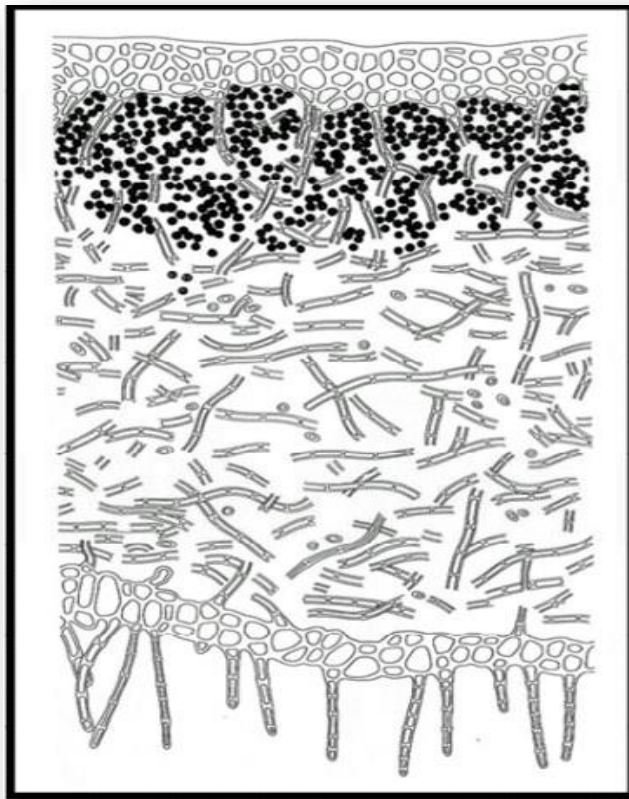
Figure 2 : Les principaux types de thalles (ACFJ Association pour la Connaissance de la Flore du Jura (8 septembre 2012) : Journée à la découverte des lichens).

1.4- Structure du thalle lichénique :

A l'intérieur du thalle lichénique, la disposition des différents constituants ne se fait pas au hasard mais suit des règles bien pressées. Deux structures sont classiquement reconnues; homéomère et hétéromère (Semadi, 2001).

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

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



Cortex supérieur

Médulle

Cortex inférieur

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

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

1.4.1- Structure homéomère :(Clauzade et Roux ,1987) :

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

a) Chez divers lichens gélatineux, plus spécialement les *Collema*, dont le thalle est formé d'une masse mucilagineuse incolore ou jaune clair, contenant des chaînes de *Nostoc* et des filaments fongiques.

b) Chez les lichens lépreux, dont les petits granules pulvérulents sont formés chacun d'un seul hyphes enroulé contenant quelques cellules algales.

c) Chez quelques genres de lichens, passant facilement inaperçus car très petits, *Sphaconisca* et *Vezdaea*, le thalle, crustacé, souvent peu visible, est formé en grande partie de petits granules (1 à 10 µm de diamètre) nommés algocystes (goniocystes),

correspondant à un amas d'algues (cyanophycées à cellules munies d'une enveloppe gélatineuse dans *Sphaerocarpus*, Chlorophytes du genre *Leptosira* dans *Vezdaea*) entourés chacun d'une gaine d'hyphes continue ou discontinue.

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

1.4.2- - Structure hétéromère :

Elle est caractérisée par l'existence de plusieurs couches superposées, ils existent différentes structures hétéromères :

- ◆ Structure radiée : chez la plupart des lichens fruticuleuse, elle est facilement identifiable sur une coupe traversable par sa couche algale entourant la médulle et par la présence d'un seul cortex entourant la couche algale. (Semadi, 2001).
- ◆ Structure stratifiée : elle se rencontre chez la plupart des thalles foliacés, chez un petit nombre de thalle fruticuleux et quelques thalles crustacés. (Figure 04).
- ◆ Structure filamenteuse : se rencontre chez les thalles filamenteux et quelques thalles gélatineux (Ozenda et Clauzede, 1970).
- ◆ Structure radiée – stratifiée : se rencontre chez le thalle composite (Zouaoui, 1984).



Lichen homéomère

lichen hétéromère

Figure 4: les deux catégories de structures (<http://lesbeauxjardins.com/cours/botanique/6-lichens/index.htm>)

1.5- Relation du thalle avec le substratum :(Semadi, 2001).

Le substratum qui est un support nommé égorgement porophyte a un rôle important dans la compréhension des phénomènes qui régulent la présence ou l'absence des lichens dans un endroit donné :

*Les lichens sont groupés en sept grands groupes selon le type du substratum :

- lichens saxicoles : substratum est une écorce de l'arbre.
- Lichens corticoles : substratum est une du bois mort.
- lichens follicoles : substratum est une feuille persistante.
- lichens terricoles : substratum est de la terre.
- lichens lignicoles : substratum est du bois mort.
- lichens muscicoles : substratum est les mousses.

1.6- Nutrition des lichens :

Les lichens tirent une bonne partie de leur alimentation de l'atmosphère leur nutrition se fait grâce à l'eau de pluie; par l'ensemble des thalles, En réalité ils en tirent également de leur substrat (**Des Abbys et al, 1978**).

1.6.1- L'eau :

A la suite d'une pluie le champignon stocke l'eau dans ses hyphes et permet pendant un certain temps de faire fonctionner les deux partenaires la teneur maximal est d'environ 2g d'eau par gramme de matière sèche, ce qui correspond à environ 66% du poids total, mais, il est capable de suivre jusqu'à la prochaine pluie où il reviendra actif. (**Des Abbys et al, 1978**).

1.6.2- Nutrition carbonée et échanges gazeux :

1.2.6.1- Respiration :

Le quotient respiratoire CO_2/O_2 varie relativement peu d'une espèce à l'autre, toutes dégagent moins de CO_2 qu'elles n'absorbent d' O_2 . Ce quotient oscille entre 0,69 et 0,89 chez les lichens non gélatineux, mais chez les lichens gélatineux descend aux environ 0,60. (**Des Abbys et al, 1978**).

1.2.6.2- Assimilation :

L'assimilation est en fonction de la lumière, les lichens tirent leurs substances carbonées à partir de la photosynthèse, mais aussi de leurs substrats.

L'assimilation diminue plus vite que la respiration, elle peut encore être active à des températures où la respiration a déjà cessé : elle se manifeste encore à 40° C chez *EverniaPrunasti*.

Par contre aux hautes températures le comportement des lichens n'est pas différent de celui des plantes supérieures : l'assimilation cesse de se manifester après un séjour d'un jour à 45°C, d'une heure à 50°C et d'une demi-heure à 60°C.(Des Abbys et al, 1978).

1.2.6.3- Nutrition minérale :

Les substances minérales nécessaires aux lichens leur arrivent par les mêmes voies que l'eau, l'atmosphère et le sol.

Les pluies contiennent dissous des éléments minéraux tels que le magnésium, potassium, sodium, calcium et aussi des sources d'azote soit ammoniacales, soit nitrique, les poussières que le vent véhicule sont déposées soit sur le thalle soit sur le substrat constituent ainsi une source importante de leur alimentation minérale (Des Abbayes, 1951).

1.7- Systématique, reproduction et développement des lichens :

1.7.1- Systématique des lichens :

La classification des lichens est fondée sur des caractères purement morphologique et anatomique du thalle, les caractères des champignons, et plus particulièrement ceux de l'apothécie, des spores et des conidiophores avaient été très tôt retenues, la forme et la structure du thalle ainsi que la nature des gonidies étant par contre considérée comme accessoires (Ozanda et Clauzade, 1970).

Comme chez les champignons supérieurs autonomes, il est naturel de distinguer d'abord deux groupes d'importance très inégale, mais totalement indépendants : les lichens à ascus ou Ascolichens, et les lichens à basides ou basidiolichens(Des Abbys et al, 1978).

Et d'après **Zahlbruckner (1907,1926)**, le schéma de la classe lichens :

1-Sous classe des Ascolichens :

spores produites ses asques.

• Série des Cynnocarpeas:

ascocarpes, plus ou moins largement ouvert, thalles de tous les types.

-Sous série des graphidineas: ascocarpes le plus souvent étroits et allongé, thalles en majorité crustacées ou fruticuleux; 05 familles.

-Sous série des coniocarpineas : asques et paraphyses se détruisant et formant avec les spores, dans l'ascocarpe, un amas pulvérulent; thalles en majorité crustacées ou fruticuleux; 03 familles.

- Sous série des cyclocarpineas: ascocarpe de forme arrondie, c'est le groupe le plus nombreux, ou se trouve tous les types des thalles; 29 familles.

• Série des pyrenocarpeas:

ascocarpe ne s'ouvrant que par un pore; thalles en général crustacées; 17 familles.

2- Sous classe des basidiolichens (hymen lichens) :

Spores produites sur des basides. 03 genres avec en tout au moins de 20 espèces. Toutes tropicales tous sont des basidiomycètes supérieurs néo-basidiés (à baside typiques).

La plupart sont des polyporales lato sensu, à hyménium à croissance continue. Trois seulement sont des agricoles du genre *Omphalina*. **Selon (Bebba Dalal et Ben derouiche Nadjjet 2007).**

1.7.2- Reproduction et développement des lichens :

1.7.2.1 Reproduction des lichens :

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

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

A. La reproduction végétative :

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

❖ Fragmentation du thalle.

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

❖ Les sorédies :

Par les déchirures du thalle, il y a émission de "granules", les sorédies, formées d'un enchevêtrement d'algues et d'hyphes. Ces sorédies forment la soralie dont la couleur est généralement différente de celle du thalle. Légères, elles sont facilement transportées par le vent, la pluie, les insectes et permettent une dissémination de l'espèce. (Fig 05).

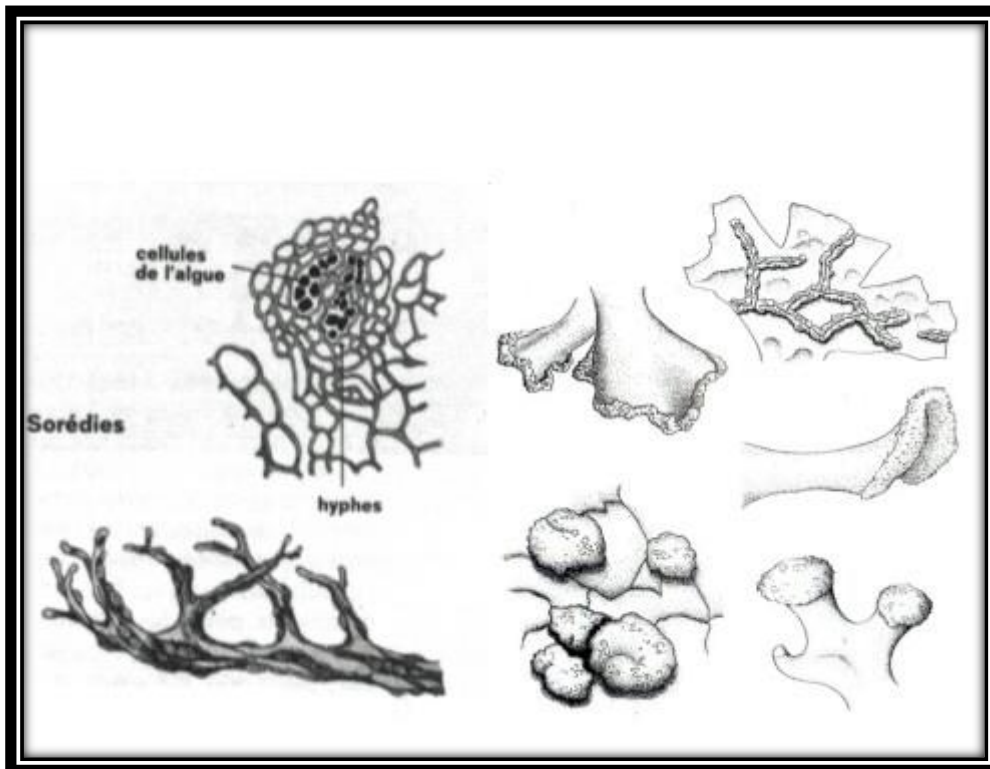


Figure 5: Les différents types de soralies(d'après Kirschbaum et Wirth, 1997).

❖ Les isidies :

Les isidies sont de petites protubérances cortiquées formées à la surface du thalle et qui peuvent s'en détacher. Les deux partenaires sont présents à l'intérieur de telles protubérances.

Ces isidies, ne peuvent être transportées loin, elles assurent plutôt une colonisation du substrat. (Wirth, 1995).

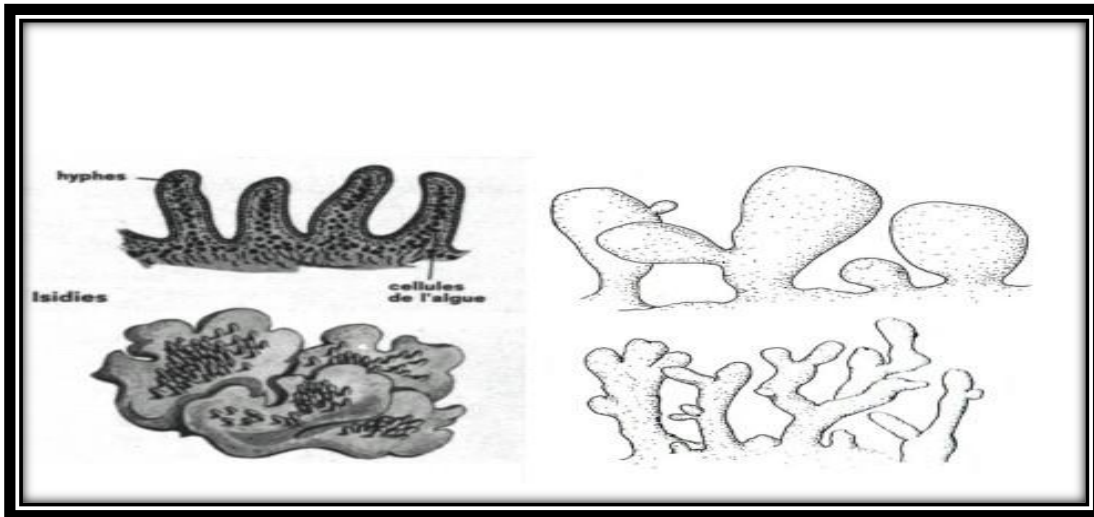


Figure 6: Les isidies(d'après Wirth, 1995).

