

## Inventaire des lichens de la région Est d'Alger et leurs utilisations comme bioindicateurs de la pollution atmosphérique

MERABTI K<sup>1</sup>, REBBAS K<sup>1\*</sup>, BEDDIAR A<sup>2</sup>, AIT HAMMOU M<sup>3</sup>, BOUTABIA L<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Département des sciences de la nature et de la vie, faculté des sciences, université Mohamed Boudiaf de M'sila, Algérie.

<sup>2</sup>Université Badji Mokhtar d'Annaba, Algérie.

<sup>3</sup>Laboratoire d'Agro-biotechnologie et de Nutrition en Zones Semi-arides, Université Ibn Khaldoun – Tiaret, Algérie.

<sup>4</sup>Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Chadli Bendjedid, El Tarf.

\*Auteur correspondant : [rebbaskhellaf@yahoo.fr](mailto:rebbaskhellaf@yahoo.fr)

**Résumé :** La région d'Alger a un problème aigu de pollution atmosphérique urbaine et industrielle. Les différentes sources de pollution sont liées aux unités industrielles, urbanisation anarchique et à l'extension du parc automobile.

L'objectif de cette présente étude d'utiliser les lichens comme bio indicateurs de la pollution atmosphérique dans la région Est d'Alger. La méthode utilisée est celle de l'Indice de Pureté Atmosphérique. Elle consisté à traduire la richesse floristique des lichens en une expression mathématique unique, une fois ses indices ont été calculé pour les 32 stations choisies dans la zone d'étude, ses indices ont été groupé en classes pour donner trois zones d'iso pollution correspondant à différent niveaux de pollution donnant à la fin la carte de pollution atmosphérique globale de la région est d'Alger.

Nous avons inventorié 24 lichens appartenant à neuf familles. A chaque une des espèces recensées nous avons réalisé une carte de répartition de l'espèce et qui nous permet de surveiller la pollution atmosphérique de la zone d'étude.

**Mots clés :** Alger, inventaire, cartographie, lichens, bio indicateurs de la pollution de l'air.

**Abstract:** Lichens inventory of the Eastern region of Algiers and their use as bio-indicators of air pollution. The Algiers region has a serious problem of urban and industrial air pollution. The different sources of pollution are linked to industrial units, unplanned urbanization and expansion of the Car park.

The aim of the present study using lichens as bioindicators of air pollution in the East of Algiers. The method used is that of the Index of Atmospheric Purity. It consisted of translating the rich flora of lichens in a single mathematical expression, once its indices were calculated for 32 selected stations in the study area, its indices are grouped into classes to give three iso pollution zones corresponding to different pollution levels at the end giving the overall air pollution map of the region east of Algiers.

We surveyed 24 lichens belonging to nine families. Each one of the recorded species we performed the species distribution map and that allows us to monitor air pollution in the study zone.

**Keys words:** Algiers, inventory, mapping, lichens, bio indicators of air pollution.

### Introduction

En Algérie la détection et la mesure de la pollution atmosphérique sont à l'ordre du jour. En effet, il y a plus de deux décennies que les autorités publiques ont pris conscience des problèmes de l'environnement notamment celui de la pollution.

Dans la région d'Alger située au centre littoral du pays subsiste depuis longtemps a un problème aigu de pollution atmosphérique urbaine et industrielle. Cette dernière est due essentiellement à la combinaison de différentes sources : complexes et

unités industrielles, urbanisation anarchique, développement des voies de communication et extension du parc automobile engendrant de multiples sources d'émanation non contrôlées (Rahali, 2002).

L'établissement d'un réseau de surveillance basé sur des capteurs physiques est extrêmement onéreux pour mesurer la pollution atmosphérique d'une ville comme Alger et sa périphérie. Pour palier à ce problème, la bio indication lichénique est un choix

tout a fait justifié, car les lichens sont d'excellents indicateurs biologiques de gaz et d'autres impuretés dans l'air (Déruelle, 1978a-b).

Dans cette présente étude nous allons utiliser les lichens comme indicateurs biologiques de la pollution afin d'établir une cartographie de la pollution atmosphérique globale de la région Est d'Alger.

## Matériel et méthodes

### 1. Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude est située au centre littoral de l'Algérie, elle couvre la partie Est de la région d'Alger. Elle englobe le territoire de cinq circonscriptions administratives à savoir les communes de Rouiba, Réghaia, Heraoua, Ain Taya et Bordj El Bahri (Figure 1). Elle est délimitée entre 3°12' - 3°22' Est et 36°44' - 36°48' Nord. Étendue sur une superficie estimée à plus de 100 km<sup>2</sup>, elle est limitée au nord par la mer méditerranée à l'ouest par la commune de Bordj El Kiffane, à l'est par la commune de Boudouaou et au sud par la commune d'Ouled Hedadj et Dar El Beida.

La plus faible moyenne des températures caractérise la saison hivernale (11,3 °C, mois de janvier) et la moyenne la plus élevée caractérise la saison estivale (25,1 °C, mois d'Août).

Le mois de décembre est le mois le plus pluvieux avec une moyenne de 116 mm/an et que le mois de juillet est le plus sec avec seulement 3,1 mm/an. La moyenne annuelle des précipitations de la zone d'étude varie entre 600 et 800 mm par an.

Cette zone se situe dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver chaud, avec une période sèche de cinq mois (du mois de Mai jusqu'à septembre).

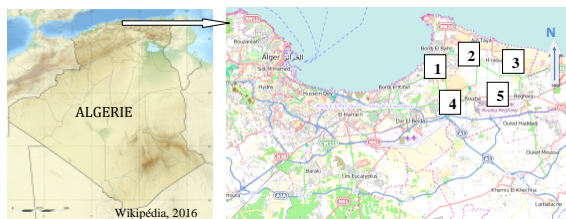


Figure 1. Localisation de la zone d'étude (1. Bordj El Bahri, 2. Ain Taya, 3. Heraoua, 4. Rouiba, 5. Réghaia).

### 2. Présentation du maillage

La région étudiée est un rectangle de 14Km de long sur 12Km de large, située au centre littoral de l'Algérie. Cette zone limitée renferme les plaines et les zones côtières de la région Est d'Alger. A l'aide des cartes topographiques de la région d'étude, nous avons établi des cartes de répartition des espèces. Deux cartes principales ont été utilisées : la première a une échelle 1/25 000 établie par l'institut de géographie national en 1960 et l'autre elle est de

1/50 000 établie par l'institut national de cartographie en 2006.

La première carte est découpée en unités de repérage international (Grade) avec un intervalle de 0,05Gr entre les lignes latitudinal et les lignes longitudinales. Pour plus de commodité de repérage des stations et de représentation des espèces, les mailles précédentes ont été divisées en grille de 34 mailles selon la méthode de Cartan. Chaque maille est un carré de 2Km x 2Km. Les coordonnées de chaque maille sont précisées par une lettre en ordonnée et par un nombre en abscisse. La deuxième carte sert à repérer le plan des rues de la zone d'étude et les sites avec précision. La Figure 2 montre le quadrillage alphanumérique de la région d'étude.

