

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de BLIDA 01



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie des Populations et des Organismes



Mémoire de fin d'Etudes
En vue de l'obtention du Diplôme de Master
en
Biodiversité et Développement Durable

Thème

Biosurveillance de la pollution atmosphérique par les lichens
au niveau de l'arboretum du jardin d'essai du Hamma

Présenté par :

M^{me} BERROUANE Safia épouse FENNOUH

Soutenu le : 29 Octobre 2015

Devant le jury composé de:

Mme. BENASSEL N.	M.A.A	BPO UB 01	Présidente
Mme.CHEBATA N.	M.A.A	BIOT UB 01	Examinatrice
Mme .RADI N.	M.A.A	BPO UB 01	Promotrice
M^{me} BENMENNI K S.	Chargée des collection Botaniques (JEH)		Invitée

Promotion : 2014/2015

Remerciements

Je remercie en tout premier lieu les membres du jury pour avoir bien voulu lire et juger ce mémoire.

J'exprime ma profonde gratitude à Mme RADI N, ma promotrice d'avoir accepté et accordé sa confiance pour ce thème et pour ses précieux conseils tout au long de ce travail

Mes remerciements s'adressent à Mme BENASSEL N qui nous fait l'honneur de présider ce jury, à Mme CHEBATA N. d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.

Mes reconnaissances à Mr BOURAINE M., directeur du jardin d'essai, d'avoir autorisé la réalisation de ce travail.

Ma profonde gratitude à Mr BENISSAD M.O. conservateur du jardin d'essai d'avoir mis tous les moyens et les dispositifs humains et matériels afin de faciliter notre travail

Un grand merci à Mme BENMENNI K.S qui m'a accompagné lors de mes sorties de prospections et pour son accueil chaleureux, ses conseils et sa vaste connaissance sur l'arboretum du jardin d'essai

Je remercie également Mr SAIDI R. et Mlle SALAMI M, responsables de la bibliothèque du jardin pour leur aide et disponibilité

Je suis très reconnaissante à Madame BOUGUEDOURA N de m'avoir accueilli dans son laboratoire de recherches sur les zones arides LRZA et à Madame BOUHIRED L qui n'a pas cessé d'aider les étudiants malgré qu'elle est en retraite

Un grand merci à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à cette étude (Personnel de LRZA : notamment les ingénieurs du laboratoire Madame OUALI K et CHABHOUNI N pour leur aide technique, Monsieur GHENAM K ses suggestions m'ont été précieuses , Abdellah le maître chien du JEH qui a assuré ma sécurité dans mes sorties sur le terrain .

Enfin un immense merci aux enseignantes du laboratoire Botanique médicale du département de pharmacie de la fac centrale d'Alger : Mme BARAKA M, BELMOKHTAR G et MAIZA K qui n'ont pas cessé de m'encourager à poursuivre mes études universitaires.

Dédicaces

Je remercie Allah, le bon Dieu miséricordieux de
m'avoir aidé à réaliser ce travail.

un immense merci à

mes parents

mon mari Mohamed qui m'a soutenu moralement et encouragé
durant les moments difficiles

mon frère jumeau Sofiane qui m'a accompagné dans mes sorties matinales
sur terrain

ma sœur aînée Fatima et ma petite sœur Radia

RESUME

La présente étude porte sur la biosurveillance de la qualité de l'air au sein de l'arboretum du jardin d'essai du Hamma qui se situe au cœur de la capitale Alger.

L'estimation par l'indice de la qualité de l'air (IQA) et de l'indice de la pureté de l'air (IPA) sont les deux méthodes utilisées pour cette appréciation.

Les résultats de l'indice de la pureté de l'air (IPA) ont permis d'une part de comparer la qualité de l'air de l'arboretum avec ceux du jardin anglais et français, et d'autre part de le classer dans la zone II (mauvaise qualité de l'air) et zone III (qualité de l'air moyenne).

Un total de 11 espèces lichéniques ont été recensés et identifiées. Les relevés des lichens corticoles dans les sites qui donnent sur les routes à circulation automobile (Khelifa Olmane) relève une faible diversité lichénique et une mauvaise qualité de l'air.

Les sites caractérisés par la diversité des phorophytes (station exotique et formation naturelle) qui contribuent à la densité de la couverture végétale et qui sont éloignés des sources de pollution et de la direction de la circulation de l'air pollué sont dotés d'une qualité de l'air moyenne.

Mots clés : Arboretum de jardin d'essai, la biosurveillance, pollution atmosphérique, diversité lichénique, indice de la qualité de l'air, indice de la pureté de l'air.

ABSTRACT:

The present study concerns the biomonitoring of air quality in the arboretum of test garden "Hamma" situated down town of the city of Algiers.

The estimation by the index of air quality (IQA) and the index of air purity (IPA) are the two methods is adopted for this study.

The results of the index of air purity (IPA) allowed un on one hand to compare the air quality of the arboretum in both the English garden end the French one, and on the other hand to classify it in both zones II and III.

A total of 11 lichen species have been counted and identified.

Surveys of lichens in sites that overlook on the traffic roads (Khelifa Olmane) reports a low lichen diversity and a poor air quality.

The sites characterized with diverse forests (exotic station & natural formation) that contribute to the density of vegetation cover and that are far from pollution sources and the way of the flow of polluted air registered an average quality air.

Keywords: test garden arboretum, biomonitoring, air pollution, lichen diversity, index of the air quality, index of the air purity.

المخلص

تعنى الدراسة الحالية بالمراقبة البيولوجية لنوعية الهواء في مشتل حديقة التجارب بالحامة لبتي تتواجد في قلب العاصمة الجزائر.

تقييم مؤشر نوعية الهواء و مؤشر نقاوة الهواء هما الطريقتان المستعملتان في هذا العمل. مكنتنا نتائج مؤشر الهواء من جهة من مقارنة نوعية الهواء في المشتل في الحديقتين الانجليزية والفرنسية، ومن جهة اخرى من تصنيف المشتل في المنطقتين 1 و 2. اظهر الكشف العددي للاشنيات الشجرية في المواقع التي تطل على الطريق السيار (اولمان خليفة) قلة في التنوع الاشني و نوعية هواء سيئة. اما المواقع التي تتميز بالتنوع في الاشجار (المحطة الاستوائية والمحطة التي تشكلت طبيعيا) التي تساهم في كثافة الغطاء النباتي والتي تكون بعيدة عن مصادر التلوث فقد سجلت نوعية هواء متوسطة.

الكلمات الرئيسية: مشتل حديقة التجارب، مشتل المراقبة البيولوجية، التلوث الهوائي، التنوع الاشني، مؤشر نوعية الهواء، مؤشر نقاوة الهواء.

GLOSSAIRE

Acidiphile : qualifie une espèce ne se développant que dans un milieu acide (qui préfère des supports acides).

Anthropique : lié à l'activité humaine.

Apothécie: bouton ou coupe arrondie sur le lichen, qui contient les spores nécessaires à la reproduction sexuée.

Ascomycète : Champignon caractérisé par des spores formées à l'intérieur d'asques (cellules reproductrices).

Basidiomycète : Champignon caractérisé par des spores formées à l'extrémité de cellules spécialisées, les basides.

Bioaccumulateur : organisme vivant capable d'absorber et de concentrer une substance depuis son environnement

Bio-indication : organisme, ou ensemble d'organismes qui référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques permet de façon pratique et sûre de caractériser l'état d'un écosystème et de mettre en évidence aussi précocement que possible les modifications naturelles ou provoquées.

Cils: poils prolongeant les «branches» du lichen. Prolongements des hyphes se trouvant sur la face supérieure du lichen.

Contaminant : agent chimique, physique ou biologique indésirable.

Corticole : qualifie une espèce se développant sur les écorces des arbres.

Ecosystème : unité écologique fonctionnelle constituée par un ensemble d'organismes vivants (biocénose) exploitant un milieu déterminé (biotope).

Epiphyte : qualifie une espèce végétale se développant sur un autre végétal, sans contact avec le sol.

Mycobionte : partenaire fongique du lichen.

Neutrophile : qui pousse sur un milieu moyennement enrichi en substances nutritives dont le pH est neutre.

Nitrophile : qualifie une espèce qui pousse sur un milieu enrichi en substances nutritives dont le pH est plutôt basique (qui recherche des apports azotés).

Périthèces : enveloppes des asques de certains champignons ascomycètes.

Phorophyte : arbre, substrat des lichens épiphytes.

Photobionte : partenaire algal du lichen.

Polluant : agent chimique, physique ou biologique indésirable provoquant une perturbation du milieu.

polluosensible qualifie une espèce sensible à la pollution de son milieu.

polluotolérant qualifie une espèce tolérante à la pollution de son milieu.

Reviviscence : reviviscence capacité après réhydratation à reprendre une activité biologique après une période plus ou moins longue de dessiccation.

Rhizines: minuscules filaments situés sur la face inférieure du lichen lui permettant de s'ancrer à l'arbre.

Soralies: amas globuleux constitués de plein de petits granules. Elles permettent la reproduction asexuée. Elles ont parfois une couleur différente de celle du lichen. On distinguera les soralies marginales et les soralies faciales. Les unes se trouveront aux extrémités des «branches» (lobes), les autres sur toute la face du lichen.

Spores : structures de multiplication végétative ou de reproduction, émergé ou presque, mais régulièrement humecté par les embruns ou brièvement recouvert lors des marées de vives eaux.

(Maizi , 2013)

Liste des tableaux

Tableau I : Les polluants, leurs origines et leurs effets sur la santé.....	11
Tableau II : Les polluants et leurs effets sur l'environnement.....	12
Tableau III : Espèces végétales dans les parcelles de l'arboretum du jardin d'essai.....	17
Tableau IV : localisation des stations d'échantillonnage dans la zone d'étude.....	19
Tableau V : coefficient de recouvrement et de fréquence.	22
Tableau VI : zones d'isopollution et classes d'IPA.	23
Tableau VII : réactions des thalles lichéniques vis-à-vis les réactifs.....	24
Tableau VIII : Classification des espèces lichéniques en fonction du thalle.....	25
Tableau IX: Comparaison de la diversité liqenique dans les deux jardins Français et anglais et l'arboretum du jardin d'essai.....	26
Tableau X : Classification des stations selon l'échelle Kirschbaum et Wirth (1997).	30
Tableau XI : Valeurs d'IPA calculées de l'arboretum du jardin d'essai.	31
Tableau XII : Nombre de sites par classe d'IPA et par zone.	31
Tableaux n° XIII : Calcul de l'indice de la qualité de l'air IQA.....	ANNEXE I
Tableaux n° XVI : Calcul de l'indice de la pureté de l'air IPA.....	ANNEXE II

Liste des figures

Figure.1 : thalles crustacés, foliacés et fruticuleux des lichens.	4
Figure.2: Classification des lichens.	4
Figure. 3: Fragments intervenants dans la reproduction asexuée.	5
Figure. 4 : Fructifications de la reproduction sexuée.....	6
Figure.5 : Conséquences de la pollution atmosphériques	10
Figure. 6 : localisation de l'arboretum du jardin d'essai	13
Figure.7 : vue de mer du jardin d'essai et son arboretum (1958)	14
Figure. 8 : Hauteurs moyennes mensuelles des précipitations de la station d'El Hamma Période 1983-2008.	15
Figure.9 : Températures minimales, moyennes et maximales de la station d'El Hamma. ..	15
Figure.10 : Digramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussens (1983-2008).....	16.
Figure.11 : Emplacement de la région d'Alger sur le climagramme d'Emberger (1954). ..	16
Figure.12 : Rose des vents du jardin d'essai du Hamma (2013).	16
Figure.13 : les parcelles et la colline des arcades de l'arboretum.....	19
Figure.14 : Fixation de la grille transparente sur le tronc d'arbre.	21
Figure. 15 : Échelle de correspondance entre l'IQA et la pollution atmosphérique (Kirschbaum et Wirth, 1997).	22
Figure 16 : le spectre systématique des espèces lichéniques de l'arboretum et les jardins français et anglais.....	28
Figure.17 : Spectre physionomique des lichens recensés dans l'arboretum du jardin d'essai.	29
Figure.18 : Spectre physionomique des lichens du jardin français.....	29
Figure .19 : Spectre physionomique des lichens du jardin anglais.	29
Figure.20 : Abondance des espèces prélevées dans l'arboretum du jardin d'essai.	30
Figure.21 : Vue d'une partie d'arboretum à partir de la cours d'entrée du jardin. Annexe IV	
Figure.22 : Présence d'escaliers dans la parcelle exotique (site1 et2) de l'arboretum...Annexe IV	
Figure 23 : Les infrastructures pas loin du site3	Annexe IV

Figure.24 : Vue d'une partie du site n°3	Annexe IV
Figure.25 : Présence de restaurants dans le site 5	Annexe IV
Figure.26 : L'entrée du village des artistes	Annexe IV
Figure.27 : Les infrastructures pas loin de la station 4	Annexe IV
Figure.29 : vue de la rue Khelifa Olmane à partir du 6	Annexe IV
Figure 30 : vue d'une partie du site 8	Annexe IV
Figure 31 : vue d'une partie du site 9	Annexe IV

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : GENERALITES	
1.1.LES LICHENS	3
1.1.1. DIFFINITION DES LICHENS	3
1.1.2. MORPHOLOGIE DES LICHENS	3
1.1.3. CLASSIFICATION DES LICHENS	4
1.1.4. REPRODUCTION CHEZ LES LICHENS	4
1.1.5. NUTRITION DES LICHENS	6
1.1.6. CROISSANCE DES LICHENS	7
1.1.7. ECOLOGIE DES LICHENS	7
1.1.8. USAGE DES LICHENS.....	7
1.2. POLUTION ATMOSPHERIQUE	8
1.2.1- DIVERSITE DES POLLUANTS ATMOSPHERIQUES	8
1.2.2- MESURES PHISICOCHEMIE DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE...	8
1.2.3. IMPACTS DE LA POLLUTION DE L' AIR SUR LA SANTE ET L' ENVIRONNEMENT	9
1.3. BIOSURVEILLANCE	9
1.3.1. CONCEPT DE LA BIOSURVEILLANCE	9
1.3.2. METHODES DE BIOINDICATION	9
1.4. PRESENTATION DE LA ZONE D' ETUDE	12
1.4.1. LOCALISATION ET SITUATION DE LA ZONE D' ETUDE	12
1.4.2. HISTORIQUE DE L' ARBORETUM	13
1.4.3. CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D' ETUDE.....	14
1.4.3.1- RELIEF	14
1.4.3.2- ANALYSE DES CONDITIONS CLIMATIQUES DE L' ARBORETUM	14
1.4.3.2.1- PRECIPITATIONS	14
1.4.3.2.2- TEMPERATURE.....	15
1.4.3.2.3- DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE BAGNOULS ET GAUSSEN	15
1.4.3.2.4- BIOCLIMAT.....	16
1.4.3.2.5- VENT DOMINANT	17
1.4.3.2.6- COUVERTURE VEGETALE	17

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

2.1- ECHANTILLONNAGE.....	19
2.1.1- CHOIX DES STATIONS	19
2.1.2- CHOIX DES PHOROPHYTES	19
2.2- MATERIEL	20
2.3- PRELEVEMENT DES LICHENS.....	20
2.4- IDENTIFICATION DES LICHENS	21
2.5- EXPLOITATION DES DONNEES.....	21
2.5.1- INDICE DE LA QUALITE DE L'AIR (IQA)	21
2.5.2- INDICE DE LA PURETE DE L'AIR (IPA)	22

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1- IDENTIFICATION DES LICHENS	24
3.2- REPARTITION DES LICHENS SELON LE TYPE DE THALLE.....	24
3.3- COMPARAISON DE LA DIVERSITE LICHENIQUE	25
3.3.1- SPECTRE SYSTEMATIQUE	27
3.3.2- SPECTRE PHYSIONOMIQUE	27
3.4- FREQUENCE DES ESPECES LICHENIQUES RECENSEES DANS L'ARBORETUM.....	29
3.5- RESULTATS DE L'INDICE DE LA QUALITE DE L'AIR (IQA).....	30
3.6- RESULTATS DE L'INDICE DE LA PURETE ATMOSPHERIQUE (IPA).....	30
3.7- INTERPRETATION DES VALEURS D'IPA	32
3.7.1- PROXIMITE DES VOIES DE TRAFIC AUTOMOBILE.....	32
3.7.2- INFRASTRUCTURES	33
3.7.3- COUVERT VEGETAL.....	33
3.7.4- ALTITUDE	34
3.7.5- VENT	34
3.7.6- LE TYPE DE PHOROPHYTES	34
CONCLUSION GENERALE	35
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	
ANNEXES	

Introduction

INTRODUCTION

Depuis l'accélération des activités humaines (industrie, transport, bâtiment) durant ces derniers siècles, la pollution environnementale est devenue l'un des problèmes majeurs auxquels les humains doivent faire face. (**Agnan, 2013**)

La lutte contre la pollution atmosphérique représente l'un des enjeux cruciaux du XXI^e siècle ; Elle est principalement due à l'activité humaine, des rejets importants des polluants dans l'atmosphère ont accompagné l'accroissement de la densité démographique, du développement industriel et des moyens de transport contribuant ainsi à la dégradation de la qualité de l'air.

