

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة-

UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA



Faculté des Sciences

Département Ecologie et Environnement

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Protection des Ecosystèmes

Intitulé :

Biosurveillance de la qualité d'air par les Lichens dans la région
de Skikda NE Algérien (Cas du Campus universitaire)

Présenté par :

Elmokli Meriem Wafa

Faghmous Nour Elhouda

Ghania Ines

Kouadri Khaoula

Membre de Jury:

Présidente : Dr. Sakhraoui N MCA Université 20 Aout 1955. Skikda

Encadrante : Dr. Zaderi F MCB Université 20 Aout 1955. Skikda

Examinatrice : Dr. Roudi S MCA Université 20 Aout 1955. Skikda

Année universitaire 2023-2024

Remerciements

Avant tout nous remercions Allah le tous puissant qui nous a aidés à faire ce travail et qui nous a donné le courage, la patience et la santé durant toutes ces longues années d'étude.

*Nous tenons aussi à exprimer notre profonde gratitude et nous remercions les plus sincères à madame **Dr. F. Zadri** le directeur de ce mémoire, pour nous avoir encadrés, pour sa patience et son soutien permanent. Nous avons tout particulièrement apprécié ses précieux conseils.*

*Nous sommes très honorés que madame **Dr. N. Sakhraoui** de l'Université de Skikda ait accepté de présider notre jury*

*Nous ne pourrions terminer ces remerciements sans une pensée à l'ensemble des mes enseignants et madame **F.Zadri** et **S.Rouidi** spécialement qui sont à l'origine de tout notre savoir.*

Enfin A un grand merci pour tous ce qui ont contribué de près ou de loin à réaliser ce travail.

*Elmokli Meriem Wafa
Faghmous Nour Elhouda
Kouadri Khaoula
Ghania Ines*



Dédicace

*Tout d'abord, je tiens à remercier DIEU
De m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.
Je tiens à dédier cet humble travail à :*

A ma très chère mère

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A mon très cher père

Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager. Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection

A mes frères : Djamel, Salah

A mes sœurs : Manel, Imen, Ahlem

Pour son soutien moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

A mes nièces et mon neveu : Nazim, Lamis, Naya

*A mes chères ami(e)s : Ines, Yousra, Nour, Wafa
A tout ma famille*

Kouadri khaoula



Dédicace

Tout d'abord, je tiens à remercier DIEU

De m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à dédier cet humble travail à :

À mes chers parents, et mes grands parents

Votre amour infini et votre soutien sans faille ont été ma lumière tout au long de ce voyage éducatif. Grâce à vous, j'ai atteint ce moment tant attendu. Merci pour tout ce que vous avez fait et continuez de faire pour moi.

A mes frères : Mohamed et zakj

A ma sœur : Nihel

Et à mon mari, mon partenaire, ton soutien inconditionnel a été ma plus grande force. Ta compréhension, ta patience et ton amour m'ont portée à travers chaque étape de ce voyage. Chaque succès que je célèbre aujourd'hui est le nôtre, car tu as été mon rocher et ma motivation.

Elmokli Meriem Wafa



Dédicace

Je dédie ce mémoire

Aux deux personnes les plus chères au monde pour moi : A ma mère,

que Dieu lui fasse miséricorde

et mon cher père que dieu lui prête vie.

A Abdou Souames

A Besma Louahem .

A mes amis proches sans exception.

Faghmous Nour Elhouda



Dédicace

Louange à Dieux seul,

C'est avec profonde gratitude et sincères mots,

*Ce modeste travail de fin d'étude est dédié spécialement à mes chers parents ;
qui ont sacrifié leur vie pour notre réussite et nous ont éclair le chemin par*

Leurs conseils judicieux,

*À ma sœur Bouchra, et à mes frères Khalil et Walid, qui je le sais, ma réussite est
très importante à leurs yeux. Que dieux vous garde pour moi.*

*À mon neveu Tadj din et ma nièce Watine
À mes amis Khaoula, Hadil, Hanane, Nour, Wafa*

Pour finir, à tous ceux que j'aime et qui m'aiment, je dédie ce mémoire.

Ghania Ines



SOMMAIRE

Introduction	1
---------------------------	---

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1 Définition des lichens	2
2 Morphologie	2
3 La reproduction des lichens	4
4 La pollution de l'air.....	5
4.1 Définition.....	5
4.2 Polluants primaires et polluants secondaires.....	5
4.3 Les principaux polluants à l'échelle locale.....	7
5 Les lichens comme bioindicateur.....	10

Chapitre II : Matériel et méthode

1. Description du site d'étude.....	11
1.1 Site 01 : station des bus.....	11
1.2 Site 02 : L'allée des pacaniers.....	12
2. Méthode d'étude.....	13
2.1 La récolte des lichens.....	13
2.2 Identification des lichens.....	14
2.3 Estimation de la qualité de l'air.....	15
2.3.1 Par les méthodes qualitatives.....	15
2.3.1.1 VanHaluwynetLerond(1986).....	15
2.3.1.2 Echelle Illustrée de Dalby (1981).....	18
2.3.1.3 Echelle adapté par Tiévant (2001).....	19
2.3.2 Les méthodes quantitatives :Indice de qualité de l'air (IQA. kirschbaum et wirth, 1997).....	24

Chapitre III : Résultat et discussion

1. Présentation des résultats : identification des espèces lichénique.....	25
1.2Comparaison de la diversité lichénique entre les deux sites.....	30
1.2.1 Diversité lichénique au niveau du site de l'allée des pacaniers.....	30
1.2.2 Diversité lichénique au niveau du site de la station des bus.....	31
2. Evaluation de la qualité de l'air par les méthodes qualitatives et quantitatives.....	31

2.1. Méthodes qualitatives.....	31
2.1.1 Echelle de Van Haluwyn et Lerond (1986).....	31
2.1.2 Echelle Illustrée de Dalby (1981).....	32
2.1.3 Echelle adapté par Tiévant (2001).....	32
2.2Méthode quantitative : Indice de qualité de l'air (IQA. kirschbaum et wirth 1997.....	34
Conclusion.....	38
Références bibliographiques.....	40

Liste des figures

Figure 01 : Thalle foliacés.....	2
Figure 02 : Thalles fruticuleux.....	3
Figure 03 : Thalles gélatineux.....	3
Figure 04 : Thalles crustacé.....	3
Figure 05 : Photo de soralie.....	4
Figure 06 : Photo des isidies.....	4
Figure 07 : Photos des apothécies.....	5
Figure 08 : Schématisation des pollutions de l'atmosphère.....	6
Figure 09 : Station des bus.....	11
Figure 10 : L'allée des pacanier.....	12
Figure 11 : Quadrillage sur l'arbre de cocos fasse nord.....	13
Figure 12 : L'identification des espèces licheniques à l'aide d'une binoculaire.....	14
Figure 13 : Echelle illustrée de la pollution de l'air de Dallby(1981).....	18
Figure14 : Photographie <i>Acrocodiagemmata</i>	28
Figure15 : Photographie <i>Xanthoria parietina</i>	28
Figure16 : Photographie <i>Physciaadscendes</i>	28
Figure17 : Photographie <i>Physconiaperisidisa</i>	28
Figure18 : Photographie <i>Physciatribacia</i>	28
Figure19 : Photographie <i>Porinaaenea</i>	28
Figure20 :	
Photographie <i>Dimerallalutea</i>	28
Figure21 :	
Photographie <i>Diploiciacanescen</i>	29
Figure 22 : Photographier lichen X1.....	29
Figure 23 : Photographier lichen X2.....	29
Figure 24 : Photographier lichen	
X3.....	29
Figure 25 : Photographier lichen	
X4.....	29
Figure 26 : Photographier lichen	
X5.....	29
Figure 27 : La distribution de la diversité des lichens dans la station de bus.....	30
Figure 28 : La distribution de la diversité des lichens dans l'allée des pacaniers.....	31

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les principales classes de polluants avec leurs états physiques et leurs sources.....	8
Tableau 02 : Echelle d'estimation de la qualité de l'air d'après VanHaluwynetLeron.....	15
Tableau 03 : quelques lichens typiques de zones de concentrations progressives en SO ₂ sur écorces (Tiévant, 2001).....	19
Tableau 04 : Diversité lichénique au niveau du (les pacanier et la station des bus).....	25
Tableau 05 : Estimation de la qualité de l'air des stations selon la méthode de Van Haluwyn et Lerond (1986).....	31
Tableau06 : Estimation de la qualité de l'air des stations selon L'échelle de Dalby (1981).....	32
Tableau 07 : Estimation de la qualité de l'air des stations selon L'échelle adapté par Tiévant (2001).....	33
Tableau 08 : Comparaison de l'évaluation de la qualité de l'air des stations d'étude par les méthodes qualitatives.....	33
Tableau 09 : Fiche de station des six arbres dans Allée des pacaniers.....	34
Tableau 10 : Fiche de station des six arbres dans la station des bus.....	35

Liste des planches

Planche 01 : Photos représentatives des différents types thalles.....	2
Planche 02 : photos représentatives de la reproduction sexuée et asexuée.....	4
Planche 03 : Photographies représentatives de quelques espèces identifiées.....	28
Planche 04 : Photographies représentatives de quelques espèces non identifiées.....	29

Résumé

L'étude que nous avons réalisé a porté sur l'estimation de la qualité de l'air par les lichens à l'Université 20 août 1955, Skikda. Sur deux sites : la station des bus universitaire et l'allée des pacaniers. L'estimation de la qualité d'air a été réalisée par la méthode qualitative ont utilisant 3 échelles : **Van Haluwyn et Lerond (1986)**, **l'échelle illustrée de Dalby (1981)**, et **l'échelle adaptée par Tiévant (2001)**. Quant à la méthode quantitative, nous avons utilisé l'indice de la qualité de l'air (IQA). 12 espèces différentes de lichens ont été identifiés dans les deux sites, avec une plus grande diversité lichénique dans la station des bus universitaire. L'analyse des résultats indique une pollution moyenne à assez forte pour la station des bus universitaire et une pollution moyenne pour l'allée des pacaniers. L'indice de la qualité de l'air révèle quant à lui, une pollution élevée dans les deux sites. Ces niveaux de pollution s'expliquent par les gaz émis des bus et leur densité concentration dans le premier site, de plus que l'emplacement de l'université longe une route nationale très fréquentée, et qui représente une première source de pollution pour de l'allée des pacaniers dont il est proche. L'utilisation de pesticides est une deuxième source de pollution qui rend compte de la dégradation de la qualité de l'air dans un site à paysage et à destination agricole. Notre travail montre l'importance de l'évaluation de la qualité de l'air pour l'élaboration de protocoles de préservation de la santé humaine et des écosystèmes.