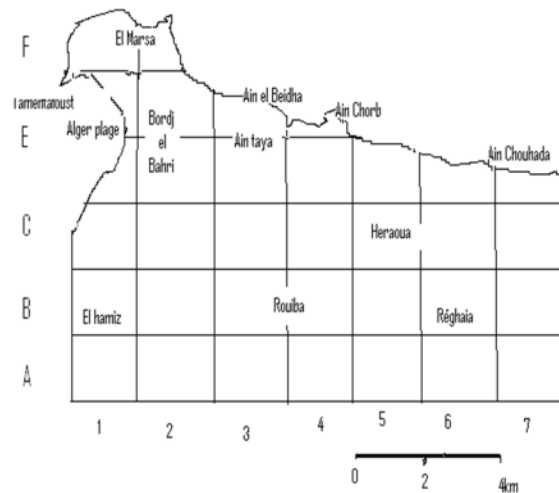


Figure 2. Quadrillage alphanumérique de la zone d'étude.

### 3. Choix des sites

Nous avons prospecté 34 mailles dont certaines sont d'accès difficile ou dépourvues de phorophytes (zone de Tamentafoust et El Marsa) n'ont pas été explorées. La récolte des échantillons lichéniques a été réalisée en automne 2006, l'échantillonnage a été effectué suivant un quadrillage systématique de la région étudiée.

Par la suite et pour la réalisation de l'étude de l'Indice de Pureté Atmosphérique, 32 sites ont été explorés en fonction de la présence des phorophytes et leur accessibilité. Au niveau de chaque maille, les arbres choisis sont à croissance libre, verticaux et non inclinés et ont approximativement le même diamètre (40 à 60cm). Par ailleurs les arbres situés à moins de 15m de la chaussée d'une route principale ont été exclus, il en est de même pour ceux situés au milieu des espaces verts denses, les premiers donnant des indices IPA très bas proche de zéro du fait qu'il soient dépourvus de lichens à cause de la pollution automobile, les seconds donnant à leur tours des indices très élevés à cause de leur végétation lichénique luxuriante.

Une station type peut être : un jardin public dont les arbres sont isolés, une plantation d'arbre privé en plain champs ou les abords des parcs ou bois. Les sites ont été numérotés de 01 à 32 et leur emplacement a été en fonction de l'itinéraire sur le terrain (Figure 3).

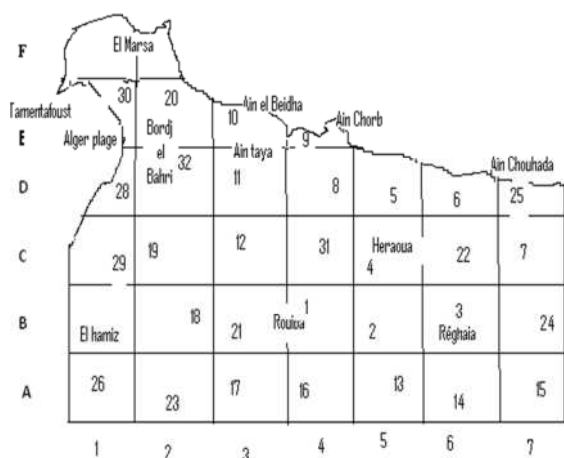


Figure 3. Emplacement des sites d'échantillonnage.

#### 4. Choix des phorophytes

Afin de réduire au maximum les variables écologiques susceptibles d'influencer le développement des lichens, les relevés ont été effectués majoritairement sur deux espèces de Cyprès (*Cupressus sempervirens*) et le Casuarina (*Casuarina equisetifolia*), arbres fortement représentés dans la région.

#### 5. Récolte des lichens

L'échantillonnage systématique a été appliqué pour la zone d'étude et pratiquement toutes les plantations d'arbres privés, jardins et parcs publics ont été visités. Le prélèvement des lichens est réalisé à l'aide d'un couteau en décortiquant soigneusement l'écorce de l'arbre de façon à ne pas détruire le thalle. A chaque site, nous avons noté le nom de la station, la date et le type du phorophyte. Les échantillons lichéniques sont conservés dans des enveloppes avec leurs étiquettes pour leur détermination ultérieure.

L'identification des échantillons lichéniques a été effectuée au laboratoire d'écologie et Environnement de l'Ecole Normale Supérieure de Kouba (Alger) ensuite les résultats ont été confirmés par Dr. Boutabia (laboratoire des sciences agronomiques de l'universitaire El Tarf) en collaboration avec le laboratoire de biologie végétale et environnement à l'université d'Annaba. L'identification a été faite en utilisant plusieurs flores :

La flore de Ozenda et Clauzade, la flore " The lichen flora of Great Britain and Ireland" de Purvis et le guide des lichens de Tiévant.

La détermination d'un lichen s'effectue à la loupe binoculaire et au microscope optique (Coupe du

thalle). Toutes les caractéristiques morphologiques et structurales de l'échantillon sont prises en considération. Une coupe au niveau de la fructification est parfois nécessaire pour identifier l'échantillon afin de déterminer les particularités des spores (forme, couleur, cloisonnement, dimensions en  $\mu\text{m}$ , etc.).

Nous avons utilisé les réactifs habituellement employés en lichénologie: la potasse (solution à 10%), l'eau de javel du commerce, le lugol, la paraphénylène diamine en solution alcoolique à 2%.

#### 6. Méthode utilisée pour évaluer la qualité de l'air à l'aide des lichens

Plusieurs méthodes ont été décrites pour estimer la pollution de l'air à l'aide de la végétation lichénique épiphyte. Dans notre étude nous avons utilisé la méthode de l'I.P.A (Indice de Pureté atmosphérique) préconisée par Leblanc et De Sloover (1970). Cette dernière est basée sur des critères quantitatifs.

#### 7. Analyse critique du problème d'échantillonnage.

Choix des arbres : certain auteurs ont utilisé une seule espèce d'arbre (Déruelle, 1978b ; Giralt et al., 1989), ou bien un certain nombre d'espèces d'arbres allant de 2 à 4 (Leblanc et De Sloover (1970) ; Crespo et Bueno (1977) ou encore plusieurs espèces d'arbres définis ou non et sélectionnés au hasard (Déruelle, 1983).

En plus, le nombre des arbres étudiés au niveau de la station varie selon les auteurs. Selon Leblanc et De Sloover (1970) 10 arbres en moyenne par station suffisent. Certains auteurs ont étudié des troncs dont le diamètre varie de 25 à 40cm (Crespo et al., 1977 et Giralt et al., 1989). Inversement Déruelle (1978a et 1983a) a étudié des troncs dont le diamètre est supérieur à 40cm, mais la plupart des auteurs ont étudié la végétation lichénique sur des troncs d'arbres dont le diamètre n'est pas défini.

Limites du relevé lichénique : La plupart des lichénologues ont étudié la végétation lichénique depuis la base du tronc jusqu'à 2m du sol, indépendamment de l'exposition (Leblanc et De Sloover (1970). Pour d'autres auteurs le relevé lichénique est limité sur le tronc entre 1m à 2m (Crespo et al., 1977), entre 0,80m à 1,60m pour Crespo et Bueno (1982) ou encore de 0,40m du sol jusqu'à la hauteur de la poitrine (1,30m) pour Pirintzos et al. (1993).

Nous avons observé en moyenne et de manière approfondie 10 arbres dans chaque maille soit 320 relevés lichéniques au total. Les lichens sont recensés à partir de 0,40m jusqu'à 2m de hauteur sur le tronc. Toutes les espèces présentes sur le tronc sont notées sans tenir compte de l'exposition. Chaque espèce est représentée par un coefficient (F) qui représente à la fois la présence et le recouvrement de l'espèce.