Jusqu'à l'année 2009, la surveillance de la qualité de l'air à Alger était assurée par le réseau SAMASAFIA qui est un réseau d'appareils de filtration et de prélèvement placé aux niveaux des stations, ne couvrant pas tout le territoire car la surveillance généralisée est très onéreuse.

Devant ces situations, la bio-indication de la qualité de l'air en utilisant les êtres vivants vient comme moyen simple, rapide et moins coûteux pour évaluer le niveau de pollution à une région précise, et à n'importe quelle saison de l'année (**Van haluwyn ,2008**). .

Le recours à la bio-surveillance de la pollution atmosphérique à l'aide des végétaux supérieurs (tabac, chou, trèfles ...) et des cryptogames (mousses, lichens) se révèle intéressant pour évaluer l'impact de la pollution sur les écosystèmes.

Les lichens très sensibles à la pollution atmosphérique accumulent de façon non sélective des quantités très importantes de substances prélevées dans l'atmosphère en raison de l'absence de moyens de lutte contre la pollution contrairement aux végétaux supérieurs (**Ozenda et Clauzade ,1970**)

En Algérie, plusieurs travaux ont été réalisés portant sur la bioindication lichénique par (**Semadi ,1998**) dans la région de Annaba (, **Abbar, 2009**), au parc de Chréa avec (**Ait Hammou et al , 2011**) à Tiaret et (**Rahali ,2003**) et (**Ghennam ,2011**) sur le territoire Algérois entre autre le jardin d'essai du Hamma .

Le jardin d'essai du Hamma doté d'un arboretum ,parc paysager ,consacré à la culture expérimentale de collection botanique offre un habitat propice pour divers espèces lichéniques .

Situé au cœur de la capitale il est caractérisé par l'imbrication de forte urbanisation, du trafic routier et de tissu industriel dense.

Dans ce contexte, nous avons mené ce travail dans le but de compléter les études de la biosurveillance lichénique déjà réalisées aux cotés anglais (**Akka et Azzi, 2013**) et

français(**Agumya et Imbula, 2013**) du jardin du Hama par appréciation et comparaison de la qualité de l'air au niveau de son arborétum

Notre étude consiste à inventorier et identifier les lichens épiphytes prélevés dans 9 stations de l'arborétum et estimer l'indice de la qualité de l'air IQA de **Kirschbaum et Wirth (1997)**, et l'indice de la pureté de l'air IPA selon la méthode **Leblanc et De Sloover (1970)**

Chapitre 1

Généralités

1.1- LES LICHENS

1.1.1- DEFINITION DES LICHENS

Le mot « Lichen » est un terme d'origine grecque, il désignait les plantes croissantes sur les troncs d'arbres auxquels on attribuait des vertus médicales à l'époque. (**Ozenda et Clauzade, 1970**)

C'est jusqu'à 1867 que Schwendener découvrit la véritable nature de lichens. En effet, Les lichens sont issus d'une symbiose entre un champignon appelé mycobionte ou mycosymbiote, en majorité un Ascomycète, et une algue verte ou une cyanobactérie. appelée photobionte ou photosymbiote. (**Agnan ,2013**)

1.1.2-MORPHOLOGIE DE L'APPAREIL VEGETATIF DES LICHENS

L'appareil végétatif des lichens est un thalle ;En effet, il existe six (6) types morphologiques fondamentaux.: lichen crustacé ou incrustant, lichen foliacé, lichen fruticuleux, lichen squamuleux, lichen complexe et lichen gélatineux.

- ✓ Thalles crustacés : ces thalles adhèrent fortement au support et sont parfois incorporés partiellement ou totalement. (**Figure.1.a**)
- ✓ Thalles foliacés : les thalles se fixent sur le substrat grâce aux crampons ou rhizines. (**Figure.1.b**)
- ✓ Thalles fruticuleux : ce sont des thalles qui peuvent être dressés, pendants ou étalés et n'adhèrent sur le substrat que par de surfaces réduites jouant le rôle de crampons. (**Figure.1.c**)
- ✓ Thalles squamuleux : ces thalles n'adhèrent pas au support, ils sont formés par une sorte d'écaille contigües ou imbriqués.
- ✓ Thalles complexes : ce sont des thalles primaires adhérant au substrat, surmontés de thalle secondaire en forme de cônes allongés.
- ✓ Thalles gélatineux ; ce ont des structures sombres et gélatineuses à l'état humide. (**Ozenda et Clauzade, 1970**)

Le thalle peuvent être soit homéomère ou hétéromère selon la structure du lichen :

- ✓ Thalle homéomère : lorsque les cellules de l'algue sont mélangées aux hyphes.
- ✓ Thalle hétéromère : lorsque les cellules de l'algue sont réparties en couches et le thalle présente un cortex supérieur et un cortex inférieur.

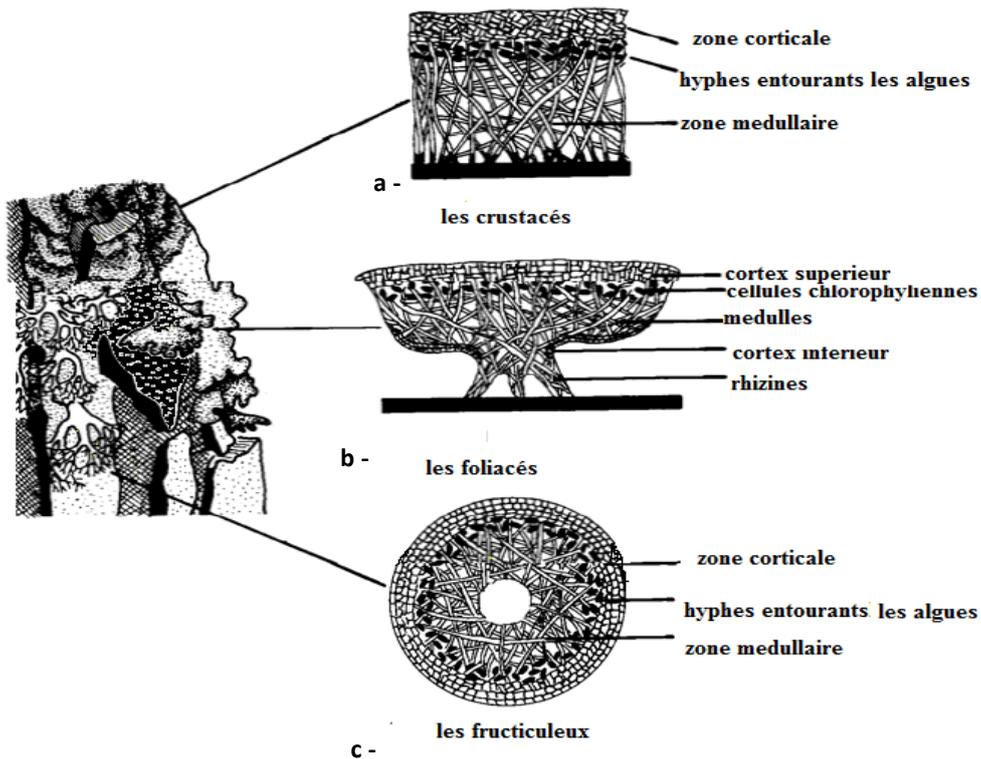


Figure.1 : Thalles crustacés, foliacés et fruticuleux des lichens (Amhajen et Paracer, 1986)

1.1.3-CLASSIFICATION DES LICHENS

Les lichens sont des thallophytes, cryptogames non vasculaires. Ils peuvent être classés en fonction de leur substrat et du champignon partenaire (Ozenda, 1990), de la structure du thalle et de la distribution des deux partenaires dans le thalle (Clauzade et Roux, 1987) . (Figure. 2)

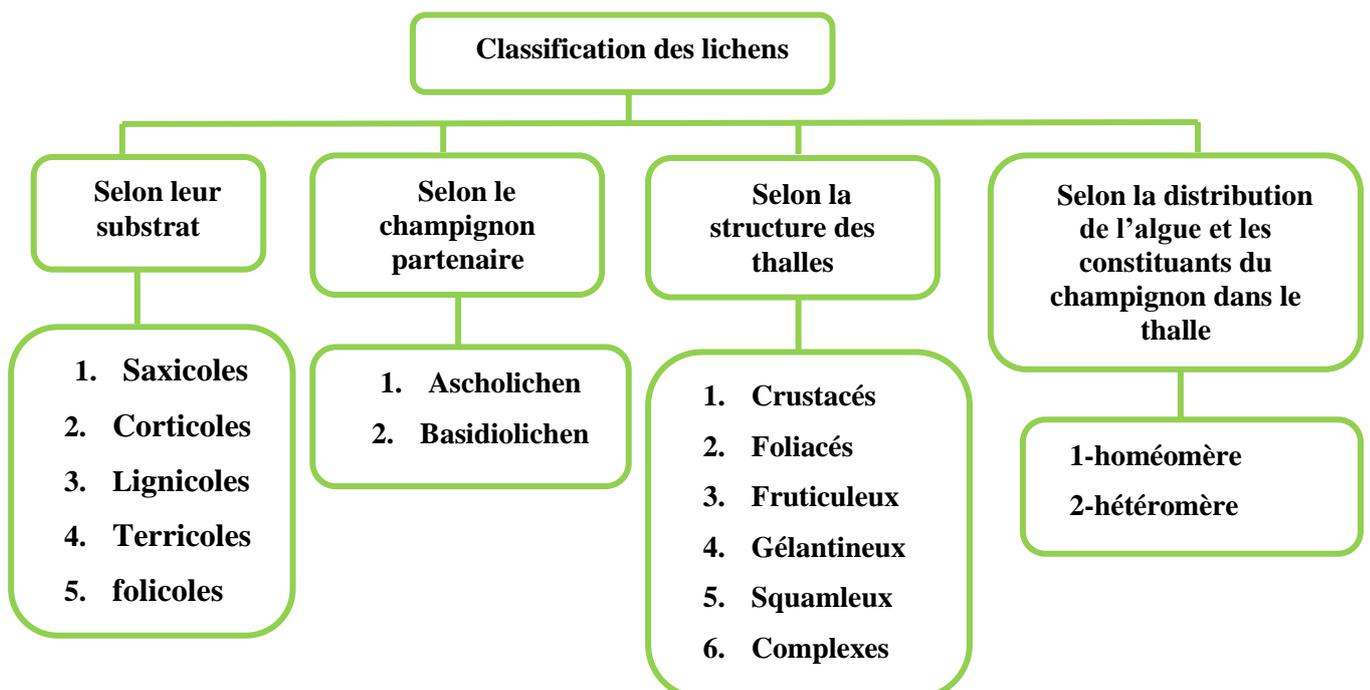
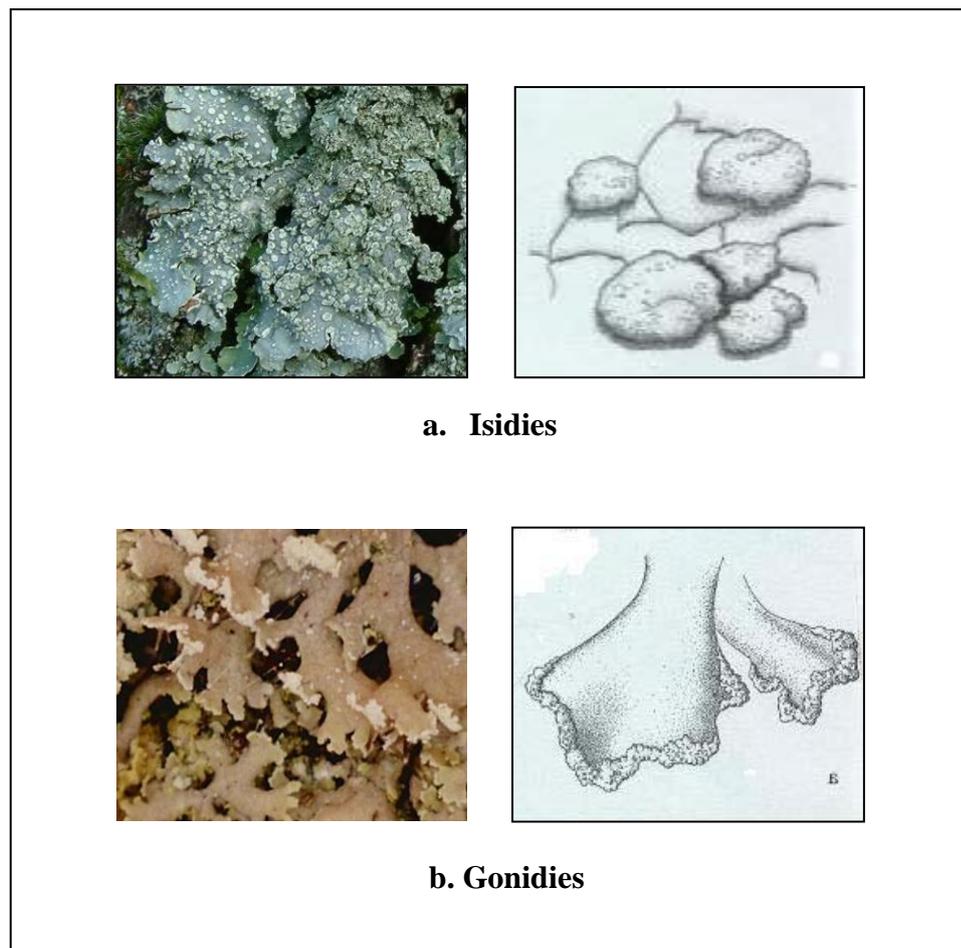


Figure.2: Classification des lichens (Clauzade et Roux, 1987 ; Ozenda, 1990).