Mots clés : Pollution de l'air, lichen, bioindication, sources de pollution, Université de Skikda.

Abstract

The study we conducted focused on estimating air quality using lichens at the 20 August 1955 University, Skikda. It was carried out at two sites: the bus station and l'allée des pacaniers. Air quality estimation was performed using the qualitative method with three scales: Van HaluwynetLerond (1986), l'échelleillustrée de Dalby (1981), and the scale adapted by Tiévant (2001). For the quantitative method, we used the Air Quality Index (AQI). Twelve different lichen species were identified at both sites, with greater lichen diversity at the bus station. The analysis of the results indicates moderate to high pollution at the bus station and moderate pollution at l'allée des pacaniers. The Air Quality Index reveals high pollution at both sites. These pollution levels are explained by the gases emitted from the buses and their dense concentration at the first site, in addition to the university's location along a busy national road, which is a primary pollution source for l'allée des pacaniers, located nearby. The use of pesticides is a second source of pollution, accounting for the degradation of air quality in a site with natural scenery and agricultural use. Our work demonstrates the importance of air quality assessment for developing protocols to protect human health and ecosystems.

Keywords: Air pollution, lichen, bioindication, pollution sources, Skikda University.

ملخص

الدراسة التي أجريناها تناولت تقدير جودة الهواء بواسطة الأشنات في جامعة 20 أغسطس 1955، سكيكدة. تم تنفيذ الدراسة في موقعين: محطة الحافلات و l'allée des pacaniers. تم تقدير جودة الهواء باستخدام الطريقة النوعية بواسطة ثلاث مقاييس: (1986) Van Haluwyn et Lerond، (1981) l'échelle illustrée de Dalby، والمقياس المعدل من قبل Tiévant (2001). بالنسبة للطريقة الكمية، استخدمنا مؤشر جودة الهواء (IQA). تم تحديد 12 نوعًا مختلفًا من الأشنات في كلا الموقعين، مع تنوع أشنات أكبر في محطة الحافلات. تشير نتائج التحليل إلى تلوث متوسط إلى شديد في محطة الحافلات وتلوث متوسط في l'allée des pacaniers. يكشف مؤشر جودة الهواء عن تلوث عالٍ في كلا الموقعين. تُفسر مستويات التلوث هذه بواسطة الغازات المنبعثة من الحافلات وتراكمها الكثيف في الموقع الأول، بالإضافة إلى موقع الجامعة الذي يمتد بجوار طريق وطني مزدحم، مما يمثل مصدرًا رئيسيًا للتلوث ل l'allée des pacaniers الذي يقع قريبًا منه. يمثل استخدام المبيدات مصدرًا ثانيًا للتلوث الذي يفسر تدهور جودة الهواء في موقع ذي منظر طبيعي واستخدام زراعي. يوضح عملنا أهمية تقييم جودة الهواء لوضع بروتوكولات لحماية صحة الإنسان والنظم البيئية.

الكلمات المفتاحية: تلوث الهواء، الأشنات، الاستدلال الحيوي، مصادر التلوث، جامعة سكيكدة.

Introduction

La qualité de l'air est une préoccupation environnementale et sanitaire majeure qui affecte tous les êtres vivants, y compris l'homme. Au cours des dernières années, l'attention portée à la surveillance et à l'amélioration de la qualité de l'air a considérablement augmenté, en particulier dans les zones urbaines et industrielles. En plus des sources de pollution industrielle, les activités urbaines, industrielles et agricoles contribuent également à cette pollution. Les types de pollutions incluent notamment le trafic urbain et de transport, ainsi que les pesticides qui peuvent générer du dioxyde de soufre et du dioxyde d'azote. Ces polluants, même à de faibles concentrations, peuvent générer une pollution chronique avec des effets sanitaires et environnementaux importants. La pollution atmosphérique a des effets néfastes sur la santé humaine, pouvant entraîner des maladies respiratoires, cardiovasculaires et même des cancers. De plus, elle impacte négativement l'environnement en contribuant à l'acidification des sols et des cours d'eau, à la diminution de la biodiversité et au changement climatique global.

Les lichens sont sensibles aux polluants atmosphériques en raison de leur capacité à absorber des substances chimiques à partir de l'air. Leur utilisation comme indicateurs permet de surveiller de manière fiable l'impact de la pollution atmosphérique sur l'environnement, en évaluant la qualité de l'air dans différentes zones.

La région de Skikda, située dans le nord-est de l'Algérie, est l'une de ces zones qui a connu un développement industriel significatif, ce qui pourrait avoir un impact négatif sur la qualité de l'air local. L'université, par sa situation géographique longeant une route nationale (RN3) fréquentée et par le nombre des étudiants adhérents générant ainsi un trafic intensif est exposée à ces sources de pollution. L'objectif de notre travail est de déterminer les niveaux de pollution atmosphérique au niveau du campus universitaire par l'identification et l'utilisation des lichens comme bioindicateurs, sur deux sites et d'analyser l'impact des activités humaines sur l'environnement local. Cette étude fournira des informations précieuses sur l'état actuel de la qualité de l'air et contribuera à la mise en place de stratégies efficaces pour améliorer et préserver l'environnement.

Chapitre 1
SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUES


1. Définition des lichens :

Le terme "lichen" trouve son origine dans le mot grec "leikhen", signifiant "lécher", en raison de leur thalle parfois appliqué sur le support, semblable à un léchage (Boullard, 1990). Jusqu'à la seconde moitié du XIX^e siècle, les lichens étaient considérés comme des organismes biologiques simples, souvent confondus avec les Thallophytes voire les bryophytes par les chercheurs (Des Abbayes, 2014). Les lichens résultent de l'association entre des algues et des champignons, considérés comme des pionniers dans le règne fongique depuis des milliards d'années. Lorsque cette perspective est adoptée, les scientifiques ont nommé cette union "symbiose", un terme dérivé du grec signifiant "vivre ensemble", où les deux parties dépendent l'une de l'autre pour survivre (Lacoux et Engler, 2012). Depuis lors, les lichens sont classés dans le règne fongique et étudiés par la lichénologie.

2. Morphologie :

La diversité lichénique s'élève à 20 000 espèces dans le monde, L'appareil végétatif d'un lichen est un thalle qui présente une morphologie originale par rapport à celle des algues et des champignons (Ourari, 2016)

La planche (1) suivante regroupe les différents types de thalles des lichens :

<p>Thalles foliacés : Ils se présentent sous forme de lames plus ou moins lobées ou de feuilles, facilement détachables du substrat auquel ils sont parfois fixés par des rhizines, comme c'est le cas pour l'espèce <i>Xanthoria parietina</i> (Amirouche, 2016).</p>	 <p>Figure 1 : Thalle foliacés</p>
---	---






<p>Thalles fruticuleux :</p> <p>Ce sont des thalles en lanières plates, qui peuvent être divisées et cannelées ou en tiges, simples ou plus au moins ramifiées, de section ronde ou plate. Le port peut être étalé, pendant ou dressé, le thalle n'adhère pas au substrat que par une seule de ses extrémités, de surface réduite. Les deux faces de lanières sont généralement de même couleur, sauf pour quelques espèces comme <i>Everniaprunastri</i>, <i>Pseudeverniafurfuracea</i>... (Tiévant, 2001).</p>	 <p>Figure 2 : Thalles fruticuleux</p>
<p>Thalles gélatineux :</p> <p>Ils contiennent des cyanobactéries réparties dans toute l'épaisseur du thalle. Lorsqu'ils sont secs, ils sont noirs, coriaces et friables. En présence d'eau, ils gonflent pour former des masses gélatineuses (Amirouche, 2016).</p>	 <p>Figure 3 : Thalles gélatineux</p>
<p>Thalles crustacés :</p> <p>Ce sont des thalles adhérant au substrat auquel ils sont parfois incorporés en totalité ou en partie et il est impossible de les en détacher, quelle que soit la nature de celui-ci (bois roche...etc.). Lorsque le thalle n'est guère visible, seules apparaissent nettement les fructifications Exemple: <i>Lecidellaelaechroma</i> (Ozenda, 1990)</p>	 <p>Figure 4 : Thalles crustacés</p>

Planche01 : Photos représentatives des différents types thalles

3. La reproduction des lichens :

Les lichens sont capables de se multiplier par différentes voies sexuée et asexuée qui sont représentés dans la planche (2)

Reproduction asexuée :

La reproduction asexuée fait intervenir deux structures particulières : les soralies (amas poudreux libérant des sorédies) et des isidies (excroissances du thalle) (figure5). Sorédies et isidies sont constituées des deux partenaires (hyphes mycéliens et gonidies). Ces fragments lichéniques sont transportés par le vent et peuvent, en conditions favorables, coloniser de nouveaux milieux (Reynaud, 2011). Les soralies sont des organes à l'aspect farineux ou granuleux constitués d'algues et de filaments mycéliens qui sont émis par les déchirures du thalle. Leur transport par le vent ou les insectes permet la propagation de l'espèce SITT longues distances (Masson, 2014).