Les résultats sont groupés dans un tableau qui comporte 32 colonnes correspondant au nombre des stations étudiées classées par ordre décroissant de la valeur de l'I.P.A. Outre le numéro de la station, chaque colonne comporte trois paramètres dont certains sont nécessaires pour le calcul de l'indice de pureté atmosphérique, il s'agit du :

- Nombre de phorophytes observés dans la station.
- Nombre d'espèces recensées à la station.
- Le recouvrement et la fréquence moyenne globale R.F.M.G, correspondant à la somme du recouvrement et la fréquence moyenne de l'espèce dans toutes les stations où elle est présente.

Ensuite, chaque colonne comporte le nom de chaque espèce suivie de son indice écologique Q et la présence totale de l'espèce (Pt : le nombre de station où l'espèce est présente).

A l'intersection des lignes et des colonnes est indiqué (F) correspondant à la fréquence et au recouvrement de l'espèce au niveau de la station.

### 8. Cartographie des zones d'isopollution

Les valeurs de l'I.P.A. de toutes les stations sont reportées sur la carte et toutes les stations qui ont un indice voisin sont regroupées ensemble dans des zones d'isopollution. On peut avoir plusieurs zones d'isopollution où la végétation lichénique peut être rare, plutôt commune ou abondante et correspond au niveau de pollution : forte, moyenne ou plus au moins faible (Leblanc et De Sloover, 1970 et Leblanc et al., 1972 a).

Les auteurs utilisant l'I.P.A. ont souligné qu'il peut y avoir plusieurs approches pour délimiter les zones en complétant les informations du terrain concernant les dégâts et la régénération des espèces, grouper les données qui sont utilisées pour avoir un gradient logique de la pollution. Le choix du nombre de zones à représenter est tout à fait arbitraire (Clerc et Roh 1980). Certains auteurs établissent les zones avec un I.P.A. de même amplitude ou bien cette amplitude est doublée chaque fois entre les zones (Leblanc et De Sloover 1970, Leblanc et al., 1972 b et Déruelle 1978 b). Nous pouvons aussi délimiter les zones en fonction des caractères écologiques (Crespo et al, 1977 et Case 1980).

### Résultats et discussions

#### 1. Inventaire des lichens de la région Est d'Alger

Nous avons dressé un inventaire de la distribution des espèces de lichens. Cela a pour but de connaître les espèces existantes dans la région Est d'Alger. Par la suite, nous avons comparé les espèces dans le temps et dans l'espace avec les travaux de Rahali (2003) sur les lichens d'Alger. En effet, nous avons inventorié 24 espèces épiphytes. Le Tableau 1 montre la systématique des lichens récoltés dans la zone d'étude (Annexe 1 & 2).

Tableau 1. La liste des espèces recensées, leur présence dans les mailles et types de thalles.

Lichens recensés dans la région d'étude	Types de thalles	Présence des individus d'espèces dans les mailles en %
1- <i>Arthonia tumidula</i> (Ach.) Ach.	Crustacé	03
2- <i>Bacidia rubella</i> (Hoffm.) Massal.	Crustacé	15
3- <i>Caloplaca cerina</i> (Hedw.) Th. Fr.	Crustacé	53
4 - <i>Caloplaca pyracea</i> (Ach.) Th. Fr.	Crustacé	03
5- <i>Diploicia canescens</i> (Dicks.) A.Massl.	Crustacé	12
6- <i>Dirina ceratoniae</i> (Ach.) Fr.	Crustacé	78
7- <i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Flrke) H.Mayrhofer et Poelt	Foliacé	06
8- <i>Lecanactis patellarioides</i> (Nyl.)Vain.	Crustacé	50
9- <i>Lecanora carpinea</i> (L.) Vain.	Crustacé	06
10- <i>Lecanora chlarotera</i> Nyl.	Crustacé	06
11- <i>Lecanora horiza</i> (Ach.) Lindasy.	Crustacé	25
12- <i>Lecanora expalens</i> (Ach).	Crustacé	06
13- <i>Lecanora dispersa</i> B. de Lesd.	Crustacé	34
14- <i>Lecidella elaechroma</i> (Ach.) M.Choisy	Crustacé	15
15- <i>Lecidella euphorea</i> (Floerke) Hertel.	Crustacé	34
16- <i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.	Lépreux	21
17- <i>Opegrapha varia</i> Pers.	Crustacé	12
18- <i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Olivier	Foliacé	25
19- <i>Physcia Clementei</i> (Sm.) Maas Geest.	Foliacé	13
20- <i>Phlyctis argena</i> (Sprengel.) Flotow.	Foliacé	21
21- <i>Rinodina roboris</i> (Duf.) Arold.	Crustacé	22
22- <i>Schismatomma dicolorens</i> (Turn.Et Boor.Ex.Sm.) Claud et Vezda.	Crustacé	03
23- <i>Schismatomma picconianum</i> (Bagl.) J.Steiner	Crustacé	56
24- <i>Xanthoria parietina</i> (L.)Th.Fr.	Foliacé	96

Nous avons établi un spectre physionomique des espèces lichéniques (Figure 4). Ce spectre montre que le nombre des crustacés est le plus élevé avec 19 espèces recensées soit 79 %, les foliacés avec quatre espèces soit 16%, une espèce de thalle lépreux 4%. Ces types physionomiques sont similaires à ceux de Djellil (1989) dans la région d'Akfadou, Rahali (2003) à Alger et Rebbas et al. (2011) dans le parc national de Gouraya.

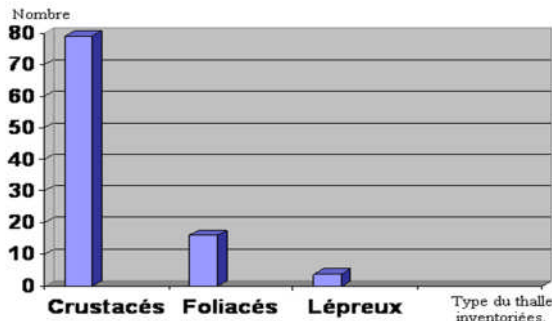


Figure 4. Spectre physionomique des espèces lichéniques.

2. Etablissement des cartes de répartition des lichens

A partir du tableau 1 nous avons pu établir des cartes de répartition des espèces lichéniques dans chaque maille de la région étudiée. Nous avons appliqué la représentation des espèces par point [4,18]. Le nombre de points représente le nombre de fois où l'espèce a été observée au niveau de la maille et si l'espèce est observée plus de 10 fois, la maille est remplie par les points sauf dans les zones très urbanisées laissées en blanc.

Les lichens sont présents dans toutes les mailles de la carte de la région mais ils ne se rencontrent pas de manière identique dans toutes les mailles. Certaines espèces ne figurent pas au centre ville (Les stations 26, 21, 1, 29, 28, 10 et 9), elles sont rares ou localisées au niveau des stations bien définies telles les forêts et les bois reliques comme: *Rinodina roboris*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Bacidia nagelli*, *Opegrapha varia*, *Arthonia tumidulla*, ... d'autres espèces existent par contre dans les deux milieux telles: *Xanthoria parietina*, *Dirina ceratoniae*, *Lecanactis paterllaroides*, *Lecanora sienae*, *Lecanora chlorotera*, *Caloplaca cerina*.

Ainsi, nous avons observé l'abondance de certaines espèces sur toute la surface étudiée. A partir des cartes de répartition des espèces lichéniques. Les sites où le nombre d'espèces est supérieur à 09 représentent 10% de l'ensemble des mailles prospectées. Ils correspondent aux champs de cultures maraîchères et arbres fruitiers et les bois bordant le lac Réghaia. 50 % des mailles renferment entre 06 et 09 espèces et 40% en contiennent moins de 06 espèces.