1.1.4- REPRODUCTION CHEZ LES LICHENS

La reproduction des lichens se fait par deux modes distinctes :

- ✓ **Reproduction asexuée** : se fait par dissémination d'un fragment du lichen soit par sorides (capsule émise par les gonidies (**Figure.3.a**) et l'hyphe) soit par des isidies (**figure.3.b**) qui sont des bourgeonnements du thalle qui sont libérés pour reconstituer un nouveau thalle . (**Ozenda et Clauzade, 1970**)

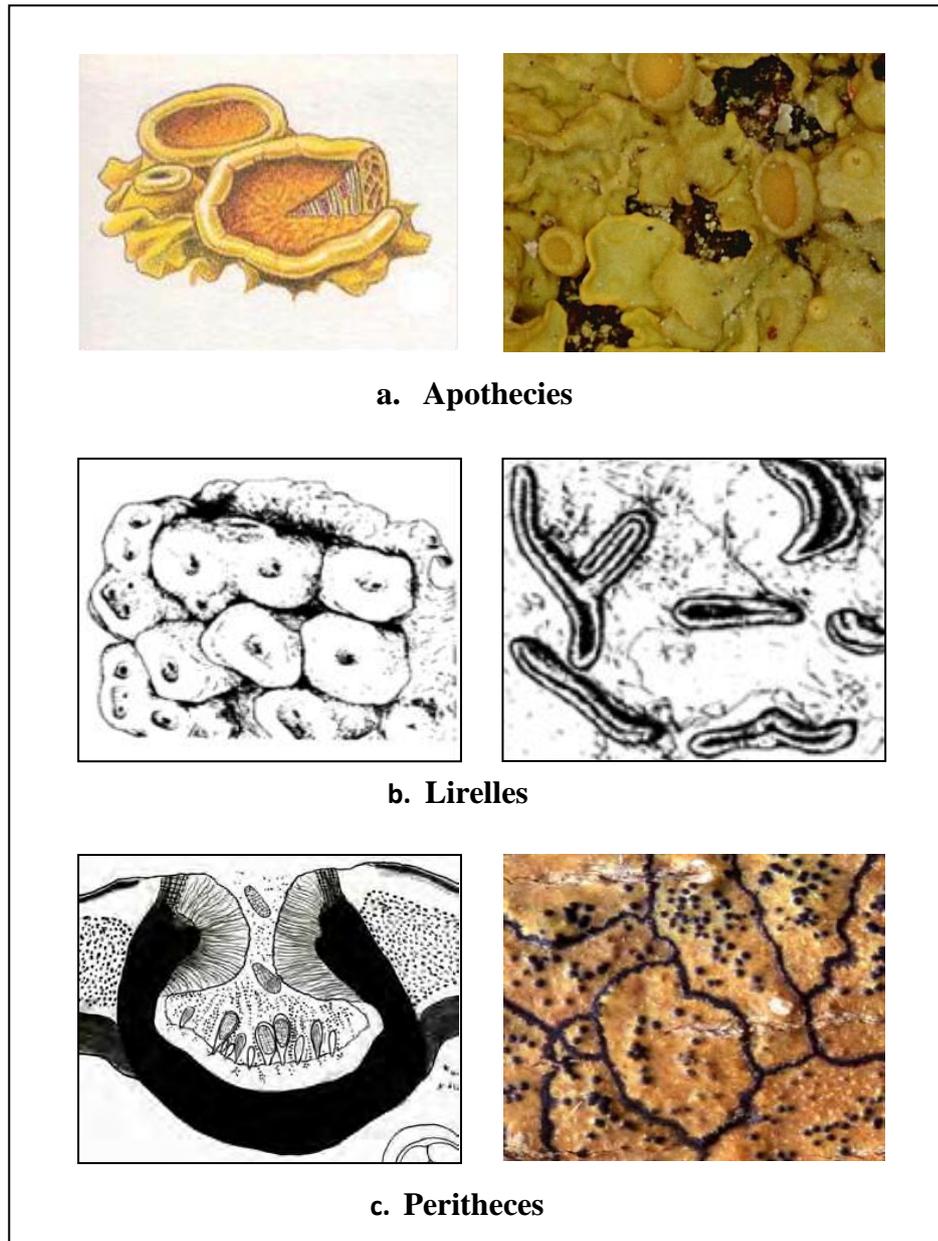


Bauwens A et Kivits S (2011)

Figure. 3: Fragments intervenants dans la reproduction asexuée.

- ✓ **Reproduction sexuée** : le champignon se reproduit par formation de fructification sur le thalle des lichens qui sont en général des apothécies (**Figure.4.a**) ou des lirelles (forme de fente dans le thalle) (**Figure.4.b**) et des périthèces (un dôme avec un orifice apical) (**Figure.4.c**).

Ces structures produisent les spores qui se développeront après la rencontre avec une algue appropriée (Agnan, 2013) .



Bauwens A et Kivits S (2011)

Figure. 4 : Fructifications de la reproduction sexuée.

1.1.5- NUTRITION DES LICHENS

Le champignon fournit au photobionte un habitat qui le protège, de la dessiccation ou des herbivores, et il a la possibilité de stocker l'eau dans ses membranes et de le transmettre à l'algue par ses parois. En échange, le photobionte nourrit le champignon avec les sucres qu'il produit par photosynthèse. La nutrition minérale est assurée par les poussières et les sels dissous (Nash, 2008).

Ne possédant ni racines, ni vaisseaux, ni stomates. Les lichens puisent l'eau dont ils ont besoin via l'humidité de l'air. Ils ne sont actifs qu'à l'état humide et entrent en dormance lorsque l'air devient trop sec (**Bicaud, 2010**).

1.1.6- CROISSANCE DES LICHENS

La croissance des lichens est très lente, de l'ordre de 0,1 à 10 mm par an. Elle est plus lente en hiver qu'en été, et plus rapide sur substrats riches. L'âge des grands lichens est de l'ordre de plusieurs dizaines d'années pour les lichens foliacés, et de plusieurs siècles pour les lichens crustacés de grande taille (**Bellenfant, 2010**).

1.1.7- ECOLOGIE DES LICHENS

Les lichens sont des végétaux qui poussent sur tous types de milieu : écorce des arbres (corticoles), bois mort (lignicole), roche(saxicoles) ou sol (terricoles). Ils se rencontrent sous tous les climats et toutes les latitudes.

La répartition des lichens est influencée par différents facteurs notamment l'eau qui intervient dans le passage de l'état de vie ralentie à celui de vie active appelé phénomène de reviviscence, la lumière, la température et l'humidité (**Vaillaud, 2001**).

1.1.8- USAGES DES LICHENS

L'intérêt principal des lichens en médecine est leur potentiel antibiotique. Ils sont également utilisés pour la fabrication de sirops et de pastilles.

Certains lichens constituent une source importante de nourriture pour certaines espèces (chenilles, rennes) et source de glucose, dans certains pays, ils sont consommés comme aliment

Ils fournissent des matières colorantes, des huiles essentielles et certaines espèces de lichens sont utilisées pour la fabrication de parfums et de savons.

Ils sont utilisés comme des abris pour de nombreux insectes et utilisés comme un matériel par certains oiseaux pour construire leurs nids ;

Ils ont aussi un rôle pionnier dans la mise en place des écosystèmes, à travers leur fonction d'altération des roches par l'action des acides lichéniques.

De nombreuses espèces de lichens ont une écologie très précise de sorte que leur présence est susceptible de donner des indications sur le degré de pureté de l'atmosphère.

1.2- POLLUTION ATMOSPHERIQUE

Les principaux polluants de l'air ambiant d'origine anthropique proviennent généralement des gaz et des particules rejetés dans l'air par les véhicules à moteur, les chauffages, les centrales thermiques, les pratiques agricoles et les installations industrielles.

Il existe également des sources naturelles de pollution tels que : les éruptions volcaniques (Leffray, 2008).

1.2.1- DIVERSITE DES POLLUANTS ATMOSPHERIQUES

Il existe deux types de polluants :

- ✓ **les polluants primaires** : ce sont des polluants émis directement par les sources de pollution. Ce sont essentiellement : les NO_x, NO, NO₂, CO, CO₂ et les particules en suspension.
- ✓ **les polluants secondaires** : qui sont issus des réactions chimiques de certains polluants primaires entre eux.

1.2.2 – MESURE PHYSICOCHIMIQUE DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

a- Réseaux de surveillance

La mise en place de réseaux de surveillance constitués de stations de mesure accompagnée de moyens techniques sont relativement complexes et coûteuses.

b- Stations de mesure

Les stations de mesure comportent un ou plusieurs analyseurs installés dans des lieux publics avec le système d'acquisition - transmission et le dispositif de pompage dans une baie de mesure. Les critères (statistiques de population, présence des sources de pollution) déterminent l'emplacement des stations dans une agglomération.

c- Techniques de mesure

Les appareils de mesure ne mesurent qu'un polluant ou un groupe de polluant de même famille (NO et NO₂, Benzène, Toluène et Xylènes).

Les polluants mesurés par des stations mobiles (SO₂, NO_x, O₃, CO, Particules en suspension), sont complétés par un préleveur pour métaux lourds.

A partir des données sur les quantités de polluants émises dans la zone d'étude, la topographie et un ensemble de conditions météorologiques prédéfinies, les codes informatiques calculent et simulent la dispersion des polluants.

Cependant, ces données locales obtenues par les appareils de mesure peuvent être obtenues par des moyens et techniques légers, moins coûteux, à savoir la biosurveillance (Gaudillere, 2001)

1.2.3- IMPACTS DE LA POLLUTION DE L'AIR SUR LA SANTE ET L'ENVIRONNEMENT

L'OMS (2013), estime que la pollution de l'air représente un risque environnemental majeur pour la santé et évalue que, à l'échelle mondiale, elle est à l'origine d'environ deux millions de décès par an.

La pollution atmosphérique a des effets sur la santé et sur l'environnement (Figure.5) et a par conséquent des répercussions économiques.

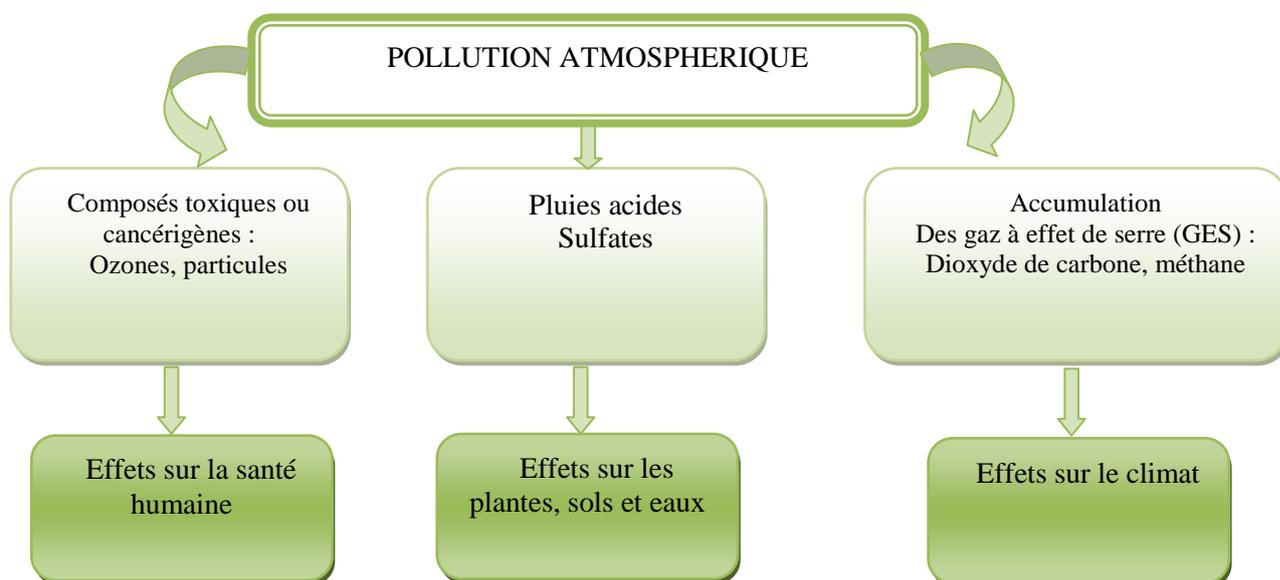


Figure.5 : Conséquences de la pollution atmosphériques

La pollution de l'air a des sources très nombreuses et peut avoir divers effets à court et à long terme sur la santé. (Tableau I)

Tableau I : Les polluants, leurs origines et leurs effets sur la santé

Polluants	Sources principales	Effets sur la santé
CO	Véhicules motorisés, installation de combustion, chauffage.	Fixation du CO sur l'hémoglobine du sang : anoxie, céphalée, vertiges...
CO₂	Véhicules, chauffage, combustions diverses.	Troubles pulmonaires.
NO_x (NO + NO ₂)	Véhicules, industries.	Altération des fonctions pulmonaires, inflammation des bronches, irritation oculaire.
SO₂	Chauffage, industrie, diverses combustions, moteurs diesels.	Gaz irritant, inflammations pulmonaires.
O₃	Polluant secondaire issu de la réaction entre les NO _x et les hydrocarbures.	Céphalées, toux, irritations oculaires, altérations des fonctions pulmonaires.
Plomb	Véhicules.	Troubles sanguins, de la croissance, et troubles neurologique si ingestion importante.
Poussières	Véhicules diesels, combustions.	Attaque des muqueuses nasales, effets cancérigènes probables, problèmes cardio-vasculaires.
COV	Véhicules, industries, sources de combustion, solvants, colle ...	Irritations oculaires, toux, troubles du système nerveux, risque cancérigène.

(Cuny et al, 2003)

Au-delà de l'enjeu sanitaire, la pollution atmosphérique a également un impact environnemental considérable (**Tableau II**) pouvant entraîner des dommages irréversibles sur les écosystèmes forestiers et aquatiques, contamination de la chaîne alimentaire, diminution de la croissance des végétaux, dépérissement des forêts, eutrophisation des écosystèmes et baisse des rendements de cultures sont autant de conséquences désastreuses résultant d'une mauvaise qualité de l'air

Tableau II : Les polluants et leurs effets sur l'environnement

Polluants	Effets sur l'environnement
CO	Toxique à haute dose pour les plantes (rarement observé).
CO₂	Gaz à effet de serre .
NO_x (NO + NO₂)	Acidification des pluies (formation de HNO ₃)
SO₂	Acidification des pluies (formation de H ₂ SO ₄), attaques du bâti, effets sur la végétation.
O₃	Toxique pour les végétaux, baisse de l'activité photosynthétique, gaz à effet de serre.
Poussières	Dégradation du bâti, perturbation de la respiration et de la photosynthèse des plantes
Pb	Toxique pour la faune (accumulation par la chaîne alimentaire).
COV	Gaz à effet de serre (formation de CH ₄).

(Cuny *et al*, 2003)

1.3- BIOSURVEILLANCE

1.3.1- CONCEPT DE LA BIOSURVEILLANCE

C'est l'évaluation de la pollution à l'aide d'organismes vivants, le plus souvent des plantes. Selon la définition proposée par **Garrec et Van Haluwyn 2002**), la biosurveillance végétale de la qualité de l'air est l'utilisation des réponses à tous les niveaux d'organisation biologique, d'un ou plusieurs organismes vivants, pour prévoir et/ou révéler une altération de l'environnement.

Elle peut être passive par prélèvement direct sur le terrain ou active en transplantant le matériel biologique sur site .

En fonction des niveaux de réaction des organismes, quatre concepts de biosurveillance ont été distingués :

- ✓ **Bio-intégration** : qui consiste en une analyse de la présence/absence d'espèces réputées sensibles ou tolérantes à divers polluants
- ✓ **Bioaccumulation** : est la capacité de certains organismes à accumuler les polluants présents dans l'air.

-
- ✓ **Biomarquage** : est l'utilisation de marqueurs au niveau de la biologie structurale ou fonctionnelle indiquant une influence du milieu environnant sur les fonctions biologiques.
 - ✓ **Bio-indication** : ce sont des organismes qui, exposés à une pollution, réagissent par l'apparition de symptômes et des perturbations de la croissance et du développement (Agnan, 2013) .

1.3.2- METHODES DE BIOINDICATION

➤ **Méthode de Hawksworth et Rose (1970)**

Il s'agit d'une méthode qualitative, élaborée en Grande-Bretagne faisant intervenir un lien entre les lichens épiphytes et la pollution soufrée. Cette approche s'applique sur des arbres adultes en milieu ouvert

➤ **Méthode de LeBlanc et Sloover (1970) :**

Il s'agit d'une approche floristique quantitative élaborée au Québec permettant la détermination d'un indice de pollution à partir de la flore lichénique épiphyte : l'indice de pureté atmosphérique (IPA).

➤ **Méthode de van Haluwyn et Lerond (1986) :**

Il s'agit d'une approche française qui découle des deux méthodes précédentes, elle est basée sur des espèces sensibles à la pollution acide.