Les isidies sont des organes en forme de petits bourgeons constitués d'algues et de filaments mycéliens. Leur couleur est généralement la même que celle du thalle car ils sont recouverts par le cortex. Ces petites excroissances peuvent très facilement se détacher pour coloniser le substrat proche (Masson, 2014).

Organes de reproduction asexuée prenant un aspect granuleux (amas de poudre)

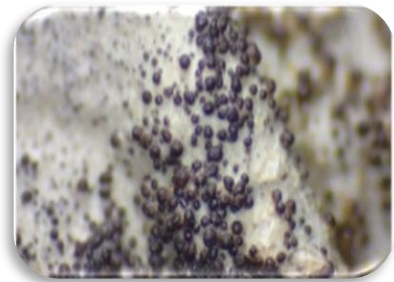


Figure 5 : Photo de soralie

Organes de reproduction asexuée prenant la forme de petits boutons ou cylindres



Figure 6 : Photo d'isidies

Reproduction sexuée :

La reproduction sexuée ne fait intervenir que le partenaire fongique. Elle s'opère via deux structures : l'apothécie (petite coupelle) ou le périthèce (petit dôme présentant un orifice apical). Celles-ci produisent les spores qui, émises dans l'air, se développeront après la rencontre avec une algue appropriée.

Organes de reproduction sexuée formant des petites coupes ou disques



Figure 7 : Photos des apothécies

Planche 02 : photos représentatives de la reproduction sexuée et asexuée

4. La pollution de l'air :

4.1. Définition :

La pollution atmosphérique est définie dans la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996. Elle résulte du rejet direct de composés gazeux ou sous forme de particules, nocifs pour l'homme et la biosphère, qui proviennent des diverses activités humaines, industrielles, domestiques, agricoles, des transports, des combustions diverses, etc. Les polluants ainsi émis sont dits d'origine anthropique.

4.2. Polluants primaires et polluants secondaires :

La biosphère produit aussi naturellement des gaz et des particules qui se retrouvent dans l'atmosphère. C'est le cas de l'érosion éolienne, des hydrocarbures émis par la végétation, des productions de gaz provenant des décompositions bactériennes dans les sols et les eaux, des embruns marins souvent porteurs de détergents, etc. Ces sources de constituants, qui sont souvent de même nature que les polluants, sont appelées **biogéniques**.

Les activités humaines modifient ces émissions apportant alors une contribution à la pollution atmosphérique. Ainsi l'agriculture modifie l'érosion éolienne et les émissions de gaz comme les oxydes d'azote avec l'utilisation d'engrais azotés qui perturbent le cycle naturel de l'azote.

Les polluants introduits directement dans l'atmosphère, ou qui proviennent de la modification des émissions naturelles de la biosphère, sont appelés des **polluants primaires**.

Un grand nombre d'entre eux vont réagir chimiquement, en particulier sous l'effet du rayonnement solaire, et donner de nouveaux constituants ou **polluants secondaires**, qui sont souvent plus agressifs pour l'environnement que ceux qui leur ont donné naissance. Il y a parmi ces **polluants secondaires** des acides forts, comme l'acide sulfurique et l'acide nitrique, ainsi que des oxydants puissants comme l'ozone (O_3).

L'atmosphère est ainsi le siège d'une intense activité chimique, entre composés qui sont la plupart du temps à l'état de traces infimes. Les concentrations des constituants actifs, qui s'expriment souvent par le rapport de mélange volumique, peuvent être très faibles de l'ordre de la ppt, c'est à dire un volume de polluant pour 10^{12} (ou 1000 milliards) Volumes d'air. Elles sont souvent de l'ordre de la ppb (partie pour milliard, où b se réfère au mot anglais *billion*), ou de la ppm (partie pour million)

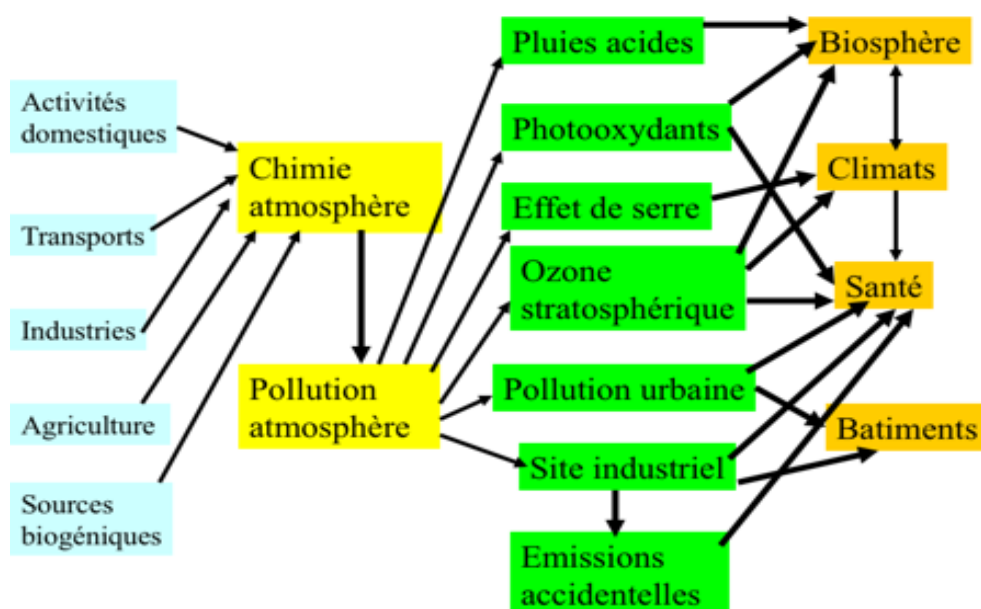


Figure 08 : Schématisation des pollutions de l'atmosphère

A la fin la pollution de l'atmosphère se manifeste à trois échelles différentes. A l'échelle locale, elle entraîne surtout, mais pas uniquement, des effets sur la santé humaine ; à l'échelle régionale, les effets les plus spectaculaires sont l'acidification des eaux de surface et le dépérissement des forêts ; et enfin à l'échelle planétaire, avec la destruction de l'ozone stratosphérique et l'augmentation de l'effet de serre, elle engendre des risques de modifications climatiques et des répercussions sur la biosphère, sur le niveau des océans, mais aussi sur la santé de l'homme.

4.3. Les principaux polluants à l'échelle locale :

Actuellement les principaux polluants primaires qui contribuent à la pollution atmosphérique locale sont des particules solides (Lien vers article Les particules), des oxydes d'azote (NO_x), des hydrocarbures. Le tableau donne une idée de leur nature et de leur provenance : les combustions ou évaporations des carburants dans les moteurs des automobiles, véhicules légers et poids lourds, le chauffage des locaux avec la combustion du bois ou des fiouls, etc. Les émissions et concentrations actuelles de certains composés qui furent des polluants majeurs ont fortement diminué. C'est le cas du dioxyde de soufre (SO_2) qui provenait du soufre contenu dans des combustibles (charbon, fiouls, etc), du plomb qui dans les essences permettait d'augmenter l'indice d'octane, d'autres métaux lourds comme le mercure dégagé surtout par les incinérateurs de déchets, ainsi que des dioxines, etc. Il faut ajouter à cette liste de polluants primaires des composés biogéniques, comme les pollens, spores, bactéries.

