الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشاذلي بن جديد الطارف

Université Chadli Bendjedid El Tarf

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département Biologie

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention d'un diplôme
De Master en Biologie

Option : « biodiversité écologie et l'environnement B.E.E»

Thème

Evaluation de la pollution atmosphérique de la Région d'Annaba a L'aide de la bio-indication lichénique

Présenté par :

MAMOUR Lazhar

GHOUL Amor

Devant le jury :

Présidente :	**Dr BAKARIA Fatiha**	**M.C.B**	**Université d'El Tarf.**
Promoteur :	**Dr BOUMEDRIS Zine Eddine**	**M.C.B**	**Université d'El Tarf.**
Examinateur :	**Mr GOUBI Mostafa**	**M.AB**	**Université d'El Tarf.**

Année Universitaire : 2015– 2016

Remerciements

Nous tenons à remercier avant tout, Allah le tout puissant de m'avoir guidé durant toutes ces années et permis la réalisation de ce mémoire en me donnant la force, la patience et la volonté.

J'aimerai remercier nos enseignants et notre promoteur, Mr.BOUMEDRIS, pour m'avoir guidé, conseillé et encouragé à approfondir nos connaissances sur terrain.

J'exprime toute ma gratitude à Dr.F.BAKARIA qui m'a honoreé en étant la président de mon jury.

Nos remerciements vont également au Mr.GHOUBI pour avoir accepté d'examiner notre travail, qu'il trouve ici le témoignage de notre profonde reconnaissance.

Enfin que toutes les personnes qui ont contribuées de prés ou de loin à la réalisation de ce travail, trouvent ici l'expression de notre haute considération

Résumé

L'utilisation des lichens comme indicateurs du milieu n'est plus à démontrer car ces organismes recèlent des propriétés particulières. Ce sont des végétaux qui ne présentent ni feuille, ni tige ni racine seulement un thalle, ce sont donc d'excellents accumulateurs des éléments contenus dans l'air. De ce fait nous avons ramené nos échantillons de lichen *{Parmelia Perlata*) d'une région considérée comme non polluée (Bougous) et nous les avons transplantée aux niveaux de deux station dans la région d'Annaba pour estimer le degré de la pollution atmosphérique.

Une stratégie d'échantillonnage pertinente, un suivi spatio-temporelle et mesure de certaine paramètre physiologique (chlorophylle) et histologiques nous ont permis de caractériser l'impact de la pollution issue du usines EL hadjer et Fertial .

Les résultats obtenus nous ont permis d'une part une meilleure caractérisation de cette pollution et d'autres parts la mise en évidence de la sensibilité de cette espèce vis-à-vis de la pollution atmosphérique.

Mots clés : pollution atmosphérique, lichen, bio surveillance, bio indication, Annaba ,El hadjer ,Fertial, *Parmelia Perlata*

Abstract

The use of lichens as indicators of the environment is well established because these organisms contain particulières .This are plants which have neither leaf, stem or root or only one thallus,so are excellent accumulators of the elements contained in air .From this fact we brought our samples lichen(*Parmelia Perlatat*) of a region regarded as un polluted (bougous) and we transplanted them to the levels of two resort in the region of Annaba to estimate the degree of atmospheric pollution.

An appropriate sampling strategy, a spatio-temporal monitoring and measurement of certain physiological (chlorophyele), morphologiaue allowed us to characterize the Impact of pollution from a share of factories Fertial and El hadjar .

The results have allowed us to share a belter characterization of this pollution and other parts highlighting the sensitivity of this species visOvis pollution.

Keywords: air pollution, lichen, bio monitoring, bioindicator, annaba , Fertial ,El hadjer *Parmelia Perlata.*

Liste du tableau :

	page
01 Rejet du complexe sidérurgique « Elhadjar » (Serradj, 2007)	18
02 Rejets du complexe « Fertial » **(Serradj, 2007)**	18
03 les Différants stations de transplantation :	19
04	19
05	19

Introduction générale

En un demi-siècle, le problème de la pollution de l'air par les activités humaines s'est transformé; le rapport des responsabilités entre sources fixes (industries, centrales thermiques) et sources mobiles (transport routier, aérien...) s'est inversé (Jahnich, 2003).

Ainsi, la pollution industrielle est devenue l'un des principaux responsables de la pollution atmosphérique (Ofefp, 2004). Les impacts de la pollution atmosphérique générée par les usines sur la qualité de l'air et sur la santé préoccupent aussi bien les citoyens que les pouvoirs publics, en particulier en ce qui concerne le milieu urbain.

La pollution industrielle a également des incidences sur les milieux naturels. Sur ce point, les espaces montagnards ont joué le rôle de révélateurs mais, « la dimension subjective du problème agit puissamment pour renforcer l'effet des nuisances objectives» (Subra, 2001).

En Algérie et surtout dans la région Est du pays, il existe depuis plusieurs années un problème progressif de pollution atmosphérique. Raison pour laquelle plusieurs chercheurs se sont intéressés à cet aspect de recherche (Semadi., 1983, 1989, 1993 ; Chargra, 1996 ; Allioua, 2001, Maizi, 2006 ; Boumedris, 2014).

Pour une bonne illustration, on prend l'exemple de la wilaya de Annaba, une région à vocation industrielle cornue par un climat modéré et des terres fertiles valables à des différentes cultures. Elle est bénéficiaire de la réforme territoriale qui a engendré différents types de pollution. C'est dans le même contexte qu'est conçu l'essentiel de notre travail qui est articulé en deux parties :

Partie I : où nous avons décrit un bon nombre de recherches précédentes concernant d'une part une généralité sur la pollution atmosphérique et d'autre part la bio surveillance à l'aide des lichens.

Partie II : où nous avons présenté la région d'étude, le choix des sites de transplantation et d'échantillonnage, ainsi que nos résultats et discussion.

Chapitre 1 : La pollution atmosphérique

1- Généralités sur la composition de l'atmosphère

1-1 Définition de l'atmosphère

L'atmosphère terrestre est une enveloppe externe gazeuse de notre planète, animée par de mouvements qui dépendent essentiellement de phénomènes physiques :

- l'inégale répartition de l'énergie solaire à la surface de cet astre.
- les forces de CORIOLIS

Ces deux paramètres déterminent la structure horizontale de la planète avec les cellules de Hadley, les zones anticycloniques etc.. Mais quelle est la structure verticale de l'atmosphère ?

L'atmosphère n'est pas homogène sur toute son épaisseur, on peut la découper en strates qui sont déterminées par plusieurs propriétés physiques telles que :la pression, la température, la densité, et la présence de divers gaz ou plasma.

Le passage d'une strate à l'autre est matérialisé respectivement par la *mésopause,* la *stratopause* et la *tropopause* qui sont des limites où s'observent des inversions.

1-2 **Propriétés des strates atmosphériques :**

1-2-1 La troposphère :

Strate d'altitude faible, la pression et la densité y sont maximales car elle concentre les 9/10 des gaz atmosphériques. C'est aussi le lieu de présence des nuages. Sa température est plus élevée à sa base qu'à son sommet car le sol terrestre émet des IR et réchauffent l'air à son contact.

C'est dans cette zone que sont émis les polluants qui ont tendance à s'y accumuler à cause d'une différence de pression et d'un manque de convection avec la stratosphère.

1-2-2 **La stratosphère :**

Le plus remarquable dans cette strate, est la présence à une altitude d'environ 25 km d'une **couche d'ozone** de plusieurs kilomètres dont l'épaisseur est variable sur toute sa surface. Cette couche est fabriquée par la capture d'ultra violets (notés U.V. de longueur d'onde de 200 à environ 400 nanomètres) permettant la photolyse de la molécule de dioxygène.

1-2-2 La mésosphère :

Au niveau de cette couche, on distingue la ionosphère où les gaz sont ionisés et forment un plasma grâce à l'énergie suffisante de cette zone. La pression dans la mésosphère est de 0.1 à 10^{-3} mm Hg. Ce fait permet la présence d'air et donc de dioxygène permettant la synthèse d'ozone (O_3) suivant le même mécanisme que dans la stratosphère. Mais cet ozone ne forme pas de couche car la réaction de synthèse est immédiatement contrebalancée par une réaction de photodissociation.

1-2-3 La thermosphère

C'est une couche à densité très faible où il règne une pression très faible de l'ordre de $1.\ 10^{-6}$ mm Hg. On peut considérer que les conditions sont voisines du vide.

2- Définition de la pollution

La pollution est la dégradation d'un écosystème par l'introduction, généralement humaine, de substances ou de radiations altérant de manière plus ou moins importante le fonctionnement de cet écosystème[1]. Par extension, le mot désigne aussi parfois les conséquences de phénomènes géologiques comme une éruption volcanique.

