

The use of inferior plants as bioindicators of automobile lead pollution in the area of Annaba (Algeria) (Utilisation des végétaux inférieurs comme bio indicateurs de la pollution plombique d'origine automobile dans la région de Annaba (Algérie))

Naila Maizi *, Amel Alioua, Ali Tahar, Faten Semadi, Djamel Fadel

Laboratoire de biologie végétale et environnement, Département de biologie, Faculté des sciences, Université de Annaba
BP 12, 23000 – Algérie -

Received in 08 Oct 2010, Revised 23 Dec 2010, Accepted 24 Dec 2010.

*Auteur correspondant: Email: maizi_naila@hotmail.com; Tel. +213 773433693

Résumé

La pollution atmosphérique notamment plombique a constamment évolué au cours des temps, du fait de l'augmentation considérable du nombre de véhicules sur le marché. Notre travail de recherche est basé essentiellement sur l'utilisation d'une espèce lichénique " *Ramalina farinacea* " comme bio indicateur de cette pollution dans la région de Annaba. Une stratégie d'échantillonnage pertinente, un suivi spatio-temporel et une mesure de certains paramètres physiologiques combinés au dosage du plomb nous ont permis d'évaluer non seulement l'état de la qualité de l'air mais également l'impact de cette pollution sur l'environnement engendré par un trafic routier intense dans cette région. L'analyse statistique des résultats obtenus fait apparaître des corrélations qui sont de significatives à très hautement significatives entre les paramètres mesurés et les teneurs en plomb chez le bio indicateur dans le temps et dans l'espace.

Mot clés : Pollution, plomb, lichen, bio indication, bio accumulation, trafic routier, Annaba, Algérie.

Abstract

Of lead pollution in particular has constantly evolved over time, due to the increase in the number of vehicles on the market. Our research is based primarily on the use of a lichen species " *Ramalina farinacea* " as indicator of organic pollution in the region of Annaba. An appropriate sampling strategy, a spatio-temporal monitoring and measuring certain physiological parameters combined determination of lead allowed us to evaluate not only the state of air quality but also the impact of this pollution on the environment caused by heavy traffic in this area. Statistical analysis of the results brings up correlations ranging from significant to very highly significant between the parameters measured and the levels of lead in the bio-indicator in time and space.

Key words: Pollution, Lead, lichen, bio-indication, bioaccumulation, road traffic, Annaba, Algeria.

Introduction

Durant le dernier siècle, l'industrialisation et l'essor des transports ont joué un rôle essentiel dans l'évolution de la société. Ces activités étaient synonymes de progrès, de modernité et d'enrichissement. Mais depuis, la prise de conscience quant aux conséquences environnementales n'a cessé de croître. En effet, de grandes quantités de substances chimiques sont relâchées dans l'environnement, la plupart d'entre elles étant considérées comme dangereuses. L'introduction de ces composés implique des risques sérieux non seulement pour l'environnement et les organismes vivants, mais aussi pour la santé humaine [1].

Parmi les divers polluants déversés régulièrement dans l'atmosphère, le plomb d'origine automobile occupe une place prépondérante, sa toxicité pour la biocénose est évidente et s'aggrave de plus en plus à travers la chaîne trophique pour devenir dramatique en atteignant l'homme [2]. Dans les pays et régions où l'adjonction de plomb dans l'essence n'est pas interdite, une large proportion (entre 65 et 99 % des enfants vivant des zones à risque, et environ 50 % même parmi ceux moins exposés) seraient intoxiqués au plomb de manière chronique. L'introduction de l'essence sans plomb dans les pays

développés s'est en effet rapidement traduite par une diminution environ de moitié de la plombémie chez les adultes citadins, pourtant moins sensibles à l'absorption de plomb que les enfants [3]. En 2002, sur les quarante-neuf pays d'Afrique subsaharienne, seul le Soudan s'était pleinement converti à l'essence sans plomb. Lorsque l'Afrique du sud passera complètement à l'essence sans plomb le 1er janvier 2006, tous les pays d'Afrique subsaharienne se seront convertis. En début 2006, le Partenariat lancera un programme d'élimination progressive du plomb dans les essences non seulement du reste du monde en voie de développement, mais aussi des économies en transition, dans le but d'une élimination mondiale de l'essence au plomb d'ici 2008.

A ce jour, plus d'une trentaine de pays à travers le monde utilisent l'essence au plomb. Parmi les territoires les plus difficiles à convertir figurent les petites îles lointaines du Pacifique comme la Micronésie. L'Afghanistan, l'Algérie, le Bhoutan, le Cambodge, la Corée du Nord, Cuba, l'Irak, le Laos, la Mongolie, le Myanmar, l'Ouzbékistan et le Turkménistan font parti des pays qui jusqu'ici ne prévoient pas l'élimination de l'essence au plomb (Programme des Nations Unies pour l'Environnement in planète info 2005).

En Algérie et surtout dans la région Est du pays, il existe depuis plusieurs années un problème progressif de pollution atmosphérique notamment plombique lié à des réseaux routiers importants [4-10].

Dans la région de Annaba, il est aisé de constater qu'on a un véritable problème de pollution d'une part à cause de l'existence d'un parc automobile très important par rapport aux distances parcourues, et d'autre part de certaines caractéristiques topographiques (la proximité de la mer, l'existence des plans d'eau, la présence des hauteurs et leurs orientations, ces dispositifs topographiques en cuvette et en couloir favorise le phénomène d'inversion thermique et sa persistance) et climatiques (l'humidité relative toujours très élevée toute l'année et la direction des vents entraînant des mouvements d'air alternatifs brise de terre, brise de mer, contribuant à maintenir les polluants dessus la zone d'émission, ainsi qu'un brouillard naturellement fréquent à Annaba) qui créent un climat propice au développement de la pollution [9, 10].