➤ **Méthode de VDI (Verein Deutscher Ingenieure) (1995):**

C'est une méthode allemande, elle n'est pas spécifique d'une région donnée et complète la méthode van Haluwyn et Lerond (1986). Elle se base sur un indice pour évaluer la pollution globale : Indice de la Qualité de l'Air (IQA).

➤ **Méthode de Lallemant *et al.* (1996):**

C'est une nouvelle méthode française qui a été mise au point pour illustrer la pollution par NH₃ ou NO₂. Les espèces lichéniques nitrophiles deviennent donc dominantes dans les zones fortement impactées, au détriment des espèces nitrophobes.

➤ **Méthode Asta *et al.* (2002)**

Utilisant les quatre faces de l'arbre, cette valeur correspond à l'Indice de la Qualité de l'Air « IQA ». Elle a été retenue au niveau européen pour réaliser la cartographie de la diversité lichénique. (Agnan, 2013)

1.4- PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1.4.1- LOCALISATION ET SITUATION DE LA ZONE D'ETUDE

L'arboretum du jardin d'essai est la partie haute du jardin du Hamma, situé à 3km de la capitale il est délimité par la commune d'Hussein Dey à l'Est et la commune d'Alger centre à l'Ouest et El-Madania au Sud, avec une altitude qui varie de 33 à 120 mètre. Il couvre une superficie de 20 ha. (Figure.6) Il est subdivisé en 3 parcelles et une colline :

- 1- -Parcelle exotique: 2,676 ha.
- 2- Ancienne parcelle des pins de canaris : 1,507 ha.
- 3- Parcelle des formations naturelles : 1,607 ha.
- 4- la colline des bois des arcades 3,5 ha.



Figure. 6 : localisation de l'arboretum du jardin d'essai.

1.4.2- HISTORIQUE DE L'ARBORETUM

Le jardin d'essai du « Hamma » fut créé en 1832 afin d'introduire des espèces animales et végétales en Algérie. Son arboretum qui porte le nom d'arboretum des bois des arcades, a été aménagé en 1923 à 1924 en parc paysager.

La décision d'acquisition de cet arboretum a commencé entre 1855 et 1858 par voie d'expropriation des terrains appartenant à la famille Abdeltif, et la décision d'annexer cette colline au jardin d'essai est entrée en vigueur en 1867.

Pendant la 2^{ème} guerre mondiale, l'arboretum a connu des dégâts et sa remise en état a commencé en juin 1946 (**Figure.7**), son versant a été aménagé en jardin mexicain en 1951.

En 1956, la partie sud de la colline a connue l'aménagement des habitats temporaires pour les habitants des bidonvilles (**Carra, 1952**)

Après l'indépendance l'arboretum a connu la tutelle de plusieurs institutions , Institut National de Recherches Agronomique d'Algérie (INRAA), Agence Nationale de la Nature (ANN) et l'Office du Ryad El Fath et de ce fait il a perdu la moitié de ses espèces (de 6000 espèces à 3000 espèces). Le jardin d'essai a pu le réintégrer en 2009 sous une décision présidentielle (**Rapport JEH 2013**).

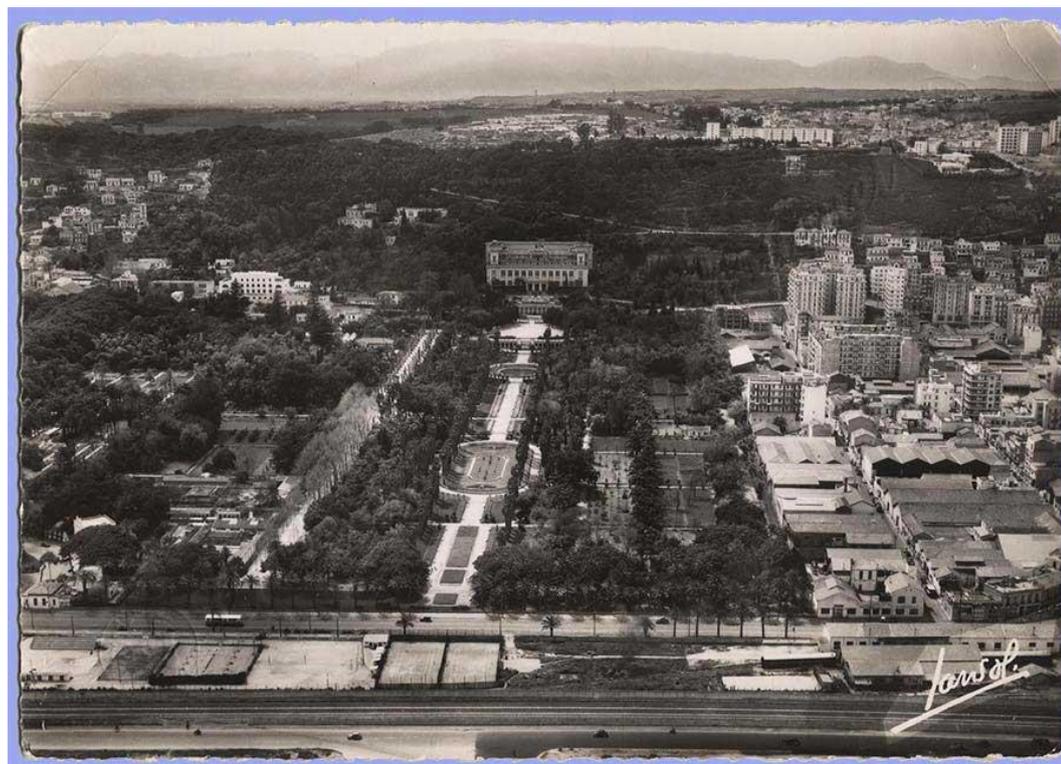


Figure.7 : vue de mer du jardin d'essai et son arboretum (1958)

1.4.3- CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE

1.4.3.1- Relief

Le relief joue un rôle dans la diffusion de la pollution en agissant sur la direction du vent, sur l'humidité ainsi que sur la température.

La colline des bois des arcades présente un relief accidenté avec une pente forte qui varie entre 30% à 45%, elle atteint même par endroit 60%.

1.4.3.2- ANALYSE DES CONDITIONS CLIMATIQUES DE L'ARBORETUM

Les données climatiques sur notre station d'étude nous ont été fournies par l'ONM (l'Office National de Métrologie), c'est une série climatique de vingt-cinq ans de la station de port d'Alger. Cette dernière est très proche de notre zone d'étude.

1.4.3.2.1- Précipitations (P)

Les précipitations contribuent au dépôt d'éléments chimiques potentiellement toxiques et au lessivage d'autres. (Signoret, 2002)

Les précipitations moyennes annuelles (Figure.8) montrent une fluctuation de la pluviosité avec une moyenne annuelle de 569,7 mm. Le mois le plus sec étant le mois de juillet (3,9mm) tandis que le plus arrosé est le mois de décembre (110,2mm).

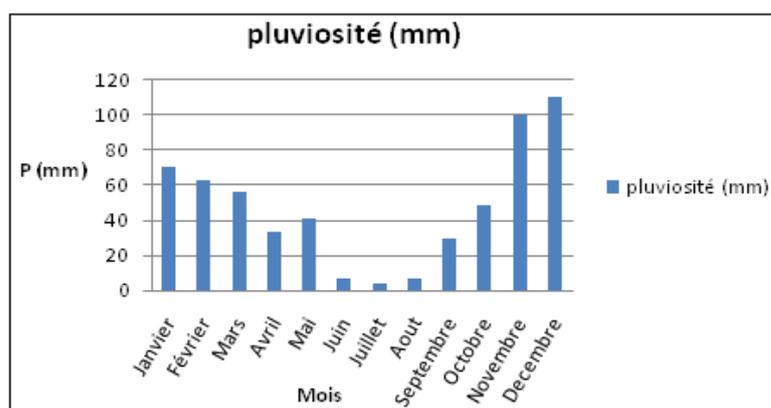


Figure. 8 : Moyennes mensuelles des précipitations de la station d'El Hamma Période (1983-2008).

1.4.3.2.2- La température (T)

Les données sur la température moyenne, maximale et minimale de la zone d'étude au cours de la période 1983 et 2008 sont représentées sur la figure.9.

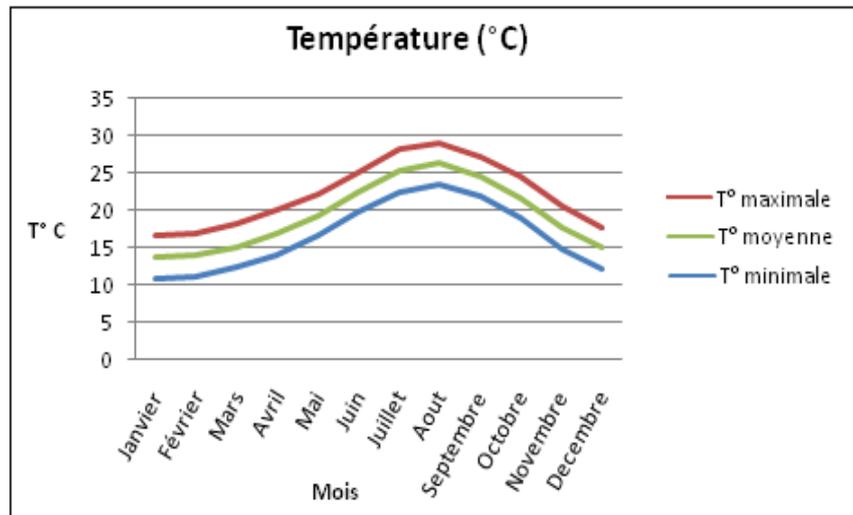


Figure.9 : Températures minimales, moyennes et maximales de la station d’El Hamma (1983-2008).

La température moyenne annuelle (annexe V) de la zone d’étude est de 19.4 °C, avec de fortes variations saisonnières. Les températures les plus élevées sont enregistrées principalement au mois le plus chaud (août) avec une température maximale de 29.1 °C et les températures les plus basses durant le mois le plus froid (janvier) avec température minimale une de 10.7 °C.

1.4.3.2.3- Diagramme ombrothermique Bagnouls et Gausсен

Le diagramme ombrothermique de la station d’El Hamma montre la présence de la saison sèche, elle s’étend du mois de mai, jusqu’à la fin du mois de septembre. (Figure10)

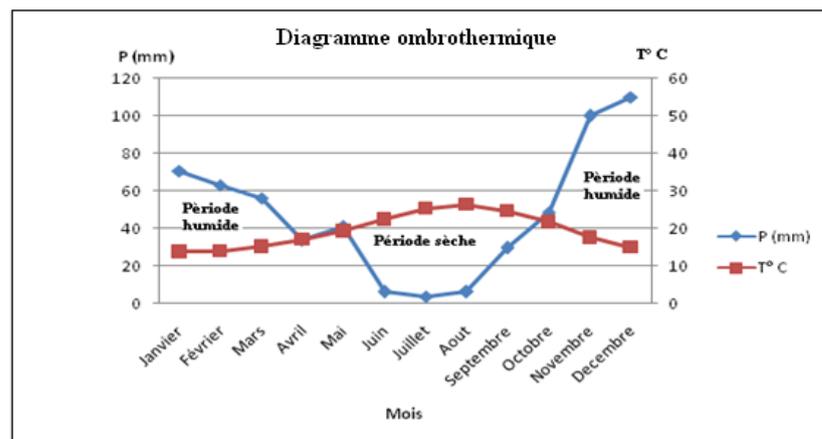


Figure.10 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен (1983-2008).

1.4.3.2.4- Bioclimat

Selon le climagramme d'EMBERGER (1954) et d'après le quotient pluviothermique calculé (Q_2) spécifique au climat méditerranéen :

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

P : pluviométrie moyenne annuelle (mm).

M : température maximale moyenne du mois le chaud en (°K).

m : température minimale moyenne du mois le plus froid en (°K).

Notre zone d'étude se situe dans l'étage bioclimatique subhumide inférieur à hiver chaud ($Q_2=105.65$ et $m=10.7^\circ\text{C}$) (figure. 12)

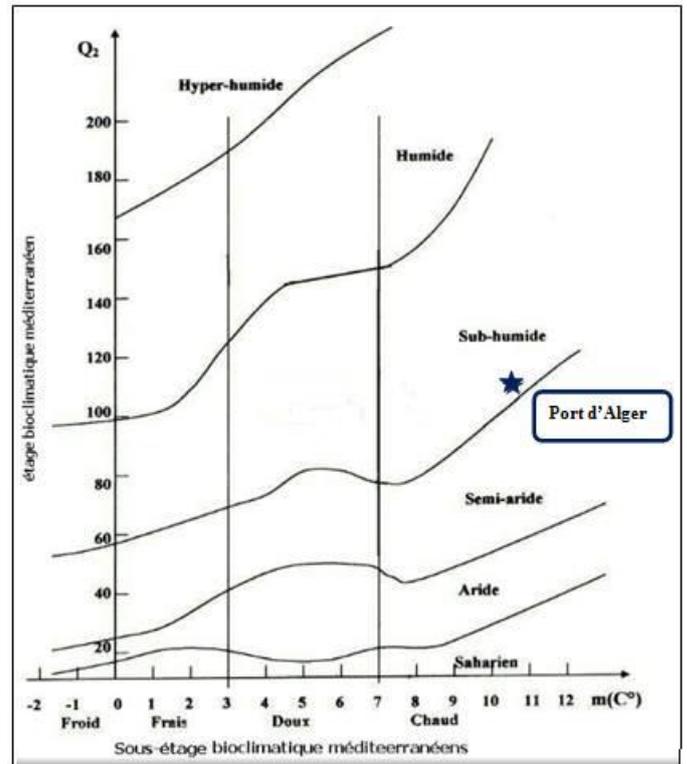


Figure.11 : Emplacement de la région d'Alger sur le climagramme d'Emberger (1954).

1.4.3.2.5. Vent dominant

Le vent agit soit directement par son action mécanique sur la végétation et le sol soit indirectement en modifiant la température et l'humidité. Il contribue à la circulation des polluants et assure la dispersion horizontale des polluants

L'analyse de la rose des vents (Figure12) pour la zone d'étude de l'année 2013 montre que le vent dominant est le vent d'Ouest.

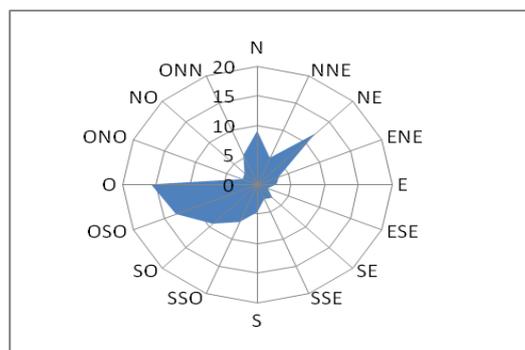


Figure12 : Rose des vents du jardin d'essai du Hamma (2013).

.4.3.2.6. Couverture végétale

La formation végétale appartient à l'étage de l'Oléo-lentisque avec la présence d'autres espèces recensées par **Benmenni et Boulkheloua (2010)**.