Tableau 01 : Les principales classes de polluants avec leurs états physiques et leurs sources

Polluant/classe de polluant	Exemples	Etat physique	Sources majeures
Oxydants photochimique	Ozone	Gaz	Polluant dans la troposphère, généré à partir de NOx, composés organiques volatiles (VOCs), dont méthane, CO, origine stratosphérique, Dans la stratosphère protège du rayonnement UV mais détruit par des composés chlorés, bromés, etc. (trou d'ozone)
Dioxyde de soufre (SO ₂)	SO ₂	Gaz	Combustion combustibles fossiles, volcans, transformation de composés soufrés d'origines naturelles
Monoxyde de carbone (CO)	CO	Gaz	Combustion incomplète de composés carbonés, oxydation de composés organiques volatiles (VOCs)
Oxydes d'azote (Nox)	NO, NO ₂	Gaz	Oxydation de l'azote lors de combustions, orages
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs)	Benzène, 1,3-butadiene, formaldéhyde, acides	Gaz	Combustion incomplète, processus chimiques dans l'atmosphère, utilisation de solvants

Suite tableau 1

Mercure (Hg)	Hg0, méthyl mercure	Gaz particulaire	Combustion du charbon, Raffinage de minerais, incinérateurs, naturel
Plomb (Pb)	Pb	Particulaire	Combustion essence avec plomb, (a été éliminé des essences), incinérateurs, fonderies et manipulations du plomb
PM, comprenant PM2,5,PM10,PM inhalables, particules en suspension carbone suie (black Carbon)	ions inorganiques (ex. sulfate); oxydes métalliques; matériels carbonés, y compris carbone inorganique & carbone élémentaire	Particulaire	Erosion éolienne, embruns marins, Combustion de combustibles fossiles ou provenant de biomasse, agriculture, pollens, spores, virus, bactéries, conversions gaz-particules
Carbone organique	Hopanes, stéranes, hydrocarbures aromatiques polycycliques, lévoglucosanes, terpènes, isoprène	Gaz particulaire	Combustion incomplète de combustibles fossiles ou provenant de biomasse, émissions de la végétation, oxydation de composés organiques gazeux

5. Les lichens comme bioindicateurs :

Les lichens sont reconnus comme de bons bioindicateurs de la qualité de l'air (Nash & Gries, 1991, Van Haluwyn & Lerond, 1993), car ils présentent :

Une sensibilité particulière à certains polluants, une distribution suffisante et homogène dans l'aire considérée, une manière de réagir facilement observable. Ils sont donc utiles, dans une optique de Sauvegarde de l'environnement, comme signal d'alarme pour prendre des mesures de prévention adaptées avant que les détériorations annoncées n'atteignent l'ensemble des organismes de l'écosystème, et ne compromettent irrémédiablement son équilibre.

En comparant l'utilité des mesures physico-chimiques avec celle des lichens comme bioindicateurs, on pourrait dire que les premières renseignent sur les concentrations des polluants présents dans l'air, et les deuxièmes sur la qualité globale de l'air, qui est une notion plus floue, mais chargée d'une signification biologique.

Les lichens se prêtent à l'établissement d'un réseau d'observation étendu, à la fois dans l'espace et dans le temps, alors que le nombre de stations de mesure est limité par leur coût. Ainsi, en Vénétie, on a pu établir une corrélation entre l'incidence du cancer des poumons et la pollution atmosphérique, évaluée par 2425 observations sur 18'000 km². Selon une méthode de bioindication par les lichens (CISLAGHI & NIMIS, 1997). Un réseau de mesures physico-chimiques aussi dense et étendu n'est pas réalisable.

Bien entendu, les organismes bioindicateurs sont influencés par d'autres facteurs environnementaux (micro-climatiques, de l'habitat), et il est nécessaire de réduire l'impact de ces derniers à un degré acceptable, en disciplinant l'observation par des critères très stricts. Les résultats obtenus, à cause de la variabilité inhérente aux organismes vivants, présentent toujours une dispersion importante. L'échantillonnage doit donc être suffisamment grand.

Chapitre 2
MATERIEL ET METHODES

1. Description du site d'étude

Notre étude a été menée au niveau de l'université 20Aout1955 Skikda. La région de Skikda peut être classée dans l'étage bioclimatique humide à subhumide. L'étage humide couvre la zone occidentale montagneuse représentée par le massif de Collo, l'étage subhumide couvre le reste de la wilaya.

Vue l'étendue de la superficie de l'université nous avons réalisé l'échantillonnage dans 2 sites de l'université qui présentent des activités différentes.

1.1 Site 01 : Station des bus universitaire

Le premier site présente un emplacement légèrement élevé par rapport à l'entrée de l'université. Situé en face de la Faculté des Sciences, le macquis se trouve précisément derrière la station de bus universitaire des étudiants. Ce site était riche et diversifié en termes de types de plantes et d'arbres qui s'y trouvaient.



Figure 09 : station des bus universitaire

1.2 Site 02 : Site des allée des pacaniers :

Le deuxième site se trouve à quelques mètres de la porte principale de l'université 20 Aout 1955. Skikda, sur le côté gauche. C'est une longue route bordée d'arbres de pacaniers, avec derrière elle un verger d'orangers et divers arbres fruitiers.



Figure 10 : L'allée des pacaniers

2. Méthode d'étude

2.1 La récolte des lichens

La récolte des lichens est assez simple et peut être réalisée à n'importe quelle saison. Dans la mesure du possible, il vaut mieux prélever les thalles entiers ou, à défaut, un fragment représentatif avec la partie périphérique et la partie centrale. (Jahns H.M., 1996), (Tievant P., 2001), (Van Haluwyn C., Asta J., 2013).

Notre étude à porter sur les lichens épiphytes, ainsi, à l'aide d'un couteau, les lichens sont détachés du tronc d'arbre délicatement, pour les lichens foliacés. Pour les lichens crustacés, le fragment de l'écorce prélevée correspond représente un échantillon représentatif du lichen.

L'échantillonnage a été réalisé sur des arbres droit et bien dressés, de circonférence supérieure à 50cm, un quadrillage de cinq carrés, chacun de 10cm x 10cm, a été utilisée pour l'estimation de la fréquence des lichens sur chaque face selon l'exposition Nord, Est, West et Sud cette étude a été menée de janvier à mars. Cette méthode permet de délimiter la zone d'observation et d'identifier les spécimens. La base de la grille est placée à un mètre du sol, de ce fait la zone de prélèvement correspond à la hauteur d'homme. Ceci permet d'homogénéiser les conditions environnementales de prélèvement, notamment l'exposition à la lumière et l'humidité.



Figure 11 : Quadrillage sur l'arbre de Cocos face nord

Après le prélèvement, les échantillons sont placés dans des enveloppes sur lesquelles, la direction relative du prélèvement (nord, sud, est ou ouest), la date de prélèvement, sont mentionnés, puis nous les avons acheminés au laboratoire pour analyser leurs caractéristiques, ce qui nous permettra de déterminer le type précis de ces organismes.

2.2 Identification des lichens

Pour identifier les différentes espèces de lichens, nous avons examiné leurs caractéristiques morphologiques à l'aide d'un stéréomicroscope binoculaire (loupe binoculaire) (Figure 12). Plusieurs clés d'identification ont été utilisées, les bases de données les plus importantes et retenues pour l'attribution des noms scientifiques acceptées sont celles de l'Association Française en Lichénologie (<https://www.afl-lichenologie.fr/>) et The *British Lichen Society* (<https://britishlichensociety.org.uk/>)



Figure 12 : L'identification des espèces lichéniques à l'aide d'une binoculaire

Quelques-uns des principaux critères d'identification des lichens sont:

a. Thalle : Le thalle est la partie principale du lichen. Il peut être de différentes formes, telles que foliacé (feuilles plates), crustacé (croûte) ou fruticuleux (en forme de buisson). L'observation du thalle aidera à déterminer le type de lichen.

b. Couleur : la couleur du lichen est notée. Certains sont verts, d'autres gris, jaunes, orange ou bruns. La couleur peut varier en fonction de l'exposition à la lumière et à l'humidité.

c. Texture : La texture du lichen peut être lisse, rugueuse, granuleuse ou écailleuse. Cela peut également varier en fonction du type de lichen.

d. Présence de structures reproductrices :

- **Apothécies :** Ce sont de petites structures en forme de coupe ou de disque sur le thalle. Elles contiennent les organes reproducteurs du lichen.
- **Soralies :** Ce sont de petites structures poudreuses ou granuleuses sur le thalle. Elles contiennent des spores et aident à la multiplication du lichen.

Plusieurs clés d'identification ont été utilisées pour l'identification des espèces lichéniques, les plus importantes sont l'association française de lichénologi et Brotich

2.3 Estimation de la qualité de l'air

2.3.1 Par les méthodes qualitatives :

2.3.1.1 VanHaluwynetLerond(1986) : utilisée à la base pour le Nord de la France et la Normandie, cependant, elle tend à être applicable dans toute la région. Cette méthode est basée sur la présence/absence d'un nombre limité d'espèces lichéniques indicatrices (37 espèces au total) sur six arbres différents, permettant de définir sept zones (voir **tableau02**) de A (zone polluée) à G (zone pure) (**Agnan, 2013**)

Tableau02: Echelle d'estimation de la qualité de l'air d'après VanHaluwynetLeron

Classe	Pollution de dioxyde de soufre	Espèces de lichens présentes
A	Pollution extrêmement forte	<i>Pleurococcus viridis</i> (C. Agardh) Rabenhorst (algue)
B	Pollution très forte	<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid

Suite tableau 2

C	Pollution forte	<i>Lecanoraexpallens</i> Ach. <i>Leprariaincana</i> (L.) Ach.
D	Pollution assez forte	<i>Diploiciacanescens</i> (Dicks.) A.Massal. <i>Lecidellaelaechroma</i> (Ach.) M.Choisy <i>Phaeophyscia</i> <i>orbicularis</i> (Neck.) Moberg <i>Physciatenella</i> (Scop.)DC. <i>Polycaulionapolycarpa</i> (Hoffm.) Frödén, Arup&Søchting
E	Pollutionmoyenne	<i>Candelariellaxanthostigma</i> (Ach.) Lettau <i>Everniaprunastri</i> (L.)Ach. <i>Hypogymniaphysodes</i> (L.)Nyl. <i>Parmeliasulcata</i> Taylor <i>Physciaadscendens</i> H.Olivier <i>Pseudeverniafurfuracea</i> (L.) Zopf <i>Xanthoriaparietina</i> (L.)Th.