Depuis les années soixante dix de nombreuses recherches ont été menées sur l'utilisation des végétaux comme bio indicateurs et bio accumulateurs de la pollution particulièrement les lichens qui révèlent d'excellents résultats concernant la bio accumulation notamment celle des métaux lourds.

En effet après le premier congrès international d'Exeter (Angleterre) en novembre 1971 (James) [11] que s'est développée cette orientation de recherche (Hawksworth et Rose, Godman et Roberts, Seaward, Campbell, Garty et Fuch, Deruelle, Serradj, Semadi et Deruelle, Deruelle et al., Bargagli et al., Cecasov et al., Loppi et al. et Alioua et al.) [5, 6, 12-22].

Les différentes composantes de l'environnement réagissent à la pollution différemment, les végétaux inférieurs surtout les lichens présentent souvent des altérations physiologiques, morphologiques et structurales avant même l'apparition des moindres symptômes d'intoxication chez l'homme [23].

Notre recherche sur l'étude de la pollution plombique d'origine automobile dans la région de Annaba en utilisant de façon pertinente les bio-indicateurs, notamment les lichens a l'objectif de caractériser l'état environnemental du milieu étudié en mettant en évidence une pollution plombique liée au trafic routier, d'étudier l'impact de cette dernière sur la morphologie et la physiologie des végétaux utilisés et de proposer des bio indicateurs pertinents de cette pollution.

Matériels et méthodes

La ville de Annaba est considérée comme étant l'une des villes les plus polluées sur le territoire national et dans le nord de l'Afrique, la principale source émettrice du plomb est le trafic routier qui évolue à un rythme inquiétant.

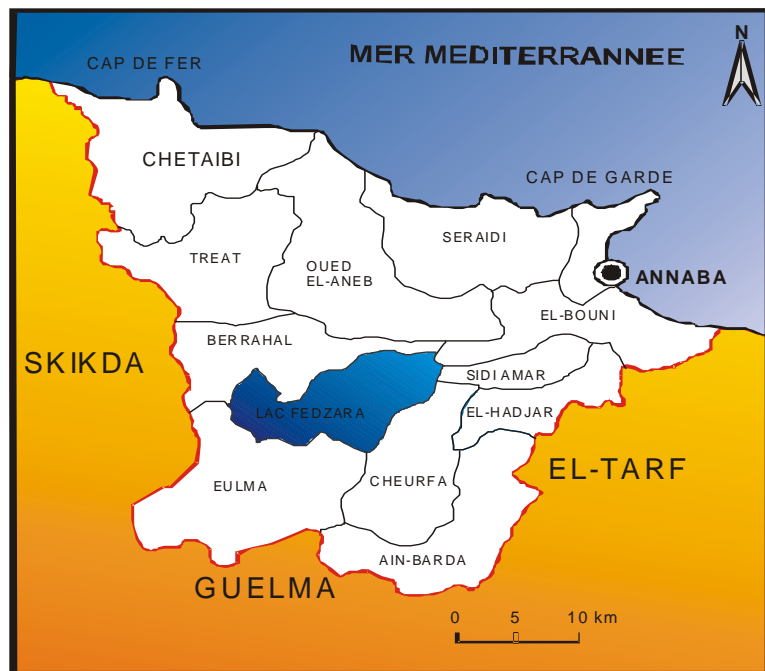
Le problème de la pollution atmosphérique à Annaba lié à la présence de plusieurs unités industrielles et à un trafic routier intense est aggravé par sa position géographique (en cuvette), facteur qui favorise l'accumulation et la stagnation des polluants atmosphériques et expose par conséquent les habitants à un risque sanitaire. La ville est structurée autour d'un centre principal, le centre ville. Ce dernier convoité par le citoyen, ainsi que par l'aménageur est l'espace le plus fréquenté de la ville. L'espace central de la ville ne prend pas en charge uniquement la population d'Annaba mais aussi les populations des agglomérations limitrophes, toutes les activités y sont présentes de commerces, présence de marchés (marché El Hattab) présence de bureaux, présence de stations de taxis, présence de station de transport en commun (Soudani Boudjema). Les taxis, les transports en commun, les voitures particulières tous démarrent, circulent au niveau du centre ville sur une voie à un seul sens d'une largeur de 2 m avant d'atteindre leur destination.

La population de la wilaya d'Annaba n'a cessée d'augmenter durant ces dernières années pour atteindre 650 000 habitants où on enregistre d'ailleurs une moyenne annuelle de croissance de près 1,01% et une répartition irrégulière de la population avec une variation de la densité d'une commune à une autre. L'axe Annaba - Sidi Amar et El Bouni représente les sites où la majorité de la population est concentré (44,65 % à Annaba, 20,04% à El Bouni et 12,80% à Sidi Amar). Les caractéristiques socioéconomiques (pôle commercial, industriel, universitaire et la qualité des services) sont des facteurs limitant de la distribution de la population [24].