Tableau III : Espèces végétales dans les parcelles de l'arboretum du jardin d'essai.

nom des parcelles	Surface	Espèces recensées
Formation naturelle.	1.606ha	<i>Pinus halepensis</i> ; <i>Pistacia lentiscus</i> ; <i>Ceratonia siliqua</i> ; <i>Olea europaea</i> ; <i>Rhamnus alaternus</i> ; <i>Acanthus mollis</i> ; <i>Clematis cirrhosa</i> ; <i>Allium triquetrum</i> ; <i>Aloe sp</i> ; <i>Washingtonia sp</i> ; <i>Phoenix dactylifera</i> ; <i>Persea Americana</i> ; <i>Punica granatum</i> ; <i>Eriobotrya japonica</i> ; <i>Musa sp</i>
Exotique	2.789ha.	<i>Ailanthus altissima</i> ; <i>Araucaria bidwillii</i> ; <i>Araucaria cookii</i> ; <i>Araucaria excelsa</i> ; <i>Cedrus atlantica</i> ; <i>Cupressus sp</i> ; <i>Quercus canariensis</i> ; <i>Olea europaea ssp.oleaster</i> ; <i>Pinus canariensis</i> ; <i>Pinus halepensis</i> ; <i>Pinus pinea</i> ; <i>Pinus neriifolius</i> .
pins de canaris	1.507ha.	<i>Acacia armata</i> ; <i>Ceratonia siliqua</i> ; <i>Cupressus sempervirens</i> ; <i>Olea europaea</i> ; <i>Pinus halepensis</i> ; <i>Pinus pinaster</i> ; <i>Pistachia lentiscus</i> ; <i>Quercus coccifera</i>
Coline des arcades	Environ 3.5ha.	Non inventoriée

(Benmenni et Boulkheloua ,2010).

Chapitre 2

Matériel et méthodes

Tableau IV : localisation des stations d'échantillonnage dans la zone d'étude.

<u>Stations</u>	<u>Site</u>	<u>Localisation</u>
n° 01	n° 01	c'est la partie inférieure de la colline, elle est appelée aussi la parcelle de Villa Abdellatif ou parcelle exotique. Elle est caractérisée par la présence d'escaliers et de passages faisant la jonction avec la colline.
	n° 02	c'est la partie supérieure de la parcelle (exotique) et avoisine la villa Abdellatif cette dernière est devenue un édifice d'activités culturelles appartenant à la société Art et Culture.
n° 02	n° 03	cette parcelle (des pins canaris) ne présente des oléastres que dans sa partie haute, cette dernière est au sommet de la colline des arcades et la limite dans son côté nord- est
n° 03	n° 04	c'est le côté Est de la colline des arcades .
	n° 05	elle se situe vers le côté Sud-Est de la colline et donne sur la rue Khelifa Olmane qui relie el Madania à Ruisseau.
	n° 06	
n° 07		
n° 04	n° 08	partie Nord-Ouest de la colline appelée parcelle de (formation naturelle), elle est caractérisée par un terrain accidenté avec de fortes pentes
	n° 09	

2.1.2- CHOIX DES PHOROPHYTES

Le choix des phorophytes s'est fait en deux étapes. Dans un premier temps nous avons prospecté les quatre stations représentées par les trois parcelles et la colline des bois des arcades.

Dans un deuxième temps et selon la directive VDI 3799 (1995), nous avons envisagé de garder les mêmes paramètres de prélèvement :

- choix de 06 arbres qui doivent être répartis de façon homogène. Leurs circonférences est d'environ 70 cm.
- Les arbres ne doivent pas être penchés.
- Si possible les arbres de la même espèce.

Nous avons choisi l'étude préférentielle des arbres d'oléastre, un totale de 54 arbres ont été inventoriés. Dans 14 cas, il nous a pas été possible de rencontrer les espèces d'arbres préférentielles

dans la zone à étudier et les relevés ont été effectués sur d'autres espèces (*Araucaria bidwili*, *Araucaria cooki*, *Cupressus sempervirens*, *Ceratonia siliqua*, *Ficus microphylla*, *Morus nigra*).

2.2- MATERIEL ET METHODES DE PRELEVEMENT

Une grille en plastique transparent de (20 cm x 50 cm) sur laquelle 10 carreaux de (10 cm x 10 cm) sont tracés ainsi que d'autres matériels ont été utilisés pour notre étude (annexe V)I.

2.3- PRELEVEMENT DES LICHENS

La grille transparente (20 cm x 50 cm) est déposée à 1,5 m du sol (**Figure.14**) sur le côté nord de la station.

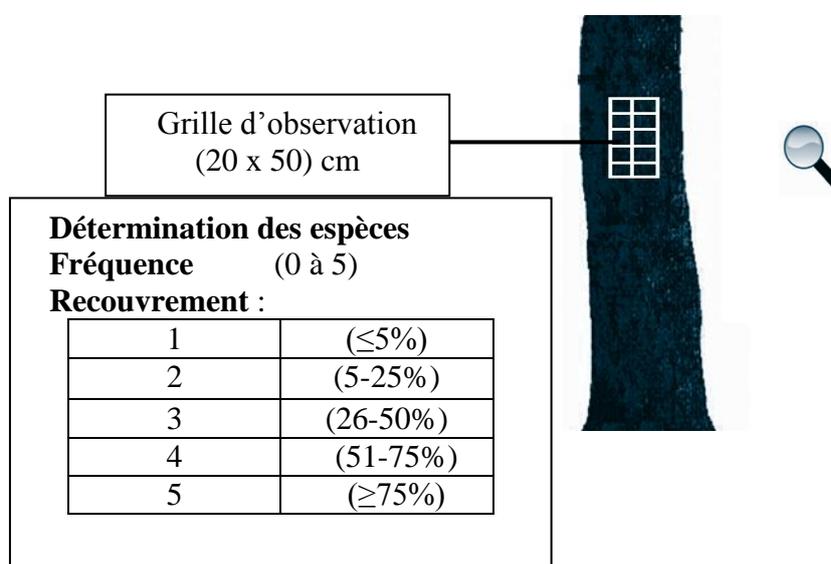


Figure.14 : Fixation de la grille transparente sur le tronc d'arbre.

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

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

2.4- IDENTIFICATION DES LICHENS

Les lichens sont identifiés à l'aide des flores lichéniques selon la couleur et la forme de leur thalle, et la localisation des divers organes portés par le thalle, les caractères microscopiques de l'appareil reproducteur ainsi que par certains tests chimiques. (Ait Hammou *et al.*, 2013)

Afin de déterminer les différentes espèces lichéniques difficiles à identifier présentes dans les neuf sites échantillonnés dans notre zone d'étude, nous avons utilisé une loupe binoculaire LEICA ZOOM 2000 et deux réactifs annexe .

Les réactions colorées des thalles corticaux avec ces réactifs apportent une aide appréciable à certaines espèces difficiles à déterminer.

2.5- EXPLOITATION DES DONNEES

2.5.1- INDICE DE QUALITE DE L'AIR (IQA)

La détermination d'indice de la qualité de l'air (IQA) repose sur la somme des fréquences moyennes rencontrées sur six arbres (VDI, 1995), reprise par Kirschbaum et Wirth (1997), il est en lien direct avec la pollution atmosphérique. Cet indice est reporté sur une échelle de l'évaluation de la pollution de l'air (**figure.15**).



Figure. 15 : Échelle de correspondance entre l'IQA et la pollution atmosphérique (Kirschbaum et Wirth, 1997).

2.5.2- INDICE DE LA PURETE DE L'AIR (IPA)

Selon la méthode de Leblanc et De Sloover (1970), l'IPA se calcule à partir de la fréquence des espèces rencontrées dans une station, selon la formule suivante :

$$IPA = 1/10 \sum Qi fi$$

n : nombre d'espèces dans la station

Qi : indice écologique de l'espèce i

fi : coefficient de recouvrement de l'espèce i (estimation visuelle de 1, rare, à 5, abondante)

Le coefficient fi de l'espèce est déterminé selon le recouvrement de cette dernière (tableau V) :

Tableau V : coefficient de recouvrement et de fréquence

Coefficient	Définition
1	Espèce très rare et a très faible recouvrement
2	Espèce très peu fréquente ou avec un faible recouvrement
3	Espèce peu fréquente ou avec un degré de recouvrement sur quelques arbres
4	Espèce fréquente ou avec un fort degré de recouvrement sur quelques arbres
5	Espèce très fréquente et avec un fort degré de recouvrement sur la majorité des arbres

(Leblanc et de Sloover 1970)

L'indice Q_i d'une espèce est la moyenne du total d'espèces accompagnatrices d'une espèce donnée.

L'échelle des valeurs d'IPA peut alors avoir une correspondance au niveau de la qualité de l'air.

Afin de réaliser des comparaisons entre la qualité de l'air des différentes stations à partir des valeurs d'IPA, nous avons retenu les mêmes classes d'IPA proposées par **Rahali (2003)** et utilisées par **Ghennam (2011)** qui donnent au total cinq (05) zones.

Les couleurs de ces zones correspondent aux descriptives de VDI 3799 (1995) de **Kirschbaum et Wirth (1997)** représentés dans le tableau VI.

Tableau VI : zones d'isopollution et classes d'IPA d'après Rahali (2003) et(Ghennam, 2011)

Zones	Classes des IPA	Qualité de l'air	couleur
I	(0-7)	Très mauvaise	rouge
II	(7-14)	Mauvaise	orange
III	(14-21)	Moyenne	jaune
IV	(21-28)	Bonne	verte
V	(28-35)	Très bonne	cyan /bleu

Chapitre 3

Résultats et discussions

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1- IDENTIFICATION DES LICHENS

Afin de déterminer les espèces lichénique, un ensemble de caractères morphologique (type de thalle, taille, couleur, présence de structures de reproduction, présence de rhizines d’ancrage) a été étudié et des tests chimiques ont été réalisés. Le tableau VII présente les différentes espèces lichéniques retrouvées à partir de nos relevés

Tableau VII : les résultats d’observations des réactions des thalles lichéniques vis-à-vis les réactifs.

Réactifs utilisés			Espèces identifiées
KOH (K)	Eau de javel(C)	(K)+(C)	
K+rouge	C+ jaune	KC + jaune	<i>Opegrapha lichenoides</i>
K-	C+	KC	<i>Lecanora dispersa</i>
K+jaune	C+	KC	<i>Lecanora chlarotera</i>
K+	C+	KC	<i>Lecanora sienae</i>
K+jaune	C-	KC	<i>Diploicia canescens</i>
K+vert	C+rouge	KC	<i>Dirina ceratonia</i>
K+	C+	KC+orange	<i>Pertusaria hymenea</i>
K+ rouge	C-	KC	<i>Xanthoria parietina</i>
K+ jaune	C+orange	KC+jaune	<i>Lecidella elaeochroma</i>
K-	C-	KC	<i>Lepraria incana</i>
K+	C+	KC	<i>Hypocenomyce stoechadiana</i>

+ : réaction positive

- : pas de réaction

3.2-REPARTITION DES LICHENS SELON LE TYPE DE THALLE

Sur les 54 phorophytes nous avons recensé 11 espèces de lichens corticoles, dont la majorité sont des crustacés (10 espèces) et une foliacée avec des degrés différents de résistance à la pollution

Selon la classification de (Van Haluwyn et Lerond ,1986), (tableau VIII).

Tableau VIII : Classification des espèces lichéniques en fonction du thalle.

Espèce	Type de thalles	Résistance à la pollution	Famille
<i>Diploicia canescens</i>	<i>Crustacé</i>	+++	Calciaceae
<i>Hypocenomyce stoechadiana</i>	<i>Crustacé</i>	++	Ophioparmaceae
<i>Lecanora sienae</i>	<i>Crustacé</i>	+++	Lecanoraceae
<i>Lecanora chlarotera</i>	<i>Crustacé</i>	++	Lecanoraceae
<i>Lecanora dispersa</i>	<i>Crustacé</i>	++	Lecanoraceae
<i>Lecidella elaeochroma</i>	<i>Crustacé</i>	+++	Lecideaceae
<i>Lepraria incana</i>	<i>Crustacé</i>	+++	Stereocaulaceae
<i>Opegrapha lichenoides</i>	<i>Crustacé</i>	++	Roccellaceae
<i>Pertusaria hymenea</i>	<i>Crustacé</i>	++	Pertusariaceae
<i>Dirina ceratonia</i>	<i>Crustacé</i>	+++	Roccellaceae
<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Foliacé</i>	+++	Teloschistaceae

3.3- COMPARAISON DE LA DIVERSITE LICHENIQUE

Les résultats de la détermination des espèces lichéniques dans l'arboretum du jardin d'essai (annexe III) montre la présence de 11 espèces au total. Le **tableau IX** montre que les espèces épiphytes rencontrées dans l'arboretum de jardin d'essai figurent dans la liste du jardin français (**Agumya et Imbula, 2013**) et aussi dans le jardin anglais (**Akka et Azzi, 2013**) et sont d'une manière générale polluo-tolérantes.

Tableau IX: Comparaison de la diversité lichénique dans les deux jardins Français et anglais et l'arboretum du jardin d'essai.

Espèce	Type de thalles		AKKA et AZZI 2013	AGUMYA et IMBULA 2013
<i>Espèces / station</i>		Arboretum du jardin d'essais	Jardin anglais	Jardin français
<i>Diploicia canescens</i>	Crustacé			
<i>Hypocenomyce stoehadiana</i>	Crustacé			
<i>Lecanora sienae</i>	Crustacé			
<i>Lecanora chlarotera</i>	Crustacé			
<i>Lecanora dispersa</i>	Crustacé			
<i>Lecidella elaeochroma</i>	Crustacé			
<i>Lepraria incana</i>	Crustacé			
<i>Opegrapha lichenoides</i>	Crustacé			
<i>Dirina ceratonia</i>	Crustacé			
<i>Pertusaria hymenea</i>	Crustacé			
<i>Xanthoria parietina</i>	Foliacé			
<i>Ramalina duriae</i>	fructiculeux			
<i>Bacidia rebella</i>	Crustacé			
<i>Phycitis agelaea</i>	Crustacé			
<i>Caloplaca helocarpa</i>	Crustacé			



Espèce retrouvée uniquement dans le jardin français



Espèces retrouvées uniquement dans le jardin anglais



Espèces communes aux deux jardins et l'arboretum

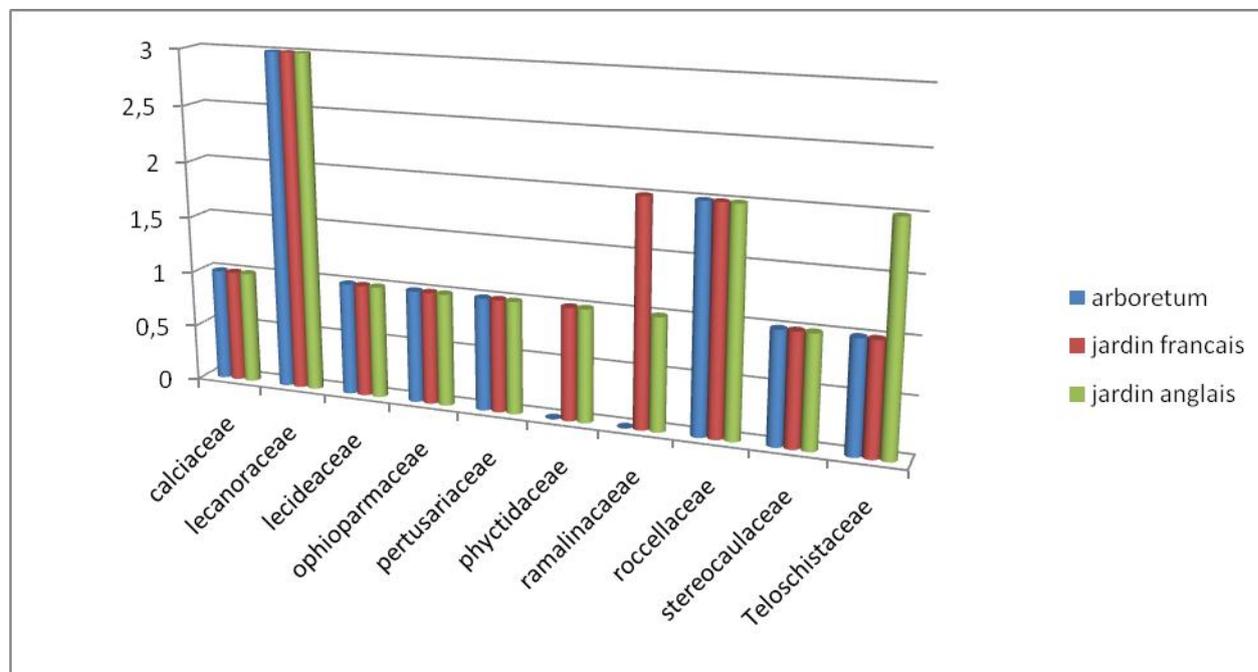


Espèces communes aux deux jardins

Il est à noter que sur les 15 espèces retrouvés dans les jardins français et anglais, 4 espèces n'ont pas été retrouvées dans nos relevés au niveau de l'arboretum à savoir : *Ramalina duriae*, *Bacidia rebella*, *Phycitis agelaea* et *Caloplaca helocarpa*.