Suite tableau 2

F	Pollution faible	<p><i>Flavoparmeliacaperrata</i> (L.) Hale</p> <p><i>Flavoparmeliasoredians</i> (Nyl.)</p> <p>Hale <i>Lepra amara</i> (Ach.)</p> <p>Hafellner</p> <p><i>Melanelixiaglabratula</i> (Lamy) Sandler & Arup <i>Melanelixiasubaurifera</i> (Nyl.) O. Blanco et al. <i>Parmelinapastillifera</i> (Harm.) Hale</p> <p><i>Parmelinatiliacea</i>(Hoffm.)</p> <p>Hale</p> <p><i>Pertusariapertusa</i>(L.)TuckP</p> <p><i>hlyctisargena</i>(Spreng.)Flot.</p> <p><i>Physconiagrisea</i>(Lam.)Poelt</p> <p><i>Pleurostictaacetabulum</i>(Neck.)</p> <p>Elix&Lumbsch <i>Polycaulionacandelaria</i>(L.)Frödén, Arup&Søchting</p> <p><i>Puncteliasubrudecta</i>(Nyl.)Krog</p> <p><i>Ramalinafastigiata</i>(Pers.)Ach.</p> <p><i>Ramalinafarinacea</i>(L.)Ach.</p>
---	------------------	--

2.3.1.3 Echelle adapté par Tiévant (2001)

Cette troisième méthode qualitative réalisée partir de la méthode de Van Haluwyn et Lerond (1993), et des travaux de Déruelleet al(1983). Tout comme les méthodes précédentes, cette méthode estime la qualité de l'air en évaluant la quantité de SO₂ en g/m³ en fonction de la présence ou l'absence de certains lichens (voir tableau03), classant ainsi les lieux en différentes zones (allant de la zone 0 où la concentration en SO₂ est de plus de 180 ug/m³; à la zone 10 où l'air est pur).

Tableau03: Quelques lichens typiques de zones de concentrations progressives en SO₂ sur écorces (Tiévant,2001)

Zone	SO₂ (µg/m³)	Lichens sur écorce à tendance acide, Plutôt rugueuse	Lichens sur écorce à tendance basique, Plutôt lisse
0	Plus de 180	Aucun	Aucun
< 1	170 environ	<i>Pleurococcus verdis</i> à la base des troncs	<i>Pleurococcus verdis</i> sur tout le tronc

Suite tableau 3

2	150 enviro n	Pleurococcus verdissurtoutletronc. <i>Lecanoraconizaeoides</i> à la base des Troncs	<i>Lecanoraconizaeoides</i> abondant <i>Lecanoraexpallens</i> parfois à la base Des troncs
3	125 environ	<i>Lecanoraconizaeoides</i> sur tout le tronc <i>Lepraria incana</i> à la base des troncs	<i>Lecanoraexpallens</i> et <i>Buellia punctata</i> Surtout le tronc <i>Diploicia canescens</i> Apparaît

Suite tableau 3

4	70environ	<p>Hypogymniaphysodes, <i>Parmelia</i> <i>Saxatilis</i> et <i>Parmelia</i> <i>sulcata</i> <i>Alabaster</i> troncs. <i>Lecanora</i> <i>expallens</i> fréquent.</p>	<p><i>Diploiciacanescens</i> commun. <i>Physcia</i> <i>adscendens</i> et <i>Xanthoria</i> <i>parietina</i> à l'abasede troncs</p>
5	60environ	<p><i>Hypogymniaphysodes</i> et <i>Parmelia</i> <i>Saxatilis</i> sur tout le tronc. <i>Parmelia</i> <i>Glabratula</i>, <i>Lecanora</i> <i>chlarotera</i>, <i>Parmeliopsis</i> <i>ambigua</i> et <i>Calicium</i> <i>viride</i></p>	<p><i>Physcia</i> <i>orbicularis</i>, <i>Physcia</i> <i>atenella</i>, <i>Ramalina</i> <i>farinacea</i> et <i>Xanthoria</i> <i>Candelaria</i> apparaissent. <i>Diploiciacanescens</i> et <i>Xanthoria</i></p>

Suite tableau 3

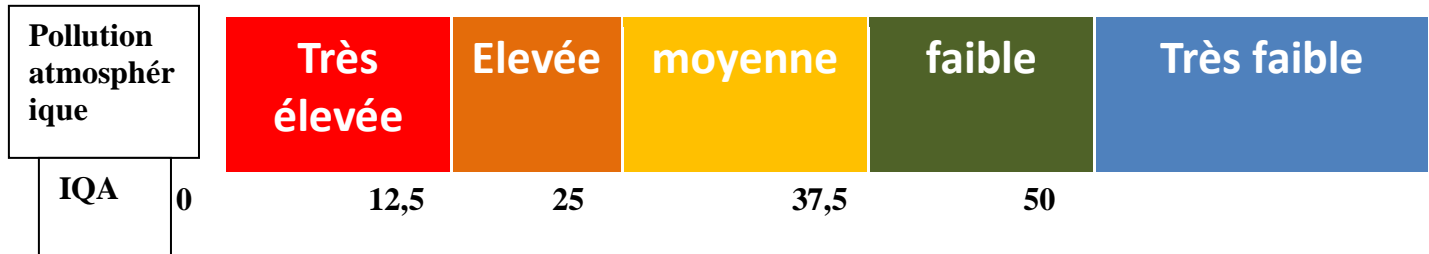
		Apparaissent. <i>Ramalina farinacea</i> et <i>Evernia prunastri</i> à la base des troncs	<i>Parietina</i> commun.
6	50 environ	<i>Parmelia caperata</i> au moins à la base. <i>Parmelia revoluta</i> , <i>Parmelia tilicea</i> et <i>Parmelia exasperatula</i> à la base des Troncs. Graphis elegans, <i>Pertusaria albescens</i> apparaissent. <i>Pseudevernia furfuracea</i> en montagne.	<i>Pertusaria albescens</i> , <i>Physconia distorta</i> et <i>Xanthoria polycarpa</i> apparaissent. <i>Physcia orbicularis</i> et <i>Physconia grisea</i> Abondants.
7	40 environ	<i>Parmelia caperata</i> , <i>Parmelia revoluta</i> , <i>Parmelia tilicea</i> et <i>Parmelia exasperatula</i> Surtout le tronc.	<i>Physcia aipolia</i> , <i>Anaptychiaria</i> , <i>Ramalina fastigiata</i> et <i>Candelaria</i> Concolor apparaissent.

Suite tableau 3

8	35environ	<i>Parmeliaperlata, Usneaceratina, Normandinapulchella</i> apparaissent.	<i>Physciaaipolia</i> abondant. <i>Parmeliaperlata</i> apparaît.
9	30environ	<i>Lobariapulmonaria, Lobariaa</i> <i>mplissima</i> et <i>Usneaflorida</i> .	<i>Ramalinacalicularis, Ramalinafraxinea,</i> <i>Physcialeptalea</i> et <i>Caloplacaaurantia</i> .
10	«pur»	<i>Lobariascrobiculata, Stitcalimbata, Usneafilipendula, Teloschistesflavicans...</i>	<i>Ramalinacalicularis, Ramalinafraxinea</i> <i>Physcialeptalea.</i>

2.3.2 La méthode quantitative :Indice De Qualité De L'air (IQA):Kirschbaum et Wirth (1997)

Repose sur la somme des fréquences moyennes rencontrées sur six arbres Cet indice est reporté sur une échelle de l'évaluation de la pollution de l'air.

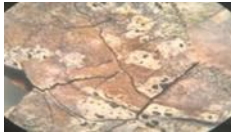




Chapitre 3
RESULTATS ET DISCUSSION

1. Présentation des résultats : identification des espèces lichéniques


Les résultats de la détermination des espèces lichéniques au niveau du campus universitaire (Station des bus et allée des pacaniers) montre la présence de 12 espèces au total. La liste des espèces lichéniques ainsi que les caractéristiques majeures qui ont permis leur identification sont représentées dans le tableau 04.