De nos jours on retrouve une ville automobile, le taux de croissance annuel des cartes grises ne fait qu'augmenter d'année en année surtout entre l'année 2002 et 2003 où le taux augmente considérablement de 0,92 il passe à 3,57 [25 et 26]. En 2005 Le véhicule de tourisme est de 68% par rapport aux autres modes de transport. Comparée aux autres wilayas algériennes Annaba est classé deuxième après la capitale avec un parc auto atteignant 100 000 véhicules [24]., avec 94

voitures particulières pour 1000 habitants et dépasse largement Constantine et Oran qui sont respectivement de 79 et 81 voitures pour 1000 habitants [26].

1- Présentation de la zone d'étude :



La ville de Annaba est situé à l'Est de l'Algérie entre les latitudes (36 °30) Nord et (37 °30) Nord, et les longitudes (07 °20) Est et (08 °40) Est, avec 12 communes d'une superficie totale de 1411.98 Km². Elle est limitée par la mer Méditerranée au Nord, la wilaya de Skikda à l'Ouest, celle de Guelma au Sud et El Tarf à l'Est (Figure 1).

Figure 1: Localisation géographique de la région d'étude (Annaba).

Depuis 2003 on aurait une accélération de motorisation (+ 9%), cette accélération s'élevait durant les dernières années où nous avons enregistré respectivement une augmentation (+ 14%) en 2004 et (+ 42%) entre les années (2004 et 2008).

2- Les paramètres climatiques

Certains paramètres climatiques sont pris en considérations dans notre étude car ils ont un rôle particulièrement important dans la diffusion et la dilution des impuretés.

- La ville de Annaba présente dans son ensemble des traits de type méditerranéens avec des étages bioclimatiques sub-humide et humide.
- Elle se caractérise par des températures douces en hiver, chaudes en été avec une température moyenne annuelle de 17.89°C, une température maximale moyenne annuelle de 23.78°C et enfin une température minimale annuelle de 12.76°C et des précipitations abondantes, la pluviométrie annuelle est de 654,64mm.
- La rose des vents nous a permis de mettre en évidence une direction dominante du vent de Nord-est Sud-Ouest (Figure 2).

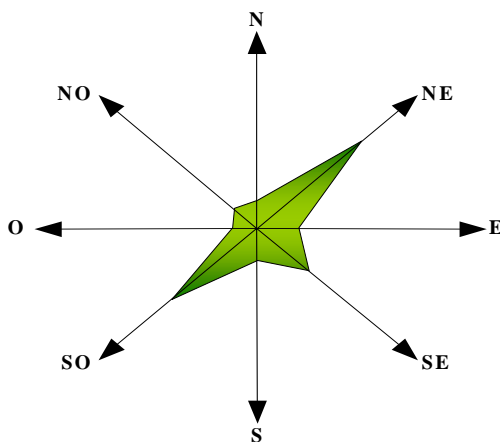


Figure 2: La rose des vents de Annaba établie sur une moyenne de 10 ans (1999 – 2008).

3- Choix des sites de surveillance et de mesure de la pollution automobile :

3.1- Choix des sites :

En générale, pour mieux connaître les niveaux de pollution, il est important de mettre en place des réseaux de prélèvement, en essayant de choisir des sites bien exposés, en nombre suffisants. Dans la région de Annaba, nous avons opéré de telle manière à avoir des sites avec un degré de trafic routier variant de fort à faible et nous avons retenu neuf sites (**Tableau 1**) localisés sur la (**Figure 3 et 4**)

Tableau 1 : Sites d'échantillonnage et de transplantation :

Sites	Localisation
Site 1	Se localise au bord de la route, à coté de la gare routière, La station taxis (Sidi Brahim)
Site 2	Se situe dans la rue de gazomètre, près du CITAM
Site 3	Se localise dans le jardin du rond- point de pont blanc
Site 4	Se situe au sein de centre de santé Larbi Khrouf
Site 5	Se trouve en face de la plage Saint Cloud
Site 6	Se localise au niveau de l'établissement hospitalier spécialisé « Abdallah Nouaouria » d' El_Bouni .
Site 7	Se trouve dans le siège de l'administration centrale de l'Université badji Mokhtar Sidi_Amar
Site 8	Se localise dans le jardin en face de l'hôpital Ibn sina
Site 9	Se localise a proximité du centre météorologique Aéroport les salines

3.2- Choix des espèces végétales :

Notre choix a porté sur une espèce fruticuleuse, *Ramalina farinacea*, d'une part à cause de sa sensibilité (afin de visualiser la sensibilité d'une espèce à une pollution, on peut utiliser sa distribution géographique à l'aide des cartes de répartition (cartographie en réseau) . des cartes de pollution et des échelles de poléophobie pour les espèces lichéniques de la région ont été dressés par Semadi [27] et d'autre part à cause de son abondance au niveau du site d'origine. En Algérie, les travaux de Semadi [23] dans la zone de Annaba et ceux de Alioua [8] dans la région de Skikda ont démontré la sensibilité de cette espèce à des taux important de polluants.

Ramalina a été prélevé près de EL Kala (au niveau du Sentier des oiseaux) à 100 Km à l'Est de Annaba (Parc national d'EL-Kala). Ce site de prélèvement est situé en dehors de la zone polluée et particulièrement riche en lichens, et caractérisé par l'abondance de *Olea oleaster* recouvert de thalles de *Ramalina* [28]. Les méthodes qualitatives utilisées à de nombreuses reprises en Europe permettent de déterminer le degré de pollution directement à partir de l'observation des peuplements lichéniques [12, 29 et 30].