3. Calcul de l'indice de pureté de l'air

La méthode de l'indice de pureté de l'air [8] a été appliquée. Les calculs de l'indice de pureté de l'air pour chaque maille ont donné les résultats consignés dans le Tableau 2.

4. Détermination des zones d'isopollution

Déterminer les zones d'isopollution revient à répartir les stations en classes. Dans la présente étude nous avons réalisé puis comparé différentes répartitions obtenues à partir de trois paramètres (l'I.P.A, RFMG et n), en répartissant les stations dans des classes d'égale largeur. Plusieurs largeurs de classe étant essayées (Figure 5).

Les valeurs des trois paramètres varient de 1,99 à 17,07 pour l'I.P.A, de 3 à 24 pour le RFMG et entre 2 et 11 pour le nombre des espèces.

Tableau 2. Les calculs de l'indice de pureté de l'air.

Paramètres	Valeurs externes du paramètre	Largeurs des classes et nombres de classes en indice
I.P.A	1,19-18	3 <sub>(6)</sub> 3,5 <sub>(5)</sub> 4,5 <sub>(4)</sub> 6 <sub>(3)</sub>
R.F.M.G	3-24	4 <sub>(6)</sub> 5 <sub>(5)</sub> 6 <sub>(4)</sub> 7,5 <sub>(3)</sub>
N	2-11	2 <sub>(6)</sub> 3 <sub>(4)</sub> 4 <sub>(3)</sub>

Nous avons faits plusieurs essais en choisissant pour chacun des paramètres des largeurs différentes : 4 largeurs pour l'I.P.A, 4 largeurs pour le RFMG et 3 largeurs pour le nombre des espèces soit 11 essais au total.

5. Détermination des classes de sensibilité des espèces a la pollution

A partir de ces indices, nous avons réparti les mailles en trois zones de pollution. Nous déduisons que les mailles 11, 8 et 5 indiquent une bonne qualité de l'air par rapport aux autres mailles (17, 16, 13, 1, 3, 29, 26, 10 et 9). La zone la plus polluée recouvre principalement le centre ville de Rouiba, Réghaia la zone industrielle et le centre de Ain Taya et ça diminue de moins en moins vers la périphérie. Les trois mailles de la plaine de Réghaia plage et Héraoua ont une meilleure qualité d'air.

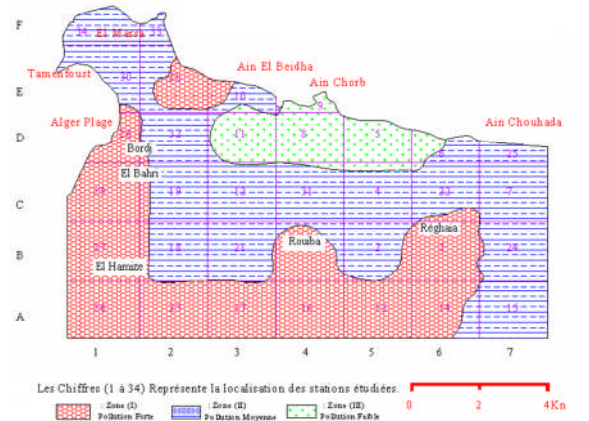


Figure 5. Carte d'iso-pollution de la région Est d'Alger établie par la méthode de l'I.P.A.

## 6. Inventaire des lichens dans la région d'étude

L'inventaire des lichens de la région d'étude nous a permis d'identifier 24 espèces et de les classer selon leur type physiologique de thalle. Il y a une dominance des crustacés par rapport aux autres types de thalles, les crustacés ont des thalles adhérents aux substrats par conséquent ils tolèrent bien la pollution.

Nous remarquons aussi une certaine pauvreté lichénique dans l'espace. Plusieurs paramètres peuvent en être la cause, parmi ceux-ci la pollution atmosphérique, l'extension de l'urbanisation, l'industrialisation qui peuvent affecter l'habitat de la végétation lichénique, la nature du substrat, paramètres du milieu de vie...etc.

En comparant nos résultats à ceux de Rahali (2003) sur la région d'Alger, nous constatons qu'il y a des espèces communes aux deux régions. En effet 21 espèces parmi les 62 espèces répertoriées par Rahali (2003) au centre d'Alger existent aussi à l'Est d'Alger. L'absence des autres espèces dans notre région d'étude peut se traduire déjà par les différences au niveau bioclimatique des étages auxquelles appartiennent les deux régions (Géomorphologie et microclimat). Elle peut s'expliquer aussi par la différence du taux de la pollution dans les deux villes. Certains auteurs attribuent la disparition des lichens dans les villes aux conditions climatiques particulières telles une température élevée et surtout une humidité insuffisante, tandis que d'autres incriminent la pollution atmosphérique. Barkman (1963) a tenté d'expliquer la poléophobie des lichens à la fois par la sécheresse et par la pollution atmosphérique.

## 7. L'affinité des lichens épiphytes à leur substrat

L'utilisation de lichens épiphytes suppose l'existence de supports favorables à leur développement. En effet, la distribution des lichens épiphytes est influencée par trois facteurs principaux : il s'agit de la nature du substrat, du climat et de la pollution atmosphérique.

Dans notre zone d'étude, les lichens épiphytes existent principalement sur cinq espèces de phorophytes largement représentées. Il s'agit du Cyprés, de l'Olivier, de Casuarina, du Frêne et du pin. Le Cyprés, le Casuarina et l'Olivier sont les principaux phorophytes et sont localisés notamment le long des axes routiers et au niveau des agglomérations.

Les espèces lichéniques ne se rencontrent pas de manière identique sur toutes les essences d'arbres. En effet, le pH des écorces joue un rôle important dans la richesse des peuplements lichéniques. Beaucoup d'espèces colonisent les écorces acides telles que *Lepraria incana*, *Opegrapha*,... D'autres espèces préfèrent les écorces à pH basique telles que *Physcia*, *Lecanora*, *lecidella* (Kirschbaum et Wirth,

1997). Malgré que les résineux tels que le cyprés et les pins (*Cupressus sempervirens* et *Pinus halepensis*) sont réputés comme phorophytes à écorce acide, on a constaté un nombre assez important de lichens. La plupart de ces espèces sont des crustacés tels que *Lecanora*, *Caloplaca*,...

Le frêne et l'olivier sont deux phorophytes à écorce rugueuse. Cette rugosité va entraîner des variabilités de l'hygrométrie entre le plateau de l'écorce et les crevasses et ceci en fonction de l'exposition. En effet chez ces écorces, le côté sud se dessèche plus rapidement que le côté nord et les crevasses de l'écorce sèchent en dernier. Cette différence d'humidité au niveau des différentes parties de l'écorce va influencer la distribution des espèces lichéniques (Semadi, 1989).

## 8. Cartes de distribution des espèces lichéniques dans la zone étudiée

Les premières cartes de répartition des espèces lichéniques ont été publiées par Haugsja (1930), elles concernent la distribution de 20 espèces de lichens dans la région d'Oslo (Norvège). On peut citer aussi les travaux de Day (1985) à Christchurch (Nouvelle Zélande), de Leblanc et de Sloover (1970) à Montréal (Canada), ainsi que les travaux de Boutabia (2000, 2015) au parc national d'El Kala, de Rahali (2002, 2003) à Alger centre, Merabti (2008) à l'est d'Alger, de Fadel et al. (2010) au parc national d'El Kala, de Ait Hammou et al. (2011) à la forêt de Guezoul, de Rebbas et al. (2011) au parc national de Gouraya, de Serradj et al. (2013) du lac Oubeira (El Kala), de Fadel et al. (2014) au nord-est d'Algérie, de Khedim (2014) au parc national de Theniet-el-Had et de Ait Hammou et al. (2014) sur les lichens d'Algérie.