B. Reproduction sexuée :

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

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

Entre les asques se trouvent des cellules stériles : les paraphyses, dont les extrémités renflées peuvent contenir des pigments responsables de la couleur de l'hyménium.

(Sérusiaux *et al.*, 2004).

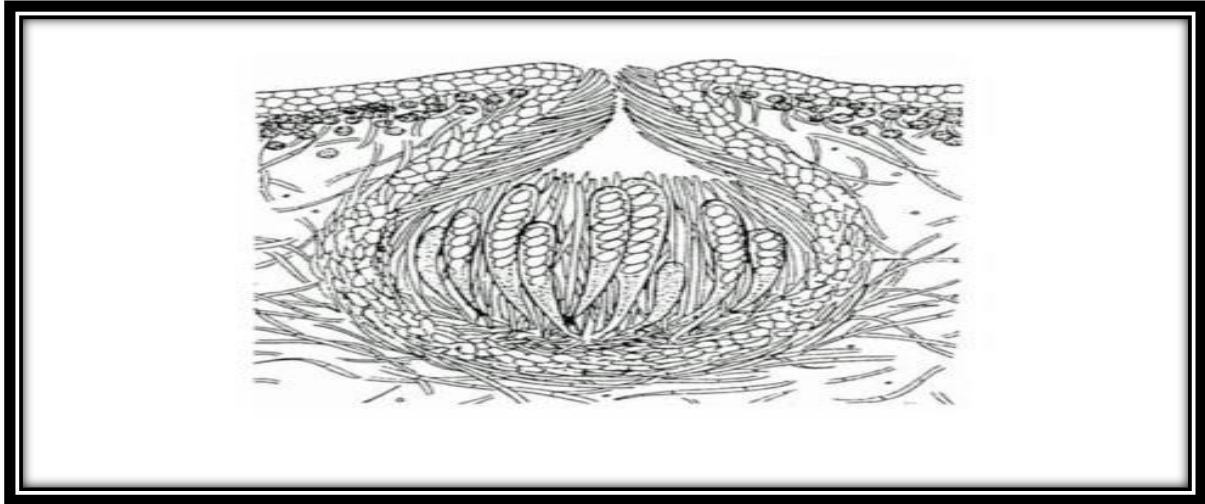


Figure 7: Coupe à travers un périthèce, montrant la paroi, les asques, les paraphyses (entre les asques) et les périphyses (dans l'ostiole) (Sérusiaux *et al.*, 2004).



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

C. Reproduction asexuée :

Le mycobionte produit, chez de nombreuses espèces, des «spores» sans faire intervenir de processus sexuel évident.

Ces spores sont appelées des conidies (ou pycnospores); elles sont produites à l'extrémité d'hyphes de forme et de dimensions variables, appelées les conidiophores; les organes qui les contiennent, généralement de petites outres, enfoncées dans le thalle ou parfois sessiles sur celui-ci, sont appelés des pycnides (**Fig. 9**).

Les conidies sont toujours dispersées seules (c'est-à-dire sans le photo-bionte) et dès lors, pour reconstituer un thalle lichénisés, elles doivent obligatoirement retrouver leur partenaire algal. (Van Haluwyn et Lerond, 1993).

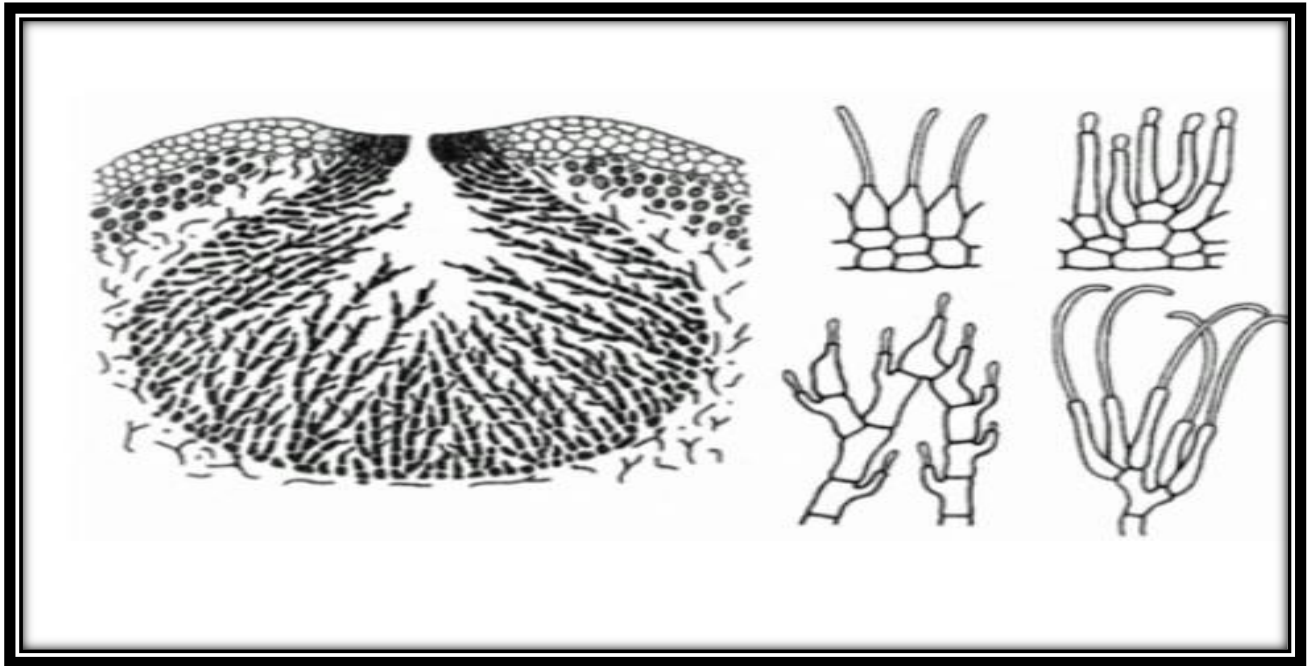


Figure 9 : Coupe à travers une pycnide. Différents types de conidiophores produisant desconidies. (Sérusiaux *et al.*, 2004).

Le thalle peut également comporter d'autres organes :

- ❖ **Poil** : visible à la loupe, il correspond au prolongement libre d'une hyphe du cortex. Parfois nombreux et serrés, les poils constituent un tomentum.
- ❖ **Cil** : formation filiforme, de teinte habituellement sombre, visible à l'œil nu, constituée par les prolongements de plusieurs hyphes accolées ; se trouve généralement sur les bords du thalle. Poils, tomentum et cils sont de nature fongique, ils protègent contre les radiations, limitent l'évapotranspiration, retiennent l'eau, la rosée, l'humidité, ils n'ont aucune fonction assimilatrice.
- ❖ **Rhizine** : organe de fixation des thalles foliacés, simple ou ramifié, formé d'un faisceau d'hyphes soudées et recouvertes d'une gaine gélatineuse facilitant l'adhésion au substrat. (Sérusiaux *et al.*, 2004).

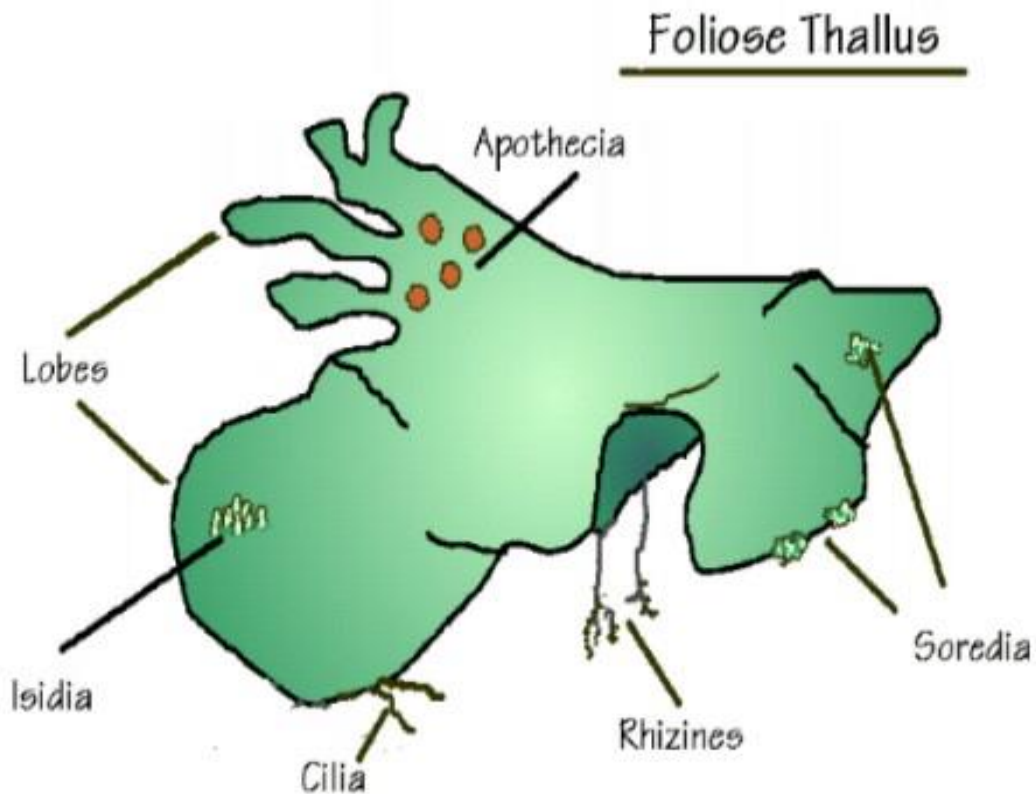


Figure 10 : Reproduction sexuée et asexuée sur un thalle d'ascolichen
<http://lesbeauxjardins.com/cours/botanique/7-lichens/index.htm>

1.7.2.2- Développement :

La croissance des lichens est extrêmement lente mais elle est assez variable, selon les espèces et les conditions climatiques.

C'est -à- dire que la croissance est ralentie en hiver par le froid. En été par la dessiccation, elle semble présenter un maximum printanier assez accusé.

Il faut aussi attribuer la lenteur de la croissance du thalle à une activité photosynthétique relativement faible.

Chez les lichens foliacés à thalle découpé en lobes, la croissance se fait par leur extrémité qui se ramifie par dichotomie.

Chez les thalles fruticuleux s'accroissent par le sommet de leurs rameaux (**Anonyme 2, 1974**).

C'est chez les lichens fruticuleux qu'elle est la plus active de 1 et 2 cm par an (**Ozenda, 2000**).

Chez les thalles crustacées, dotés d'une grande longévité ne poussent que 2 ou 3mm par an, elles vivants dans des biotopes temporaires et instables peuvent être des colonisateurs rapides et efficaces (**Purvis et Wedin, 1999**).

1.8- Ecologie des lichens :

Les lichens considérés dans leur ensemble constituent un groupe très plastique. Ils sont répartis sur toute la terre. On a donc facilement regroupé en trois ensembles ; les facteurs substratiques, climatiques et biologiques (**Samadi, 2001**).

1.8.1-Facteurs substratiques :

Les lichens se développent dans milieux très variés et sur des substrats, ces derniers présentent des caractères physiques ou chimiques (**Ozenda et Clauzade, 1970**).

1.8.2-Facteurs climatiques :

Les lichens captent de l'atmosphère une partie de l'eau, le gaz carbonique et les sels minéraux apportés par la pluie et le vent (**Samadi, 2001**).

La répartition lichénique est étroitement liée à la présence ou l'absence de l'eau qui hydrate les thalles conditionnant ainsi les fonctions vitales.

La température est un facteur nécessaire au métabolisme de la végétation.

Deux aspects physiologiques importants tels que la respiration et la photosynthèse sont conditionnés par les températures.

Le vent agit de manière directe sur l'évaporation qui par conséquent a une influence sur l'humidité. De manière générale les lichens nécessitent de l'éclairement bien que certains se développent rapidement dans les endroits ombragés favorables à une grande humidité.

1.8.3 –Facteurs biologiques :

L'action d'autres êtres vivants est également déterminante dans la répartition des lichens, soit parce qu'ils disputent leur place, détruisent ou modifient le milieu ou au contraire favorisent leur dissémination, la concurrence vitale s'exerce entre les lichens eux-mêmes, mais aussi avec d'autres plantes (mousses ou phanérogames).

L'action des animaux est principalement de l'homme, se manifestant surtout mécaniquement par piétinement, fragmentation des thalles de force ; chimiquement par l'enrichissement de l'atmosphère en Azote, phosphate, ...etc, propices à la colonisation des lichens de nouvelle station ou par la pollution atmosphérique qui est néfaste pour ce type de végétaux sensible (Nash III, 1989).