3.3.1- SPECTRE SYSTEMATIQUE

Les lichens recensés dans l'arboretum au cours de notre présente étude se répartissent sur 10 familles. La figure 16 montre le spectre systématique des espèces lichéniques que nous avons rencontrées au niveau de l'arboretum comparé à celui du jardin anglais et du jardin français.



La figure 16 : le spectre systématique des espèces lichéniques de l'arboretum et les jardins français et anglais.

Nous relevons du spectre systématique la présence de 10 familles ; les Lecanoraceae représente une importance quantitative pour les trois sites (arboretum, jardin anglais et jardin français) avec les trois espèces *Lecanora siena*, *Lecanora chlorotera* et *Lecanora dispersa*.

Les Roccellaceae avec les deux espèces *Opegrapha lichenoides* et *Dirina ceratonia* sont également présentes dans les trois sites.

Les Calciaceae, les Lecideaceae, les Ophioparmaceae, les Pertusariaceae et les Stereocauliaceae se retrouvent dans les trois sites représentées par une seule espèce pour chaque famille.

Les deux familles Phycitidaceae et Ramalinaceae représentés par une seule espèce dans les deux jardins français et anglais sont absentes dans l'arboretum.

3.3.2-SPECTRE PHYSIONOMIQUE

Nous avons distingué pour les espèces récoltées dans l'arboretum du jardin d'essai selon **Ozenda et Clauzade (1970)** deux types physionomiques à savoir les crustacés et les foliacés. Ce

spectre (**Figure.17**) a été comparé avec les spectres physiologiques des deux jardins français (**Figure.18**) et anglais (**Figure.19**)

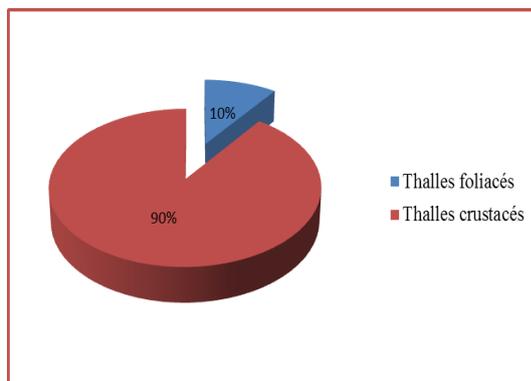


Figure.17 :. Spectre physiologique des lichens recensés dans l'arboretum du jardin d'essai

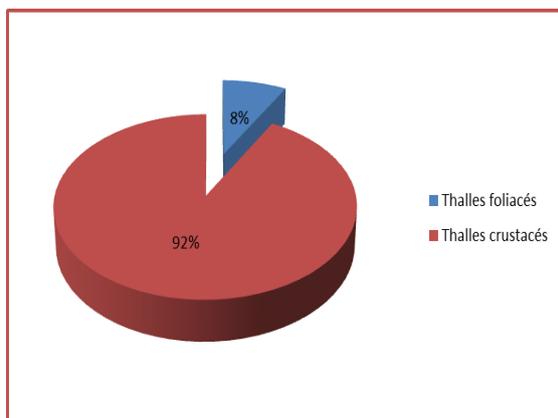


Figure.18 : Spectre physiologique des lichens du jardin anglais

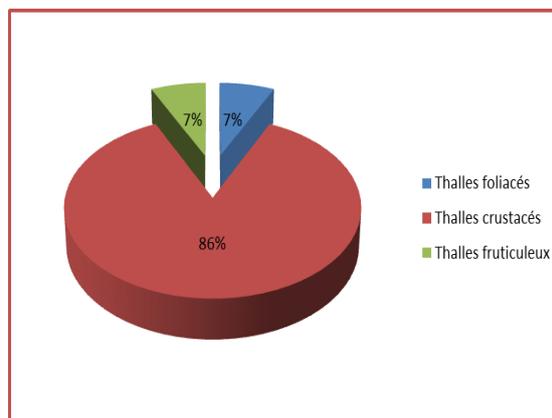


Figure .19 : Spectre physiologique des lichens du jardin français

Le spectre physiologique de ces lichens recensés montre une similarité de répartition des lichens aux thalles crustacés (92%) et foliacés (08%) pour le jardin anglais et l'arboretum (90%aux thalles crustacés et 10% aux thalles foliacés).

Tandis que le jardin français présente trois types de lichens : les crustacés (86%), les foliacés(7%) et les fruticuleux (7%).

3.4- FREQUENCE DES ESPECES LICHENIQUES RECENSEES DANS L'ARBORETUM

La figure 20 indique la dominance de l'espèce *Dirina ceratonia* retrouvée sur 45 phorophytes, suivi de *Lecidella elaeochroma* avec 42 présences sur les phorophytes, *Xanthoria parietina* avec 34 présences, *Pertusaria hymenea* et *Lepraria incana* avec une fréquence moyenne avec 20 et 19 présences respectivement. Quant à *Diploicia canescens*, *Opegrapha lichenoide*, elles sont recensées sur 4 phorophytes ainsi que *Lecanora chlarotera* sur uniquement 2 phorophytes, elles sont les espèces les moins fréquentes.

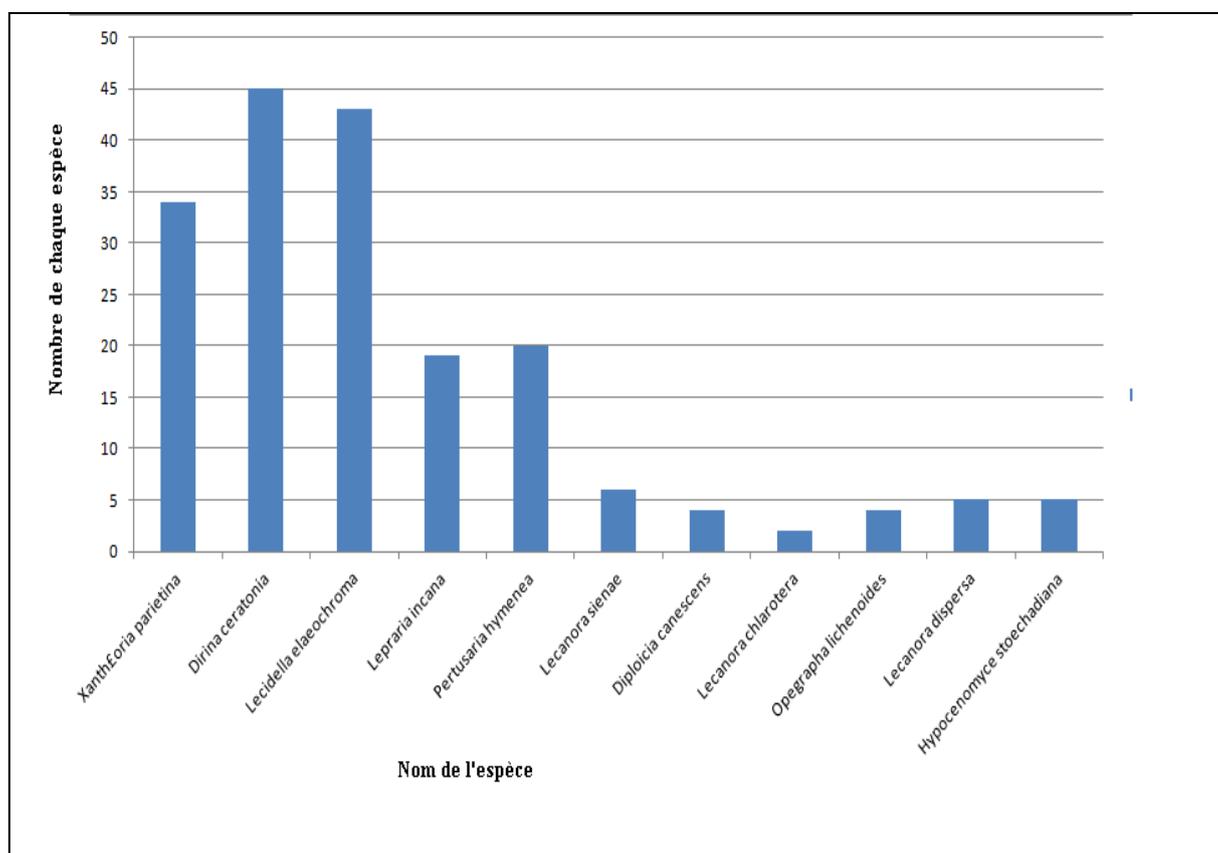


Figure.20 : Abondance des espèces prélevées dans l'arboretum du jardin d'essai.

3.5-Résultats de l'Indice de la Qualité de l'Air (IQA)

Le tableau X regroupe les résultats des valeurs d'IQA de l'ensemble des stations étudiées (annexe I).

Tableau X : Classification des stations selon l'échelle Kirschbaum et Wirth (1997).

n° de la station	Nom de La station	n° du site	Valeur d'IQA	Pollution atmosphérique
01	Exotique	01	25,16	Moyenne
		02	21,33	Elevée
02	Pins de Canaris	03	13,33	Elevée
03	Colline des arcades	04	10,83	Elevée
		05	15,83	Elevée
		06	16,66	Elevée
		07	16,33	Elevée
04	Formation naturelle	08	23	Elevée
		09	26,66	Moyenne

Les valeurs de l'indice de la qualité de l'air varient entre 10,83 et 26,66 pour les 9 sites. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans le site 1 (station exotique) et les sites 8 et 9 (station de formation naturelle) alors que les valeurs moyennes caractérisent les stations de la colline des arcades . Selon l'échelle de la qualité de l'air de Kirschbaum et Wirth (1997), les sites 1 et 9 sont caractérisés par une pollution moyenne alors que les autres stations subissent une pollution élevée.

3.6-RESULTATS DE L'INDICE DE PURETE ATMOSPHERIQUE (IPA)

Les valeurs de l'indice de pureté atmosphérique (Annexe II) de notre zone d'étude sont rassemblées dans le tableau XI. Les résultats obtenus respectivement pour les 09 sites regroupés en 04 stations nous donnent une appréciation globale de la qualité de l'air.

Tableau XI : Valeurs d'IPA calculées de l'arboretum du jardin d'essai.

n° du site	Nom de la Station	IPA	n° du site	Nom de la Station	IPA	n° du site	Nom de la Station	IPA
01	Exotique	15.35	04	colline des arcades	9.16	07	colline des arcades	9.77
02	Exotique	16.39	05	colline des arcades	10.45	08	Formation naturelle	12
03	Pin des canaris	8.98	06	colline arcades	10.67	09	Formation naturelle	17.31

Les valeurs d'IPA (annexe II) varient entre 8.98 et 17.31, les faibles valeurs sont enregistrés dans 6 stations dont la plupart sont localisés dans la colline des arcades (sites 3, 4, 5, 6 et 7) et sont ainsi classés en zones II avec une mauvaise qualité de l'air. ;**Ghennam (2011)** a classé le jardin d'essai dans la zone II .

Cependant, les trois sites 1 et 2 (station exotique) et 9 (formation naturelle) présentent des valeurs d'IPA élevés (15,35 ,16.39 et 17,31) respectivement, ils sont classés dans la zone III caractérisée par une qualité d'air moyenne (tableau XII).

le jardin français, est classé dans les zones I, II et selon **Akka et Azzi (2013)** Alors que le jardin anglais est classé dans les zones I, II et III selon (**Agumya et Imbula, 2013**).

Tableau XII : Nombre de stations par classe d'IPA et par zone.

Zones	Classe des IPA	Qualité de l'air	couleur	Nombres des sites
I	(0-7)	Très mauvaise	rouge	0
II	(7-14)	Mauvaise	orange	6
III	(14-21)	Moyenne	jaune	3
IV	(21-28)	Bonne	verte	0
V	(28-35)	Très bonne	cyan /bleu	0

3.7-INTERPRETATION DES VALEURS d'IPA

Pour interpréter les valeurs de l'IPA nous avons pris en considération un certain nombre de facteurs à savoir : la proximité des voies de trafic automobile, les infrastructures, le couvert végétal, Altitude, le vent et le type de phorophytes.

3.7.1- Proximité des voies de trafic automobile

Selon **Maizi 2013** l'exiguïté de certaines ruelles de l'agglomération fortement exposées à un trafic routier intense, favorise la concentration des gaz d'échappement de ces véhicules .

Les valeur d'IPA enregistrées dans les sites 6 et 7 de la colline des arcades qui donnent sur la route Khalifa Olmane ne sont pas élevés (10,67 e 9,77) respectivement, et témoignent une mauvaise qualité de l'air.

3.7.2- Infrastructures

Au niveau de la colline des arcades, les sites qui avoisinent les restaurants (site 5) , l'office Ryad el Fath (site3) et le village des artistes (site 4) ont des faibles valeurs d'IPA (10.45 ,9.16 et 8.98) respectivement, ces valeurs reflètent une baisse diversité lichenique et une mauvaise qualité de l'air .

AKKA et AZZI (2013) ont constaté que la présence des établissements ont joué un rôle non négligeable dans la baisse valeur d'IPA dans le coté anglais du jardin d'essai.

Selon **Fadel, 2013** Les stations qui sont faiblement ou non polluées sont situées loin des sources d'émissions des unités industrielles et des sources urbaines.

3.7.3- Couvert végétal

Les sites 1 et 2 qui présentent des valeur d'IPA élevées (15.35 et16.39) sont caractérisés par une couverture végétale assez dense, formée par les espèces exotiques (présence principalement de *Araucaria bidwili*, *Araucaria cooki*) ainsi que le site 9 qui est une formation naturelle caractérisé par la présence de différentes espèces d'arbres.

Cette couverture joue le rôle d'écran d'arbre et empêche la circulation libre de l'air et protège les lichens corticoles à l'exposition directe du soleil.

3.7.4 Altitude

La diversité lichénique dans l'arboretum est de 11 espèces, par contre dans la partie française et anglaise du jardin elle atteint 14 espèces. L'absence de certaines espèces peut être due au facteur altitude qui a fait que les 4 espèces n'apparaissent pas à des hautes altitudes

En effet, **Signoret, 2014** a constaté que l'analyse de la richesse spécifique par rapport à l'altitude des stations montre une tendance à la baisse du nombre de taxons en altitude, probablement expliquée par des conditions climatiques.

3.7.5- Vent

Le vent dominant dans l'arboretum de jardin d'essai est un vent d'Ouest, il contribue probablement à la modification des valeurs d'IPA.

En effet, le site 8 qui présente la valeur IPA égale à 12 est influencée directement par l'action de vent qui lui apporte l'air pollué provenant des infrastructures industrielles de la capitale Alger (port d'Alger, zone industrielles, ...) et du trafic routier.

Fadel (2013) a constaté que dans la ville de Skikda les stations moyennement à fortement polluées sont situées dans le couloir de la circulation de l'air pollué générée par les vents dominants du nord-ouest. Ces derniers traversent la zone industrielle et transportent les polluants émis par les différentes unités pour les déposer dans les stations qui se trouvent dans sa direction.