## 9. Fréquence des espèces lichéniques dans la zone d'étude

L'analyse de la représentation des différentes espèces permet de donner une image du paysage lichénique de la région. Le tableau précédent montre les fréquences en pourcentage au niveau des mailles des espèces présentes dans la région d'étude. Ce paysage semble dominé essentiellement par les espèces suivantes: *Xanthoria parietina* (96 %), *Dirina ceratoniae* (78 %), *Schismatomma picconianum* (56 %) et *Lecanactis patellarioides* (53%).

La présence de certaines d'entre elles est si importante qu'elles semblent totalement indépendantes de tous les facteurs climatiques, topographiques, substratiques et biotiques (Semadi, 1989). Les espèces *Xanthoria parietina*, *Dirina ceratoniae*, *Lecanactis patellarioides* s'étendent sur toute la région étudiée. Il est intéressant de noter que toutes les espèces précitées appartiennent à l'association de *Dirinetum ceratoniae* (Klement, 1965). Cette unité synsystématique regroupe les végétations épiphytes à lichens crustacés, non pionnières, sur écorces neutres à écorces fortement

enrichies en substances azotées d'arbres isolés. D'après Semadi (1989), c'est une constatation normale en milieu méditerranéen en raison du caractère plus basique des écorces : accumulation plus importante de poussières, lessivage de l'écorce peu important à cause d'une pluviosité faible.

Par contre, d'autres espèces sont rares et localisées au niveau des stations bien définies (bois reliques) comme *Rinodina*, *Physcia*, *Lecanora chlorotera* et ses sous-espèces.

*Xanthoria parietina* a une distribution géographique dans la région d'Alger très importante (96%), c'est une espèce nitrophile et poléotolérante commune dans la région méditerranéenne. Elle est connue comme un lichen se développant dans différents substrats. Selon Bargagli et al. (1991), *Xanthoria parietina* est un lichen xérophyte qui peut se développer dans les régions arides des zones urbaines.

### **10. Les lichens et leur sensibilité à la qualité de l'air**

Connaissant que les lichens sont très dépendants de la qualité de l'air et ils ont comme toutes les espèces vivantes des exigences du milieu où ils vivent. Nous avons remarqué que les espèces lichéniques sont peu nombreuses au centre ville par rapport aux zones périphériques de la ville. L'examen de la carte de pollution que nous avons obtenue sur les trente deux mailles étudiées, permet de faire ressortir 3 zones de pollution.

Zone I : c'est la zone la plus polluée, Elle occupe la partie Nord ouest (Bordj El Bahri), le centre ville de Rouiba, Reghaïa et Ain Taya. Cette pauvreté de la végétation lichénique (16 espèces) s'explique par une pollution automobile importante.

Zone II : cette zone est moins polluée que la première, elle renferme 12 sites et occupe principalement la partie centrale aussi que les champs de Dergana, Haouche Rouiba et la partie Nord Est de la ville de Réghaïa et la région Est d'El Hamize. La végétation lichénique de cette zone est très pauvre, elle est représentée par certaines espèces résistantes à la pollution tels que *Xanthoria parietina*, *Lecanora sienae*, *Dirina ceratoniae*, *Lecanactis patellarioides* et *Shismatomma picconianum* (Giralt et al, 1989 ; Rahali, 2003). Cette pauvreté est due probablement aux activités de la zone industrielle (industrie chimique, pétrochimique, mécanique et agroalimentaire) qui se trouvent à la périphérie sud de la région ainsi l'impact de la circulation automobile et notamment le tissu urbain très dense.

Zone III : elle comprend les lieux restés plus ou moins naturels de la région d'étude comme les bordures du lac Réghaïa, les plaines de Réghaïa plage et la zone intermédiaire entre Ain Taya et la commune de Heraoua. C'est donc la zone la moins polluée du fait qu'elles sont lointaines de l'influence

des zones urbaines et industrielles et des effets de la circulation automobile.

En analysant ces trois zones de pollution, nous avons constaté que l'effet de la pollution automobile a un effet sur la végétation lichénique de la région d'étude notamment le côté ouest, et nous pensons qu'elle est la cause de l'absence totale des lichens sur les écorces des arbres dans certains jardins (jardins d'El hamize au centre ville de Bordj El Bahri et Ain Taya), ainsi que sur les troncs d'arbres ornementaux des grandes rues et des boulevards de l'agglomération de Rouiba. Les arbres localisés au centre de quelques jardins publics situés à proximité de ces rues abritent un certain nombre de lichens cités ci-dessus (dans la zone II) et résistants à la pollution urbaine comme le cimetièrre de Rouiba. D'après Nylander (1896), la plupart des lichens fuient les villes et ceux que l'on y rencontre n'y arrivent qu'à un développement incomplet. En utilisant la même méthode de Giralt et al. (1989) et celle de Rahali (2003), nous avons tenté de préciser la sensibilité et la résistance des espèces lichéniques rencontrées dans la région Est d'Alger.

Parmi les espèces que nous avons récoltées, nous sommes persuadés qu'il existe des espèces sensibles et des espèces résistantes à la pollution. En nous basant sur les données apportées par Rahali (2003), nous avons caractérisé trois groupes d'espèces classées selon leur sensibilité à la pollution atmosphérique, on distingue :

**Le groupe 1 :** Groupe des espèces résistantes à la pollution atmosphérique, nous citons *Dirina ceratoniae*, *Xanthoria parietina*, *Lecanactis patellarioides* et *Lecanora sienae*.

**Le groupe 2 :** Groupe des espèces assez ou modérément résistantes, il s'agit de *Schismatomma picconianum* et *Hyperphyscia adglutinata*.

**Le groupe 3 :** Groupe des espèces sensibles telles que *Diploicia canescens*, *Physcia adsensens* et *Lecidella euphorea*.

En comparant nos résultats avec ceux obtenus dans d'autres régions du pays, on remarque des similitudes pour certaines espèces comme *Xanthoria parietina*, *Dirina ceratoniae* et *Lecanora sienae* qui sont des espèces résistantes. Par contre, le *Caloplaca cerina* classé avec les espèces assez sensibles en Algérie, comme en Espagne d'ailleurs est conditionnée comme une espèce très sensible en Europe du Nord (Rahali, 2003). Selon les deux espèces que l'on trouve dans les milieux ruraux et périurbains sont des lichens *poléophobes* telles que *Arthonia tumidula* et *Bacidia rubella*.

Les propriétés indicatrices des lichens dans ce domaine ont été exploitées pour la première fois par Nylander (1866) qui écrivait que les lichens donnent à leur manière la mesure de la salubrité de l'air et constituent une sorte d'hygrométrie très sensible.

A Paris, le désert lichénique pratiquement limité par le boulevard périphérique s'étend à l'Ouest et à l'Est dans la vallée de la Seine (Déruelle, 1983). L'impact de la circulation automobile sur la végétation se traduit entre autres, par l'accumulation spatio-temporelle du plomb d'origine automobile rejeté avec les gaz d'échappement.