3.3- Technique de transplantation et de prélèvement des échantillons :

Le lichen est un végétal complexe formé de l'association d'un champignon le mycosymbiote, hétérotrophe (tributaire d'un autre être vivant pour son alimentation carbonée) et une algue, le phycosymbiote, autotrophe (capable de photosynthèse), les deux vivant en symbiose.

Les lichens sont inclus dans les Thallophytes, vaste ensemble de végétaux dépourvus de tiges, feuilles et racines et qui ne sont donc pas vascularisés. Leur thalle ou appareil végétatif qui se présente en amas plus ou moins régulier de cellules, en lames plus ou moins découpées et offre une morphologie originale par rapport à celle des algues et des champignons qui le composent.

Il s'agit plus scientifiquement du résultat du rapprochement de deux constituants :

- Les hyphes : filaments analogues à ceux d'un mycélium de champignons inférieurs.
- Les gonidies : cellules de végétal chlorophyllien qui est soit une cyanophyte, soit plus fréquemment un chlorophyte (algue verte).
- Les différences dans l'aspect du thalle qui permettent la classification des lichens en six grands groupes morphologiques: pulvérulents, gélatineux, filamenteux, foliacés, crustacés, fruticuleux.



Figure 3 : Localisation géographique des sites d'étude 5, 6, 7 et 9



Figure 4 : Localisation géographique des sites d'étude 1, 2, 3, 4 et 8

- Le mode de multiplication du lichen, qui peut s'effectuer de deux manières soit la libération de petits corpuscules spéciaux, émanation directe du thalle, soit par dissémination de spores contenues dans des apothécies des lichens. L'implantation des lichens est liée aux facteurs écologiques tels que l'eau, le vent, la lumière et la température, mais aussi le substrat et la pollution environnante. Enfin, le développement des espèces sera également fonction du support : roche calcaire ou siliceux ou encore écorce d'arbre [31]. La croissance des thalles lichéniques est approximativement de 1cm par an, donc lorsqu'il s'agit du dosage de substances accumulées il faut prélever et comparer des échantillons de même âge donc de même dimensions et se référer constamment aux témoins des sites non pollués.

➤ **Technique de transplantation :**

Nous avons suivi la technique de Semadi et Duruelle [6], qui consiste à exposer en milieu pollué des branches recouvertes de thalle épiphytes. Pour ce faire, Nous avons prélevé des branches recouvertes de thalles de *Ramalina farinacea* dans leur milieu original et nous les avons transférés au niveau des différents sites d'étude choisis. Ces rameaux d'une longueur de 10 à 50 cm, ont été fixés à l'aide d'une ficelle de 1,50 m à 2 m du sol pendant un temps déterminé sur divers supports.

Un prélèvement est effectué au début de chaque mois, on a détaché une partie des thalles des lichens sur le phorophyte à l'aide d'un couteau, l'étude a duré sept mois et le traitement des échantillons est effectué le même jour ou le lendemain de leur prélèvement avec trois répétitions pour chaque site et chaque mesure.

➤ **Appréciation du trafic routier :**

Le comptage des véhicules a été effectué au niveau des neuf sites d'étude dans la région de Annaba. Nous avons choisi un site de comptage de véhicules juste au lieu de transplantation lichénique pendant les heures de pointe : 8 h à 9 h, 12 h à 13 h et 16 h à 17h.

4- *Techniques analytiques :*

Les échantillons prélevés sont placés dans des sachets en papier, fermés à l'aide d'un élastique afin de limiter les pertes d'eau par évapotranspiration jusqu'à l'arrivée au laboratoire.

- Après séchage des échantillons à l'étuve à 105°C, ils sont soigneusement broyés, mis dans des piluliers où ils sont traités par le peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée) jusqu'à minéralisation complète. Les dosages récents du plomb ont été effectués en utilisant la technique de spectrophotométrie d'absorption atomique (S.A.A). Les mesures ont été faites à partir des solutions de 20ml d'acide nitrique à 2%. Pour la même solution, trois mesures (répétitions) sont faites, la moyenne étant prise en considération.

Avant de procéder au dosage du plomb dans les échantillons, il faut d'abord établir une courbe d'étalonnage à partir des solutions de concentrations connues en plomb.

Les résultats sont lus directement sur l'appareil s'il est pré-réglé selon les indications du constructeur ou sur la courbe d'étalonnage en microgramme de plomb. L'appareil utilisé est un spectrophotomètre (Perkin-Elmer model 400)

- Pour le dosage de la chlorophylle, nous avons utilisé la méthode proposée par Rao & Le Blanc [32], l'appareil utilisé est le spectrophotomètre à deux longueurs d'ondes 645nm et 663nm (GenesysTM 8).

- La méthode utilisée pour le dosage de la proline est celle de Troll & Lindsley [33] simplifiée, mise au point par Dreier & Göring [34]. L'appareil utilisé est le spectrophotomètre à la longueur d'onde 528nm (GenesysTM 8).

- Après avoir prélevé des échantillons frais, nous avons pesés 1.5gr de matière fraîche puis mis à l'étuve à 105 °C pendant 72 h pour déterminer la matière sèche. Ainsi le rapport M.F./M.S. est défini pour nous donner une idée sur la pureté de l'air du site en question, plus l'air est pur est plus le développement du végétal est normal c'est à dire la matière fraîche est à son optimum par contre si l'air est pollué cela entraîne des manifestations de chloroses, nécroses au détriment de la matière fraîche (Semadi) [27].

- La mesure de l'activité respiratoire est effectuée par la polarographie à l'aide d'une électrode de Clark à oxygène (Hansatech).