1.9. Lichens et pollution : Selon (Déruelle S., Lallemand R., (1983).

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

Leur inventaire peut fournir une réponse très nuancée aux divers agents polluants se trouvant dans l'air ce qui implique une grande prudence dans l'interprétation des résultats.

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

Il est à noter que les espèces crustacées, aux échanges faibles et à la croissance plus lente que les espèces foliacées et fruticuleuse, sont moins affectées par la pollution atmosphérique et résistent mieux à l'environnement industriel et urbain.

Ainsi, lors d'une première observation de la flore lichénique d'un environnement, un premier diagnostic de la qualité de l'air peut être avancé en fonction des types de thalles majoritairement présents sur les troncs d'arbres.

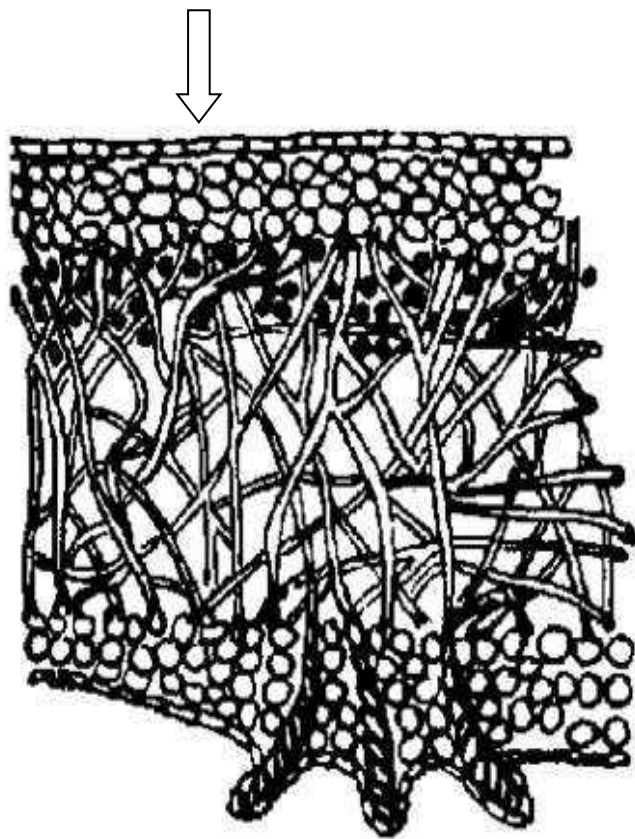
A. Choix des lichens comme bioindicateur de la pollution atmosphérique:

Les lichens possèdent de nombreuses particularités biologiques et structurales qui en font des témoins fidèles de la pollution.

N'ayant ni racine, ni tige, ni feuille, ni appareil conducteur, ils sont incapables d'effectuer une régulation hydrique. Ils sont soumis aux fluctuations du milieu et peuvent absorber et accumuler sans distinction des quantités très importantes de substances prélevées dans l'atmosphère (air, eau, poussières, substances et gaz dissous).

Contrairement aux plantes supérieures, ils sont dépourvus de moyens de lutte contre la pollution.

Sans cuticule, ni stomate pour se protéger, les lichens absorbent les polluants en même temps que les éléments qui leur sont essentiels pour vivre.



En fonction de leur sensibilité les différentes espèces disparaissent progressivement.

Des polluants tels les ETM, les HAP, les dioxines s'accumulent au sein des thalles.

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

Leur activité photosynthétique continue, leur taux de croissance très faible, leur grande longévité et leur productivité très faible font des lichens des espèces particulièrement sensibles utilisées dans la détection des pollutions (pollution acide, fluorée, métaux lourds, radioactivité,...autres végétaux. (**Déruelle S.,Lallemant R., (1983).**

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

Tableau 02: les caractéristiques essentielles qui privilégient les lichens par rapport aux autres végétaux. (Déruelle S.,Lallemant R., (1983).

B. Dommages physiologique causes par les polluants aux lichens :

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

La surface qu'ils exposent ne présente aucune protection, comme une cuticule cireuse, par exemple, mais au contraire absorbe de manière efficace non seulement les substances gazeuses nécessaires à leur survie (nutriments) mais aussi les polluants, sous forme de poussières ou de gaz qui leur sont associés, sans aucune possibilité de filtrage.

De plus, ils vivent plusieurs années, sans renouvellement possible de leurs parties les plus exposées, ce qui aboutit à une concentration parfois considérable de certains polluants.

La plupart des lichens, malgré la présence de mécanismes intrus de neutralisation des substances nocives ne peuvent cependant, survivre en atmosphère polluée.

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

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

On distingue cinq zones de végétation lichénique soit :

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

II. Matériels et méthodes

II. Matériels et méthodes

II.1. Présentation du site :

II.1.1.- Situation géographique

Au cœur de la chaîne montagneuse des Amours, centre de l'Atlas saharien, se situe dans la région de Madna commune de Oued M'Zi, au Nord-Ouest de la wilaya de Laghouat, elle est délimitée au Nord par les communes d'Oued Morra et d'Aflou, et au Sud par les communes d'Ain Madhi et El-Gheicha et Tadjmout(**fig.12**).

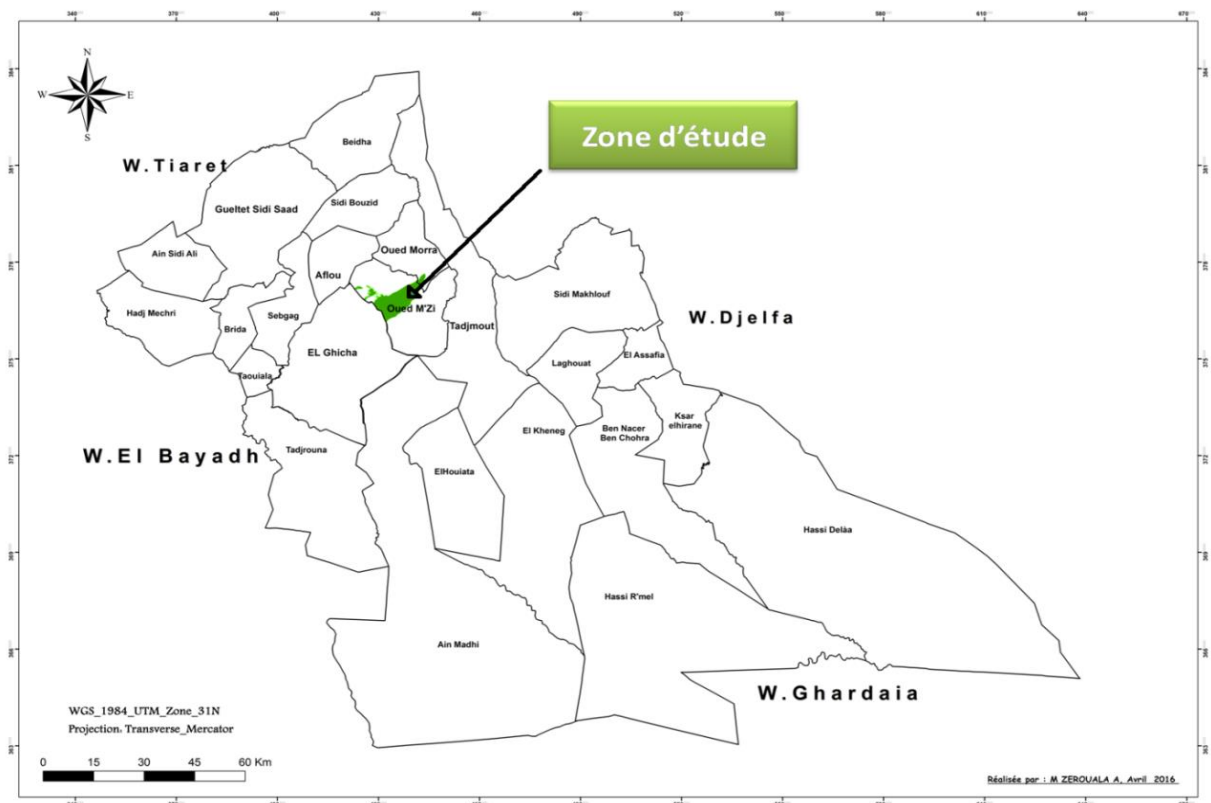


Figure 12 : Carte de localisation de la région d'OuedMorra

II.1.2.- Situation géographique du site d'étude :

Notre étude s'est déroulée au mois d'aout 2019 au nord de la commune d'Oued Morra, au voisinage du village dit Madna.

L'aire de l'étude est comprise entre les deux chainons montagneux dits « Djebel Madna » et « Ktef El- Gaada » (**fig.013**).

Ces deux barrières écologiques avec la mise en défens plus ou moins contrôlée par les services forestiers ont favorisés l'homogénéité d'un véritable écosystème forestier.

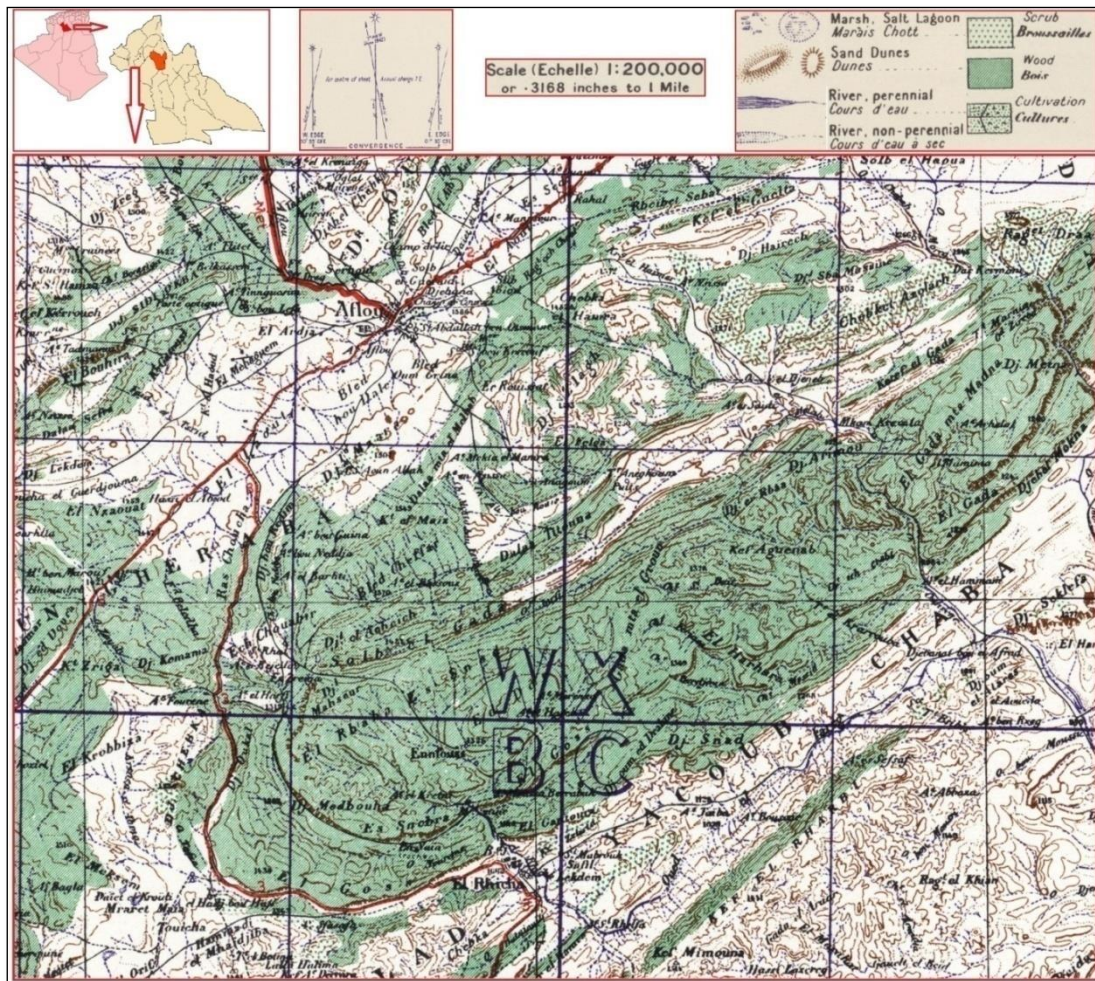


Figure 13 : Carte topographique du site d'étude (Foret de Madna).

Au niveau du Djebel Amour, il ya quatre régions qui se succèdent du nord-ouest au sud-est est représentent les conditions générales caractérisant notre région d'étude :

-Les **hautes plaines steppiques** : se situent entre 1100 et 1300 mètres au sud-ouest et 900 à 1000 mètres d'altitude au nord-est.

-Les **parties hautes de la montagne** : au-dessus de la steppe, un relief s'élève en un glacis de pente assez forte, c'est le Djebel qui se définit par ses montagnes de 1400 à plus de 1700 mètres avec ses roches gréseuses et ses forêts.

-La **partie méridionale de la montagne** : comporte un ensemble montagneux très important en bordure même du désert, mais aussi des altitudes plus basses.

C'est une région montagneuse mais plus chaude et sèche que la précédente.

-Le **piémont saharien** : c'est un piémont ou glacis d'érosion qui annonce le début du Sahara.