L'extension de l'urbanisation favorise l'augmentation de la pollution atmosphérique par les foyers domestiques et le trafic routier. Ce dernier diminue le couvert lichénique et mène vers sa disparition. Ainsi, les industries par leur dégagement de fumées et des particules fines sous forme de poussières, jouent un rôle très important dans cette disparition dans la périphérie de la ville, c'est le cas de la ville d'El Hamize où aucun lichen ne se développe sur les troncs des arbres.

Les espèces qui arrivent à s'installer sont des toxitolérantes aux polluants que ce soit aux hydrocarbures dégagés par les pots d'échappements des automobiles ou les polluants rejetés par les usines et les industries qui pourrissent l'atmosphère (zone industrielle de Rouiba / Réghaia). Parmi ces espèces tolérantes ou résistantes on peut citer *Schismatomma picconianum*, *Dirina ceratoniae*, *Lecanactis patellarioides* et *Xanthoria parietina*. D'une manière générale les lichens sont plus sensibles à la pollution atmosphérique, que les végétaux supérieurs, même lorsque cette pollution est faible. Nos résultats sont donc en accord avec ceux obtenus par Rahali (2003) qui établie une relation entre le taux d'urbanisation de la région d'Alger avec le taux de la pollution atmosphérique en se basant sur la densité des véhicules et l'intensité des routes et la distribution des lichens. Ils sont en accord aussi avec les travaux de Semadi sur la région d'Annaba Semadi (1989), ceux de Maatoug (2007, 2010) sur la région de Tiaret et ceux de Déruelle (1978) sur la région parisienne.

## Conclusion

Dans ce travail, les lichens ont été utilisés comme bioindicateurs de la pollution atmosphérique globale dans la région Est d'Alger. Outre cette application pratique qui est l'étude de la qualité de l'air, nous avons aussi réalisé un recensement de la flore lichénique de cette même partie de l'Algérois.

L'inventaire et la distribution des 24 espèces de lichens corticoles présentes dans la région d'étude est une modeste contribution et actualisé aux travaux déjà réalisés par nos prédécesseurs dans la région d'Alger.

Du point de vue pratique, nous avons réalisé une carte de la pollution atmosphérique globale de la région Est d'Alger en utilisant la méthode de l'I.P.A. (indice de pureté atmosphérique). Trois zones d'iso pollution ont été établies depuis le centre ville de Rouiba et Réghaia vers les périphéries. La zone la plus polluée en forme de poches, recouvre principalement le centre ville de Rouiba, Réghaia,

Bordj El Bahri et Ain Taya. Les auréoles et les champs qui entourent ces zones urbaines sont de moins en moins pollués vers les périphéries. Ce sont les sites les plus éloignés comme les zones qui entourent le lac Réghaia qui ont la meilleure qualité de l'air.

L'extension de l'urbanisation favorise l'augmentation de la pollution atmosphérique par les foyers domestiques et le trafic routier. La croissance de la circulation automobile diminue le couvert lichénique et mène vers sa disparition. Ainsi, les industries par leur dégagement de fumées et des particules fines sous forme de poussières, jouent un rôle très important dans cette disparition même dans la périphérie de la ville. Ainsi nous confirmons le rôle de la pollution automobile comme cause principale de la pollution dans les agglomérations, rôle déjà souligné à Annaba et à Alger centre.

Les espèces qui s'installent sont des toxitolérantes aux polluants que ce soit aux hydrocarbures dégagés par les pots d'échappements des automobiles ou les polluants rejetés par les usines et les industries qui pourrissent l'atmosphère (zone industrielle de Rouiba/Réghaia). Parmi ces espèces tolérantes ou résistantes *Schismatomma picconianum*, *Dirina ceratoniae*, *Lecanactis patellarioides* et *Xanthoria parietina*. Contrairement aux végétaux supérieurs, les lichens sont plus sensibles à la pollution atmosphérique, même lorsque cette pollution est faible.

En fin, nous pouvons souligner l'intérêt fondamental de ce travail avec un inventaire de la flore lichénique corticole et son intérêt pratique avec la cartographie de la pollution. En perspectives à cette étude on peut envisager d'une part d'utiliser ces résultats dans le cadre d'une cartographie à grande échelle (Grand Alger) et d'une autre part de considérer ces cartes comme référence à un travail de suivi de l'évolution de la flore lichénique corticole et de différents niveaux de pollution pour les années à venir.

## Références bibliographiques

- Ait Hammou M., Hadjadj Aoul S., Miara M.D. & Zerrouki D., 2011.** Aspects taxonomiques des lichens du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) et de cypres (*Cupressus sempervirens*) de la forêt de Guezoul (Tiaret, Algérie). *Revue Ecologie-Environnement*, 7, 1-14. <http://fsvn.univ-tiaret.dz/index.php/13-la-revue/10-la-revue>
- Ait Hammou M., Miara M.D., Rebbas K., Slimani A., Ravera S. & Hamer El Ain A.S., 2014.** Mise à jour de l'inventaire des lichens d'Algérie. *Revue Ecologie-Environnement*, 10. <http://fsvn.univ-tiaret.dz/index.php/13-la-revue/10-la-revue>
- Bargagli R., Gasparo D., Lazzarin A., Olivieri S. & Tretiach M., 1991.** Lichens as indicators and monitors of atmospheric pollutants in N E Italy:



Preliminary data on the integrated testing system. *Botanika Chronika*, 10 : 977 - 982.

**Barkman J.J., 1963.** De epifiten flora en vegetatie van midden. Limburg (Belgie). *Verh. K. Ned. Wet. II.* 54, 4 : 1- 46.

**Boutabia L., 2000.** Dynamique de la flore lichénique corticole sur *Quercus suber* au niveau du parc national d'El Kala. Thèse Magistère, Université d'Annaba. 110p.

**Boutabia L., Telailia S. et de Bélair G., 2015.** *Corticolous* Lichen Flora on *Quercus suber* L. in the wetlands of El Kala National Park (North-Eastern Algeria). *Advances in Environmental Biology*, 9 (4) : 360-372.

**Brodo I.M., 1961.** Transplant experiment with corticolous lichens using a new technique. *Ecology*, 841p.

**Cartan M., 1978.** Inventaire et cartographie de répartition d'espèces, faune et flore. CNRS, 127p.

**Case J.W., 1980.** The influence of three sources gaz processing plant on the ecological distribution of epiphytic lichens in the Vicinity of Fox Creek and whitecourt, Alberta, Canada. *Water, air and soil pollution*, p14- 68.

**Crespo A., Manarque E., Barreno E. & Serina E., 1977.** Valoracion de la contamiacion atmosférica del aerea urbana de Madrid mediante bioindicadores (lichenes epefitos). *Anal. Inst. Bot. Cavanilles*, 34 (1) : 71-94.

**Crespo A. et Bueno A.G., 1982.** Flora y vegetación liquénicas de la Casa de Campo de Madrid (España) *Lazaroa*. 4 : 327-356.

**Clerc P. et Roh P., 1980.** Les lichens, indicateurs biologiques de la pollution atmosphériques autour de la fabrique d'Aluminium de Martigny (Valais, Suisse). *Soc. Bot. Genève*, 11 : 107-139.

**Day I.P., 1985.** Lichens of Borrowdale and pollution. Report to the nature conservancy. *Concil. Royaume-uni*.

**Djellil S., 1989.** Etude de la flore lichénique du massif forestier d'Akfadou et Béni Ghobri. *Mém. de magister, I.N.E.S. de Biologie. Université de Tizi-Ouzou*, 108 p.