La pollution d'origine humaine peut avoir un impact très important sur la santé et dans la biosphère comme en témoigne l'exposition aux polluants et le réchauffement climatique qui transforme le climat de la terre et son écosystème, en entraînant l'apparition de maladies inconnues jusqu'alors dans certaines zones géographiques, des migrations de certaines espèces, voir leur extinction ne pouvant pas s'adapter à leur nouvel environnement biophysique (Mouaici,2002)

3- La pollution Atmosphérique

Selon (Masclet ,2005), la pollution atmosphérique peut être définie comme : La présence d'impuretés dans l'air pouvant provoquer une gêne notable pour le confort ou la santé. Cette pollution peut provenir de gaz, de vapeurs, de particules liquides ou solides ou encore de rayonnement. C'est aussi une modification chimique et physique du milieu naturel aboutissant a des effets nuisibles pour l'homme.

La pollution atmosphérique est clairement définie par l'article 2de la loi française n° 96_1236 du 30 décembre 1996 : constitue une pollution atmosphérique l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphères et les espaces clos ,de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes ,à influer sur le changement climatique, à détériorer les biens matériels et à provoquer des nuisances olfactives.

En Algérie, la loi n° 83-03du 5fivrier1983 relative a la protection de l'environnement définie la pollution de l'atmosphère comme étant : l'émission dans l'air, de gaz, des fumés ou de particules liquides ou solides, corrosifs , toxiques ou odorantes de nature à incommoder la population , à compromettre la santé ou la sécurité publique ou à nuire aux végétaux, a la protection agricole et aux produits agro-alimantaires, à la consevation des constructions et monuments ou au caractère des sites.

3-1 Les sources de la pollution atmosphérique :

Voici quelques exemples de sources de pollution atmosphérique :

- Les centrales au charbon produisent du **dioxyde de soufre**, gaz responsable des pluies acides.
- Certaines usines chimiques émettent des **gaz toxiques** comme le chlore et le formaldéhyde qui s'attaquent aux yeux, au nez et aux poumons.
- Les décharges publiques produisent **du méthane.**
- En ville, les usines, les voitures et les installations de chauffage produisent une importante pollution atmosphérique.
- Quand le pétrole brûle, il produit des gaz qui, au contact des rayons solaires se transforment en **ozone**. Au niveau du sol, ce gaz est toxique.
- Les voitures émettent encore des particules **de plomb** qui provoquent des dommages au cerveau.
- Les éclairs représentent une pollution atmosphérique naturelle. Ils produisent chaque année 100 millions de tonnes d'un gaz appelé **oxyde d'azote** et qui favorise les pluies acides.

- Les usines produisant du fer et de l'acier, les incinérateurs municipaux, les raffineries de pétrole, les cimenteries et les usines d'acides nitrique et sulfurique constituent de gros producteurs de pollution atmosphérique.

3-2 Les différents types de polluants :

La classification suivante se base sur la nature des produits. Cependant, rien n'est simple, et des polluants appartenant à des classes différentes peuvent avoir des effets divers.

3-2-1 Les polluants de nature physique :

- Les radio-isotopes (pollution radioactive) :

Le récent accident de la centrale nucléaire de Fukushima au Japon en est un exemple, même si on ne peut, à l'heure actuelle, en mesurer l'ensemble des conséquences écologiques.

- L'ozone

L'O3 est un constituant naturel de la troposphère, cependant les oxydes d' azote peuvent provoquer par réaction chimique une augmentation de la concentration d'ozone atmosphérique (l'ozone n'est pas directement émis par le moteur on dit que c'est un pollution secondaire). L'ozone entraîne sur l'homme le rétrécissement des voies respiratoires (aggravé dans le cas d'une activité physique), une réduction de la capacité pulmonaire, des toux, des irritation des yeux et des muqueuses , des maux de tete et paut favoriser le déclenchement de crises d'asthme *(Medina ,2001)*

3-2-2 Les polluants de nature chimique :

Les polluants chimiques sont partout dans notre quotidien. Ces polluants sont, soit des composés créés par l'homme (comme les pesticides par exemple), soit des composés naturels utilisés par l'homme (comme les métaux lourds) (*Derbez).*

- Les pesticides :

Les pesticides sont des produits (composés chimiques) répandus volontairement dans l'environnement pour lutter contre les organismes vivants jugés nuisibles (animaux, végétaux, micro-organismes). Ils sont principalement utilisés par les agriculteurs pour lutter contre les animaux (insectes, rongeurs) ou les plantes (champignons, mauvaises herbes) jugés nuisibles aux plantations (*Carlos).*

- Les métaux lourds :

La notion de métaux lourds est un concept factuel, industriel, avant tout empirique, sans définition scientifique précise, ni technique unanimement reconnue. On parle maintenant davantage d'Eléments Traces Métalliques (ETM). Tous les éléments-traces métalliques sont présents naturellement à l'état de traces dans le sol. On les retrouve notamment dans de nombreux objets : les piles (cadmium), l'électronique (le cuivre), les tuyauteries (plomb), les prothèses de hanches (nickel) *(Germain, 2006).*

3-2-3 Les polluants de nature biologique :

Cette catégorie inclut les toxines algales, les germes pathogènes et les parasites.

- Autre polluants :

On peut citer enfin le benzène qui est cancérigène mais qui devrait disparaitre peu a peu des carburants ou l'hydrogène sulfuré H2S, qui a l'odeur d'oeuf pourri , et qui peut etre produit dans les pots catalytiques (Herreboudt, 1999) .

4- Les différentes échelles de la pollution atmosphérique :

4-1 La pollution atmosphérique locale :

La première forme de pollution atmosphérique provient de sources de proximité comme les installations industrielles ou les véhicules. Elle affecte en premier lieu la santé des populations par son action directe a court terme mais exerce aussi une toxicité à long terme pour certaines pathologies. Elle peut également procurer un gène olfactif important et participer à la dégradation du patrimoine bâti (corrosion, salissure) (Mouaici, 2002).

4-2 La pollution atmosphérique régionale :

Elle concerne les zones situées à quelques dizaines de Kilomètres. Elle regroupe souvent sous ce terme les deux phénomènes de pollution que sont :

-L'eutrophisation correspond à une perturbation de l'équilibre biologique des sol et des eaux.

-Les pluies acides qui participent au dépérissement des forêts et des lacs.

-La pollution photochimique qui désigne les mécanismes conduisant à la rupture naturelle de formation et de destruction de l'ozone troposphérique (Mouaici, 2002).

4-3 La pollution atmosphérique globale :

La dernière forme de pollution concerne les substances impliquées dans les phénomènes de changements climatiques (les « gaz à effet de serre » et, en particulier, le CO_2).

5- Les paramètres influençant la pollution atmosphérique

Les conditions météorologiques ont de nombreuses influences sur la pollution.

5-1 Les vents :

Le vent est le déplacement de l'air, il constitue donc un facteur de transport des polluants. Il possède une vitesse (Km/h ou nœud) et une direction (rose de vents) (*Tabeaud, 2000).*

Le vent a une grande importance dans la diffusion des polluants atmosphérique, Ainsi avec, un vent de force moyenne et de mauvaise condition de rejet des effluents (cheminée trop basse, vitesse d'éjection des gaz insuffisante, etc.).

5-2 La pluie :

Elle permet de lessiver l'air en dissolvant les molécules de dioxyde de soufre et d'oxydes d'azote dans l'eau. L'air est purifié, mais les pluies deviennent acides.

5-3 L'humidité :

La présence de vapeur d'eau dans l'atmosphère est considérée comme un facteur météorologique défavorable au phénomène d'auto épuration parce qu'elle empêche diffusion des impuretés et elle réagie avec celle-ci en donnant des impuretés plus agressives.

5-4 Le soleil :

Intervient directement sur la pollution en transformant oxydes d'azote en ozone. C'est la pollution photochimique.

5-5 La température des couches atmosphère :

Habituellement, la température de l'air diminue avec l'altitude. Les polluants qui sont émis au niveau du sol se dispersent grâce aux mouvements convectifs de l'air chaud. Lorsque le sol se refroidit de façon importante pendant la nuit, la température en altitude devient supérieure à celle mesurée au sol. L'inversion de température occasionne des pics de pollution sur de larges zones géographiques ; on parle alors d'épisode de pollution généralisée. Ces inversions se manifestent sous forme de couvercle qui favorise la concentration au sol des divers polluants (*Ncolas, 2003).*

Ils sont plus fréquents en hiver dans les conditions anticycloniques (nuit claire avec vent faible ou nul, journée ensoleillée été…).