5- *Analyse statistique des données*

Nous avons utilisé le test d'analyse de la variance à deux critères de classification pour faire une comparaison pour chaque caractéristique entre les neuf sites d'une part et entre les sept mois d'expérimentation d'autre part Dagnelie [35]. On a également utilisé des matrices de corrélations pour mettre en évidence des relations linéaires entre les caractéristiques mesurées sur le bio-indicateur.

Résultats et discussion

1- Variation de la moyenne mensuelle du trafic routier durant les heures de pointes dans l'agglomération de Annaba.

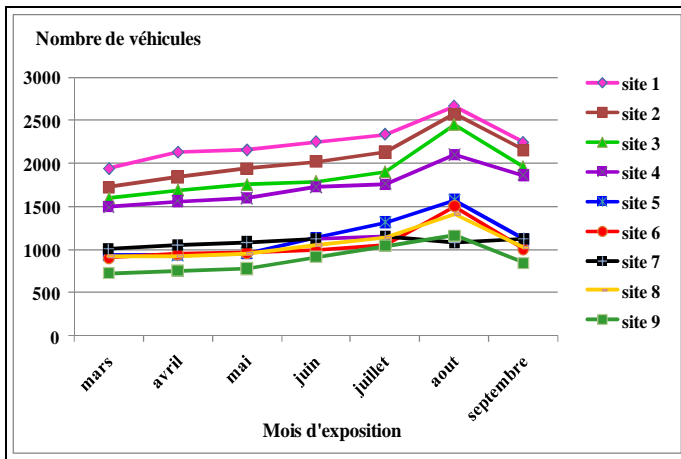


Figure 5 : Variation de la moyenne mensuelle du trafic routier durant les heures de pointes dans l'agglomération de Annaba

2- Résultats obtenus chez le bio indicateur :

2-1-Plomb

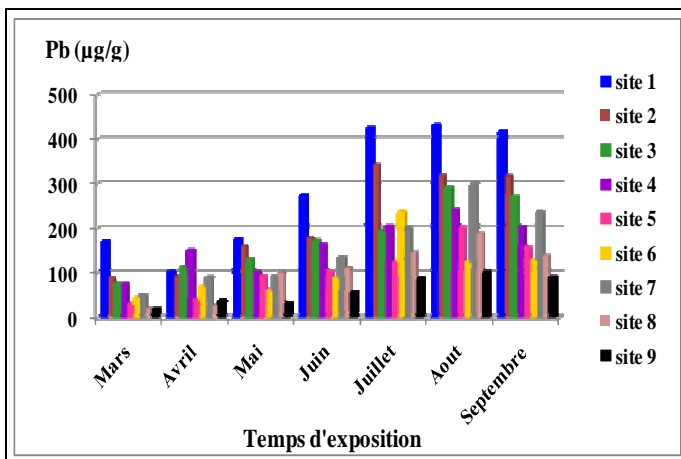


Figure 6 : Variation spatio-temporelle de la teneur en Pb accumulé par Ramalina farinacea

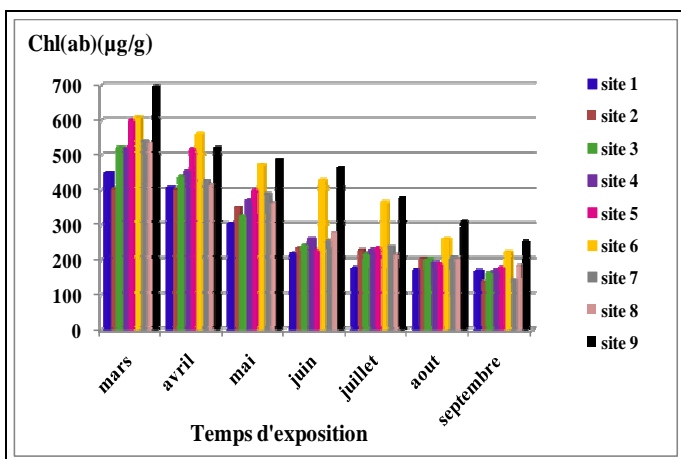


Figure 7: Variation spatio-temporelle de la chlorophylle (ab) chez Ramalina farinacea

La Figure 5 représente la variation de la moyenne mensuelle du trafic routier durant les heures de pointes dans l'agglomération

de Annaba. En moyenne, nous remarquons que le trafic routier augmente en période estivale surtout au niveau du site 1, 2, 3 et 4, ce ci est lié à la nature du site et a la période des vacances. De manière générale, nos sites de prélèvement ont un trafic routier varie d'intense pour les Site 1, 2, 3 et 4 suivis par les 5, 6 et alors que les sites 7, 8 et 9 présentent des valeurs plutôt faible.

L'analyse de la variance à deux critères de classification relative à la variation spatio-temporelle de trafic routier dans l'agglomération de Annaba montre que cette variation est très hautement significative dans le temps ($p = 0,000^{***}$) et dans l'espace ($p = 0,000^{***}$).

Concernant la bio accumulation de plomb par les transplants lichénique (Fig. 6), les résultats obtenus nous montrent que les valeurs de plomb fluctuent en fonction de la période et du site de prélèvement.