**Deruelle S., 1978a.** Les lichens et la pollution atmosphérique. *Bull. Ecol.*, 9 (2) : 87 - 128.

**Deruelle S., 1978b.** Etude comparée de la sensibilité de trois méthodes d'estimation de la pollution atmosphérique, en utilisant les lichens comme indicateurs biologiques dans la région de Mantes (Yvelines). *Rev. Bryol. Lichénol.*, 44 (4) : 429 - 441.

**Deruelle S., 1983a.** Ecologie des lichens du bassin Parisien. Impact de la pollution atmosphérique (engrais, SO<sub>2</sub>, Pb) et relations avec les facteurs climatiques. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Pierre et Marie Curie. 356 p.

**Deruelle S., 1983 b.** Les lichens victimes de la pollution. *La Recherche*, 14 (148) : 1298 - 1300.

**Fadel D., Djamaï R., Laïfa A. & Boughambouz I., 2010.** Inventory of the lichen flora of the national park of El Kala in northeastern Algeria. *Revue Synthèse*, 22.

**Fadel D., Sid A.S., Zga N., Latrèche F. & Ouamer Ali A., 2014.** Cartography of Air Pollution in an Industrial City in North - Eastern Algeria by Using Two Indexes: Poleotolerance Index and Atmospheric Purity Index. *Journal of Life Sciences*, 8 (1) : 95-100

**Giralt M., Gomez-Bolea A. & Letrouit Galinou M.A., 1989.** Estimation de la pollution atmosphérique du littoral Tarragone (Catalogne, Espagne) en utilisant les lichens épiphytes comme bioindicateurs. *Cryptogamie, bryol. Lichénol.*, 10 : 2-146.

**Haugsjap K., 1930.** Uber den Einfluss der Stadt. Oslo auf Flechtenvegetation der Baume. *Nyt. Mag. Naturvid*, 68 : 1-116.

**Kirschbaum U. & Wirth V., 1997.** Les lichens bio-indicateurs. Les reconnaître, évaluer la qualité de l'air. Paris : Eugen Ulmer. *Class. Oxford 172.9* : 425.

**Khedim R., 2014.** Contribution à l'étude des Lichens épiphytes du parc national de Theniet-el-Had (Tissemsilt, Algérie). *Presses Académiques Francophones*.

**Klement O., 1965.** Zur Flechenflora des *Kolner Domes. Dsheniana*, 109 : 87-90.

**Leblanc F. & De Sloover J., 1970.** Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic Lichens and mosses in Montreal. *Can. J. Bot.*, 48 : 1485 – 1496.

**Leblanc F. & Rao D.N., 1973 a.** Evaluation of the pollution and drought hypotheses in relation to lichens and bryophytes in urban environments. *Bryologist*, 76 : 1 – 19.

**Maatoug M., Hellal B., Dellal A. et Ayad N., 2007.** Détection de la pollution de l'air d'origine routière par certaines espèces végétales bioaccumulatrices de quelques métaux lourds (Pb, Zn, Cu). *Pollution Atmosphérique*, 196 : 385-94

**Maatoug M., Medkour K., Ait Hammou M. et Ayad N., 2010.** Cartographie de la pollution atmosphérique par le plomb d'origine routière à l'aide de la transplantation d'un lichen bioaccumulateur *Xanthoria parietina* dans la ville de Tiaret (Algérie). *Pollution atmosphérique*, 205 : 93-101

**Merabti K., 2008.** Utilisation des lichens comme indicateurs biologiques de la pollution atmosphérique dans la région est d'Alger. *Mém. de Magister. Univ. Annaba (Algérie)*. 100p.

**Nylander W., 1866.** Les lichens du jardin de Luxembourg. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 13 : 364 – 372.

**Nylander W., 1896.** Les lichens des environs de Paris. *P. Schmidt- Paris*. 142p.

**Revue Ecologie-Environnement (14) : 2018**

**Ozenda P. et Clauzade G., 1970.** Les lichens. Etude biologique et flore illustrée. Masson, Paris. 801p.

**Pirintso S.A., Diamantopoulos J. & Stamou G.P., 1993.** Analysis of the vertical distribution of epiphytic lichens on *Pinus nigra* (Mount Olympos, Greece) along an altitudinal gradient. *Vegetatio*, 109 : 63-70.

**Purvis O.W., Coppins B. J., Hawksworth D. L., James P. W. & Moore D. M., 1992.** The Lichen Flora of Great Britain and Ireland. Edited Natural History Museum Publications in association with the British Lichen Society. 710

**Rahali M., 2002.** Cartographie de la pollution de la région d'Alger en utilisant un lichen *Xanthoria parietina* comme bio accumulateur. *Pollution Atmosphérique*, 175 : 421-432.

**Rahali M., 2003.** Etude de la pollution plombique et globale dans de la région d'Alger, en utilisant les lichens comme indicateurs biologiques. Thèse de Doctorat d'Etat. Institut National Agronomique, Alger. 302 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*, 9, 4 : 225-233.

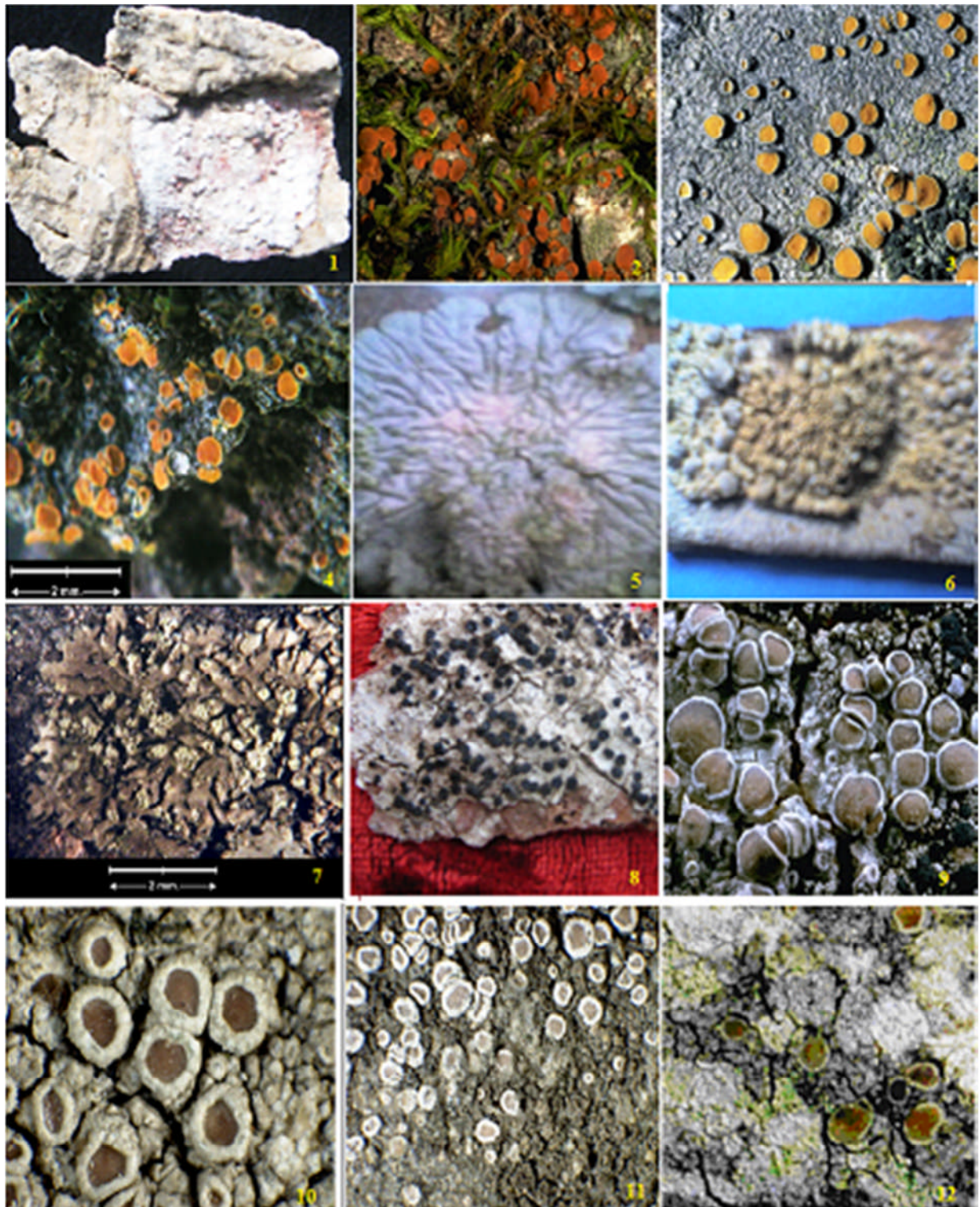
**Semadi A., 1989.** Effets de la pollution atmosphérique (pollution globale, fluorée et plombique) sur la végétation dans la région de Annaba (Algérie). Thèse de Doctorat d'Etat. Université Pierre et Marie Curie (Paris 6), 339 p.