II.2.- Géologie et géomorphologie :

Au Nord, l'Atlas saharien se rattache au domaine des hauts plateaux Oranais dont il n'est séparé que par la ligne de fractures qui correspond à l'accident Nord Atlasique.

Au Sud, la flexure qui le sépare de la plateforme saharienne apparaît comme une entité structurale majeure où se relaient divers types d'accidents.

En se dirigeant de l'Est vers l'Ouest, les formations géologiques de l'Atlas Saharien deviennent de plus en plus anciennes (**Stambouli, 2004**).

D'ouest en Est, l'Atlas saharien peut être subdivisé en : Monts des Ksour, Massif du Djebel Amour, Monts des Ouled Naïl. Nous nous intéressons plus spécialement ici au Massif du Djebel Amour. Cette montagne aux formes massives où prévaut le paysage de plateau, est caractérisée par deux grands ensembles géologiques importants, le jurassique (calcaire et marno-calcaire) et le crétacé (grés) (**Abed, 1982**).

Du point de vue stratigraphique, l'Atlas Saharien Central est constitué par des affleurements Méso-Cénozoïques allant du Bathonien jusqu'à l'Actuel.

Les séries paléozoïques n'affleurent pas. Du point de vue tectonique, ce domaine est caractérisé par des plis synclinaux et anticlinaux de grande dimension tantôt très allongé avec des flancs longs et courts, tantôt sous forme de dômes ou bombements à cœur érodé.

Les structures sont allongées suivant une direction NE-SW dans la partie occidentale et E-W dans la partie Est du domaine (**Bettathar, 2009**).

II.3.- Hydrologie :

Pour le Djebel Amour, cela signifie que le ruissellement, et donc le régime de crue présenté par les oueds est essentiellement lié aux précipitations orageuses. La carte de la figure (14) donne un aperçu des pentes observables et le réseau hydrographique qui traverse la région. La zone de l'Atlas Saharien est caractérisée par des pentes de 12,5 à 25 % et la zone des Hauts Plateaux et des Plateaux Sahariens caractérisée par des pentes de 0 à 3 % (**Stambouli, 2004**).

Le Djebel Amour est en effet relativement riche en eau : les sources y sont assez nombreuses. Il donne naissance à de longs oueds pérennes sur une grande partie de leur cours, les principaux oueds sont les suivants (**Stambouli, 2004**) :

- **Oued Sebgag** : à 20 km à l'ouest d'Aflou, il existe un certain nombre de sources pérennes donnant naissance à l'Oued Sebgag qui reçoit en aval plusieurs affluents pour former l'Oued Touil, puis l'Oued Cheliff, le plus important oued d'Algérie. Son parcours est de 10 km et son bassin versant recouvre une superficie de 126.5 km².

- **Oued Seklafa** : situé au Sud-est d’Aflou, il constitue l’affluent le plus important de l’Oued M’Zi (d’une longueur de 40 km, il draine un bassin de 775.6 km²). C’est au niveau des grès du Barrémien - Aptien – Albien et des calcaires du Jurassique que jaillissent à débit très faible et variable les sources de l’Oued Morra dont la plus importante est l’Ain Aaraar (environs 41/s).
- **Oued Sidi Naceur** : prend sa naissance au niveau de la terminaison Nord occidentale du Djebel Amour. Plusieurs émergences contribuent à son alimentation, en particulier les sources de l’HadjMecheri et de Sidi Naceur. L’écoulement s’effectue du Sud-ouest vers le Nord-est avec un parcours de 120 km. Le bassin versant limité au Nord par celui du Chott Chergui qui couvre une superficie de 1972 km².

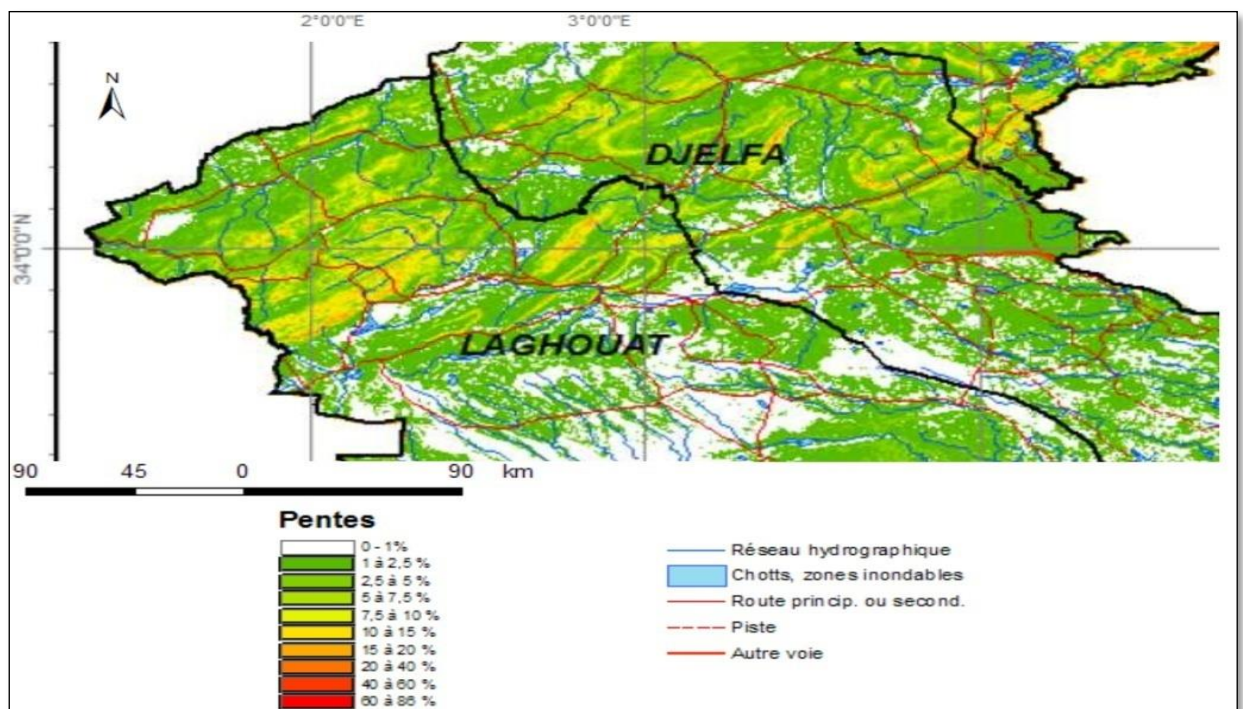


Figure 14 : Carte des Pentas et réseaux hydrographiques de la région d’Aflou (S.R.A.T., 2006).

II.4-Pédologie :

La plus grande partie des hautes plaines a des sols calciques ; le plus souvent squelettiques ou minces, ils s’épaississent dans les dayas où ils deviennent plus ou moins salins et dans les principales vallées où ils ont les caractères des alluvions.

Assez riches en calcaire et non dépourvus de matières organiques, ils donnent de bonnes terres de culture lorsqu’ils sont assez épais et qu’ils sont irrigués ou inondés par les eaux de ruissellement.

A l'inverse des steppes, les parties hautes du massif bien qu'elles soient abondantes en eau ont peu de bonnes terres (**Despois, 1957**).

Les sols forestiers sont un peu humifères, les uns sont assez riches en calcaires, mais la plupart en sont dépourvus et donnent des sols « en équilibre » ou des sols « insaturés », en résultat des sols sablonneux, légers et pauvres non seulement en calcaire mais aussi en acide phosphorique (**Stambouli, 2004**).

Kadik (1983) les définit comme des sols sur calcaires durs plus ou moins dolomitiques ou sur grès siliceux à texture grossière et sont perméables.

A la partie méridionale de la montagne les sols les plus largement représentés sont les sols calciques des steppes, mais ils ne sont un peu épais.

II.5.- Caractérisation bioclimatiques de la zone d'étude :

II.5.1.- Le Climat ;

Trois facteurs principaux interviennent dans la définition du régime qui règne sur le Djebel Amour (**Stambouli, 2004**) :

- **La situation géographique** : distant de 300 km de la mer, la région se retrouve à la limite méridionale du secteur balayé par le Front polaire et le Front polaire dérivé. De ce fait, les influences Atlantico-méditerranéennes seront très dégradées, tandis que s'affirme l'empire saharien au fur et à mesure que l'on se déplace vers le Sud.
- **L'altitude** : dont les effets compensent partiellement ceux de la latitude et qui apportent des températures froides en hiver et chaudes en été en raison d'un fort ensoleillement. Au plan des précipitations, un accroissement pourrait être noté avec l'altitude. Pour une moyenne sur l'ensemble du massif qui serait de 200 mm, le maximum pourrait atteindre 400 mm sur les sommets les plus élevés. La figure (15) porte les altitudes caractérisant la région.
- **L'orientation des versants** : lorsqu'ils sont exposés aux vents pluvieux se montrent plus humides que leurs revers. Cette orientation des versants conforte l'effet de l'altitude vis-à-vis des précipitations.

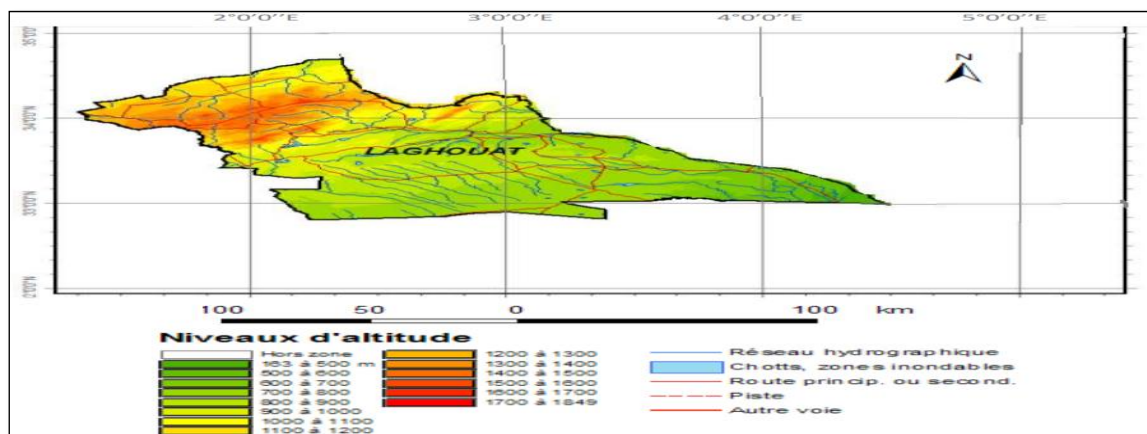


Figure 15 : Carte : Topographie de la région, la zone étudiée se situe entre 1000 et 1400m d’Altitude (Source : S.R.A.T., 2006)

II.5.2.- Source de données :

Pour la caractérisation climatique de la région étudiée, nous nous sommes référés aux observations, notamment les précipitations et les températures, de la station météorologique d’Aflou qui est la plus proche et située à 22 km à vole d’oiseau et à 1425m d’altitude.

II.5.2.1.- Température :

La température influence considérablement la végétation. Elle est l’élément climatique le plus important dans l’aire de répartition des végétations sur le globe (Prevost, 1999).

Les données de la température enregistrées dans cette région, reflète l’image réelle de la particularité de certains composants du climat à savoir l’altitude et l’alternance saisonnière.

Les températures maximales dans la région sont enregistrées en été avec 34.4°C (Juillet). Les plus faibles températures sont enregistrées pour le mois de janvier où la valeur est de -4,24°C. Le tableau ci-dessus exprime les températures mensuelles moyennes enregistrées de l’année 2001 jusqu’à 2014 de la région d’étude (O.N.M., 2014).

2001-2014	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
T (°C)	<u>2,63</u>	3,55	6,81	10,42	14,6	20,25	<u>24,15</u>	23,52	19,03	13,73	6,93	3,38	12,42
M	9,46	10,27	14,41	18,72	23,44	29,61	<u>34,10</u>	32,92	27,73	21,42	13,81	9,42	20,44
M	-4,24	-3,07	0,93	2,11	5,90	10,87	14,83	14,18	10,36	6,05	0,05	-2,66	4,61

Tableau 03: Températures moyennes mensuelles de la région d’étude de 2001 à 2014.

Source (O.N.M., 2014.)

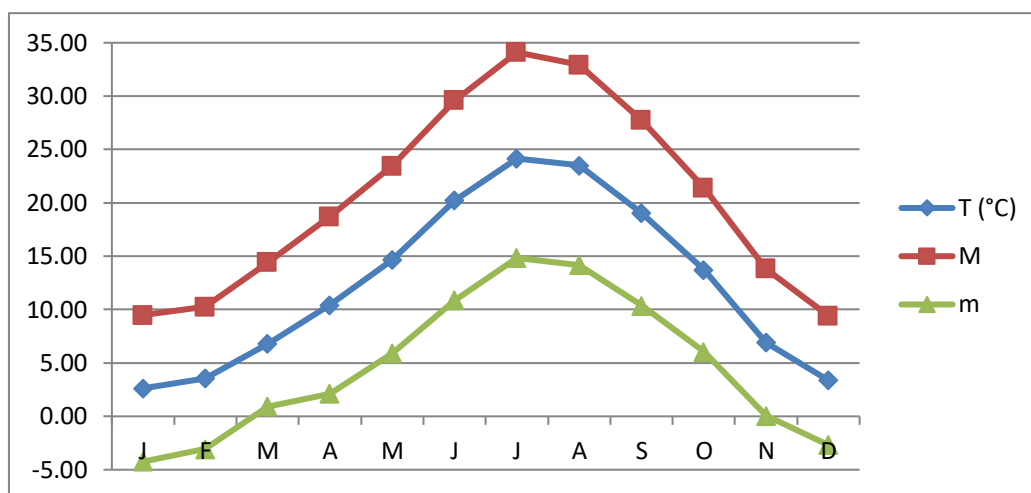


Figure.16 : Evolution de la Température annuelle dans la station d'oued M'zi.