Par ailleurs, nous enregistrons une augmentation nette au niveau des différents sites étudiés, la valeur maximale accumulée est de 431.25 (µg/g) au niveau du site 1 pour le mois d'aout tandis que la valeur minimale est atteinte au site 9 au premier prélèvement avec 18.75 (µg/g). La comparaison de la variation spatio-temporelle de la teneur en plomb chez Ramalina farinacea montre qu'elle est très hautement significative dans le temps ($p = 0,000^{***}$) et dans l'espace ($p = 0,000^{***}$) c'est-à-dire que plus les transplants sont exposés et plus l'accumulation du plomb est importante, et que cette dernière dépend du site et par conséquent de l'intensité du trafic routier

La variation spatio-temporelle de la chlorophylle (ab) chez Ramalina farinacea représentée par la (Figure 7), montre que les valeurs de la chlorophylle (ab) chez le lichen présentent des fluctuations en fonction du temps d'exposition.

La comparaison de la variation de la teneur moyenne de la chlorophylle (ab) chez les transplants de Ramalina farinacea montre que cette dernière est très hautement significative aussi bien dans le temps ($p = 0,000^{***}$) que dans l'espace ($p = 0,000^{***}$)

2-3- Proline :

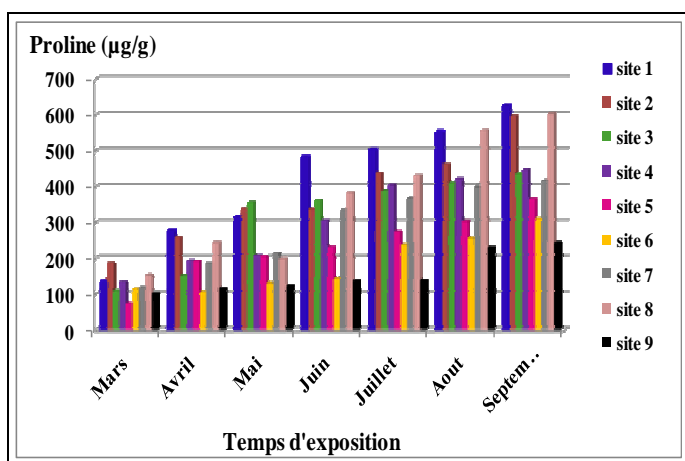


Figure 8 : Variation spatio-temporelle de la proline chez *Ramalina farinacea*

D'après la **Figure 8** qui représente la variation spatio-temporelle de la proline chez *Ramalina farinacea*, on constate que la teneur en proline augmente dès le premier prélèvement, cette augmentation persiste jusqu'au septième prélèvement, ceci est probablement dû au stress du bio indicateur provoqué par l'accumulation des polluants.

Egalement, l'analyse de la variance à deux critères de classification relative à la teneur moyenne en proline chez *Ramalina farinacea* montre que cette variation est très hautement significative dans l'espace ($p = 0,000^{***}$) et dans le temps ($p = 0,000^{***}$).

2-4- MF/MS :

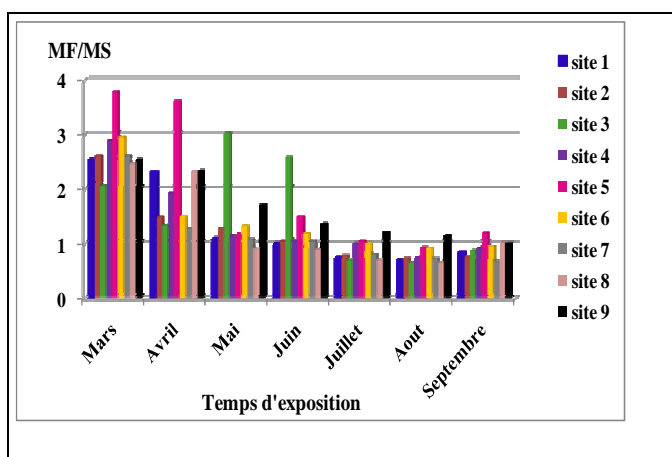


Figure 9: Variation spatio-temporelle du rapport MF/MS chez *Ramalina farinacea*

Suite à l'analyse des données propre à la **Figure 9** qui fait apparaître la variation spatio-temporelle du rapport MF/MS chez *Ramalina farinacea*, nous constatons que le rapport MF/MS diminue considérablement après le premier prélèvement avec des fluctuations d'un site à l'autre. Ces fluctuations restent fonction de plusieurs paramètres à savoir le degré de pollution de chaque site et des paramètres climatiques.

Quant à la comparaison de la variation du rapport MF/MS chez *Ramalina farinacea*, elle montre que cette dernière est très hautement significative dans le temps ($p = 0,000^{***}$) mais qu'elle ne l'est pas dans l'espace ($p = 0,088$).

2-4- Respiration:

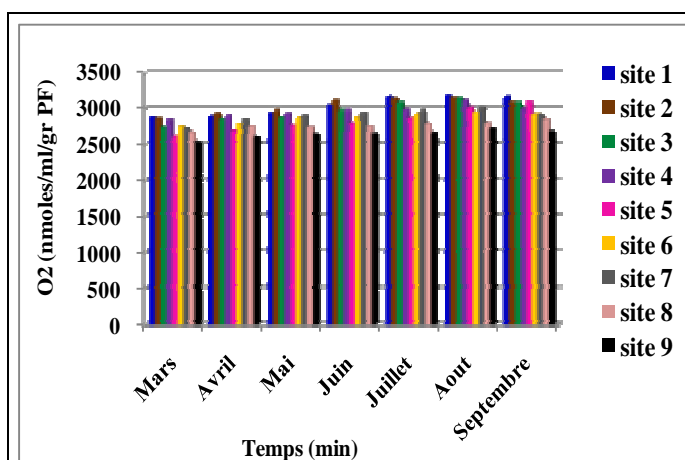


Figure 10: Variation spatio-temporelle de la respiration chez *Ramalina farinacea*

D'après la **figure 10**, qui représente la variation spatio-temporelle de la respiration chez *Ramalina farinacea*, on constate que la respiration des transplants au niveau des sites 1, 2, 3 et 4. On remarque qu'elle est presque inhibée c'est-à-dire qu'il y a une légère consommation d'O₂ surtout aux mois Juin, Juillet, août et Septembre.