Tableau 04 : Diversité lichénique au niveau des deux sites étudiés. (Couleur orange indique que l'espèce est retrouvée dans la station des bus. La couleur verte indique sa présence dans l'allée des pacaniers. La couleur bleue indique la présence de l'espèce dans les deux sites)

Espèce	Type de thalles	Station de bus	Les pacaniers	Quelque caractéristique
 <i>Acrocordiagemmata</i> (Ach.) A. Massal.	Crustacé			Une croute fine et continue à la surface du substrat. Périthèces Apparence de points noir semi-immergés à immergés dans le Thalle
<i>Cladonia foliacea</i> (Huds.) Willd.	Fruticuleux			Prélevé sur roche, port dressé face supérieure vert concave à l'extrémité laissant apparaître la face inférieure blanche. Les apothécies sur la circonférence de petits lobes de couleur marron-noir
 <i>Dimerella lutea</i> (Dicks.) Kalb et Lücking	Crustacé			Thalle mince gris clair à gris verdâtre, Apothécies orange avec des marges plus pâles.
				Gris blanchâtre à gris verdâtre, les lobes ont des terminaisons larges,

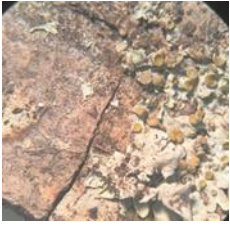


 <p><i>Diploiciacanescens</i> (Dicks.) A. Massal.</p>	Crustacé			<p>les soralies sont bien marquées au centre du thalle, La réaction colorée à K⁺ est jaune avec un virement au brun</p>
--	----------	--	--	--

Suite tableau 4

<p><i>Lecidellaelaechroma</i> (Ach.) M. Choisy</p>	Crustacé			<p>Gris-vert, fentillé, apothécies noires plane puis convexe.</p>
<p><i>Lecanorasp.</i></p>	Crustacé			<p>Granuleux gris clair à apothécie nombreuses serrés planes puis légèrement convexes marron. Les bords et l'intérieur de l'apothécie sont de couleur différente</p>
<p><i>Ochrolechiasp</i> A.Massal., 1852</p>	Crustacé			<p>Verruqueux blanc brillant réaction C- . Présence de pruine. présence de Pycnidie noirs</p>
<p><i>Opegraphapulicaris</i> (Hoffm.) Schrad.</p>	Crustacé			<p>Thalle gris-blanc crackelé, apothécie noire, comme des lèvres, avec sillon centrale.</p>
 <p><i>Parinaaenea</i> (Wallr.) Zahlbr.</p>	Crustacé			<p>Thalle mince, lisse à parfois plus ou moins craquelé, gris à verdâtre ou brunâtre et parfois noir. Pas d'isidies et soralies, Périthèces en partie immergés.</p>

 <p><i>Physcia ascendens</i></p>	Foliacé			Vert pale, les sorédies peuvent être blanchâtres Formant des rosettes ; les lobes sont étroits, sont dressés et des marges ciliées
---	---------	--	--	--

Suite tableau 4

 <p><i>Physciatribacia</i> (Ach.) Nyl. =</p>	Foliacé			Thalle gris-vert à bordures dentelées présentant de fine pruines, pycnidiesnoires, pas d'apothécie. Face inférieure : blanche avec des rhizines claires.
 <p><i>Physconiaperisidiosa</i> (Erichsen) Moberg</p>	Foliacé			Vert à vert clair-gris sur les bords. Présence de cils de couleur foncée marginaux. Pruine sur les lobes. Rhizines en écouvillon. Soralie blanche marginale.
 <p><i>Xantoriaparietina</i>(L.) Th. Fr.</p>	Foliacé			Thalle jaune, orange. Présence d'apothécies formant des rosettes irrégulières les lobes disposés de manière radiale sont large, aplatis et concave

Il est important de signaler qu'à l'issue de ce travail, et en raison du manque de moyens et de colorants au laboratoire et la difficulté que représente l'identification de certaines espèces lichéniques, nous avons cinq (5) espèces qui reste non identifiées.






	<p>Figure 22 : Photographie d'un lichen non identifié X1</p>
	<p>Figure 23 : Photographie d'un lichen non identifié X2</p>
	<p>Figure 24 : Photographie d'un lichen non identifié X3</p>
	<p>Figure 25 : Photographie d'un lichen non identifié X4</p>
	<p>Figure 26 : Photographie d'un lichen non identifié X5</p>

Planche 3: Photographies représentatives de quelques espèces non identifiées

1. 2. Comparaison de la diversité lichénique entre les deux sites

1.2.1 Diversité lichénique au niveau du site de la station des bus

Les lichens recensés au niveau de la station des bus, présentent différents types de thalles, ainsi 8,33% de thalle fruticuleux relatif à l'unique espèce retrouvée sur des roches, 33,33% ont un thalle foliacé, 58,33% de thalle crustacé indiquant que les espèces à thalle crustacé sont les plus abondantes dans ce site (figure27)

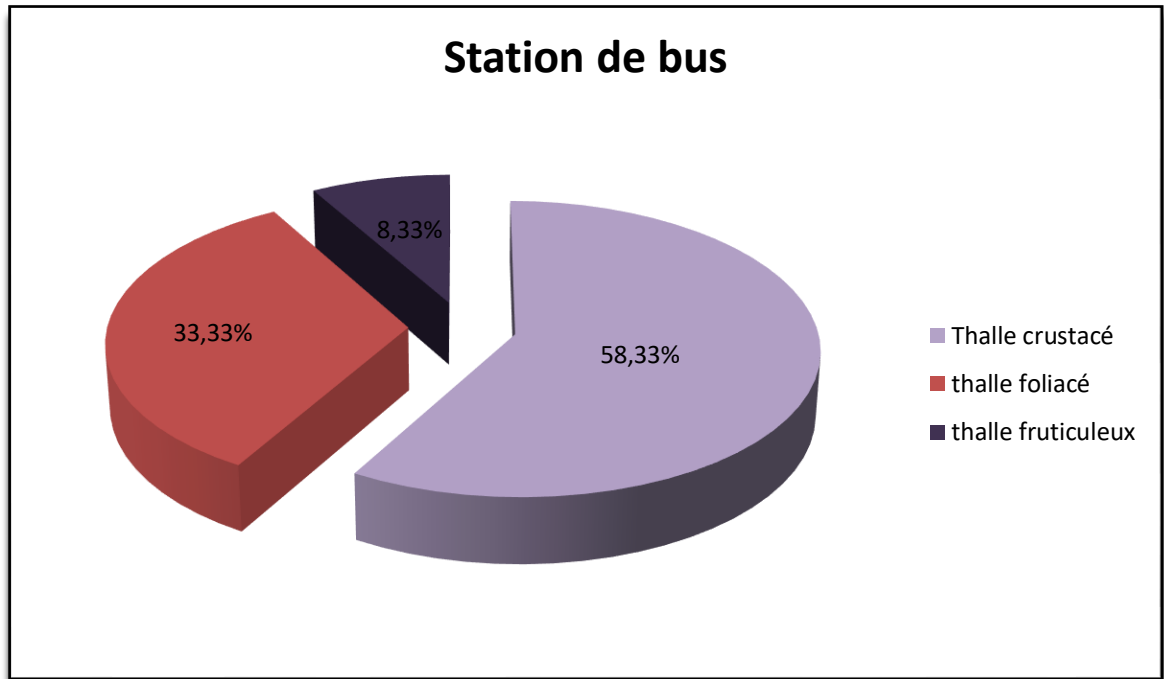


Figure 27 : La distribution de la diversité des lichens dans la station de bus

1.2.2 Diversité lichénique au niveau du site de l'allée des pacaniers

Les espèces de lichens répertoriées dans ce site présentent deux types de thalle dont la majorité est un thalle crustacé avec 66,66% contre 33,33% de thalle foliacé (figure 28)

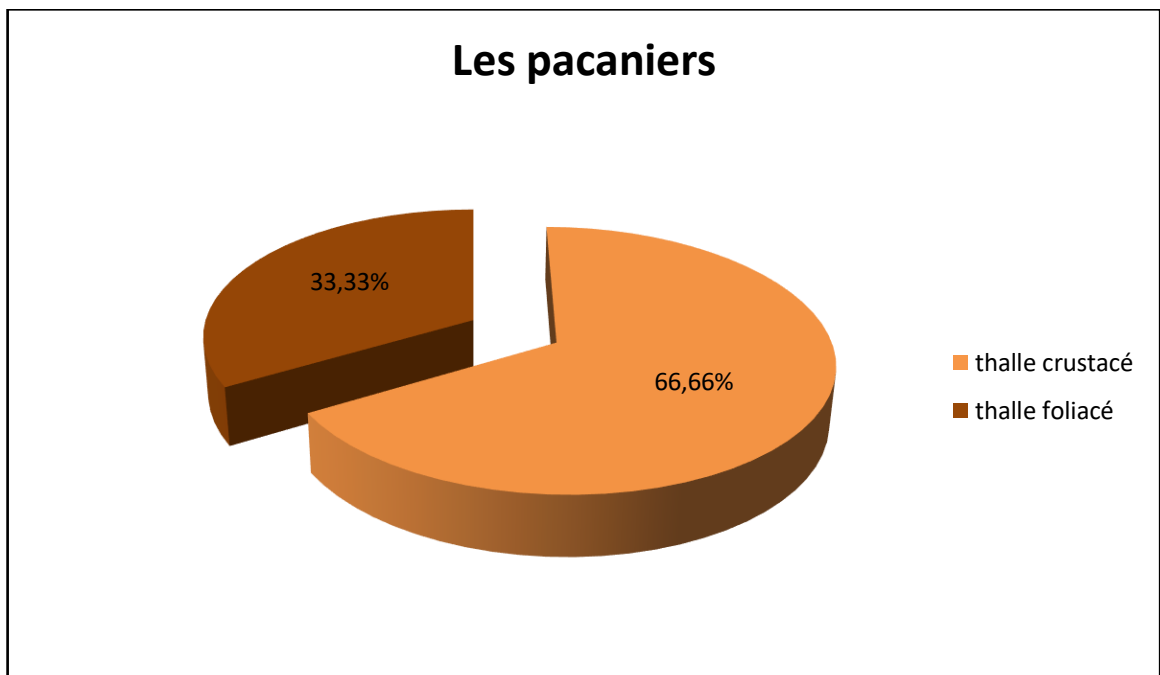


Figure 28 : La distribution de la diversité des lichens dans l'allée des pacaniers.