5-6 Les précipitations

Ce sont des facteurs météorologiques bénéfiques pour l'abaissement des niveaux de pollution, la précipitation nettoie l'atmosphère en entrainant une partie des poussières qu'elles contiennent vers le sol. L'efficacité de cette opération devient presque négligeable pour les particules de diamètre inférieur ou égal à 2 µm. Les précipitations provoquent un brassage de l'air, et créent des turbulences et une instabilité des basses couches atmosphériques, ce qui favorise la dispersion des polluants (Saidi, 2003).

Elle plaque les particules au sol et dissout certains polluants tels que le dioxyde de soufre et le dioxyde d'azote. À cause de cela l'atmosphère peut être considérée comme pure après une période suffisamment longue de précipitation.

Grace au phénomène de lavage des impuretés, l'eau de la précipitation, spécialement celle du commencement est utilisée pour déterminer le degré et la nature des polluants.

6- L'impact de la pollution atmosphérique sur l'environnement :

6-1 Sur l'environnement :

A l'échelle de la planète, les polluants provoquent des dégâts majeurs :

- Le dioxyde de soufre et les oxydes d'azote sont responsables des pluies acides : des neiges, pluies, brouillards qui deviennent, sous l'effet de ces polluants, acides. Cela altère les écosystèmes, acidifie les lacs et les cours d'eau, change les propriétés des sols et menace ainsi la faune et la flore aquatique. La pollution à l'ozone abîme les feuilles des arbres et de nombreux végétaux.
- les polluants, comme le gaz carbonique, contribuent à accroître l'effet de serre et donc au changement climatique.

Les polluants atmosphériques sont transportés sur de longues distances. Les apports de soufre et d'azote sont à l'origine de l'acidification et de la sur fertilisation des écosystèmes sensibles. L'ozone quant à lui a des effets aigus chroniques sur la végétation.

A une concentration élevée, les polluants atmosphériques agissent directement sur les plantes et causent des dommages de manière aiguë ou chronique:

- En été, des concentrations élevées d'ozone entraînent des dommages visibles aux feuilles des arbres et aux aiguilles des conifères;
- Une charge d'ozone élevée sur une période prolongée provoque un ralentissement de la croissance qui, dans le cas de cultures agricoles, peut avoir pour conséquence des pertes de récolte. En fonction du type de culture et des conditions météorologiques, les pertes de récoltes peuvent atteindre jusqu'à 15%. Les pertes de rendement dues à la pollution de l'air dans le secteur agricole s'élèvent à plus de 100 millions de francs pour 2010 selon une étude de l'ARE.

Les polluants atmosphériques peuvent en outre être transportés sur de longues distances et atteindre, sous forme de dépôts secs ou humides, des écosystèmes aquatiques ou terrestres sensibles.

- Les apports de souffre et d'azote sous forme de précipitations entraînent notamment une **acidification** des lacs alpins et des cours d'eau de haute altitude, mais aussi des sols des forêts quelle que soit l'altitude;
- les apports excessifs d'azote provoquent par ailleurs la **surfertilisation** de nombreux écosystèmes sensibles à l'azote, tels que les forêts, les prairies naturelles et les pelouses sèches riches en espèces, les pâturages alpestres, les hauts et les bas-marais;
- les conséquences de cette charge excessive d'azote dans les forêts sont par exemple la lixiviation de l'azote, sous forme de nitrates, du sol des forêts jusque dans les **eaux souterraines** et des altérations de la **biodiversité**.

Actuellement, en Suisse, environ deux tiers des apports d'azote dans les écosystèmes sensibles proviennent des émissions d'ammoniac de l'agriculture, et un tiers environ des oxydes d'azote émis lors des procédés de combustion.

6-2 Sur les animaux :

Les animaux, ou la faune, ne sont pas immunisés contre l'effet de la pollution atmosphérique. Les polluants préoccupants comprennent les pluies acides, les métaux lourds, les polluants organiques persistants (POP) et d'autres substances toxiques.

Pour mieux comprendre cet effet, il est important de se rappeler que les animaux comprennent une grande variété d'espèces, comme les insectes, les vers, les mollusques, les poissons, les oiseaux et les mammifères, dont chacune interagit différemment avec son milieu. Par conséquent, l'exposition et la vulnérabilité de chaque animal aux effets de la pollution atmosphérique peuvent aussi être différentes.

La pollution atmosphérique peut être préjudiciable à la faune de deux principales façons:

- Elle détériore la qualité de l'environnement ou de l'habitat où les animaux vivent.
- Elle diminue la disponibilité et la qualité de l'approvisionnement alimentaire.

6-3 Sur les végétaux :

Les plantes sont directement ou indirectement endommagées par divers polluants atmosphériques. Les polluants et les problèmes particulièrement préoccupants comprennent l'ozone troposphérique, un important composant du smog, les pluies acides, et le dioxyde de soufre (SO_2). (Environnement Changement Climatique CANADA)

L’effet de la piètre qualité de l’air sur les plantes peut être aigu (rapide et considérable), chronique (à long terme), ou caché. Souvent, les symptômes de la pollution atmosphérique sont visuellement similaires au vieillissement naturel des feuilles pendant l’automne, mais cette pollution peut faire apparaître ces conditions beaucoup plus tôt que normalement.

Chapitre 2 La bio surveillance

1-Définition de la bio surveillance

La **bio surveillance** est un ensemble de méthodes qui ont commencé à être développées et utilisées dans les années 1970 en Europe avec notamment en 1970 une carte de la pollution de l'air par le SO_2 en Grande-Bretagne, basée sur la présence/absence de certains lichens corticoles bio indicateurs, publiée par *Hawksworth* et Rose dans la revue Nature. Cette carte a été faite à partir d'« une échelle de correspondance entre environ 80 espèces de lichens corticoles et les teneurs moyennes hivernales en dioxyde de soufre, traceur de la pollution atmosphérique à l'époque ». La bio surveillance est une méthode d'évaluation environnementale visant à détecter et mesurer la concentration des polluants ou de leurs métabolites au sein des différents milieux (eau, air et sol) et niveaux de l'organisation biologique, autrement que par des méthodes physicochimiques directes et coûteuses à grande échelle.

2-Les notions de la bio surveillance :

2-1 Notion de bio concentrateur désigne le phénomène qui, pour une substance donnée (oligoélément, polluant, radioisotope, etc.), va engendrer des concentrations dans les êtres vivants supérieures aux concentrations présentes dans le milieu.

Il y a bioconcentration quand pour un organisme ou une population associée à un milieu (biocénose), l'absorption et rétention de contaminants prélevés dans le milieu est supérieure à l'élimination naturelle... avec dilution dans le milieu ou adsorption sur le substrat minéral ou organique non-vivant (tourbe, charbon.)

Le « facteur de bioconcentration » (FBC ou BCF en anglais) désigne le rapport entre concentration du composé chimique (métal lourd par exemple) dans l'organisme vivant et celle dans le milieu (eau/air/sol). Ce facteur permet d'établir la bioaccumulation.

2-2 Notion de bio accumulateur désigne la capacité de certains organismes (végétaux, animaux, fongiques, microbiens) à absorber et concentrer dans tout ou une partie de leur organisme (partie vivante ou inerte telle que l'écorce ou le bois de l'arbre, la coquille de la moule, la corne, etc.) certaines substances chimiques, éventuellement rares dans l'environnement (oligoéléments utiles ou indispensables, ou toxiques indésirables).

2-3 Notion de bio marqueurs :

• Un changement observable et/ou mesurable au niveau moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique, qui révèle l'exposition présente ou passée d'un individu à au moins une substance chimique à caractère polluant.

• La réaction se situe au niveau individuel et/ou communautaire (disparition ou apparition d'espèces, variation densitaire).

2-4 Notion de bio intégrateur :

• Toute disparition ou apparition d'une espèce, toute modification de l'abondance relative d'une espèce ou de la structure des peuplements végétaux d'un écosystème signifie donc une modification de l'environnement de cette espèce.

3-Un bio-indicateur

Un bio-indicateur, est un indicateur constitué par une espèce végétale, fongique ou animale ou par un groupe d'espèces (groupe éco-sociologique) ou groupement végétal dont la présence ou l'état renseigne sur certaines caractéristiques écologiques (c'est-à-dire physico-chimiques, microclimatique, biologiques et fonctionnelle) de l'environnement ou sur l'incidence de certaines pratiques.