3.7.6-Le type de phorophytes :

Les sites 1 et 2 de la parcelle exotique et le site 09 de la parcelle de la formation naturelle recèlent diverses espèces d'arbres (*Araucaria bidwili*, *Araucaria cooki*, *Ceratonia celiqua*, *Ficus microphylla*, *Ficus macrophylla*, *Morus nigra*, ...) et nos relevés lichéniques dans ces stations ont révélé une diversité lichénique élevée accompagnée de grandes valeurs d'IPA (15.35, 16.39 et 17.31).

les cortèges de lichens épiphytes peuvent être influencés par les caractéristiques physico-chimiques de l'écorce et par l'espèce du phorophyte (**Signoret, 2014**)

En effet, selon **Gombert et al (2004)** les lichens sont classés par catégorie écologique : les espèces nitrophiles dont le pH de l'écorce est basique, les espèces acidophiles dont le pH de l'écorce est acide et les espèces indifférenciées vis-à-vis du pH de l'écorce ;

Le PH ainsi que le type de l'écorce sont des facteurs qui influent sur la présence des espèces épiphytes et la variation des valeurs d'IPA.

Conclusion générale

Conclusion générale

La pollution atmosphérique a touché la capitale Alger, suite à l'augmentation de la densité de la population et l'accroissement du trafic routier et de l'activité industrielle.

Le jardin d'essai du Hamma considéré comme le poumon de la capitale a connu une estimation de la qualité de l'air par le biais de la bioindication lichénique dans sa partie anglaise et française en 2013.

Afin de compléter cette détection sur sa partie supérieure nous avons effectué des prélèvements de lichens corticoles dans son arboretum.

Dans 9 sites répartis sur 4 stations au sein de l'arboretum, nous avons réalisé des prélèvements de lichens épiphytes sur 54 phorophytes.

Notre étude repose sur l'utilisation de deux approches quantitatives, l'estimation de l'indice de la qualité de l'air IQA de **Kirschbaum et Wirth (1997)** et l'indice de la pureté de l'air IPA de **Leblanc et De Sloover (1970)**.

Au total 11 espèces lichéniques ont été recensés et identifiées dont 10 espèces sont crustacées et 1 espèce foliacée. Toutes ces espèces ont été retrouvées dans le jardin français et anglais dans des études antérieures avec dominance des espèces *Dirina ceratonia*, *Lecidella elaeochroma* et *Xanthoria parietina*.

Les sites de prélèvements qui se situent à proximité de la circulation automobile sont caractérisés par une faible diversité lichénique et une mauvaise qualité de l'air, les sites 6 et 7 qui donnent sur les routes Khalifa Olmane sont caractérisés par des faibles IPA et une mauvaise qualité de l'air.

Lorsque les sites sont caractérisés par la diversité de phorophytes qui sont dotées d'une couverture végétale dense, les valeurs d'IPA sont élevées. Pour le site 1 et 2 (exotique) et le site 9 (formation naturelle), ils sont caractérisés par une qualité d'air moyenne.

L'exposition à d'autres paramètres tels que la présence des infrastructures dans les sites où nous avons effectué des prélèvements des lichens corticoles, cas des sites 3, 4 et 5 proches de l'édifice de l'office de Ryad el Fath, les restaurants et le village des artistes les IPA sont faibles et la qualité de l'air est mauvaise.

Nos résultats retrouvés complètent les études antérieures réalisées dans les jardins français et anglais du jardin d'essai sous des conditions particulières et apportent des données nouvelles sur La bioindication lichénique.

Cette approche qui ne fournit pas de données chiffrées sur les concentrations de polluants atmosphériques devra se prolonger afin de cibler d'autres zones touchées par la pollution atmosphérique.

Il serait aussi intéressant de rechercher la nature des différents polluants présents et analyser leurs effets et évaluer l'impact de ces derniers sur les milieux naturels par dosage de certains biomarqueurs ou par bioindication active.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

ABBAR A., 2009. Diversité lichénique et qualité de l'air dans le massif peu anthropisé au sein du parc du Chréa .Mémoire d'ingénieur d'état ,USTHB

AGNAN Y., 2013. Bioaccumulation et bioindication par les lichens de la pollution atmosphérique actuelle et passée en métaux et en azote en France : sources, mécanismes et facteurs d'influence. Doctorat de l'université de Toulouse. INP Toulouse ,37p.

AGUMYA E., IMBULA M., 2013. Evaluation de la qualité de l'air du jardin d'essai du Hamma (coté français) par la biosurveillance lichénique. thèse de master en écologie et enivrement USTHB , 45 p.

AHMADJIAN V. 1986. The lichen symbiosis .John Wiley Edit ,New York

AIT HAMMOU M., 2011. laflore lichénique de la région de Tiaret :aspects fondamentaux .colloque international « especes végétales et microbiennes décrites en Algérie 1962-2011 »

AKKA S., AZZI A., 2013. Biosurveillance de la pollution atmosphérique par les lichens au niveau du jardin d'essai du Hamma :cas du jardin anglais. thèse de master en écologie et enivrement USTHB. 48 p.

ALIOUA A., MAIZI N., et TAHAR A., 2008. Caractérisation de la pollution par le NO₂ à l'aide d'un couplage de technique biologique et physico-chimique dans la région de Annaba (Algérie). *Pollut. Atmos.*, 50, 325-332

ALIOUA A., MAIZI N., SEMADI F., TAHAR A. ET KAHOU L M., 2008. Détection et étude de la Pollution mercurielle à L'aide des bioindicateurs dans la Région de Azzaba (Algérie Orientale). *European Journal of Scientific Research*, 22 p.

AOUADI A., 2010. cartographe de la distribution atmosphérique d'origine automobile au niveau de la région d'EL KALA en utilisant *pistacia lentistus* thèse de magistère en écologie végétale.

ASTA J., 1998. Brève histoire de la lichénologie dans les Alpes françaises nord-occidentales. *Écologie* 29: 261–265.

BELLENFANT et AL., 2010. Les lichens une symbiose exemplaire *Rev. Sci Bourgogne nature*, 38p

BENMENNI K., BOULKHELOUA K., 2010. Etude écologique et dendrométrique de l'arboretum de bois des arcades : état actuelle et perspectives. Thèse d'ingénieur USTHB 17p

BICAUD O., 2010 les lichens des forets de la région méditerranéenne française et leur relation avec la continuité écologique des boisement . 7p

CLAUZADE D., ROUX., 1987. Généralités sur les lichens et leur détermination .*bul .de la societe boanique centre –ouest* tome 18 ,154p

CARRA P. et GUIT M., 1952. Le Jardin d'Essai du Hamma, Alger, Direction d'horticulture, Alger, 28 p.

CLAUZADE G et ROUX C., 1987. Généralités sur les lichens et leur détermination .*Bult de la société botanique centre-ouest* N18 ,154p.

CUNY D. et VAN HALUWYN C. et DAVRANCHE L., 2003. intégration de la bioindication de la qualité globale de l'air à l'aide des lichens « sentinelle de l'air » *Air pur* 64 . 35p

CUNY D., RZEPKA MA., VAN HALUWYN C., 2008. Introduction à la biosurveillance végétale et fongique de la qualité de l'air. *Spectra analyse*, pp35-36

DERUELLE S. ET LALLEMANT R., 1983. Les lichens témoins de la pollution. Vuibert : Paris. 105 p.

DERUELLE S., 1978. « Les lichens et la pollution atmosphérique. » *Bull. Ecol.* T. 9 (2): Paris. 87-128 p.

DERUELLE S., 1994. Utilisation des lichens comme bioindicateurs de la qualité de l'air. Module L'homme et la biosphère ». Université. Paris VI : Paris.21 p.

FADEL D., ZGA F., 2013. , biosurveillance de la pollution atmosphérique d'une ville du nord est algerien par la combinaison de deux méthode quantitatives : indice du pureté atmosphérique (IPA) et de l'indice de poéotolérance (IP) *Revue Synthèses* N° 22; Février; 2013, p. 57

GARBOLINO E., 2014. Les bioindicateur du climats principes et caractéristiques. Paris : presse de MINES.

GAUDILLERE E., 2001. Les Lichens corticoles autour du_ CEA/Valduc :Recensement et mode de répartition Recherche d'effets éventuels des rejets de tritium sur les associations Lichéniques Maîtrise de biologie des populations et des écosystèmes

GHENNAM K., 2011. Les lichens dans l'Algérois, étude de leur biodiversité et biosurveillance par SIG de la qualité de l'air. Thèse de Magister. USTHB. Alger. 80 p

HABASHI C., CLERC P., inventaire de la ville de Genève, rapport de projet Aalborg (version 2)

HAWKSWORTH D. L., 1994. 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 apiphytic lichens. *Nature* 227, 145-148..

HAWKSWORTH D.L., 1988. The variety of fungal-algal symbioses, their evolutionary significance, and the nature of lichens. *Bot. J. Lin. Soc.* 96, 3-20.

INDEX SEMINUM., 2009. Jardin botanique du Hamma.Alger, .

KHALIL K., 2000 ; Utilisation de bioindicateurs végétaux (lichens et tabac) dans la détection de la pollution atmosphérique de la région lyonnaise, Thèse pour le Doctoral en Biologie : Université Joseph Fourier de Grenoble, 2000, 180p.

KRISCHBAUM ET WIRTH., 1997 Les lichens bio-indicateurs, les reconnaître, évaluer la qualité de l'air. Paris : Les Éditions Eugen Ulmer, 1997. 128 Pages.

LEBLANC, F. & DE SLOOVER, J. 1970. Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. *Canadian Journal of Botany* 48 (8): 1485–1496.

LEFFRAY X., 2008. Pollution atmosphérique dans la vallée de l'Arc (Maurienne,Savoie) Nouvelle approche de biosurveillance végétale .these de doctorat en biologie vegetale et forestiere universite Henri Poincare, nancy-1

LEGRAND, I., 1991. Végétation lichénique corticole et caractéristiques physico-chimiques des écorces: relation avec la symptomatologie du dépérissement des forêts dans les Alpes du Nord. Thèse doctorat, université de Grenoble I, 202 p.

MAIZI N., 2013. Caractérisation de la pollution plombique à l'aide des bioindicateurs végétaux : un lichen (*Ramalina farinacea*), une mousse (*Funaria hygrometrica*) et quelques espèces phanérogamiques dans la région de ANNABA (Algerie) thèse de doctorat biologie végétale.129p.

MAIZI N., 2006. Jumelage des bio indicateurs végétaux : (*Xanthoria parietina*) et (*Funaria hygrometrica*) aux réseaux de surveillance et de contrôle de la qualité de l'air *Sama Safia* dans la région de Annaba. Mémoire de Magister, Université de Annaba. (2006) 176 p.

MASCLET P., 2005. Pollution atmosphérique, causes, conséquences, perspectives. Ellipes Edition Marketing S.A 28p

MASSON J.C. IFE., 2014. Clés d'identification de quelque lichens colicoles

MUKERJI KG., CHAMOLA BP. et AL., biology of lichens. .A raval books international new delhi 10020. 3,4 PP

NASH T. H., 2008. In Habashi M,Clerc P ;2013 . inventaire de la ville de Geneve, *bulletin de la société Neuchateloise des sciences naturelles* 133:21-42

NERRIERE E., 2004, distribution de l'exposition de la population urbaine à des polluants particules et gaz génotoxiques et évaluation de risque de cancer. thèse de doctorat .Université Henri Poincare Nancy-1

OZENDA P. ET CLAUZADE G., 1970. Les lichens étude biologique et flore illustrée Edi Masson & Cie. Paris, 801 P.

OZENDA P., 1990. Sur les divisions phytoécologique de l'Europe. *Ecologia méditerranéa XVI*, 299-315

RAHALI M.,2003.Etude de la pollution plombique et globale dans la région d'Alger en utilisant les lichens comme bioindicateurs biologiques .Thèse de Doctorat .Alger

RAMADE F., 1999 Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Paris : Edi science, 1999. 690 pages.

RAMADE F., 2000. Elément d'écologie, écologie appliquée. Paris :Ed DUNOD,

RAVEN P. H., BERG L., HASENZAH D., 2009. Environnement 7 eme édition. Bruxelles :De Boeck S.A, 687p .

RZEPKA M., CUMY D., 2008. biosurveillance végétale et logique des EMT atmosphériques *Air pur 75* : 66

SEMADI A., 1989., Effets de la pollution atmosphérique sur la végétation dans la région d'Annaba (Algérie), Thèse de Doctorat d'Etat. Univ. P et M.C. Paris VI,

SIGNORET., 2014, biosurveillance de l'environnement par les lichens dans les reserves naturelles nationales de la tourbière de Machai et du massif du Grand Ventron *rapport Air Lorraine* 49p

WILAYA D'ALGER EPA et JARDIN BOTANIQUE DU HAMMA., 2013.Rapport de présentation du jardin botanique du Hamma. 37p

WILAYA D'ALGER et MAIRIE DE PARIS.,2012. Guide illustré de la flore algérienne. Paris Février 2012. 95 P.

Sites :

<http://www.ac-lille.fr/lichen/>

<http://lichonlogue.org/fr>

Annexes

ANNEXES

ANNEXE I

Tableaux n° XIII :calcul de l'indice de la qualité de l'air

Site N° 1:(parcelle exotique) Altitude : 134 Latitude : 36°74'47'' N Longitude : 3°0.72'25'' E							
Numéro de phorophytes	1	2	3	4	5	6	Fréquence moyenne
Espèce lichénique							
<i>Xanthoria parietina</i>	0	8	0	7	0	6	3.5
<i>Dirina ceratonia</i>	6	0	5	8	7	9	5.83
<i>Lecidella elaeochroma</i>	9	7	7	0	5	4	5.66
<i>Lepraria incana</i>	0	6	8	0	7	0	3.66
<i>Pertusaria hymenea</i>	0	0	8	0	6	8	3.66
<i>Lecanora sienae</i>	8	9	0	0	0	0	2.83
QA (indice de la qualité de l'air)	Somme des fréquences moyennes						25.16

Site N° 2:(parcelle exotique) Altitude : 137 Latitude : 36°74'49'' N Longitude : 3°0.72'56'' E							
Numéro de phorophytes	7	8	9	10	11	12	Fréquence moyenne
Espèce lichénique							
<i>Xanthoria parietina</i>	0	7	8	5	6	0	4.33
<i>Dirina ceratonia</i>	6	6	5	4	0	5	4.33
<i>Lecidella elaeochroma</i>	0	0	8	6	6	0	3.33
<i>Lepraria incana</i>	0	0	0	5	6	0	1.83
<i>Pertusaria hymenea</i>	8	0	0	7	4	0	3.16
<i>Lecanora sienae</i>	0	8	0	7	0	0	2.5
<i>Diploicia canescens</i>	0	6	5	0	0	0	1.83
IQA (indice de la qualité de l'air)	Somme des fréquences moyennes						21.33

Site N°:3 (parcelle pin des canaris) Altitude : 164 Latitude : 36°44'32'' N Longitude : 3°0.72'37'' E							
Numéro de phorophyte	13	14	15	16	17	18	Fréquence moyenne
Espèce lichénique							
<i>Xanthoria parietina</i>	0	6	5	7	0	0	3
<i>Dirina ceratonia</i>	3	0	4	6	5	7	4.16
<i>Lecidella elaeochroma</i>	5	0	0	3	5	2	2.5
<i>Lepraria incana</i>	3	4	6	0	0	0	2.16
<i>Pertusaria hymenea</i>	2	5	0	0	0	0	1.16
<i>Lecanora sienae</i>	0	0	2	0	0	0	0.33
IQA (indice de la qualité de l'air)	Somme des fréquences moyennes						13.33

Site N° 4 :(bois des arcades) Altitude : 166 Latitude : 36°44'76'' N Longitude : 3°0.72'64'' E							
Numéro de phorophyte	19	20	21	22	23	24	Fréquence moyenne
Espèce lichénique							
<i>Xanthoria parietina</i>	0	5	3	4	0	3	2.5
<i>Dirina ceratonia</i>	4	8	6	0	0	6	4
<i>Lecidella elaeochroma</i>	5	3	2	4	0	4	3
<i>Lepraria incana</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pertusaria hymenea</i>	0	2	3	0	0	0	0.83
<i>Lecanora chlarotera</i>	0	0	2	1	0	0	0.5
IQA (indice de la qualité de l'air)	Somme des fréquences moyennes						10.83