2. Evaluation de la qualité de l'air par les méthodes qualitatives et quantitatives:

2.1. Méthodes qualitatives :

2.1.1 Echelle de Van Haluwyn et Lerond (1986) :

L'estimation de la qualité de l'air selon la présence de certaines espèces lichéniques indicatrices, nous a permis de classer les sites étudiés selon le tableau suivant :

Tableau 05 : Estimation de la qualité de l'air des sites selon la méthode de Van Haluwyn et Lerond (1986)

Classe	Pollution SO ₂	Sites	Espèce lichénique présente selon l'échelle d'estimation de la qualité de l'air d'après Van Haluwyn et Lerond
E	Pollution moyenne	L'allée des pacaniers	<i>Physciaadscendens</i> , <i>Xanthoriaparietina</i>
E	Pollution moyenne	Station de bus	<i>Physciaadscendens</i> , <i>Xanthoriaparietina</i>

D	Pollution assez forte	Station de bus	<i>Diploiciacanesce, Lecidellaelaechroma</i>
----------	-----------------------	----------------	--

Selon l'échelle de l'estimation de la qualité de l'air de Van Haluwyn et Lerond (1986), les lichens trouvés dans la station de bus indiquent une pollution moyenne à assez forte. Le site de l'allée des pacaniers présente une moyenne pollution (tableau 05). Les espèces indicatrices de pollution moyenne sont communes entre les deux sites qui sont *Physciaadscendens* et *Xanthoriaparietina*.

2.1.2 Echelle Illustrée de Dalby (1981) :

L'échelle illustrée de Dalby (1981), permet l'appréciation de la qualité de l'air selon des intervalles d'estimation de la concentration du dioxyde de soufre selon la présence d'espèces indicatrices. Ainsi le tableau 06 affiche les concentrations de SO₂ des deux sites étudiés.

Tableau 06 : Estimation de la qualité de l'air des stations selon L'échelle de **Dalby (1981)**

SO ₂ µg/m ³	Sites	Espèce lichénique présente selon l'estimation de la qualité de l'air de Dalby (1981)
(60 - 70) µg/m ³	L'allée des pacaniers	<i>Xanthoriaparietina</i>
(60 - 125) µg/m ³	Station de bus	<i>Xanthoria parietina</i> , <i>Lecidellaelaechroma</i> , <i>Diploiciacanesce</i>

Selon l'échelle de l'estimation de la qualité de l'air de Dalby(1981), les lichens trouvés dans allée des pacaniers indiquent une quantité de SO₂ comprise entre 60 à 70 µg/m³. Pour la station des bus une quantité entre 60 à 125 µg/m³ est indiquée. Il est à remarquer que la concentration en SO₂ dans allée des pacaniers, bordée de vergers et à destination agricole, est plus élevée que dans la station des bus qui lui présente une forte activité anthropique avec la concentration de véhicules qui y circulent.

2.1.3 Echelle adapté par Tiévant (2001)

Selon l'échelle adaptée de l'estimation de la qualité de l'air par **Tiévant (2001)**, et par la présence de lichens sur les arbres près de la station des bus universitaire, indiquant une quantité de SO₂ d'environ (125,70 ,60)µg/m³. Pour l'allée des pacaniers une quantité environ (70,60)µg/m³ est indiquée (tableau 07) .

Tableau07: Estimation de la qualité de l'air des stations selon L'échelle adapté par Tiévant(2001)

Zone	SO ₂ µg/m ³	Sites	Espèce lichénique présente selon l'échelle adaptée l'estimation de la qualité de l'air par Tiévant (2001)
(3,4,5)	(125,70, 60)µg/m ³ environ	Station des bus	<i>Diploiciacanescens</i> , <i>Physciaadscendens</i> , <i>Xanthoria parietina</i>
(4, 5)	(70, 60) µg/m ³ environ	L'allée des pacaniers	<i>Xanthoriaparietina</i> , <i>Physciaadscendens</i>

Les deux sites se rapprochent des quantités de SO₂(70, 60) du fait que les espèces indicatrices poussent sur les deux sites à savoir *Xanthoria parietina* et *Physciaadscendens*. La présence de l'espèce *Diploiciacanescens* indique une quantité plus importante de SO₂ de 125µg/m³ dans la station des bus.

Une synthèse des résultats de l'estimation de la qualité d'air par les trois méthodes qualitatives dans les deux sites, est représentée dans le tableau 08.

Tableau 08 : Comparaison de l'évaluation de la qualité de l'air des stations d'étude par les méthodes qualitatives

Méthodes Sites	Van Haluwyn et Lerond (1986)	Echelle adapté par Tiévant (2001)	Echelle Illustrée de Dalby (1981)
Station des bus	La pollution est Moyenne à assez forte	La quantité de SO ₂ est de l'ordre de (70, 60) µg/m ³ à 125 µg/m ³	La quantité de SO ₂ entre (60– 125) µg/m ³
L'allée des pacaniers	La pollution est Moyenne	(60 µg/ m ³ -70 µg/m ³)	La quantité de SO ₂ entre (60–70) µg/m ³

2.2 Méthodes quantitatives : Indice de qualité de l'air (IQA. kirschbaum et wirth, 1997) :

Cet indice reflète par la somme des fréquences moyennes des espèces lichéniques, un indice de la pollution de l'air. Les tableaux 09 et 10 indiquent les indices de qualité de l'air des deux sites.

Tableau 09 : Calcul de l'indice de qualité de l'air pour le site Allée des pacaniers

Site n°01	Localisation : Allée des pacaniers						
Espèce de lichens	Arbre 1	Arbre 2	Arbre 3	Arbre 4	Arbre 5	Arbre 6	Fréquence moyenne
<i>Dimerallalutea</i>	5	0	5	0	0	0	$= (5+5)2/6=3,66$
<i>Opegraphapulicaris</i>	4	0	0	5	0	0	$= (4+5)2/6=3$
<i>Xanthoria parientina</i>	3	0	2	2	0	0	$= (3+2+2)2/6=2,33$
<i>Acrocordiagemmata</i>	3	0	0	3	0	0	$= (3+3)2/6=2$
<i>Physiaadscendens</i>	5	3	0	0	0	0	$= (5+3)2/6=2,66$
<i>Parinaaenea</i>	2	0	0	3	0	0	$= (2+3)2/6=1,66$
Indice locale de la qualité de l'air (Somme de fréquences)							$3,66+3+2,33+2+2,66+1,66=15,25$

La station étudiée se trouve dans une zone où la pollution de l'air est élevée, ce qui est déterminé par l'indice de qualité de l'air (IQA).

Tableau 10 : Fiche de station des six arbres dans la station des bus

Site n°2	Localisation : Station des bus						
Espèce de lichens	Arbre 1	Arbre 2	Arbre 3	Arbre 4	Arbre 5	Arbre 6	Fréquence moyenne
<i>Lecidella elaeochorma</i>	2	0	0	4	0	0	$=\frac{(2+4)2}{6}=2$
<i>Dimerallalutea</i>	5	0	2	0	0	0	$=\frac{(5+2)2}{6}=2,33$
<i>Physciatribacia</i>	3	0	5	0	1	0	$=\frac{(3+5+1)2}{6}=3$
<i>Physciaperisidies</i>	0	4	0	3	0	0	$=\frac{(4+3)2}{6}=2,33$
<i>Opegraphapolicar</i> <i>es</i>	4	2	0	0	0	0	$=\frac{(4+2)2}{6}=2$
<i>Cladonia foliacea</i>	0	0	1	4	0	0	$=\frac{(1+4)2}{6}=1,66$
<i>Xanthoria</i> <i>parientina</i>	0	5	4	4	0	0	$=\frac{(5+4+4)2}{6}=4,33$
<i>Acrocordiagemmat</i> <i>a</i>	0	0	2	0	0	0	$=\frac{(2)2}{6}=1,66$
<i>Physciaadscendens</i>	5	0	0	1	0	0	$=\frac{(5+1)2}{6}=2$
<i>Diplociaeanexens</i>	4	4	0	0	0	0	$=\frac{(4+4)2}{6}=2,66$
Indice locale de la qualité de l'air (somme des fréquences)							2+2,33+3+2,33+2+1,66+2+4,33+1,66+2+2,66=23,97

La station étudiée se trouve dans une zone où la pollution de l'air élevée, ce qui est déterminé par l'indice de qualité de l'air (IQA).

Les arrêts de bus sont souvent des zones ouvertes recevant une quantité suffisante de lumière, de température modérée La présence abondante de certains lichens sur les arbres à côté des stations des bus peut être due à plusieurs facteurs environnementaux et conditions locales favorisant la croissance de ces lichens.

Les arbres peuvent fournir un environnement humide, surtout dans les zones où la pluie ou la rosée s'accumulent grâce à l'écorce des arbres qui offre une surface rugueuse. Fournissant ainsi un micro-habitat essentiel pour la croissance des lichens. En plus, les zones proches des arrêts de

bus et une qualité de l'air adéquate, ce qui peut favoriser la croissance des lichens sur les arbres à proximité. D'autant plus que ces arbres peuvent être moins exposés à des interventions humaines telles que la coupe ou la pulvérisation de pesticides, ce qui permet aux lichens de croître sans perturbation.