Une **espèce-sentinelle**, appelée aussi **sentinelle écologique**, réagit rapidement aux changements de condition du milieu. En raison de ce caractère bio-indicateur sensible, cette espèce est souvent choisie pour des études de bio-surveillance (diagnostic environnemental, suivi écologique des milieux, notamment comme moyen d'alerte d'une dégradation mésologique. Le principe est d'observer des effets biologiques ou éco systémiques, au niveau de l'individu et/ou de populations ou écosystèmes (à l'échelle de la biosphère ou de grands biomes éventuellement).

Ces effets doivent être mesurables via l'observation de divers degrés d'altérations morphologiques, comportementales, tissulaires ou physiologiques (croissance et reproduction), conduisant dans les cas extrêmes à la mort de ces individus ou à la disparition d'une population.

Chaque plante possède un biotope primaire. On sait par exemple que :

- le mouron des oiseaux pousse plutôt sur des sols équilibrés, alors que l'ambroisie prolifère sur des sols déstructurés ou salés (puisque son biotope primaire est constitué de régions arides où le sol est déstructuré et où le sel remonte souvent) ;
- le lichen est un bio-indicateur efficace de certaines pollutions de l'air dans une forêt ou une ville. D'autres indicateurs chercheront à mesurer les effets sur la biodiversité de la gestion (ou non gestion) des milieux naturels ;
- la petite oseille (*Rumex acetosella*) indique des sols très pauvres en argile et en humus, très secs, très peu fertiles alors que la grande oseille (*Rumex acetosa*) indique des sols équilibrés, très fertiles).

3-1 Propriétés d'un bon bio indicateur :

- Il doit être suffisamment (normalement ou anormalement) répandu sur le territoire concerné, y être relativement abondant et si possible facilement détectable.
- Sauf dans le cas où l'on veut mesurer la mobilité d'espèces, il doit être le plus sédentaire possible pour refléter les conditions locales.
- Il doit avoir une taille rendant possible l'étude de ces différents tissus et de leurs composantes (muscles, os, organes dans le cas d'un animal…).
- Il doit tolérer les contaminants avec des effets sub-létaux.
- Il doit survivre hors du milieu naturel et tolérer différentes conditions de laboratoires (pH, température…).
- Une relation entre la concentration en contaminants dans le milieu externe et la concentration dans l'organisme doit exister.

Certains bio indicateurs sont aussi des bio intégrateurs ; ils peuvent être doublement utiles dans le cadre de programmes de bio surveillance.

3-2 Les différents types de la bio indicateur :

On peut tout d'abord se reporter au travail de Blandin, qui, en 1986, donnait une synthèse sur les bio-indicateurs animaux et végétaux déjà utilisés en milieu terrestre et en milieu aquatique (marin ou d'eau douce). Depuis, les recherches n'ont fait que se poursuivre et se diversifier *[Ramade, 1992, 1993 et 2000; Lagadic; 1997; Wang, 1995; Pakeman, 1998 ; Garrec, 2002]*.

3-2-1- La bio indication par les Animaux :

En milieu aquatique, les mollusques lamellibranches constituent d'excellents indicateurs de contamination des eaux marines et continentales grâce à leurs fortes capacités de bioaccumulation. Moules, huîtres ont été employées à vaste échelle dans la bio-surveillance des écosystèmes aquatiques en milieu marin etc. ont joué le même rôle en milieu d'eau douce.

Depuis longtemps, l'observation de divers macro-invertébrés benthiques a donné lieu à l'évaluation de la qualité des eaux de surface.

Les annélides hirudinées représentent des bio-indicateurs recommandés dans les écosystèmes limniques. Ils sont utilisés comme bio-accumulateurs des composés organiques de synthèse.

Les poissons, en particulier, les téléostéens d'eau douce ou marins sont utilisés comme bio-indicateurs de pollution en milieu limnique ou océanique. De nombreuses publications sont relatives à la bioaccumulation de polluants des eaux par des poissons marins ou dulçaquicoles, aussi bien en laboratoire qu'en milieu naturel. On peut aussi observer et quantifier les modifications du comportement des poissons (rythme respiratoire, décharges électriques) face aux polluants présents dans l'eau.

En milieu terrestre, on rencontre parmi les invertébrés terrestres, un certain nombre de groupes taxonomiques au fort pouvoir de bioaccumulation. Ainsi, les annélides oligochètes sont utilisés comme bio-indicateurs de pollution des sols par les métaux lourds ou les composés organiques de synthèse. Les crustacés isopodes comme les cloportes, ainsi que les gastéropodes pulmonés sont aussi des bio-accumulateurs performants de la pollution des sols par les métaux lourds.

Parmi les microarthropodes corticoles tels qu'acariens, collemboles et psoques, on a pu mettre en évidence une sensibilité différentielle en fonction de la qualité de l'air ; ainsi le genre est pollué-tolérant.

3-2-2- La bio indication par les Végétaux :

En milieu aquatique, plusieurs espèces végétales sont utilisées en raison de leur fort potentiel de bio-accumulation, telle que les mousses aquatiques comme *Fontinalis, Amblystegium… (Empain, 1976).* Parmi les végétaux supérieurs, les *Typha* ou massettes, sont fréquemment utilisées comme bio-accumulateurs de métaux lourds, de PCB…

Les plantes à bulbes et tubercules (carotte, arachide…) sont généralement d'excellentes espèces bio-accumulatrices des métaux lourds des sols contaminés.

C'est surtout la bio-surveillance de la pollution atmosphérique à l'aide des végétaux qui a été très développée durant ces dernières années en France *(Garrec, 2002).*

3.2.2.1 Végétaux supérieurs :

Les polluants atmosphériques gazeux pénètrent généralement chez les **végétaux supérieurs** dans les feuilles par les stomates, les polluants particulaires étant le plus souvent stoppés et localisés à la surface des feuilles au niveau de la cuticule et des cires.

Chez les végétaux bio-indicateurs particulièrement sensibles, les perturbations dues aux pollutions atmosphériques vont se traduire rapidement par des nécroses foliaires, ainsi que par des modifications morphologiques. Une observation simple permet d'estimer aisément les niveaux de pollution dans l'air. Des représentations iconographiques ont pu être établies à partir de l'observation des principaux types de nécroses des végétaux. Actuellement, on évalue avec précision les teneurs en ozone troposphérique à partir des nécroses de la variété BEL W3 de tabac. *(Jacobson, 1970).*

On sait depuis fort longtemps que l'ensemble des espèces végétales dans une station donnée apporte des renseignements sur l'écologie du milieu et ses caractères environnementaux, ainsi que sur les modifications. On a pu ainsi souligner le rôle des végétaux en tant que bio-intégrateurs dans une étude réalisée au nord-est de la France à partir de relevés botaniques qui a montré une évolution de la flore forestière herbacée entre 1970 et 1990 se traduisant par une augmentation des espèces nitrophiles et acidiphiles (*Thimonier, 1994).*

On utilise très fréquemment les végétaux comme bio-accumulateurs. Ce sont le plus souvent les feuilles qui sont récoltées, dans lesquelles les polluants particulaires peu solubles peuvent être recueillis par lavage ou à l'aide d'un solvant et les polluants gazeux peuvent être analysés aisément dans les feuilles broyées. Les métaux peuvent être analysés de cette manière, ainsi que les polluants gazeux à partir de leurs principaux éléments minéraux : F pour HF, N pour NOx et NH_3, S pour SO_2, etc.

Les écorces se sont révélées d'excellents accumulateurs. Elles peuvent capter les polluants apportés par l'atmosphère ou provenant du houppier par le ruissellement le long du tronc.

3.2.2 .2 Végétaux inferieurs :

Lichens *:*

Depuis déjà longtemps, les **lichens** sont utilisés comme des bio-indicateurs et bio-intégrateurs performants dans la détection de la pollution atmosphérique. C'est Nylander qui, le premier, constatant la disparition des lichens corticoles du Jardin du Luxembourg entre 1866 et 1896, émit l'idée que les lichens pouvaient être des « hygromètres » de la qualité de l'air. .

L'approche peut s'effectuer par la transplantation de lichens pour s'affranchir du côté aléatoire de l'implantation spontanée. La technique de « transplants de lichens » mise au point par Brodo (1961) consiste à prélever des échantillons dans une station de référence non contaminée et à les installer dans le site à étudier. Cette technique est d'un intérêt certain lorsque la flore lichénique est absente du site d'étude. Il est important que les lichens subissent le moins de perturbations possibles au cours du prélèvement et, pour cette raison, on prélève généralement le lichen avec son support (fragment d'écorce ou branche).