II.5.2.2.- Précipitation :

D'après Djebali (1978), la pluviosité c'est le facteur primordial qui permet de déterminer le type de climat.

A partir des données enregistrées sur une période de 13 ans (2001-2014). Les précipitations moyennes annuelles est d'environ 286.32mm. Les mois de septembre et Novembre sont les plus pluvieux avec des moyennes de 31.61 et 34,91 mm respectivement. Les valeurs de précipitation les plus faibles sont enregistrées au mois d'Aout avec 8.37mm.

2001 - 2014	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
P (mm)	29,5 4	28,9 4	16,2 5	31,4 2	24,4 9	12,0 5	12,1 8	<u>8,3</u> <u>7</u>	<u>31,6</u> <u>1</u>	22,9 9	<u>34,9</u> <u>1</u>	23,5 9	<u>286,3</u> <u>2</u>

Tableau 04 : Précipitations mensuelles enregistrées de l'année 2001 jusqu'à l'année 2014

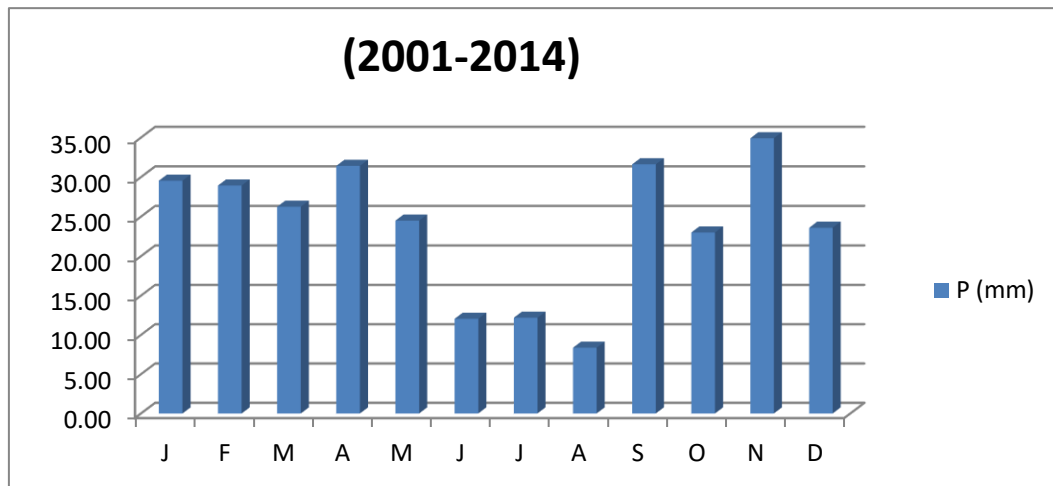


Figure 17 : Evolution de la précipitation annuelle dans la région d`étude [2001-2014].

• **Régime saisonnier**

La connaissance de la pluviométrie annuelle moyenne, est une donnée insuffisante pour caractériser un régime pluviométrique régional. Il est nécessaire de la compléter par la détermination de la répartition saisonnière des pluies de l`année et de sa variation (**Chaumont et Paquin, 1971**).

Le régime pluviométrique est également utilisé comme un élément caractéristique du climat. Pour le végétal, la répartition des pluies est plus importante que la quantité pluviométrique annuelle. L`eau qui lui est utile est celle qui est disponible durant son cycle de développement (**Aidoud, 1983**).

Le régime saisonnier est défini comme étant le calcul des quantités de pluie de chaque saison, nous avons considéré quatre saisons de trois mois chacune :

- Printemps: mars, avril et mai = P. ;
- Automne : septembre, octobre et novembre = A. ;
- Hiver : décembre, janvier et février = H. ;
- Eté : juin, juillet et août = E.

Le régime saisonnier est caractérisé par le type A.H.P.E (**tableau 05**) et (**fig.18**).

Période	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Type
P(mm)	82,06	82,15	32,60	89,51	A.H.P.E

Tableau 05: Le régime saisonnier de la zone d`étude.

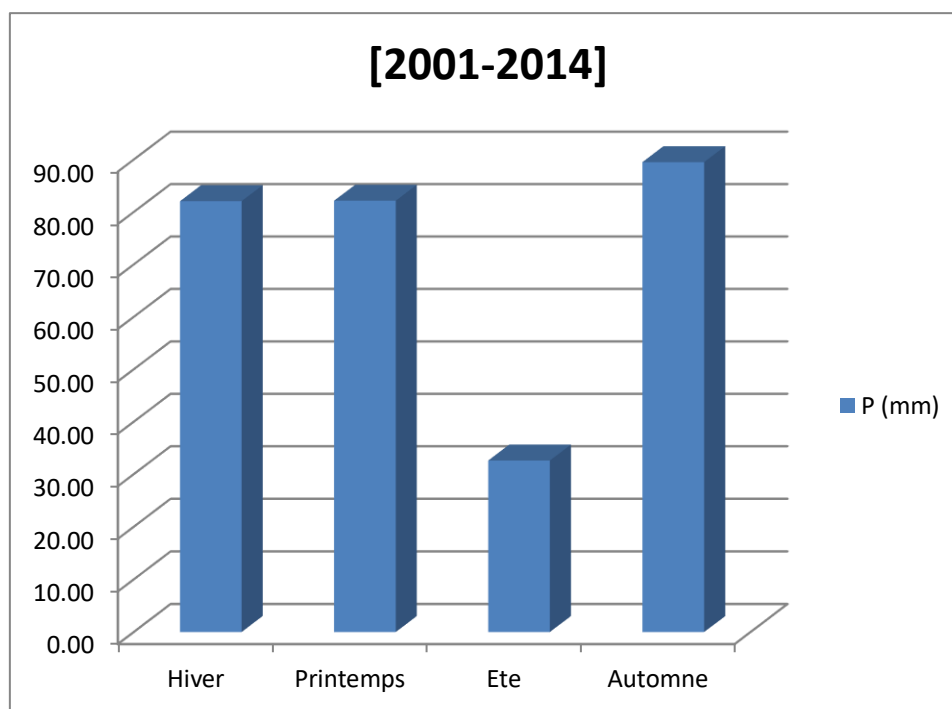


Figure.18 : Le régime saisonnier de la zone d'étude

Le tableau (05) et les histogrammes de la **figure (18)**, montrent que, la saison la plus sèche est l'été, ce qui est l'une des caractéristiques principales du climat méditerranéen (**Daget, 1977**).

II.6.- Synthèse climatique :

Le climat a des répercussions sur les êtres vivants, il agit directement sur leur répartition et leur aptitude à se développer en un lieu donné, il est donc naturel que les climatologues et phytogéographes s'efforcent de comprendre les relations climat-végétation.

Ces liens qui existent entre les paramètres climatiques et la végétation ont fait l'objet de nombreuses études bioclimatiques où les auteurs ont conclu qu'indépendamment de leur composition floristique, tous les groupements végétaux qui se développent dans les zones isoclimatiques sont homologues et équivalents, ce qui revient à dire que le climat façonne la végétation et que celle-ci n'est que l'expression biologique du milieu (**Emberger, 1955 ; leHouerou, 1980**).

Afin de comprendre ces relations climat-végétation, plusieurs auteurs ont proposé des méthodes de classification pour caractériser les différents bioclimats, et cela à travers des indices bioclimatiques qui tiennent compte des variables prépondérantes telles que la pluviosité, la température et l'évapotranspiration.

II.6.1.- Indice de DE MARTONNE :

Cet indice est une expression très simple, qui permet de classer les stations selon leurs degrés d'aridité.

$$\text{Avec : } \mathbf{Aa = P / T + 10}$$

-P : Pluviosité moyenne annuelle en (mm).

-T : Température moyenne annuelle en (°C).

De Martonne a proposé une échelle de classification des climats selon l'indice d'aridité : Climat très sec ($Aa < 10$) ; climat sec ($Aa < 20$), climat humide ($20 < Aa < 30$) ; climat très humide ($Aa > 30$). L'indice est d'autant plus grand que le climat est plus humide (**Prevost, 1999**).

L'indice de DeMartonne de la région d'étude est de l'ordre de **12,77**, ce qui permet de classer la région dans un climat sec.

II.6.2.-Climagramme pluviothermique d'EMBERGER

Il serait intéressant d'utiliser les deux précédents facteurs climatiques pour construire le Climagramme d'EMBERGER et le Diagramme ombrothermique de GAUSSEN (**Dajoz, 2006**).

Le Quotient pluviothermique (Q_2) d'EMBERGER (1952,1955) correspond à une expression synthétique du climat méditerranéen tenant compte de la moyenne annuelle des précipitations (P en mm) et, pour les températures, d'une part de la « moyenne des minimums du mois le plus froid ».

Selon **Prevost (1999)** ; le Climagramme d'EMBERGER permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude, il est représenté en abscisse par la moyenne des minima des températures du mois le plus froid, en ordonnées par le quotient pluviométrie (Q_2) d'EMBERGER, nous avons utilisé la formule de STEWART adapté pour l'Algérie qui se présente comme suit :

$$\mathbf{Q_2 = 3.43 \times P / (M - m)}$$

Ou ;

$$\mathbf{Q_2 = 2000 \times P / (M + m + 546,4) \times (M - m)}$$

Q_2 : Quotient pluviothermique d'EMBERGER.

P : Moyenne des précipitations annuelles en mm.

M : Moyenne des maximums du mois le plus chaud en degré Celsius.

m: Moyenne des minimums du mois le plus froid en degré Celsius.

A travers les tableaux 01 et 02, et après les calculs le Q_2 est égale à **25,91**.

$$Q_2 = 2000 P / M^2 - m^2$$

Ou :

$$Q_2 = 1000 \times P / (M + m / 2) \times (M - m)$$

Q_2 : Quotient pluviothermiqued’EMBERGER.

P : Moyenne des précipitations annuelles en mm.

M : Moyenne des maximums du mois le plus chaud en degré Celsius ou en Kelvin.

m: Moyenne des minimums du mois le plus froid en degré Celsius ou en Kelvin.

Le tableau (06) ci-dessous exprime la pluviosité moyenne annuelle en (mm) et les températures moyennes annuelles en (Kelvin), de la région d’étude. (O.N.M., 2014).

Station	Période	P(mm)	M (°k)	m (°k)
Aflou	2001-2014	286,32	307,25	268,91

Tableau (06) : Pluviosité et températures moyennes annuelles de la région d’étude [2001-2014] :

Selon le tableau (06), et après les calculs le Q_2 est égale **25,92**.

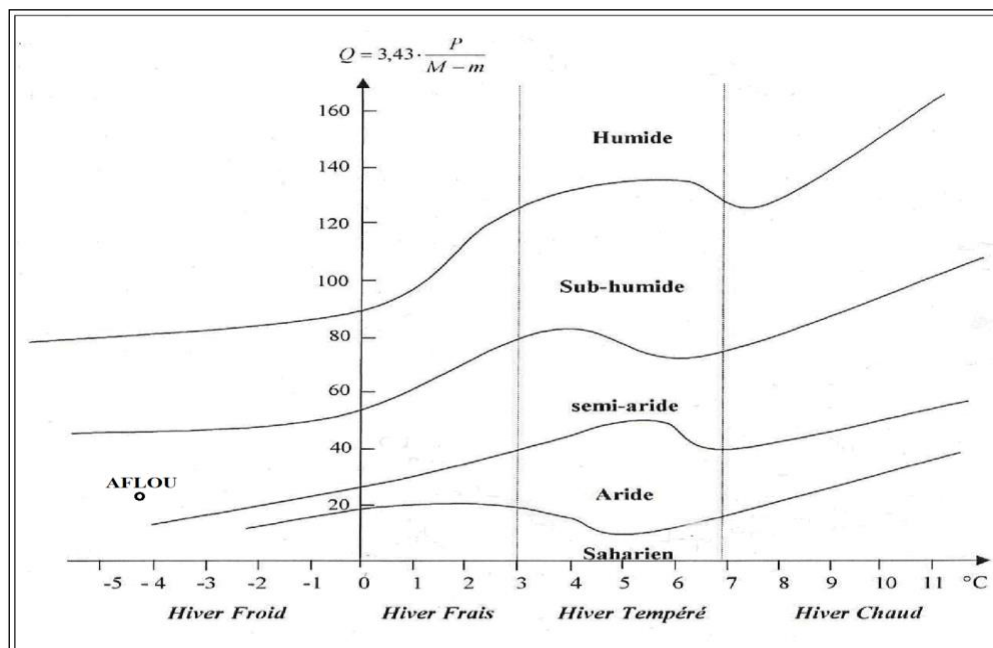


Figure 19 : Climagramme pluviothermique d’EMBERGER de la région d’étude.

D’après le Climagramme (fig. 19), la région de Madna appartient à l’étage bioclimatique semi-aride à hiver froid.

II.6.3.- Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN :

Il est construits en portant en abscisses les mois et en ordonnées les précipitations sur un axe et les températures sur le second en prenant soin de doubler l'échelle par rapport à celle des précipitations (Faurie et al., 2002).

La saison aride apparait quand la courbe des précipitations se retrouve au-dessus des températures (GauseninFaurie et al., 2002).