Bien que les lichens soient sensibles à la pollution, certaines espèces comme *Physciaadscendens*, *Xanthoria parietina*, *Diploiciacanescens* et *Lecidella elaeochroma* peuvent tolérer certains niveaux de pollution de l'air en particulier aux gaz comme le dioxyde de soufre (SO₂) et les oxydes d'azote (NO_x). Les gaz d'échappement des bus contenant de l'azote en raison de la combustion de carburant, peuvent créer un environnement contenant des nutriments qui favorisent la croissance de ces lichens, sans atteindre des niveaux de pollution mortels.

En plus, dans les environnements pollués, le nombre d'autres organismes (comme les mousses et les champignons) qui concurrencent les lichens peut diminuer, ce qui donne à ces lichens une plus grande chance de se développer et de se répandre.

Xanthoria parietina, connue sous le nom de lichen orange commun, se trouve souvent dans les environnements urbains, y compris sur les arbres près des arrêts de bus. Ce lichen pousse souvent sur des substrats enrichis par les déjections d'oiseaux, qui sont courantes sur les arbres près des arrêts de bus. Les déjections fournissent des nutriments essentiels, ce qui favorise la croissance du lichen. Ce lichen, produit un pigment jaune appelé *xanthorine*, qui la protège des radiations UV. Cette adaptation la rend particulièrement adaptée aux endroits exposés comme l'écorce des arbres dans les zones urbaines où la lumière du soleil est abondante

Diploiciacanescens et *Lecidella elaeochroma* peuvent être capables de s'adapter aux conditions environnementales difficiles présentes près des arrêts de bus, telles que les fluctuations de température, de l'humidité et d'exposition aux polluants. Ce qui leur permet de prospérer dans des environnements difficiles.

A la fin, le site de l'allée des pacaniers qui présente une pollution moyenne avec un intervalle de (60 -70) µg/m³

Les pesticides ont un impact significatif sur les lichens, des organismes sensibles qui servent d'indicateurs de la qualité de l'air, où ils peuvent leur causer une toxicité directe inhibant leur Symbiosis et pouvant même entraîner leur mort. Les pesticides perturbent la photosynthèse et la symbiose entre les champignons et les algues qui composent les lichens tout en affectant la survie

de ces derniers. L'impact des pesticides sur les lichens conduit à une diminution de la diversité de leurs espèces. Cette diminution sert d'indicateur de la pollution environnementale.

Les espèces trouvées, comme *Dimerella lutea*, *Opegrapha pulicaris* et *Lecanora* sp, peuvent indiquer une pollution modérée à faible. D'autres espèces comme *Cladonia foliacea* et *Physciatribacia* montrent une tolérance à diverses conditions. La variation des espèces de lichens entre les sites peut indiquer des niveaux de pollution différents, suggérant que le site le plus proche du trafic est probablement plus pollué.

En résumé, la tolérance à la pollution, l'accumulation de nutriments, la capacité d'adaptation et le manque de concurrence sont des facteurs qui peuvent contribuer à l'abondance des certaines espèces lichéniques qui prennent le statut d'indicatrices de pollution.

Conclusion

Notre travail s'inscrit dans la stratégie de préservation de l'environnement dont la première démarche est l'estimation de la qualité de l'air, où les lichens constituent un matériel biologique fiable de bioindication.

Cette étude a donc été réalisée à l'Université de Skikda, où la proximité de la route nationale et l'intensité du trafic sont des sources de pollution. Deux sites ont été étudiés (la station des bus et l'allée des pacaniers) par des prélèvements de lichens corticoles et l'estimation de la qualité d'air par les méthodes qualitatives et quantitatives.

Au total 12 espèces lichéniques ont été recensées et identifiées dont 4 espèces foliacées, 8 espèces crustacées et 1 espèce à thalle fruticuleux, sur les deux sites d'étude avec dominance des espèces *Xanthoria parietina*, *Physcia adscendens* et *Diploicia canescens*, qui se révèlent des espèces indicatrices de pollution.

Le site de l'allée des pacaniers est caractérisé par une moyenne diversité lichénique par contre la station des bus est caractérisée par une richesse et forte diversité lichéniques.

L'étude qualitative par les trois échelles d'estimation, de la station des bus de l'université décerne une pollution moyenne à assez forte. L'allée des pacaniers quant elle est caractérisée par une pollution moyenne.

Les résultats quantitatifs de l'estimation de l'indice de la qualité de l'air IQA de Kirschbaum et Wirth (1997) à la station des bus nous donnent également une pollution élevée et pour l'allée des pacaniers li présente également une pollution élevée en raison de la proximité des résultats.

La pollution de ces sites est due à leur proximité avec la route nationale, ce qui expose l'air à des niveaux élevés de pollution résultant des émissions de gaz comme le dioxyde de soufre et le dioxyde d'azote, contribuant ainsi à la détérioration de la qualité de l'air et augmentant les niveaux de pollution atmosphérique environnant. De même, les opérations de pulvérisation de pesticides et d'engrais chimiques libèrent des substances chimiques dans l'air, ayant un impact négatif sur la qualité de l'air et génèrent des niveaux élevés de pollution atmosphérique.

En perspectives, il est nécessaire de compléter et de continuer ce travail par :

- ✚ L'étude de biosurveillance d'autres sites à différents emplacements qui s'étaleront sur plusieurs années, afin d'obtenir une évaluation complète et précise de la pollution atmosphérique dans la région de Skikda.
- ✚ En combinaison avec l'axe de bioaccumulation des lichens par le dosage des métaux lourds permettant une quantification de cette pollution.

- ✚ L'identification des lichens représente en terme de biodiversité un axe de recherche très pertinent et prometteur dont peu d'étude en Algérie est y sont consacrée, surtout dans la région de Skikda. Cet axe permettra de recenser la richesse des espèces et mettre l'accent sur la nécessité de préserver et de protéger la santé des écosystèmes et de l'environnement.

Références bibliographiques

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* (Doctoral dissertation).

Amirouche N., Bougue doura N., Hadj- Arab H.(2016). Les lichens. In: Botanique:algues, champignons, les lichens. Éditions Houma, Alger, p 64-66.

Boullard B. 1990- Guerre et paix dans le règne végétal. Ed. Ellipses et Marketing, 336p

British LichenSociety: [\[https://www.britishlichensociety.org.uk/\]](https://www.britishlichensociety.org.uk/)
[\(https://www.britishlichensociety.org.uk/\)](https://www.britishlichensociety.org.uk/)

Brodo, I. M., Sharnoff, S. D., &Sharnoff, S. (2001). *Lichens of North America*. Yale University Press.

CISLAGHI, C. & P. L. NIMIS(1997).Lichens, air pollution and lung cancer. *Nature* 387: 463-464.

Dalby, C., British Museum (Natural History), BP Educational Service, 1981. LICHENS AND AIR POLLUTION. British Museum (Natural History] : BP Educational Service, London

De Sloover, J., &LeBlanc, F. (1970).Pollutions atmosphériques et fertilité chez les mousses et chez les lichens épiphytiques. *Nancy Soc Lorraine Sci Bull*.

Hawksworth, D. L., & Rose, F. (1976).*Lichens as Pollution Monitors*. Edward Arnold Publishers.

Lacoux D et Engler R (2012). Compte-rendu de la session de l'AFL dans l'Hérault, Bulletin de l'Association Française de Lichénologie (AFL), vol. 37, fascicule 1.

Lichen Ecology.

Lichen Portal: [\[http://lichenportal.org/portal/\]](http://lichenportal.org/portal/)(<http://lichenportal.org/portal/>)

Masson, J. C., 2014.Les lichens, bio-indicateurs de la qualité de l'air. IFE. [PDF], consulté le

Nash, T. H. (2008). *Lichen Biology*. Cambridge University Press.

Nash, T. H. (ed.). (2008). *Lichen Biology*. Cambridge University Press.

NATO Science Series, IV: Earth and Environmental Sciences.

Niestlé, Paris, France, 304p.

Nimis, P. L., Scheidegger, C., & Wolseley, P. A. (2002). Monitoring with lichens—monitoring lichens: an introduction. *Monitoring with Lichens—Monitoring Lichens*, 1-4.

Ourari M. (2016). Les lichens. In : Cours de botanique. Edition : pl n°5331, office des publications universitaires, Alger, p 48-53.

Ozenda, P. (1990). La zone némorale xérotherme sud-européenne. *Plant Biosystem*, 124(6), 759-780.

- Ozenda, P., & Borel, J. L. (2000).** An ecological map of Europe: why and how?. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris, Série II*, 330, 101-106.
- Kricke, R. et Loppi, S. (2002).** Bioindication : the I.A.P. approach. In : Nimis, P.L., Scheidegger, C. et Wolseley, P.A. (eds.), *Monitoring with lichens - Monitoring lichens*, Kluwer Academic Publishers, NATO Science Series, p. 21-37.
- Purvis, W. (2000).** *Lichens*. natural history museum.
- Richardson, D. H. (1992).** *Pollution monitoring with lichens* (pp. 76-pp).
- TIEVANT P.,(2001).** Guide des lichens, 350 espèces de lichens d'Europe. Edition Delachaux et Niestlé, France. 304 p.
- Tiévant, P. (2001).** *Guide des lichens: 350 espèces de lichens d'Europe*. Delachaux et niestlé.
- VAN HALUWYN C., LEROND M.,(1993).** Guide des lichens. Le chevalier. 376 p.
- Van Haluwyn, C., & Lerond, M. (1988).** Lichénosociologie et qualité de l'air: protocole opératoire et limites. *Cryptogamie. Bryologie, lichénologie*, 9(4), 313-336.