La technique des transplantations, déjà largement répandue dans les études de bioaccumulation a été utilisée plus récemment pour la recherche de bio-marqueurs (fluorescence et teneur en chlorophylle, teneur en ATP, paramètres du stress oxydant etc...) *(Cuny, 2002).*

Mousses :

L'exposition des **mousses** à différents polluants atmosphériques (SO_2,O_3) entraîne, chez les espèces sensibles, des décolorations et une réduction de la croissance. Mais ces effets sont assez ténus et les mousses sont généralement peu utilisées comme bio-indicateurs par comparaison avec les végétaux supérieurs.

Des études ont été conduites sur la composition floristique des communautés de mousses en fonction de la distance à une source polluante (bryophytes bio-intégrateurs). On a pu établir des listes de bryophytes de sensibilité différentielle et on retrouve une certaine analogie avec les méthodes établies à l'aide des lichens : échelle de sensibilité au SO_2 de diverses bryophytes [Adams, 1992], calcul d'un indice de qualité de l'air à partir de divers paramètres relatifs à la flore muscinale corticole [*Winner, 1988]*.

Des mousses récoltées *in situ* (bio-accumulateurs) sont utilisées pour l'estimation de polluants atmosphériques.

Chapitre 3 LES LICHENS :

1-Définition des lichens

Les lichens sont le fruit d'une symbiose entre un champignon supérieur et un partenaire chlorophyllien. Dans la majorité des cas, ce dernier est une algue verte microscopique (genres *Trebouxia* ou *Trentepholia*), mais il peut également s'agir d'une cyanobactérie *(Nostoc)*. Le champignon procure à l'algue un abri qui la protège contre les rayons du soleil.

En outre, retenant l'eau dans ses tissus, il lui évite le dessèchement. En retour, l'algue fournit au champignon les molécules organiques qu'elle fabrique par photosynthèse.

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

Le partenaire fongique est également responsable de l'ancrage de la structure et protège l'association lichénique des rayonnements ultraviolets trop agressifs et de leurs possibles effets délétères.

2-Morphologie

Mesurant de quelques centimètres à un mètre, les lichens arborent souvent des teintes vertes, brunes ou grises, mais parfois aussi des couleurs vives comme le rouge ou le jaune. Leur aspect est très variable : en forme de feuille (lichens foliacés), portant des ramifications plus ou moins buissonnantes (lichens fruticuleux), formant une croûte sur leur support (lichens crustacés) ou encore gélatineux. On en connaît plus de 20 000 espèces. Ils produisent des substances variées (plus de 150 connues), dont des colorants et des antibiotiques.

3- Les types des thalles

3-1- Thalles lépreux : association de granules constitués chacun d'un peloton d'hyphes associées à quelques cellules d'algues. Ex : les Lepraria.

Figure 01 Thalles lépreux

3-2-Thalles crustacés : ils forment une croûte fortement adhérente au substrat, la plupart d'entre eux sont souvent appelés les micro lichens. Une coupe microscopique réalisée verticalement montre de haut en bas :

- un cortex supérieur formé d'hyphes enchevêtrés assez fortement serrées ;

- une couche algale

- la médulle constituée d'hyphes peu serrées, inséparables du substrat.

Figure 02 Thalles crustacés

- Parfois on trouve sous la médulle un feutrage noir, **l'hypothalle** souvent visible sous forme d'une fine zone concentrique sombre à la périphérie du thalle. Ex : les Lecanora, Ochrolechia, Pertusaria... plus de 4/5 des lichens ont des thalles crustacés

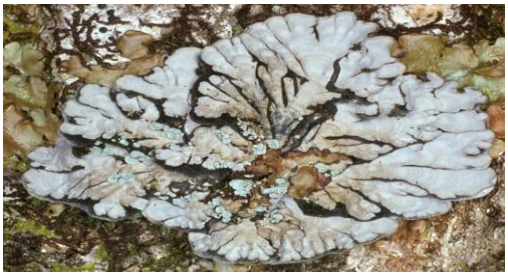

Figure 03 Thalles squamuleux

3-3- Thalles squamuleux : formés de petites écailles qui se chevauchent partiellement. La partie de l'écaille décollée du substrat commence à différencier un cortex inférieur. Ces thalles sont intermédiaires entre les thalles crustacés et les thalles foliacés. Ex : Normandina pulchella.

3-4-Thalles foliacés : donnent des lames lobées facilement séparables du substrat auquel ils sont parfois fixés par des rhizines. Certains thalles foliacés n'adhèrent au substrat que par une petite zone (crampon) souvent située au centre de la face inférieure, et la face supérieure présente une légère dépression (ombilic) ; ce sont les thalles foliacés ombiliqués. Ex : les Umbilicaria.

Figure 04 Thalles foliacés

Figure05 Thalles fruticuleux

3-5-Thalles fruticuleux : donnent des lames lobées facilement séparables du substrat auquel ils sont parfois fixés par des rhizines. Certains thalles foliacés n'adhèrent au substrat que par une petite zone (crampon) souvent située au centre de la face inférieure, et la face supérieure présente une légère dépression (ombilic) ; ce sont les thalles foliacés ombiliqués. Ex : les Umbilicaria.

3-6-Thalles composites : ils présentent un thalle primaire foliacé-squamuleux, adhérent au substrat, et un thalle secondaire dressé, plus ou moins ramifié, développé dans un second temps sur le thalle primaire. Ex : les Cladonia Stereocaulon...

Figure 06 Thalles composites

Figure07 Thalles gélatineux

3-7-Thalles gélatineux : ils contiennent des cyanobactéries réparties dans toute l'épaisseur du thalle. A l'état sec ils sont noirs, coriaces et friables. En présence d'eau ils gonflent pour donner des masses gélatineuses. Ex : les Collema, Ephebe, Leptogium, Lichina...

4-Organes particuliers du thalle

Le thalle porte différents types d'organes à sa surface. Ces organes ont différentes fonctions. Nous les découvrirons ci-dessous car ils aident à la détermination des différentes espèces de lichens.

4-1. Les organes végétatifs.

• Les cils : prolongements des hyphes se trouvant sur la face supérieure du thalle.
• Les rhizines : organes de fixation des lichens formés par un prolongement d'hyphes à la surface inférieure du thalle.
• Pseudocyphelles : petites ouvertures à la surface du thalle. Elles permettent les échanges gazeux avec l'atmosphère.

4.2 Organes de la multiplication végétative et de la reproduction

Les lichens sont capables de subsister longtemps à l'état sec, c'est-à-dire qu'ils sont capables de passer de l'état de vie active à une vie ralentie quand ils ne sont plus hydratés. Ils deviennent cassants. Piétinés, les débris du lichen se fixent à la plume, au poil ou à la semelle. Les fragments dispersés par le vent ou les animaux et réhydratés, peuvent engendrer de nouveaux individus.

Des organes plus spécialisés vont également participer à ce mode de dispersion nommé multiplication végétative. Les isidies et les soralies sont de petites excroissances détachables formées d'algues et d'hyphes. Ce sont des clones du lichen « parent » qui ont tout ce qu'il faut pour former un nouveau lichen (le champignon et l'algue ou cyanobactérie associée). Ces excroissances sont légères et sont facilement transportées par le vent, la pluie, les insectes et permettent la dissémination de l'espèce.

• Certains hyphes, sexuellement différenciés, fusionnent et donnent, à la surface du thalle, des apothécies ou des périthèces. Ce sont des boutons ou coupes arrondies sur le thalle, qui contiennent les spores nécessaires à la reproduction sexuée du champignon constituant le lichen. Elles peuvent être enfouies dans le thalle ou portées par un petit pied. Les périthèces se différencient des apothécies par leur structure, ce sont des coupes plus ou moins fermées. Les apothécies et les périthèces contiennent des spores (8 en général) agglomérées les unes aux autres au fond des coupes. Après leur libération, les spores germent et donnent des hyphes qui devront capturer des algues (ou cyanobactéries) pour pouvoir redonner un nouveau thalle lichénique.

Toutefois, le champignon a généralement besoin d'une espèce d'algue (ou cyanobactérie) bien précise pour sceller son union et former à nouveau un thalle lichénique. Les différentes espèces de lichens vont donc développer différentes astuces pour pallier à ce problème. Certaines espèces auront leurs spores agglutinées avec quelques cellules de l'algue ou de la cyanobactérie de manière

à avoir plus de chances de se développer qu'une spore isolée. D'autres peuvent survivre dans un premier temps grâce à d'autres algues ou encore, peuvent insinuer leurs hyphes dans un lichen voisin pour lui dérober quelques algues.