Le diagramme ombrothermique de la région d'étude pour la période allant de 2001 à 2014, fait apparaître deux périodes au cours de l'année, l'une humide s'étale de la mi-octobre jusqu'à mi-mai, et l'autre sèche qui s'étend sur le reste de l'année (fig.20).

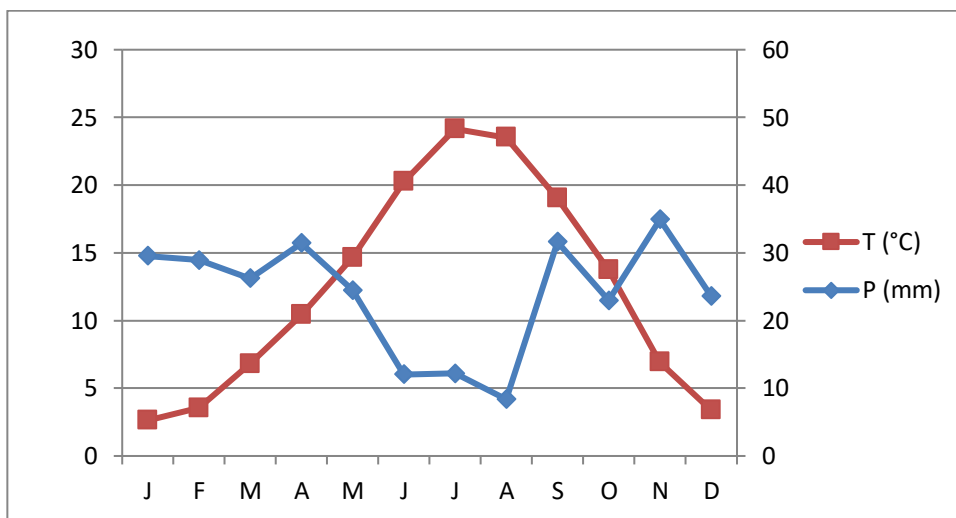


Figure 20 : Diagramme ombrothermique de BANOULS & GAUSSEN de la région d'Aflou[2001-2014]

II.7.- Flore et végétation :

Le Djebel Amour est plus boisé que les massifs qui l'encadrent (Despois, 1957), bien que ses forêts soient très claires et dégradées, mais elles comptent encore de nombreux chênes verts et des pins d'Alep. Les formations végétales caractérisant la région d'étude reflètent une écologie particulière.

La région nord située à la partie méridionale de Djebel Amour est caractérisée par des formations forestières à Pin d'Alep et Chêne vert et des formations à Genévrier rouge, Pistachier de l'Atlas et d'Alfa. La partie sud à la limite du piémont saharien est caractérisée essentiellement par des formations à Alfa qui occupent de vastes étendues.

De nombreux oueds à Pistachier de l'Atlas, Jujubier, Tamaris et de Retam caractérisent la région.

Enfin, des dayas parsemées en surface sont révélées par les pieds de Pistachier de l'Atlas et les buissons de Jujubier.

Toutefois, très peu de travaux de recherche ont été consacrés à l'étude de ces formations et leur répartition malgré l'intérêt fondamental qu'elles présentent du fait de leurs diversités floristiques et de leurs adaptations à des conditions de milieu particulières.

Kadik (1983) et **Barbero (1990)** décrivent les forêts d'Aflou comme fortement soumises aux délits et plus ou moins dégradées, à cause du climat et de l'homme.

Il faut aussi signaler les formations de reboisements à Pin d'Alep qui occupent de vastes étendues dans la région avec des taux de réussite différents et des étagements très hétérogènes (**KOUIDRI, 2013**).

Selon la monographie de Laghouat (2011) la superficie des vieux massifs forestiers de la zone Djebel Amour est estimée à 47.095 ha, celle des nappes alfatières est de 315.125 ha, les pacages et parcours sont d'une superficie de 1.531.766 ha.

La superficie de la zone constituée de vastes étendues steppiques est d'une superficie de 1.900.000 ha dont une grande partie a été dégradée sous l'effet des sécheresses prolongées. La figure suivante (**Fig 21**) donne un aperçu sur l'occupation des sols de la région.

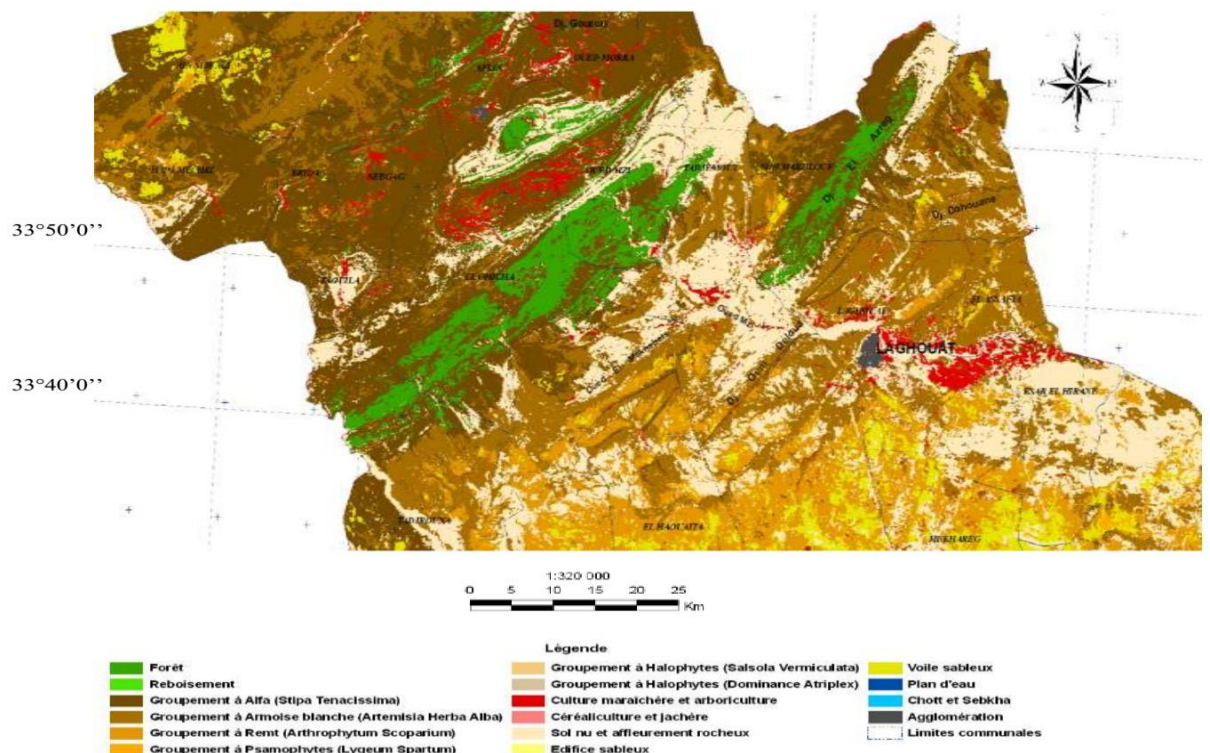


Figure –21 - Extrait de la carte d'occupation des sols de la wilaya de Laghouat
(Service des forêts, 2010)

II.8.1. Méthode de travail :

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

ZONES	NIVEAU DE POLLUTION	LICHENS RECENSES
ZONES A	pollution extrêmement forte	<i>Pleurococcus viridis (algue)</i>
ZONES B	Pollution très forte	<i>Buellia punctata</i> <i>Lecanora conizaeoides</i>
ZONES C	Pollution forte	<i>Lecanora expallens</i> <i>Lepraria incana</i>
ZONES D	Pollution assez forte	<i>Diploicia canescens</i> <i>Lecidellae laeochroma</i> <i>Phaeophyscia orbicularis</i> <i>Physcia tenella</i> <i>Xanthoria polycarpa</i>
ZONES E	Pollution moyenne	<i>Candelarie llaxanthostigma</i> <i>Evernia prunastri</i> <i>Hypogymnia physodes</i> <i>Parmelia sulcata</i> <i>Physcia adscendens</i> <i>Physconia grisea</i> <i>Pseudeverniafurfuracea</i> <i>Xanthoria parietina</i>

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

Tableau 07 : Echelle d'estimation de la qualité de l'air de la moitié Nord de la France (D'après Van Haluwyn et Lerond (1986)).

II.8.2. Echantillonnage :

Notre échantillonnage a été réalisé au niveau de la chaîne montagneuse des Amours, centre de l'Atlas saharien, se situe la région de Madna commune d'Oued Mourra, au Nord-Ouest de la wilaya de Laghouat, elle est délimitée au Nord par les communes d'Oued Morra et d'Aflou, et au Sud par les communes d'Ain Madhi et El-Gheicha et Tadjmout

Type d'échantillonnage : subjectif.

- L'échantillonnage subjectif :

C'est la forme la plus simple et la plus intuitive d'échantillonnage.

L'observateur juge les emplacements représentatifs des conditions du milieu et choisit comme échantillons les zones qui lui paraissent particulièrement homogènes et représentatives d'après son expérience.

Cette façon de procéder, très dépendante de la représentation conceptuelle d'un habitat (conforme à l'image de l'habitat typique par exemple), de la perception du milieu donné et de l'itinéraire de l'observateur, n'a rien d'aléatoire ni par conséquent, de représentatif. Ce type de méthode est donc à éviter.

Les Critères sont propres à l'observation bien que cette procédure soit satisfaisante. Les observations recueillies ne se prêtent à un traitement statistique rigoureux. **(Goldsmith 1991).**

II.8.3. Récolte et conservation des lichens :

La récolte des Lichens est relativement aisée, d'abord parce qu'ils sont largement représentés en toutes saisons dans la plupart des milieux naturels, et aussi parce que leur conservation ne présente pas les mêmes difficultés que celle des autres matériaux biologiques.

Séchés simplement à l'air, ils se conservent très bien dans toutes leurs parties et peuvent être étudiés beaucoup plus tard, au besoin après réhydratation. Toutefois, il faut prendre des précautions pour éviter qu'ils ne soient brisés ou écorchés.

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

On n'oubliera pas de consigner sur le terrain toutes les indications habituelles : date, lieu de récolte précis (pays, commune, lieu-dit,) l'altitude, nature géologique de la roche, et toute autre information qui permette de bien appréhender la niche écologique de l'espèce récoltée. **(Van Haluwyn et Lerond (1986)).**

II.8.4. Détermination et identification des lichens :

Plusieurs aspects du lichen sont à prendre en considération comme :

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

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

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

A. Matériel optique :

- Sur le terrain, une loupe s'avère nécessaire pour pouvoir distinguer le détail des fructifications et l'observation des petits thalles crustacés quelques fois très peu visibles à l'œil nu.
- un appareil photo pour prendre des photos aux échantillons.
- Des cartes et un GPS pour donner la localisation et l'orientation exacte des lieux de récoltes.
 - Une fiche de relevés ou un carnet pour noter les observations.
 - Un marteau et un couteau pour prélever les lichens.
 - Des enveloppes, des boîtes et des sacs pour transporter les échantillons.
 - De l'eau pour réhumidifier les lichens surtout les gélatineux l'état sec pour faciliter le prélèvement.
- Au laboratoire, une loupe binoculaire est également utilisée pour l'étude :
 - a) Du thalle du point de vue ses caractères macroscopiques du thalle, sa morphologie générale, sa couleur, ses particularités et sa surface (présence éventuelle d'isidies, de soralies...).
 - b) Un appareil photo numérique a été utilisé pour obtenir les photographies données dans ce mémoire.

B. Documentation :

Plusieurs documents (flores, ouvrages, fiches et sites internet) ont appuyé l'identification des échantillons récoltés. Il s'agit essentiellement de : **Rebbaset *al* (2011):**

Inventaire des lichens du Parc national de Gouraya (Béjaïa, Algérie) ; **vanHaluwaynet Lerond (1993):** Guide des lichens ; <http://www2.ac-lille.fr/lichen/.htm>.

III. Résultats et discussions:

III.1 Résultats :

Il ya plusieurs types de lichens qui ont été identifiés durant cette expérience .l'échantillonnage a permis d'identifier 10 espèces différentes appartenant à 09 familles et représentant quatre (04) ordres de lichens.

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

1 - Ordre: Lecanorales :

Echantillon n° 01 :

Nom : Xanthoria parietina (L.)

Famille : Parmeliaceae

Localité: Aflou .Laghout

Lieudit: Oued morra

Substrat: Epiphyte sur figuier

Date de récolte : 03 aout 2019



Photo 01 : Xanthoria parietina (L.)

- **Description :** De 5 à 10 cm de diamètre ou plus, thalle foliacé étalé sur le substrat souvent en colonies confluentes, de couleur jaune pâle, jaune verdâtre à l'ombre à jaune orangé en plein soleil, recouvert de nombreuses fructifications en forme de coupe plus ou moins évasées de même couleur ou plus orangées et à marge plus pâle. . (**Roux *et al*, 2007**).

- **Biotoxes** : Sur les rochers bien exposés que sur le bois et l'écorce des arbres vivants ou morts, appréciant également les sols enrichis en azote. (**Roux et al, 2007**).
- **Ecologie** : Cette espèce de grande dimension est très courante et couvre parfois des surfaces assez importantes sur les rochers ; pollution moyenne. (**Roux et al, 2007**).

Echantillon n° 02 :

Nom : *Cladonia pyxidata* (L.)

Famille :cladoniaceae.