L'analyse de la variance à deux critères de classifications relative à la variation moyenne de la respiration montre des différences très hautement significative dans le temps ($p = 0,000^{***}$) et dans l'espace ($p = 0,000^{***}$). C'est à dire que plus que les lichens sont exposés à la pollution, plus leur processus respiratoire est perturbé.

Tableau 2: Matrice de corrélations entre les caractéristiques mesurées chez le bio indicateur *Ramalina farinacea* pour le site 1.

Variables	Chl(ab)	Proline	MF/MS	Resp	Trafic	Pb
Chl(ab)	1					
Proline	-0,965*** (0,000)	1				
MF/MS	0,964*** (0,000)	-0,885** (0,008)	1			
Resp	-0,948*** (0,001)	0,93** (0,002)	-0,858* (0,014)	1		
Trafic	-0,784* (0,037)	0,754* (0,050)	-0,754* (0,050)	0,813* (0,026)	1	
Pb	-0,906** (0,005)	0,873** (0,010)	-0,811* (0,027)	0,985*** (0,000)	0,745 (0,055)	1

N.B. : Les valeurs entre parenthèses sont celles de la probabilité p.

D'après le Tableau 2, on remarque que la teneur en chlorophylle (ab) présente une corrélation très hautement significative aussi bien avec la teneur en proline qu'avec le rapport (MF/MS) et la respiration.

Concernant le taux de plomb, sa corrélation avec la respiration est très hautement significative, hautement significative avec la proline et la chlorophylle (ab), significative avec le rapport MF/MS alors qu'elle ne l'est pas avec le trafic routier. Ce dernier présente des corrélations significatives avec tous les autres paramètres.

Donc la pollution par le plomb induit la diminution du rapport MF/MS (Garty, Cohen et Kloog) [36] ont montré une augmentation considérable des pertes d'eau dans les thalles des lichens exposés à des taux élevés de Pb.

Tableau 3: Matrice de corrélations entre les caractéristiques mesurées chez le bio indicateur *Ramalina farinacea* pour le site 2.

Variables	Chl(ab)	Proline	MF/MS	Resp	Trafic	Pb
Chl(ab)	1					
Proline	-0,925** (0,003)	1				
MF/MS	0,813* (0,026)	-0,838* (0,018)	1			
Resp	-0,898** (0,006)	0,786* (0,036)	-0,910** (0,005)	1		
Trafic	-0,756* (0,049)	0,727 (0,064)	-0,770* (0,043)	0,838* (0,019)	1	
Pb	-0,892** (0,007)	0,896** (0,006)	-0,808* (0,028)	0,879** (0,009)	0,818* (0,024)	1

N.B. : Les valeurs entre parenthèses sont celles de la probabilité p.

Au niveau du site 2, la corrélation de la teneur en proline avec la chlorophylle (ab) est hautement significative, contrairement au rapport MF/MS qui présente une corrélation significative avec la chlorophylle (ab) ainsi qu'avec la proline. L'activité respiratoire présente une corrélation hautement significative avec la chlorophylle (ab), le rapport

MF/MS et seulement significative avec la proline. Par contre pour le trafic routier, ses corrélations avec la chlorophylle (ab), le rapport MF/MS et la respiration sont seulement significative. Concernant le plomb, les corrélations varient de hautement significatives à significatives avec tous les paramètres.

Tableau 4: Matrice de corrélations entre les caractéristiques mesurées chez le bio indicateur *Ramalina farinacea* pour le site 3.

Variables	Chl(ab)	Proline	MF/MS	Resp	Trafic	Pb
Chl(ab)	1					
Proline	-0,973*** (0,000)	1				
MF/MS	0,402 (0,372)	-0,251 (0,588)	1			
Resp	-0,940** (0,002)	0,874** (0,010)	-0,650 (0,114)	1		
Trafic	-0,693 (0,084)	0,662 (0,105)	-0,596 (0,158)	0,835* (0,019)	1	
Pb	-0,893** (0,007)	0,837* (0,019)	-0,629 (0,130)	0,941** (0,002)	0,891** (0,007)	1

N.B. : Les valeurs entre parenthèses sont celles de la probabilité p.

Concernant le site 3, la corrélation de la proline est très hautement significative avec la chlorophylle (ab). Par contre la corrélation du rapport MF/MS avec les autres paramètres, elle s'avère non significative. Quant à la consommation en oxygène, sa corrélation avec la chlorophylle (ab) et la proline est hautement significative. Pour le trafic routier, il n'existe qu'une seule corrélation significative avec la respiration. L'accumulation en plomb présente des corrélations hautement significatives avec la chlorophylle (ab), la respiration et le trafic routier, Tandis qu'avec la teneur en proline la corrélation est seulement significative.

Tableau 5: Matrice de corrélations entre les caractéristiques mesurées chez le bio indicateur *Ramalina farinacea* pour le site 4.