5- La croissance des lichens

Ce qui caractérise en premier les lichens, c'est leur faible taux de croissance. Selon Gascar, les lichens sont "la patine de la nature"..
La croissance du thalle est directement liée aux facteurs de l'environnement. Le climat aura un rôle important : en antarctique, la croissance des lichens n'est réellement effective que 120 jours par an. A la suite d'une pluie, le champignon stocke l'eau dans ses hyphes, les deux partenaires vont alors fonctionner pendant un certain temps (photosynthèse pour l'un, croissance pour l'autre) ; le lichen en profitera donc pour se nourrir et développer son thalle. En période de sécheresse, le lichen devient sec, inactif, mais il est capable de survivre jusqu'à la prochaine pluie où il redeviendra actif : c'est le phénomène de reviviscence.
Le substrat reste aussi un facteur primordial, selon ses particularités physiques et chimiques.
Généralement, la croissance annuelle est de :
0,5 à 2 mm pour un crustacé ;
0,5 à 4 mm pour un foliacé ;
1,5 à 5 mm pour un fructiculteur.

Cette vitesse n'est pas constante tout au long de la vie du lichen. Elle est d'abord faible au début puis s'accélère pour les thalles déjà moyens avant d'atteindre un plateau.
La lente croissance du thalle est attribuée à la faible activité photosynthétique : la productivité est de 5 à 10 fois plus faible que celle des végétaux supérieurs et des algues vivant librement. On pense alors légitimement que le champignon altère quantitativement la photosynthèse du photosymbiote. La première hypothèse posée est que le champignon fait obstacle à la diffusion du CO_2 et de la lumière. Ce n'est pas forcément le cas car même lorsque les hyphes sont gorgés d'eau (le coefficient de diffusion du CO_2 chute), il existe toujours des palliatifs morphologiques qui facilitent la pénétration du gaz dans le thalle.
De même pour la lumière, les algues sont disposées de manière à recevoir le maximum d'intensité lumineuse. Le cortex supérieur contient aussi des pigments qui absorbent les longueurs d'ondes nuisibles. L'atranorine (composé fabriqué par le lichen) renforce l'activité photosynthétique en transformant les longueurs d'ondes inutilisables en longueurs d'ondes utilisables.

6 L'intérêt des lichens comme bio indicateur

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

Les lichens sont très diversifiés et leur sensibilité à divers polluants (ozone, métaux lourds, azote, etc.) est différente en fonction des espèces et leur inventaire peut fournir une réponse très nuancée aux divers agents polluants se trouvant dans l'air. Ceci implique une grande prudence dans l'interprétation des résultats.

Les lichens ne possèdent pas de racines pour puiser leur nourriture, mais des filaments fixateurs (rhizines) avec lesquels ils s'accrochent à leur support. Dans cette situation, seuls l'air, le

vent, la pluie et le brouillard leur apportent les éléments minéraux et l'eau nécessaires à leur croissance. Les lichens absorbent indistinctement, par leurs pseudocyphelles . l'ensemble des substances qui leur parviennent, les substances nutritives tout comme les substances qui leur sont toxiques .

Partie pratique

Chapitre 1 : Matériel et Méthodes

1- Situation géographique

La wilaya d'Annaba est située à l'Est de l'Algérie, entre les latitudes (36 ° 30) et (37 ° 30) Nord et les longitudes (07° 20) et (08 ° 40) Est.

Elle est bordée au Nord par la mer méditerranée, à l'Est par la wilaya d'El-taref, au Sud par la wilaya de Guelma et Ouest par la wilaya de Skikda. Elle couvre une superficie de 1411, 98 km². Figure 8

Annaba présente toutes les caractéristiques d'une situation en forme de cuvette risque élevé d'inversion thermique avec un effet de brise de terre, de mer qui souffle au sens inverse. De ce fait les polluants émis par les unités industrielles balayées par la brise de terre se heurtent contre le flanc de l'Edough pour se rabattre sur l'agglomération entraînant une accumulation des polluants.

Figure 8 : Localisation géographique de la ville d'ANNABA

Source : Google earth

2- Secteurs industriels

Annaba, de par sa position stratégique, compte une base industrielle de transformation des matières premières locales notamment le minerai de fer.

Cette base repose principalement sur le complexe sidérurgique « Métal Steel » le plus grand complexe de sidérurgie en Afrique, le grand complexe d'Engrais phosphatés « Asmidal » et les anciens

ateliers de transformation métallique « Ferrovial ». Viennent ensuite la zone d'activité commerciale et les zones industrielles. Ces bases sont à l'origine de plusieurs effluents liquides et atmosphériques.

3- Rejets du complexe usine El hadjer

Ce complexe rejette des effluents particulaires qui sont essentiellement des oxydes de fer et des composés siliceux accompagnés de divers métaux rares comme le thallium suite à des émissions très importantes déposées jusqu'en Tunisie. (Tableau 1)

Les effluents gazeux sont constitués surtout de produits soufrés, d'oxyde de carbone, d'azote et de traces de fluor. Ce complexe comprend plusieurs unités industrielles, hauts Fourneaux, aciérie à oxygène, laminoir à chaud, laminoir à froid, tuberie spirale.

Tableau 1 : Rejet du complexe sidérurgique « Métal steel » (Serradj, 2007)

Produits rejettes	Quantité t/an
Poussières	35
Matière organique	1220
Ammoniac	3000
Phénols	6000
Oxyde de soufre	4100
Matière en suspension	6000

3 Rejet du complexe des engrais phosphatés « Fertial »

Le complexe d'engrais « Asmidal » rejette des quantités importantes de polluants dans l'atmosphère. La nature de ces polluants est très variée en fonction de chaque unité le tableau 8 donne une estimation de ces rejets.

Tableau 2 : Rejets du complexe « Fertial » (Serradj, 2007)

Unités	Quantités t / an
Unité nitrique (NO_2, NH_3)	1188-2291
Unité acide sulfurique H_2SO_4	90.000
Unité acide phosphorique (Phosphogypse)	280.000
Unité nitrate d'ammonium	133.000

Après le projet de la banque mondiale le complexe ASMIDAL rejette théoriquement : 275 t/an de NO_x, (unité d'acide nitrique). 45.6 t/an de NH_3, et ne rejette plus le SO, depuis la démolition de l'unité d'acide sulfurique ni de phosphogypse avec l'arrêt définitif de l'unité d'acide sulfurique et sa conversion en unité

super simple phosphate. Pour l'unité de PK, un projet est en cours pour rétablir une solution de lavage de gaz et l'installation d'un capteur de poussières pour réduire les rejets de fluor à 10.5t/an.

Pour l'unité de nitrate d'ammonium, le projet de l'installation d'un graduateur n'est pas encore réalisé pour réduire les rejets de nitrate â 250t/an. (Ali Ahmed 2007)

Tandis que pour les autres filiales du groupe ASMIDAL. Les rejets de (FERTIAL) sont estimés à : 300 t/an de NO_x par l'unité d'acide nitrique, 50 $\mu g/m^3$ de poussières ; (unité d'engrais phosphates; 50 $\mu g/m^3$ de fluor (unité super simple phosphate SSP), enfin le groupe KIMIAL, rejette 0.3 t/h de C02 (unité de production). (Ali Ahmed 2007)

Chapitre 2 : Etude expérimentale et Méthodes anaclitiques

1 Etude expérimentale

1-1 Technique de transplantation des lichens

En générale, pour corréler les effets observés avec la pollution atmosphérique on étudie plusieurs échantillons des lichens, parmi lesquels des témoins ne subissant aucun stress de la pollution atmosphérique. Ces échantillons ont été prélevé aux niveaux d'El tarf (la région de Bougous) se site de prélèvement est situé en dehors des zones polluées, et particulièrement riche en lichens.

Cette technique consiste à exposer en milieu pollué des branches recouvertes de thalle épiphyte (Semadi, et Deruelle, 1993).

1-2 Choix de la technique utilisée et de l'espèce transplantés

La technique de transplantation consiste à prélever un épiphyte avec son substrat dans son milieu original et de le transférer dans un autre support, pendant un temps déterminé.

Après avoir faits une prospection au niveau de la région de Bougous comme une région non polluée, nous avons remarqué que les espèces lichéniques sont très limitées en genre et en nombre, seul une espèce omniprésente, c'est la *Parmelia perlata* cette espèce se présente sous forme de lichens foliacés nous avons choisi de transplantées des branches recouvertes de thalles que nous les avons fixes sur l'arbre, la transplantation a eu lieu le 06/04/2015au niveau de 2 station, ceci pendant 45 jours, durée permettant aux transplants d'absorber les différents polluants émis dans l'atmosphère.