**Semadi A. et Deruelle S., 1993.** Détection de la pollution plombique à l'aide de transplants lichéniques dans la région de Annaba (Algérie). *Pollution Atmosphérique* 140 : 86-101

**Serradj A.A.M., El Oualidi J., Slimani A. & Boumedris Z., 2013.** Contribution à l'inventaire des lichens du lac Oubeira (NE de l'Algérie). *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, 35.

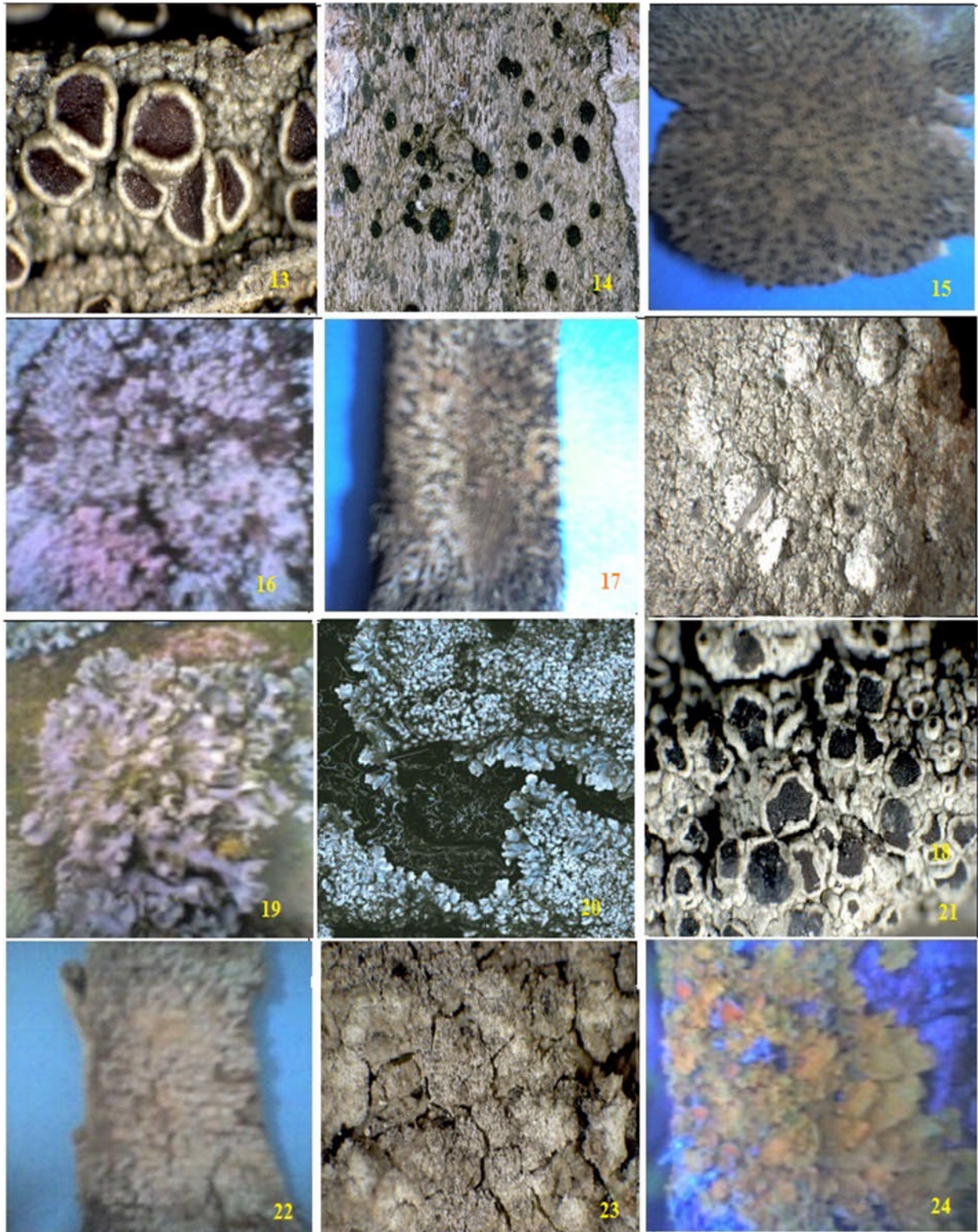
**Tiévant P., 2001.** Guide des lichens (350 espèces). Delachaux & Niestlé. 304p.

Annexe 1



1. *Arthonia tumedilla* (Ach.) Ach., 2. *Bacidia rubella* (Hoffm.) Massal., 3. *Caloplaca cerina* (Hedw.) Th. Fr., 4. *Caloplaca pyracea* (Ach.) Th. Fr., 5. *Diploicia canescens* (Dicks.) A.Massl., 6. *Dirina ceratoniae* (Ach.) Fr., 7. *Hyperphyscia adglutinata* (Flrke) H.Mayrhofer et Poelt., 8. *Lecanactis patellaroides* (Nyl.) Vain, 9. *Lecanora carpinea* (L.) Vain. 10. *Lecanora chlarotera* Nyl, 11. *Lecanora dispersa* B. de Lesd., 12. *Lecanora expalens* Ach.

Annexe 2



13. *Lecanora horiza* (Nyl.) (H.Magn.), 14. *Lecidella euphoria* (Floerke) Hertel., 15. *Lecidella elaeochroma* (Ach.) M.Choisy, 16. *Lepraria incana* (L.) Ach., 17. *Opegrapha varia* Pers., 18. *Phlyctis argena* (Sprengel.) Flotow., 19. *Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier, 20. *Physcia clementei* (Sm.) Mass Geest., 21. *Rinodina roboris* (Duf.) Arold, 22. *Schismatomma pyconianum* (Bagl.) J.Steiner, 23. *Schismatomma dicolorens* (Turn.Et Boor. Ex.Sm.) Claud et Vezda., 24. *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.