Localité:Aflou .Laghouat

Lieudit: Ouedmorra

Substrat: terricole des sols .

Date de récolte : 03 aout 2019 .

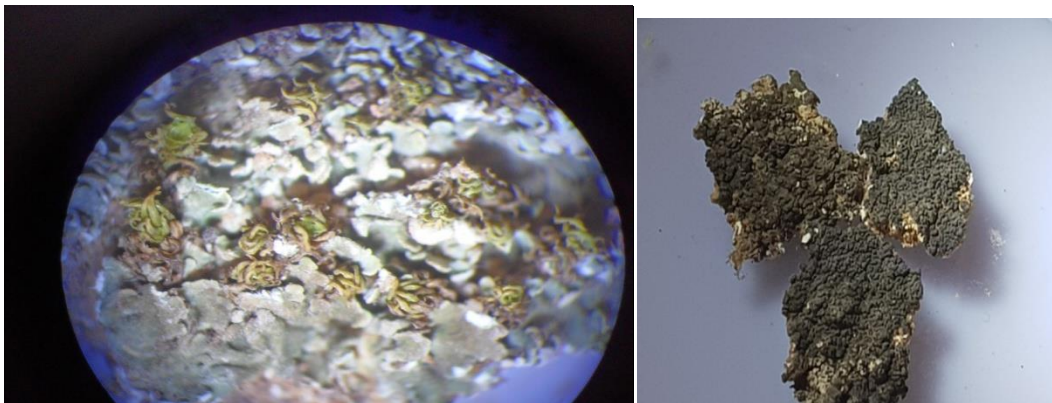


Photo 02 : *Cladonia pyxidata* (L.)

- **Thalle primaire** : formé de petites squamules, groupées ou dispersées, crénelées, gris-vert dessus, blanchâtres dessous, souvent dressées (**Boissière Jean-Claude**).

Habitat : espèce terricole des sols neutre ou modérément calcaire dans les landes et les clairières bien éclairées (espèce photophile à héliophile). Rarement corticole (à la base des troncs) ou saxicoles (sur roches altérées peu cohérentes).– (**Roux C. et coll., 2014**).

Echantillon n° 03 :

Nom : *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.)

Famille : lecanoraceae.

Localité: Aflou .Laghouat

Lieudit: Oued morra

Substrat: saxicole

Date de récolte : 03 aout 2019



Photo 03 : *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.)

- **Thalle** : crustacé, vert jaunâtre, lobé à la périphérie, fendillé-aréolé et souvent un peu brunâtre au centre, ayant jusqu'à 10 cm de Ø. (Jean-Pierre Gavériaux – 2009).
- **Habitat** : sur des surfaces rocheuses et sur nombreux substrats artificiels (murs, béton, mortier, tuiles...), rarement lignicole, plutôt héliophile et nitrophile. Espèce très commune même en zone urbaine, cette espèce étant poluotolérante (Jean-Pierre Gavériaux – 2009).

Echantillon n° 04 :

Nom : *Lepraria incana* (L.)

Famille : stereocaulaceae.

Localité: Aflou .Laghout

Lieudit: Oued morra

Substrat: corticole et saxicole

Date de récolte : 03 aout 2019



Photo05 : *Lepraria incana* (L.)

- **Thalle :** lépreux, constitué de granules ayant 50 à 120 µm de Ø, gris-vert toujours nuancé de bleuâtre ; marge non clairement délimitée. **(Jean-Pierre Gavériaux).**

Photosymbiote : Trebouxia.

- **Habitat :** très commun sur écorce et roches acides dans des endroits ombragés et abrités des précipitations directes. **(Jean-Pierre Gavériaux).**

2 - Ordre : Pertusariales :

Echantillon n°05 :

Nom : *Aspicilia calcarea* (Zahlbr.)

Famille : megasporaceae.

Localité: Aflou .Laghout

Lieudit: Oued morra

Substrat: Saxicole sur roche

Date de récolte : 03 aout 2019

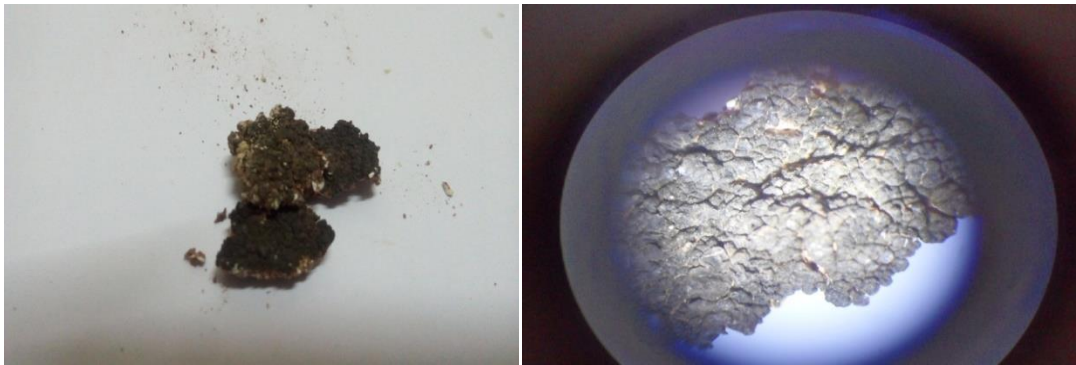


Photo 05 : *Aspicilia calcarea* (Zahlbr.)

- **Description :** Thalle crustacé et étalé en plaque circulaire pouvant atteindre jusqu'à 30 cm de diamètre, peu saillant au-dessus de la roche, blanc crayeux à gris blanchâtre, formant des taches ± orbiculaires, lisse, divisé en aréoles souvent disposées un peu radialement surtout à la périphérie du thalle, souvent délimité par un hypothalle gris ± foncé. (Roux *et al* 2007).
- **Biotope :** Saxicole, sur roches et blocs ± calcaires exposés, parfois sur pierres au niveau du sol. (Roux *et al* 2007).
- **Ecologie :** Trouvé principalement aux altitudes intermédiaires et aux montagnes. (Roux *et al*, 2007).

Echantillon n °06 :

Nom : *Ochrolechia* (L.)

Famille : ochrolechiaceae.

Localité: Aflou .Laghouat

Lieu dit: Oued morra

Substrat: Saxicole sur roche

Date de récolte : 03 aout 2019



Photo 06 : *Ochrolechia* (L.)

- **Description :** Thalle crustacé épais, lisse à granulo-verruqueux, ± orbiculaire, jusqu'à 20 cm de diamètre gris à gris chamois, avec un prothalle blanchâtre souvent remarquable et zoné à la périphérie. Il n'y a pas de soralies mais parfois le thalle est infecté par *Dactylosporoparellaria* qui donne des soralies blanches bien limitées. . (Roux *et al* 2007).
- **Biotope :** Très commun sur roches siliceuses dures et lisses, sur murs, constructions en briques, occasionnellement sur arbres. (Roux *et al* 2007).
- **Ecologie :** Espèce à grande amplitude écologique. (Roux *et al* 2007).

Echantillon n°07 :

Nom : *Pertusaria pertusa* L

Famille : pertusariaceae.

Localité: Aflou .Laghouat

Lieudit: Oued morra

Substrat: Saxicole

Date de récolte : 03 aout 2019



Photo 07 : *Pertusaria pertusa* L

- **Thalle** : crustacé gris à gris verdâtre, épais, ± brillant, lisse ou grossièrement ridé verruqueux, limité par un prothalle et souvent zoné au pourtour. Pas d'isidies ni de soralies. Le thalle est couvert de protubérances verruqueuses (1-2 mm de Ø) contenant les apothécies (aspect de molaire cariée)..(Jean-Pierre Gavériaux - Forêt d'Hardelot 2007).
- **Photosymbiote** : chlorococcoïde.
- **Habitat** : commun sur écorces lisses ou rugueuses ; peut aussi se rencontrer sur roche siliceuse, monuments, murs.(Jean-Pierre Gavériaux - Forêt d'Hardelot 2007)

3 - Ordre : Teloschistales :

Echantillon n° 08 :

Nom : *Phyrcia leptalea* (Ach.)

Famille : physciaceae.

Localité : Aflou .Laghout

Lieudit : Oued morra

Substrat : Epiphyte sur figuier

Date de récolte : 03 aout 2019



Photo 08 : *Phyrcia leptalea*

- **Thalle** : foliacé orbiculaire à irrégulier, jusqu'à 4 cm de Ø, parfois confluent avec d'autres thalles pour donner des surfaces plus grandes. Face supérieure gris blanchâtre à grise, rarement gris sombre, sans pruine, parsemée de points blancs (macules) bien visibles à la loupe. Lobes généralement longs et étroits (1 à 2 mm de large), extrémités non ascendantes, marges munies de longs cils concolores au thalle. Soralies absentes. Face inférieure gris pâle à brunâtre, rhizines rares, parfois plus sombres. (Jean-Pierre Gavériaux - Saint-Frieux – 2008).
- **Habitat** : sur écorce des branches et rameaux de divers arbustes feuillus dans des situations bien éclairées. Se rencontre régulièrement sur les branchettes horizontales des arbustes dans les dunes côtières.(Jean-Pierre Gavériaux - Saint-Frieux – 2008).

4 - Ordre : verrucariales.**Echantillon n°09 :****Nom :** *Placidium squamulosum* (Breuss)**Famille :** verrucariaceae.**Localité :** Aflou .Laghout**Lieudit :** Oued morra**Substrat :** terricole.**Date de récolte :** 03 aout 2019**Photo 09 :** *Placidium squamulosum* (Breuss).

- **Thalle :** squamuleux ; squamules ne dépassant pas 6 mm de largeur, éparées ou agrégées, fortement appliquées sur le substrat, à face supérieure brune, face inférieure claire recouverte d'hyphes (rhizohyphes) incolores ou au plus, brunâtres à la base, ayant 6 µm de largeur. Cortex supérieur paraplectenchymateux. Pas de rhizines. (Aragon G., Martinez I., 2010- C. Roux et coll., 2014).
- **Habitat :** sur sol ± calcaire des tonsures dans des pelouses, sur rochers calcaires ou sur des murs, souvent parmi des mousses. Espèce assez commune, se rencontrant jusqu'à l'étage montagnard. (Aragon G., Martinez I., 2010- C. Roux et coll., 2014).

L'étude que nous avons menée vise à inventorier et identifier la flore lichénique de région de madna .

Cette étude, nous a permis d'inventorier et identifier 09 espèces différentes qui se distribuent en 09 Familles systématiques dont les plus fréquent sont respectivement les Parmeliaceae, les Lecanoraceae et Physciaceae et 04 Ordres où les Lecanorales sont les plus représentés. La répartition des lichens par nature de substrat, montre la dominance des espèces saxicoles avec 06 espèces.

Les types physiologiques sont représentés avec une nette dominance des thalles crustacés qui constituent à eux seuls 04 espèces de la flore lichénique recensée dans le présent travail. Les autres catégories est moins représentées.

III.2. Discussions :

Cette liste de 09 espèces lichéniques constitue le premier inventaire dans la région de Oued morra(Laghouat).

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

L'espèce *Protoparmeliopsis muralis* est l'espèce la plus fréquemment rencontrée suivie par *Pertusaria pertusa* .

Les thalles crustacés est dominant avec 05 espèces suivi par des foliacés et squamuleux avec 02 espèces .

Les espèces que nous avons observées au cours de nos relevés se répartissent également en fonction d'autres conditions environnementales comme les caractéristiques des substrats et les conditions climatiques.

En effet, la plupart des espèces ont été échantillonnées sur les roches ensoleillées.

Comme ces lichens sont très souvent utilisés dans l'estimation de la qualité de l'air, nous avons tenté de se baser dessus pour évaluer la qualité de l'environnement dans lequel ils ont été échantillonnés.

Nous tenons à rappeler que l'absence de données et le manque de temps pour la réalisation de cette étude ne nous a pas permis de faire une étude quantitative.

Ordres	Familles	Espèces
Lecanorales	Parmeliaceae cladoniaceae. lecanoraceae. Stereocaulaceae	<i>Xanthoria parietina</i> <i>Cladonia pyxidata</i> <i>Protoparmeliopsis muralis</i> <i>Lepraria incana</i>
Pertusariales	Megasporaceae ochrolechiaceae. Pertusariaceae	<i>Aspicilia calcarea</i> <i>Ochrolechia</i> <i>Pertusaria pertusa</i>
Teloschistales	Physciaceae	<i>Physcia leptalea</i>
Verrucariales	Verrucariaceae	<i>Placidium squamulosum</i>

Tableau08 : classification des espèces selon la famille et l'ordre.

D'après **Van HaluwynCh et Lerond M (1986)** et en se basant sur les lichens de Oued Morra nous avons établi le tableau suivant sur lequel nous remarquons que les espèces lichéniques sont réparties selon un gradient de pollution.

Ce gradient est théoriquement défini par la réduction du nombre d'espèces (Tab 8). Sur ce tableau, les espèces en gras sont celles recensées dans le cadre du présent travail et celles inventoriés par Rebbas ; les autres sont celles trouvées dans différents ouvrages (**Van HaluwynCh et Lerond M (1986)**).