Figure 9 :Mode de transplantation des lichens au niveau des deux stations

Tableau 3 : Différentes stations de transplantation

station	Localization
Station témoin	au niveau de la région de Bougous
Station 1	Les échantillons sont transplantes dans Fertial
Station 2	Située dans l'usine d El Hadjer Mittal Steel

2- Méthodes analytiques :

Après 45 jours d'exposition, nous avons recueillis les 2 transplants ainsi que le transplant témoin afin d'effectuer le dosage suivant

2-1 Dosage des chlorophylles

Nous avons utilisés pour l'extraction de la chlorophylle la méthode établie par (Holden 1965).

On pèse 0.5g de thalle qu'on coupe en petits morceaux et quand broie dans un mortier avec 10 ml d'acétone à 80% (CH_3COCH_3) et une pincée de carbonate de calcium ($CaCo_3$) après broyage total, la solution est filtrée et conservée à l'obscurité dans des boites noires pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière.

Le dosage se fait par le prélèvement de 3 ml de la solution dans la cuve à spectrophotomètre.

En fin la lecture se fait aux deux longueurs d'ondes 645 et 663 nm, et l'étalonnage de l'appareil se fait par la solution témoin d'acétone à 80%.

Le calcul des valeurs de la chlorophylle se fait grâce à la formule d'Amon en (1949) :

- Chl a = 12.7 (D.663) - 2.69 (D.645)
- Chl b = 22.9 (D.645) - 4.86 (D.663)
- Chl a + b = 8.02 (D.663) + 20.20 (D.645)

2-2 Observations sous binoculaire et coupes histologiques Ozanda, 1970.

L'étude morphologique a été faite par observation des différentes parties du thalle sous la loupe binoculaire, par la suite les coupes histologiques très fines des thalles ont été observées sous microscope à grossissement 40.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

1- Détermination de paramètre physiologique

1-1 Dosage de chlorophylle chez les transplants *Parmelia perlata*

1-1-1 Dosage de chlorophylle (a)

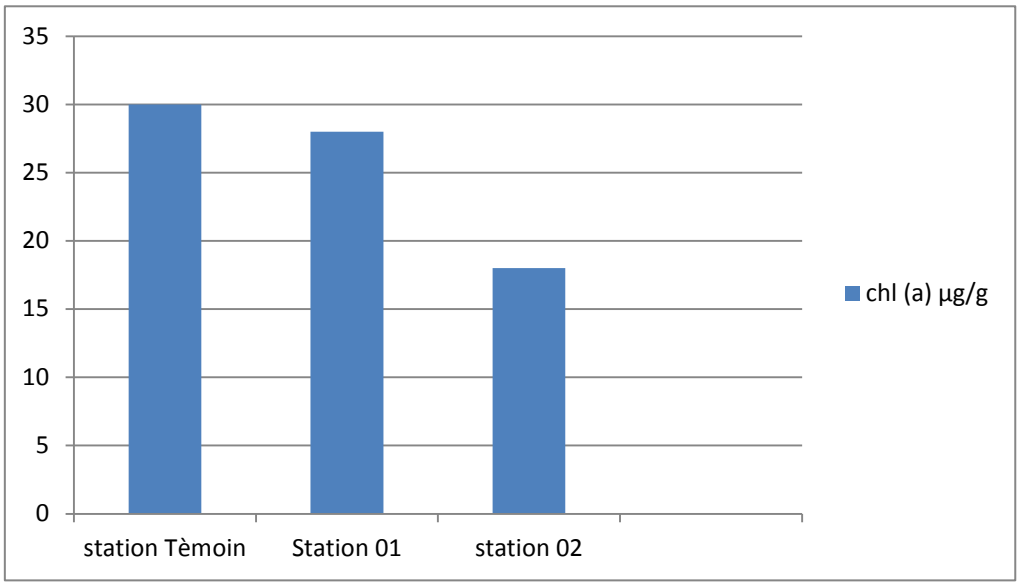

Figure 10 : variation spatio-temporelle de chlorophylle (a) chez le Parmelia Perlata.

Dans la figure 10 on observe une nette diminution de la synthèse de chlorophylle (a) a au niveau de la station 1 et 2 par rapport la station témoin.

En ce qui concerne la comparaison de la teneur en chlorophylle chez Parmelia Perlata , on remarque que la variation de la chlorophylle change en fonctions des facteurs des stations.

1-1-2 dosage de chlorophylle (b)

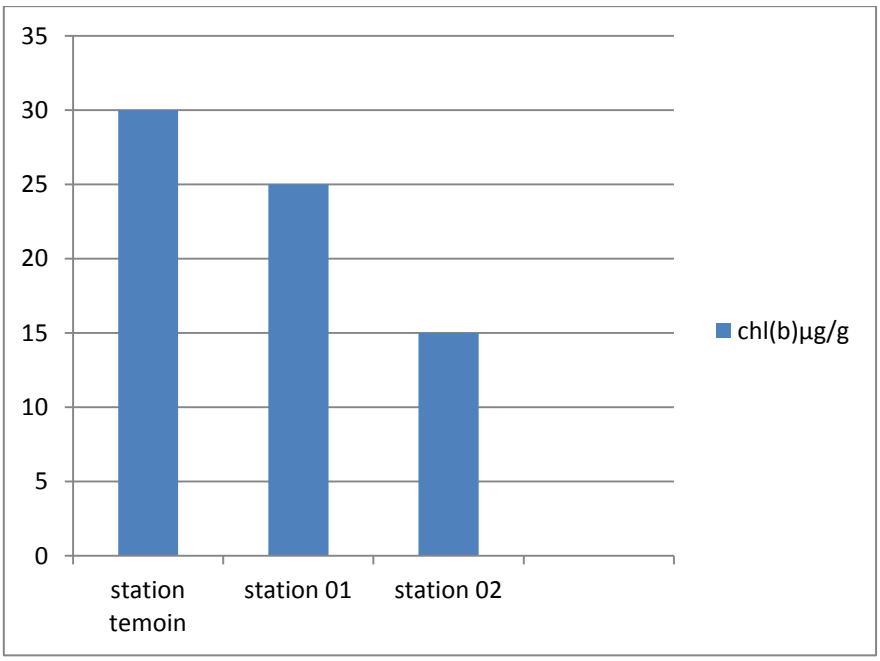

Figure 11 : variation spatio-temporelle de chlorophylle (b) chez le Parmelia Perlata.

Dans la figure 11 on observe une diminution de la synthèse de chlorophylle b au niveau de la station 1 et 2 par rapport la station témion .

En ce qui concerne la comparaison de la teneur en chlorophylle chez Parmelia Perlata , on remarque que la variation de la chlorophylle change en fonctions des facteurs des stations

1-1-3 dosage de chlorophylle (a+b)

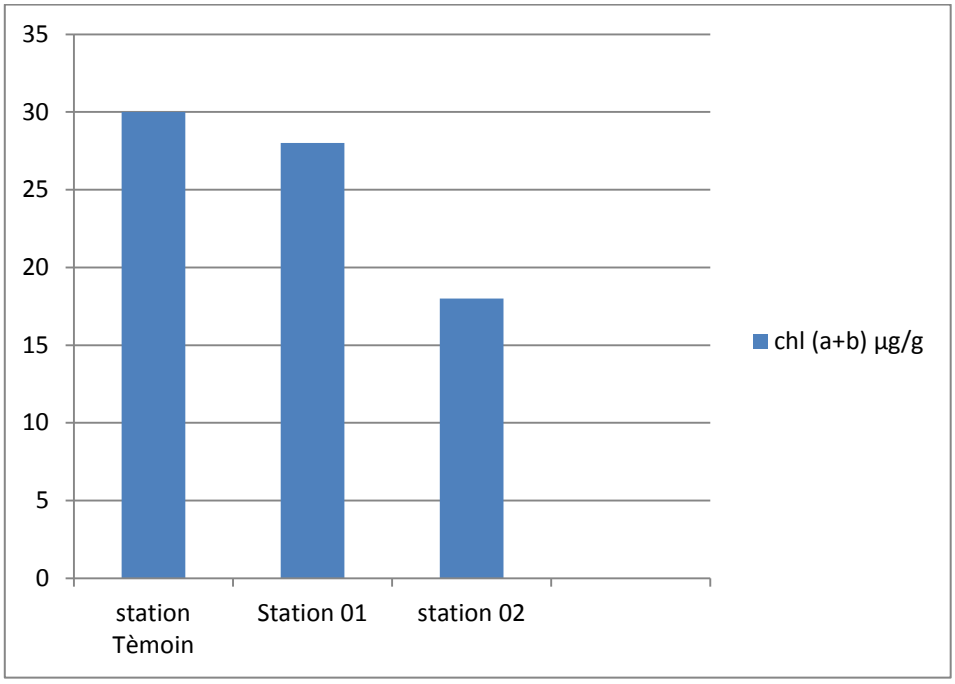

Figure 12 : variation spatio-temporelle de chlorophylle (a+b) chez le Parmelia Perlata.