Site N° 5: (bois des arcades) Altitude : 174 Latitude : 36°74'44'' N Longitude : 3°0.72'38'' E							
Numéro de phorophyte	25	26	27	28	29	30	Fréquence moyenne
Espèce lichénique							
<i>Xanthoria parietina</i>	3	4	6	0	4	0	2.83
<i>Dirina ceratonia</i>	6	4	5	5	6	0	4.33
<i>Lecidella elaeochroma</i>	6	7	5	0	8	0	4.33
<i>Lepraria incana</i>	0	0	0	4	5	0	1.5
<i>Pertusaria hymenea</i>	4	0	0	0	0	2	1
<i>Opegrapha lichenoides</i>	0	0	4	7	0	0	1.83
IQA (indice de la qualité de l'air)	Somme des fréquences moyennes						15.83

Site N° 6:(bois des arcades) Altitude : 178 Latitude : 36°74'32'' N Longitude : 3°0.72'29'' E							
Numéro de phorophyte	31	32	33	34	35	36	Fréquence moyenne
Espèce lichénique							
<i>Xanthoria parietina</i>	0	6	6	7	6	0	4.16
<i>Dirina ceratonia</i>	4	3	5	6	4	6	4.66
<i>Lecidella elaeochroma</i>	3	5	2	3	3	2	3
<i>Lepraria incana</i>	0	0	6	0	4	0	1.66
<i>Pertusaria hymenea</i>	0	3	0	7	0	0	1.66
<i>Lecanora dispersa</i>	0	0	5	4	0	0	1.5
IQA (indice de la qualité de l'air)	Somme des fréquences moyennes						16.66

Site N°: 7 (bois des arcades) Altitude : 171 Latitude : 36°74'68'' N Longitude : 3°0.72'58'' E							
Numéro de phorophyte	37	38	39	40	41	42	Fréquence moyenne
Espèce lichénique							
<i>Xanthoria parietina</i>	0	0	6	3	5	0	2.33
<i>Dirina ceratonia</i>	7	3	5	0	4	5	4
<i>Lecidella elaeochroma</i>	2	5	6	6	4	2	4.16
<i>Lepraria incana</i>	6	0	0	4	3	0	2.16
<i>Pertusaria hymenea</i>	0	0	0	0	6	5	1.83
<i>Diploicia canescens</i>	0	0	5	6	0	0	1.83
IQA (indice de la qualité de l'air)	Somme des fréquences moyennes						16.33

Site N° 8 : (parcelle naturelle) Altitude : 172 Latitude : 36°74'21'' N Longitude : 3°0.72'42'' E							
Numéro de phorophyte	43	44	45	46	47	48	Fréquence moyenne
Espèce lichénique							
<i>Xanthoria parietina</i>	0	6	9	7	0	5	4.5
<i>Dirina ceratonia</i>	7	5	6	6	4	0	4.66
<i>Lecidella elaeochroma</i>	5	4	7	5	0	4	4.16
<i>Lepraria incana</i>	5	6	0	0	0	0	1.83
<i>Pertusaria hymenea</i>	0	9	7	6	0	0	3.66
<i>Hypocenomyce stoechadiana</i>	0	5	7	0	0	0	2
<i>Opegrapha lichenoides</i>	0	6	0	7	0	0	2.16
IQA (indice de la qualité de l'air)	Somme des fréquences moyennes						23

Site N° 9 :(parcelle naturelle) Altitude : 169 Latitude : 36°74'68'' N Longitude : 3°0.72'76'' E							
Numéro de phorophyte	49	50	51	52	53	54	Fréquence moyenne
Espèce lichénique							
<i>Xanthoria parietina</i>	6	8	7	5	8	0	5.66
<i>Dirina ceratonia</i>	7	9	8	8	0	7	6.5
<i>Lecidella elaeochroma</i>	5	3	4	7	0	5	4
<i>Lepraria incana</i>	0	0	0	8	6	0	2.33
<i>Pertusaria hymenea</i>	4	6	6	0	0	0	2.66
<i>Lecanora dispersa</i>	0	8	6	0	5	0	3.16
<i>Hypocenomyce stoechadiana</i>	0	0	7	4	3	0	2.33
IQA (indice de la qualité de l'air)	Somme des fréquences moyennes						26.66

ANNEXE II

Tableaux n° XVI : calcul de l'indice de la pureté de l'air

Calcul de l'indice de la pureté de l'air du site 1

Numéro de phorophytes		01	02	03	04	05	06	
Espece lichenique	Q	Coefficient de recouvrement F						
<i>Xanthoria parietina</i>	3.5	0	3	4	3	3	0	
<i>Dirina ceratonia</i>	2.33	3	3	2	2	0	2	
<i>Lecidella elaeochroma</i>	2.35	0	0	2	3	2	0	
<i>Lepraria incana</i>	3	0	0	0	2	3	0	
<i>Pertusaria hymenea</i>	3.5	2	0	0	2	2	0	
<i>Lecanora sienae</i>	3.75	0	2	0	2	0	0	
<i>Diploicia canescens</i>	2.75	0	2	3	0	0	0	
IPA Stationnel		1.3	3.04	3.16	4.27	3.12	0.46	15.35

Calcul de l'indice de la pureté de l'air du site 2

Numéro de phorophytes		07	08	09	10	11	12	
Espece lichenique	Q	Coefficient de recouvrement F						
<i>Xanthoria parietina</i>	3.5	0	3	0	4	0	2	
<i>Dirina ceratonia</i>	2.33	0	0	3	3	3	2	
<i>Lecidella elaeochroma</i>	2.35	2	4	3	0	4	2	
<i>Lepraria incana</i>	3	0	3	2	0	2	0	
<i>Pertusaria hymenea</i>	3.5	0	0	2	0	2	3	
<i>Lecanora sienae</i>	3.75	2	3	0	0	0	0	
IPA Stationnel		1.71	4.07	2.70	2.3	2.33	2.68	16.39

Calcul de l'indice de la pureté de l'air du site 3

Numéro de phorophytes		13	14	15	16	17	18	
Espece lichenique	Q	Coefficient de recouvrement F						
<i>Xanthoria parietina</i>	3.5	0	2	3	2	0	0	
<i>Dirina ceratonia</i>	2.33	2	0	2	1	2	2	
<i>Lecidella elaeochroma</i>	2.35	2	0	0	2	1	1	
<i>Lepraria incana</i>	3	1	3	1	0	0	0	
<i>Pertusaria hymenea</i>	3.5	2	2	0	0	0	0	
<i>Lecanora chlarotera</i>	3.75	0	0	1	0	0	0	
IPA Stationnel		1.93	2.3	2.19	1.4	0.46	0.7	8.98

Calcul de l'indice de la pureté de l'air du site 4

Numéro de phorophytes		19	20	21	22	23	24	
Espece lichenique	Q	Coefficient de recouvrement F						
<i>Xanthoria parietina</i>	3.5	0	2	2	1	1	2	
<i>Dirina ceratonia</i>	2.33	2	1	1	0	0	1	
<i>Lecidella elaeochroma</i>	2.35	2	1	1	2	0	2	
<i>Lepraria incana</i>	3	0	0	0	0	0	0	
<i>Pertusaria hymenea</i>	3.5	0	2	2	0	0	0	
<i>Lecanora chlarotera</i>	3.75	0	0	1	2	0	0	
IPA Stationnel		0.93	1.86	2.7	1.57	0.7	1.4	9.16

-

Calcul de l'indice de la pureté de l'air du site 5

Numéro de phorophytes		25	26	27	28	29	30	
Espece lichenique	Q	Coefficient de recouvrement F						
<i>Xanthoria parietina</i>	3.5	2	1	2	0	3	0	
<i>Dirina ceratonia</i>	2.33	2	2	2	2	1	0	
<i>Lecidella elaeochroma</i>	2.35	2	2	2	0	2	0	
<i>Lepraria incana</i>	3	0	0	0	2	2	0	
<i>Pertusaria hymenea</i>	3.5	2	0	0	0	0	3	
<i>Opegrapha lichenoides</i>	2.5	0	0	1	2	0	0	
IPA Stationnel		2.33	1.28	1.88	1.56	2.35	1.05	10.45

Calcul de l'indice de la pureté de l'air du site 6

Numéro de phorophytes		31	32	33	34	35	36	
Espece lichenique	Q	Coefficient de recouvrement F						
<i>Xanthoria parietina</i>	3.5	0	3	2	2	1	0	
<i>Dirina ceratonia</i>	2.33	2	1	1	1	2	2	
<i>Lecidella elaeochroma</i>	2.35	2	2	2	2	2	1	
<i>Lepraria incana</i>	3	0	0	1	0	1	0	
<i>Pertusaria hymenea</i>	3.5	0	2	0	2	0	0	
<i>Lecanora dispersa</i>	3.75	0	0	2	2	0	0	
IPA Stationnel		0.93	2.45	2.15	2.85	1.58	0.7	10.67

Calcul de l'indice de la pureté du site 7

Numéro de phorophytes		37	38	39	40	41	42	
Espece lichenique	Q	Coefficient de recouvrement F						
<i>Xanthoria parietina</i>	3.5	0	0	1	2	2	0	
<i>Dirina ceratonia</i>	2.33	2	1	2	0	1	2	
<i>Lecidella elaeochroma</i>	2.35	3	2	2	2	3	2	
<i>Lepraria incana</i>	3	1	0	0	1	2	0	
<i>Pertusaria hymenea</i>	3.5	0	0	0	0	2	1	
<i>Diploicia canescens</i>	2.75	0	0	2	2	0	0	
IPA Stationnel		1.47	0.7	1.98	2.01	2.33	1.28	9.77

Calcul de l'indice de la pureté de l'air du site 8

Numéro de phorophytes		43	44	45	46	47	48	
Espece lichenique	Q	Coefficient de recouvrement F						
<i>Xanthoria parietina</i>	3.5	0	3	2	2	0	1	
<i>Dirina ceratonia</i>	2.33	1	2	2	2	1	0	
<i>Lecidella elaeochroma</i>	2.35	2	1	3	2	0	2	
<i>Lepraria incana</i>	3	3	2	0	0	0	0	
<i>Pertusaria hymenea</i>	3.5	0	2	2	1	0	0	
<i>Hypocenomyce stoechadiana</i>	4	0	2	3	0	0	0	
<i>Opegrapha lichenoides</i>	2.5	0	3	0	2	0	0	
IPA Stationnel		1.6	3.9	2.97	2.48	0.23	0.82	12

Calcul de l'indice de la pureté de l'air du site 9

Numéro de porophytes		49	50	51	52	53	54	
Espece lichenique	Q	Coefficient de recouvrement F						
<i>Xanthoria parietina</i>	3.5	2	2	2	3	1	0	
<i>Dirina ceratonia</i>	2.33	2	2	2	1	0	2	
<i>Lecidella elaeochroma</i>	2.35	3	2	3	2	0	3	
<i>Lepraria incana</i>	3	0	0	0	2	3	0	
<i>Pertusaria hymenea</i>	3.5	2	1	3	0	0	0	
<i>Lecanora dispersa</i>	3.75	0	2	2	0	4	0	
<i>Hypocenomy ce stoechadiana</i>	4	0	0	3	2	2	0	
IPA Stationnel		2.57	2.73	4.87	2.62	3.35	1.17	17.31

les porophytes sont des Oléastres à l'exception des
porophytes n° :2et 6 *Araucaria bidwili*
porophytes n° :3 *Araucaria cooki*
porophytes n° 13 et 15 *Cupressus simpelveris*
porophytes n° 26,t27 et 36 *Ficus microphylla*,
porophytes n° 47 et 49 *Ficus macrophylla*
porophytes n° 44 et 45 *Morus nigra*
porophyte n° 52 et53 *ceratonia celiqua*

Annexe III

Photos des espèces identifiées et resencées

		<i>Diploicia canescens</i>	
<i>Drina ceratonia</i>		<i>Hypocenomyce stoechadiana</i>	
<i>Lecanora chlarotera</i>		<i>Lecanora dispersa</i>	
<i>Lecidella elaeochroma</i>		<i>Lepraria incana</i>	
<i>Opegrapha lichenoides</i>		<i>Pertusaria hymenea</i>	
<i>Lecanora siena</i>		<i>Xanthoria parietina</i>	

ANNEXE IV

Photos des sites de prélèvements



Figure.21 : Vue d'une partie d'arboretum à partir de la cours d'entrée du jardin d'essai d'essai



Figure.22 : Présence d'escaliers dans la parcelle exotique (site1 et2) de l'arboretum



Figure.23 : Les infrastructures pas loin du site3



Figure.24 : Vue d'une partie du site n°3

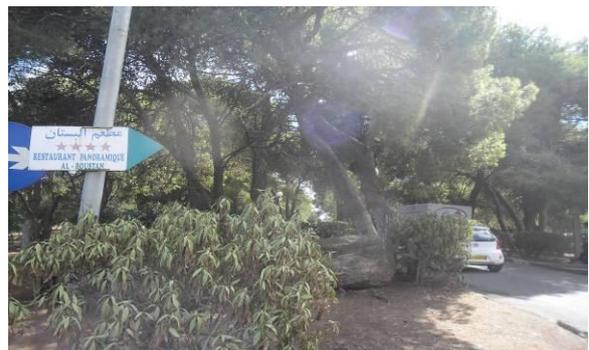


Figure.25 : Présence de restaurants dans le site 5



Figure.26 : L'entrée du village des artistes



Figure.27 : Les infrastructures pas loin de la station 4



Figure 28 : Les barreaux installés à certains niveaux de l'arboretum



Figure29 :vue de la rue Khelifa Olmane à partir du 6



Figure 30 :vue d'une partie du site 8



Figure 31 :vue d'une partie du site 9

Annexe V : Les données climatiques de l'ONM

Tableau A : valeurs de températures mensuelles enregistrées au niveau de la station du port d'Alger pour la période (1983-2008).

Mois /(TC°)	Jan	Fe v	Mrs	av r	mai	ju i	Ju i	Aou	Sep	O ct	Nov	Dec	Annuelle s
M(C°)	16.5	16 .7	18	20	22	25 .1	28 .2	29.1	27.3	24 .6	20.4	17.5	22.1
m(C°)	10.7	11	12.2	14	16.6	19 .7	22 .5	23.5	21.9	18 .9	14.7	12	16.5

Tableau B : valeurs des températures mensuelles moyennes enregistrées au niveau de la station du port d'Alger pour la période (1983-2008).

Mois /(TC°)	Jan	Fev	Mrs	avr	mai	jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Ann uelles
T moy	13.8	14	15.2	17	19.3	22.4	25.3	26.3	24.6	21.7	17.6	15	19.4

Tableau C : cumuls mensuels des précipitations (en mm) de la station du port d'Alger pour la période (1983-2008).

Mois /(TC°)	Jan	Fev	Mrs	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou t	Sep	Oct	Nov	Dec	Annu elles
C (mm)	70.7	63.3	56.4	33.8	40.8	6.3	3.9	6.2	29.6	48.6	99.9	110.2	569.7

ANNEXE VI

Materiels utilisés pour le prélevemet des lichens

- Loupe de poche pour mieux déterminer les lichens présents dans chaque carreau ;
- Loupe binoculaire ;
- GPS ;
- Appareil photo numérique ;
- Pulvérisateur ;
- Cutter pour la récolte des espèces ;
- Enveloppes pour conserver les échantillons récoltés ;
- Fiches de relevé lichénique ;
- Clés de détermination des lichens à savoir :
 - « Ozenda et Clauzade (1970) " Les lichens, Etude biologique et flore illustrée » ;
 - « Kirschbaum et Wirth (1970) " Les lichens bio-indicateurs, les reconnaitre, évaluer la qualité de l'air ».

Les réactifs utilisés pour l'identification des lichens

l'eau de javel (hypochlorite de sodium NaOCl_2), et le Potasse (KOH) après avoir dissous 2 à 4 grammes d'hydroxyde de potasse dans 20 ml d'eau distillée.