Niveau de pollution	Lichens recensés
Pollution forte	<i>Lecanora expallens</i> <i>Lepraria incana</i>
Pollution moyenne	<i>Evernia prunastri</i> <i>Hypogymnia physodes</i> <i>Parmelia sulcata</i> <i>Physcia adscendens</i> <i>Physconia grisea</i> <i>Pseudevernia furfuracea</i> <i>Xanthoria parietina</i>
Pollution faible	<i>Parmelia acetabulum</i> <i>Parmelia caperata</i> <i>Parmelia glabratula</i> <i>Parmelia pastillifera</i> <i>Parmelia soledians</i> <i>Parmelia subaurifera</i> <i>Parmelia subrudecta</i> <i>Parmelia tiliacea</i> <i>Pertusaria amara</i> <i>Pertusaria pertusa</i> <i>Phlyctis argena</i> <i>Ramalina farinacea</i> <i>Ramalina fastigiata</i> <i>Xanthoria candelaria</i>

Tableau 09 : Répartition de la flore lichénique d'Oued Morra selon le gradient de lapollution

Il est important de noter que les méthodes utilisant des bio indicateurs possèdent un bon nombre d'avantages.

En effet, la détection de la pollution de l'air à l'aide de la bio indication est beaucoup moins coûteuse qu'avec les stations des mesures ; le prix élevé des stations rend la cartographie de la pollution sur de grandes surfaces presque impossible.

De plus, les lichens nous donnent l'image de la pollution globale et non pas de quelques polluants bien déterminés.

On a remarqué l'abondance de l'espèce *Pertusaria pertusa* par rapport aux deux espèces citées dans le tableau du classement de pollution.

Donc on déduit que notre zone d'étude est faiblement polluée.

Conclusion générale :

Conclusion générale

Conclusion:

Malgré un intérêt croissant pour la bio surveillance depuis son apparition dans les années 1970, on ne peut que déplorer la faible importance qu'elle représente encore dans les prises de décision en Algérie.

Les études de la flore lichénique restent encore peu nombreuses dans le monde et encore moins en Algérie. En effet, les ouvrages existants sont anciens pour la plupart et les travaux réalisés en Algérie ne sont pas fréquents ; on peut citer :

Rebbaset al, (2011) ; Ait hammou M et al (2011) ; Alioua.A et Tahar. A (2010) ; Maiziet al, (2010).

Le présent travail constitue donc l'un des premiers inventaires établis pour la région de Laghouat notamment pour la localités étudiée (Oued morra) ; Ces lichens restent peu Connus par rapport aux plantes vasculaires et les champignons.

Cette étude a permis de répertorier 09 espèces réparties en 04 ordres et 09 différentes Familles . il est difficile de couvrir une grande superficie d'échantillonnage.

Des prospections futures sont nécessaires pour enrichir cet inventaire des lichens de Oued morra .

Par ailleurs, la connaissance des lichens n'est pas dépourvue d'intérêt pratique. Grâce aux lichens, il est possible d'apprécier d'une manière suffisamment précise le degré de pollution de l'atmosphère et d'élaborer des cartes de pollution atmosphérique sans avoir recours à des méthodes chimiques analytiques souvent délicates et compliquées.

Donc La bio- indication lichénique à un double rôle : d'une part la connaissance de cette flore, et d'autre part l'évaluation de la pollution atmosphérique.

Notre étude a essayé de contribuer à l'étude de la pollution atmosphérique de localité de la région de Laghouat (Oued morra) en utilisant la flore lichénique comme bio indicatrice.

Les résultats du recensement de la flore lichénique de notre station d'étude montrent que leur nombre et leur taux de recouvrement sont étroitement liés au degré de pollution.

Conclusion générale

On a remarquer l'abondance de l'espèce *Pertusaria pertusa* par rapport aux deux espèces citées dans le tableau du classement de pollution.

Donc on déduit que notre zone d'étude est faiblement polluée.

Références webographiques

Références webographiques :

[www.univ-bejaia.dz › dspace › bitstream › handle](http://www.univ-bejaia.dz/dspace/bitstream/handle)

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

[https://www.afl-lichenologie.fr › Placidium_squamulosum](https://www.afl-lichenologie.fr/Placidium_squamulosum)

[https://www.afl-lichenologie.fr › Physcia_leptalea](https://www.afl-lichenologie.fr/Physcia_leptalea)

[https://www.afl-lichenologie.fr › Cladonia_pyxidata](https://www.afl-lichenologie.fr/Cladonia_pyxidata)

[https://www.afl-lichenologie.fr › Pertusaria_pertusa](https://www.afl-lichenologie.fr/Pertusaria_pertusa)

[https://www.afl-lichenologie.fr › Photos_AFL › Text_P_3](https://www.afl-lichenologie.fr/Photos_AFL/Text_P_3)

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

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

[http https://www.afl-lichenologie.fr › Cladonia_pyxidata](http://www.afl-lichenologie.fr/Cladonia_pyxidata)

[https://www.afl-lichenologie.fr › Physcia_leptalea](https://www.afl-lichenologie.fr/Physcia_leptalea)

[https://www.afl-lichenologie.fr › Pertusaria_pertusa](https://www.afl-lichenologie.fr/Pertusaria_pertusa)

[https://www.afl-lichenologie.fr › Photos_AFL › Text_P_3](https://www.afl-lichenologie.fr/Photos_AFL/Text_P_3)

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

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- The genus *Catapyrenium* s. lat. in the Iberian Peninsula and the Balearic Islands, Prieto M., Aragon G., Martinez I., 2010, *The Lichenologist*, 42(6) : 637-684.

- **Roux et coll., 2014 :** Catalogue des lichens de France, de C., pages 877 et 878.

- **Roux C. et coll., 2014 :-** Catalogue des lichens et champignons lichénicoles de France métropolitaine, pages 344 et 345.

- **Clauzade G. et Roux C., 1985 :** - Likenoj de Okcidenta Eŭropo, p. 322.

- **Boissière Jean-Claude :-** Clé de détermination des *Cladonia*, qui fera l'objet d'une publication dans un prochain bull. de l'AFL.

- **Van Haluwyn et J. Asta :** Guide des lichens de France, lichens des sols, par C., éditions Belin, 2012, pages 204 et 205.

Jean-Pierre Gavériaux : (sur écorce de frêne - Forêt d'Hardelot 2007 - Pas-de-Calais - 62) 2017 Claude Roux et l'afl catalogue des lichens et champignon lichénicole de France métropolitaine .

Bricaud, O., 2006 : Aperçu de la végétation lichénique du site de Saint Daumas (Var) et de

- deux stations de la plaine des Maures. Rapport CEEP-WWF-AFL, 64 p.
- Bricaud, O. & Bauvet C., 2006** : Aperçu de la végétation lichénique du bois de Païolive (Ardèche). Rapport Association Païolive-WWF, 34 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.
- Hawksworth, D. L., 1988**: The variety of fungal algal symbioses, their evolutionary significance, and the nature of lichens. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 96 (1): 3-20.
- Hawksworth, D. L., 199**: The recent evolution of lichenology: a science for our times. *Cryptogamic Botany*, 4: 117-129.
- Hawksworth, D. L. & Rose, F., 1970**: Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature*, 227 (5254):145-148. 129.
- Hawksworth, D. L. & Rose, F., 1976**: Lichens as pollution monitors. *Studies of Biology*. Pub. Hodder, Vol. 66. E. Arnold, London. 64 p.
- Scheidegger, C. & Clerc, P., 2002**: Liste Rouge des espèces menacées en Suisse: Lichens épiphytes et terricoles. Ed. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage OFEFP, Berne, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf, et Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, CJBG. OFEFP -Série: L'environnement pratique. 124 p.
- Maizi N., Alioua A., Tahar A., Semadi F., Fadel D., (2010)**: Utilisation des végétaux inférieurs comme bio indicateurs de la pollution plombique d'origine automobile dans la région d'Annaba (Algérie), *J. Mater. Environ. Sci.* 1 (4), pp 251-266.
- Roux et al 2007** : Catalogue des lichens du Languedoc–Roussillon p130.
- AYADI, 2002** : Bio indication spatio-temporelle de la pollution par les hydrocarbures de la zone pétrochimique de SKIKDA à l'aide d'une espèce lichénique épiphyte *Xanthoria parietina*.
- ALIUOA, 1995** : Détection de la pollution mercurielle dans la région de AZZEBBA (Algérie-orientale) à l'aide de la bio accumulateurs *Xanthoria parietina*, *Oléacupea*, *Cupressus sempervirens*, *Casuarina equisetifolia* et *Triticum durum*. Mém. de magister uni Annaba. 103p.
- ARQUES ,2001** : La pollution de l'air. Ed. disud, p26.
- PIERRE ,1975** : La pollution de l'air, effet, moyen de lutte prévention, mesure et détection, Encyclopédie de l'environnement. Collection dirigée par Jean A. TERNISIEN.
- ANONYME 2, 1974** : les sciences les grandes encyclopédie alpha des sciences et des techniques volume 1 fascicule 7. p188
- RAMADE, 1995** : Elément d'écologie; écologie appliquée 5ème Edition, Paris P 72.
- BLANDIN P., 1986** : Bio indicateur et diagnostique des systèmes écologiques. *Bull-Ecd*, pp4-17.

- BENHAMADA, 2004** : Utilisation des techniques de transplantation lichéniques dans l'appréciation de la pollution fluorée générée par la briqueterie de Jijel et son impact sur l'environnement,
- DAJOZ, 1986** : Précise d'écologie 5^{ème} Ed. Dunod Paris. pp 323-341.
- DES ABBAYS, 1951** : Encyclopédie biologique. Lt : traité de lichénologie. Ed. Masson et cie. paris. p1.
- DURUELLE S., 1999** : Enjeux et perspectives de l'utilisation des lichens pour la surveillance de la qualité de l'air- trois exemples dans le bassin parisien. Affiche 59. Institut d'écologie, équipe de lichénologie. Paris p1.
- (DES ABBAYS et al, 1978** : Précis de botanique. Tome 1 Ed. Masson, Paris. P551.
- EMILION, 2004** : Traitement des pollutions industrielles Eau- Air- Déchet- Sols boues : Ed. Du mode. P177.
- FAURIE et al, 1984** : la lutte contre les polluants émis se fait.
- GUELLE et EMMANUEL, 1998** : Etat de l'air pour l'étude des impacts des transports routiers à proximité des autoroutes . Ed. ADEME 144p.
- GUIGNARD, 1998** : Botanique, Edition Masson. p16
- HAMELIN et al 2000). 2000** : Environnement et nuisances . Ed. Clartés 157p.
- KRANNER et al, 2002** : Protocols in lichenology culturing eco physiology and use in biomonitoring (sprigar lab manual). phytochemvol 61 pp 217-218.
- MARTIN, 1988** : Santé et pollution de l'air suisse. 250P.
- MAHI, 1998** : Développement durable et stratégie de l'environnement Algérie. p25.
- NASH III, 1989** : lichens as indicators of air pollution. Naturwissenschaften. p63.
- OZENDA et CLAUZADE, 1970** : Les lichens, étude biologique et flore illustrée. Edition Masson. pp7. 69. 133.
- OZENDA, 2000** : Les végétaux organisation et diversité biologique. 2Ed. DENOD. p 314.
- PURVIS et WEDIN, 1999** : Recherche les frontières du vivant France.
- ROLAND et VIAN, 1999** : Biologie végétal, Edition DUNO D.(1 février 1999) .
- SEMADI, 2001** : Détection de la pollution plombique à l'aide de transplantation lichénique dans la région de Annaba. P 86-102.
- WOLTERBEEK B., 2002** : Bio monitoring of trace élément air pollution: principales possibilités and perspectives. environpoll vol 120 p11.
- ZOUAOUI, 1984** : Contribution à l'étude de la flore lichénologique de l'activité antibiotique chez quelques espèces des lichens de forêt de Beni- GHORBRI (YAKOREN). Mémoire. DES. Université de TIZI-OUZOU. 55P

- ACFJ 2012** : Les principaux types de thalles –Association pour la connaissance de la flore du Jura.
- Services des forêts 2010** : Extrait de la carte d'occupation des sols de la wilaya de L aghouat.
- SRAT 2006** : Topographie de la région d'étude.
- Gavériaux, J.-P., 1996.** Les lichens et la bioindication de la qualité de l'air - guide technique à l'usage des professeurs des collèges et lycées. Bull. Soc. Bot. N. Fr., 49 (4): P1-52.
- Lerond, M., 1981.** Les lichens épiphytes en Normandie orientale: Distribution, sociologie et application à la cartographie de la pollution atmosphérique. Thèse de Doctorat, Université de Rouen – Haute Normandie, 161 p.
- Rebbas, K., Boutabia, L., Touazi, Y., Gharzouli, R., Djellouli, Y. & Alatou, D., 2011.** Inventaire des lichens du Parc National de Gouraya (Béjaïa, Algérie). Phytothérapie, Vol. 9, n°4: P225-233.
- Semadi, A., 1989.** Effet de la pollution atmosphérique (pollution globale, fluorée et plombique) sur la végétation dans la région d'Annaba. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles, Université P. et M. Curie (Paris 6), 339 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, P 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 lichenspecies in Annaba area (Algeria). Synthèse, 2:P 17-24.
- Collobet C., (1989)** : Lichen d'Islande et lichen Pulmonaire, Thèse de doctorat en pharmacie, Université Joseph FOURIER GRENOBLE I ,115 p.

Annexes :

Annexes

La Loupe



Annexes

Les lichens sur terrien :



Lepraria incana (L.)



Protoparmeliopsis muralis (Schreb.)



Placidium squamulosum (Breuss).



Aspicilia calcarea (Zahlbr.)

Annexes



Cladonia pyxidata (L.)



Ochrolechia (L.)



Xanthoria parietina (L.)