De même pour la figure 12 où on observe une diminution de la synthèse de chlorophylle a+b au niveau de la station 1et 2 par rapport la station témoin.

En ce qui concerne la comparaison de la teneur en chlorophylle chez *Parmelia Perlata* , on remarque que la variation de la chlorophylle change en fonctions des facteurs des stations

1-2-Observations sons binoculaire et coupes histologiqwes selon *Clàusade* et *Ozanda, 1970*

1-2-1 Les observations au microscope binoculaire

Station témoin

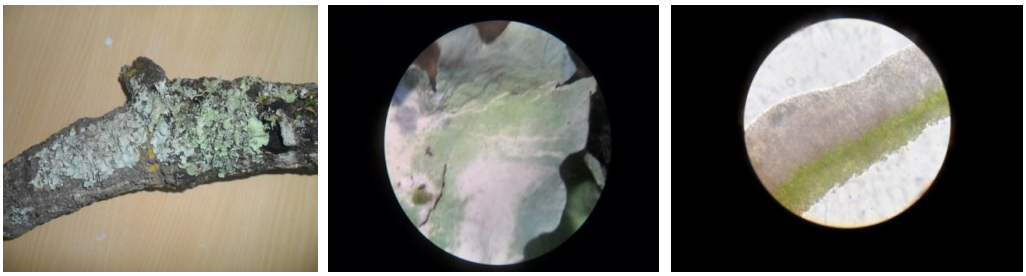

Figure 13 : Les transplants de *Parmelia perlata* au niveau de la station témoin

L'étude microscopique du thalle de notre transplant témoin montre trois couches distinctes d'une structure hétéromère avec une présence de gonidies et des hyphes très développée constituants un mycélium enchevêtré est un cortex légèrement tassée qui a pour rôle de protéger les cellules algales contre les autres agressions externe.

Station 01 Fertial

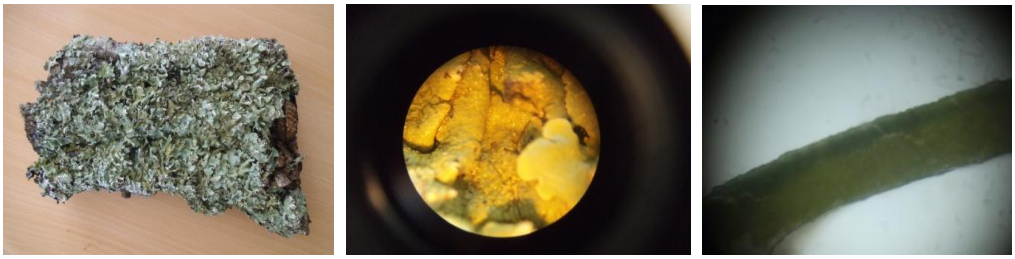

Figure 14 : Effets de la pollution atmosphérique sur les transplants de *Parmelia perlata a station d'usine Fertial*

L'étude microscopique du thalle de notre transplant montre trois couches distinctes d'une structure hétéromère avec une présence de gonidies et des hyphes développés constituants un mycélium enchevêtré est un cortex légèrement tassée.

Station 02 usine El Hadjer

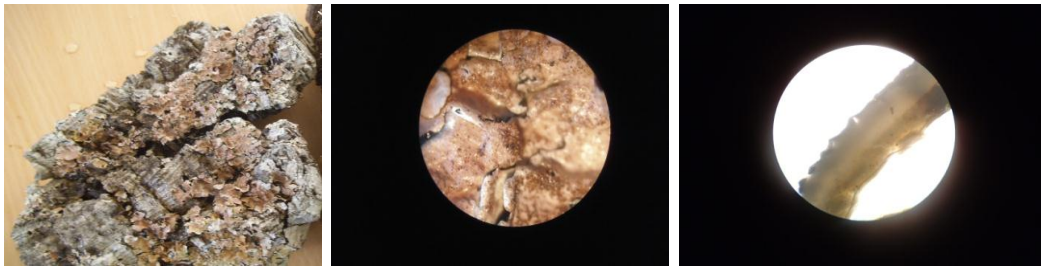

Figure 15 : Effets de la pollution atmosphérique sur les transplants de *Parmelia perlata a station d'usine El hadjer*

D'après la figure 15 on remarque qu'il y a des modifications morphologiques importantes ; parmi ces modifications : Changement de couleur vers le clair (chlorose) sur la majorité des thalles, accompagné de quelques ruptures sur les thalles ;
Présence de plusieurs taches marron (nécrose) au niveau de la totalité des thalles.

Concernant l'étude microscopique nous observons dans nos échantillons une déformation remarquable de la structure du thalle qui se traduit par une destruction du cortex supérieur et un relâchement des hyphes avec destruction d'un grand nombre de gonidies.

3 Discussion

De nos jours, un problème préoccupant est apparu dans les milieux naturels dans de nombreux pays ces derniers étant soumis de plus en plus à un grand nombre de pollutions atmosphériques non seulement des pollutions industrielles et des pollutions liées à l'agriculture, mais également des pollutions liées aux transports.

Au cours de notre étude nous nous sommes intéressés en premier lieu à l'évolution de la chlorophylle et les résultats obtenus lors de nos travaux concernant la caractérisation de la pollution d'origine industrielle et son impact sur les transplants *(Parmelia perlata)* indique qu'au niveau des sites(1 et 2) nos échantillons peuvent subirent un dommage oxydatif, en effet les transplants ramenés d'une zone lointaine non polluée (pour notre cas la région de Bougous), peuvent constituer d'excellents bio indicateurs et bioaccumulateurs ; pendant 45 jours d'exposition au niveau des deux sites choisis, on observe une nette diminution de la synthèse de la chlorophylle au niveau des deux stations par rapport au témoin cette diminution est plus nette au niveau de la station 02. Cette perturbation est due aux effets de la pollution industrielle qui a causé une inhibition de la synthèse de la chlorophylle. Cependant plusieurs auteurs (Garty *et al* 1985.,Kardish *et al* 1987.,Boonpragob *et al.* 1991, Garty *et al*.1993 et Gonzalez *et ah* 1996) ont montré que l'exposition des lichens aux polluants dans les régions urbaines et industrielles cause la déchéance de la chlorophylle des lichens.

D'après les observations morphologiques effectuées au niveau de la station 2 où la pollution est très élevée, on observe une décoloration des transplants avec une restriction de leurs tailles un décollement et dessèchement du thalle. Par contre, la station 1 qui est sujette a une pollution azoté présentent une morphologie plus ou moins normale et presque sans déformation.

Ces observations montrent que la pollution industrielle change la structure naturelle des lichens surtout dans la station 01 où la couleur a changé complètement (brune)

Toutes ces perturbations se traduisent par des altérations morphologiques telles que la perte de la couleur et de la vitalité des végétaux. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par Zambrano *et al* (2000) et Fomasiero (2001).

En effet les dégâts des composants algale du thalle est en témoignage de sa décoloration effectivement selon Wetmore, 1985 l'ensemble du thalle meurt peu après que les cellules algales sont endommagées.

4 Conclusion

Ces phénomènes de pollution font l'objet de nombreux programmes de surveillance, compte tenu des risques qu'ils présentent pour la santé et l'environnement. Il est temps, d'évaluer, au niveau de l'Algérie, les risques potentiels liés à la pollution. Notre pays et particulièrement nos villes subissent une pollution visible et de plus en plus grande. Les industries rejettent leur gaz, sans aucun contrôle et rendent l'atmosphère des villes irrespirable. Nos déchets sont à 50% collectés et entreposés sur des sites non contrôlés. Et nous subissons de plein fouet une pollution qui affecte l'air que nous respirons, l'eau que nous buvons et le sol d'où nous tirons nos aliments.

Cette pollution s'intensifie avec l'expansion démographique et l'extension urbaine qui créent une pression de plus en plus forte en matière de ressources, d'énergie, de transport, de sol et de production de déchets. Plusieurs études à caractère national ou international conduites par les organismes d'Etat, les universités, les instituts, les bureaux d'études et les institutions internationales, ont été menées en Algérie pour diagnostiquer cette pollution, sans que des actions pratiques soient prises sur le terrain pour l'enrayer ou la réduire (Tabet-Aoul, 2008).