Variables	Chl(ab)	Proline	MF/MS	Resp	Trafic	Pb
Chl(ab)	1					
Proline	-0,971*** (0,000)	1				
MF/MS	0,911** (0,004)	-0,824* (0,023)	1			
Resp	-0,866* (0,012)	0,853* (0,015)	-0,836* (0,019)	1		
Trafic	-0,867* (0,011)	0,877** (0,009)	-0,765* (0,045)	0,980*** (0,000)	1	
Pb	-0,871* (0,011)	0,924** (0,003)	-0,769* (0,044)	0,908** (0,005)	0,901** (0,006)	1

N.B. : Les valeurs entre parenthèses sont celles de la probabilité p.

D'après le Tableau 5, on constate que la teneur en proline présente une corrélation très hautement significative avec la chlorophylle (ab). Contrairement au rapport MF/MS qui présente une corrélation hautement significative avec la chlorophylle (ab) et seulement significative avec la proline.

La consommation en oxygène présente des corrélations significatives avec tous les paramètres. Pour le trafic routier, il existe des corrélations très hautement significatives avec la respiration, hautement significative avec la teneur en proline et seulement significative avec la chlorophylle (ab) et le rapport MF/MS. De même pour la teneur en plomb, qui présente des corrélations variant de hautement significatives à significative avec tous les paramètres.

Tableau 6: Matrice de corrélations entre les caractéristiques mesurées chez le bio indicateur *Ramalina farinacea* pour le site 5.

Variables	Chl(ab)	Proline	MF/MS	Resp	Trafic	Pb
Chl(ab)	1					
Proline	-0,905** (0,005)	1				
MF/MS	0,897** (0,006)	-0,783* (0,037)	1			
Resp	-0,881** (0,009)	0,954*** (0,001)	-0,766* (0,045)	1		
Trafic	-0,741 (0,056)	0,609 (0,146)	-0,650 (0,114)	0,663 (0,104)	1	
Pb	-0,906** (0,005)	0,864* (0,012)	-0,856* (0,014)	0,925** (0,003)	0,859* (0,013)	1

N.B. : Les valeurs entre parenthèses sont celles de la probabilité p.

La corrélation du rapport MF/MS avec la chlorophylle (ab) et la proline varie de significative à hautement significative, Quant à la corrélation entre la proline et la chlorophylle (ab), elle s'avère hautement significative. Pour la respiration, il existe une corrélation significative avec le rapport MF/MS, hautement significative avec la chlorophylle (ab) et très hautement significative avec taux de proline. Le trafic routier ne présente aucune corrélation significative avec les autres paramètres, contrairement au plomb qui présente des corrélations significatives avec la proline, le rapport MF/MS et le trafic routier et hautement significative avec la chlorophylle (ab) et le taux d'oxygène consommé.

Tableau 7: Matrice de corrélations entre les caractéristiques mesurées chez le bio indicateur *Ramalina farinacea* pour le site 6.

Variables	Chl(ab)	Proline	MF/MS	Resp	Trafic	Pb
Chl(ab)	1					
Proline	-0,947*** (0,001)	1				
MF/MS	0,783* (0,037)	-0,618 (0,139)	1			
Resp	-0,916** (0,004)	0,788* (0,035)	-0,884** (0,008)	1		
Trafic	-0,632 (0,128)	0,535 (0,216)	-0,476 (0,280)	0,647 (0,116)	1	
Pb	-0,594 (0,160)	0,673 (0,098)	-0,579 (0,173)	0,652 (0,112)	0,307 (0,503)	1

N.B. : Les valeurs entre parenthèses sont celles de la probabilité p.

D'après le Tableau 07, on constate qu'il y a une corrélation très hautement significative entre la proline et la chlorophylle (ab). Concernant le rapport MF/MS, il ne présente qu'une seule corrélation significative avec la chlorophylle (ab). Le trafic routier ne présente aucune corrélation significative avec les autres paramètres, Tandis que pour le taux d'oxygène consommé, sa corrélation avec la chlorophylle (ab) et le rapport MF/MS s'avère hautement significative et significative avec la proline. Enfin, il n'existe aucune corrélation entre le plomb et les autres paramètres.

Tableau 8: Matrice de corrélations entre les caractéristiques mesurées chez le bio indicateur *Ramalina farinacea* pour le site 7.

Variables	Chl(ab)	Proline	MF/MS	Resp	Trafic	Pb
Chl(ab)	1					
Proline	-0,991*** (0,000)	1				
MF/MS	0,879** (0,009)	-0,847* (0,016)	1			
Resp	-0,852* (0,015)	0,862* (0,013)	-0,919** (0,003)	1		
Trafic	-0,854* (0,015)	0,832* (0,020)	-0,853* (0,015)	0,829* (0,021)	1	
Pb	-0,880** (0,009)	0,919** (0,003)	-0,748 (0,053)	0,798* (0,032)	0,594 (0,160)	1

N.B. : Les valeurs entre parenthèses sont celles de la probabilité p.

Pour le site 7, la corrélation est très hautement significative entre la proline et la chlorophylle (ab), contrairement au rapport MF/MS qui présente une corrélation hautement significative avec la chlorophylle (ab) et significative avec la proline. La corrélation de l'activité respiratoire avec la chlorophylle (ab), la proline et le rapport MF/MS varie de significative à hautement significative.

Le trafic routier présente des corrélations significatives avec tous les paramètres, tandis que pour le plomb, il existe des corrélations hautement significatives avec la chlorophylle (ab) et la proline et seulement significatives avec la respiration.

Tableau 9: Matrice de corrélations entre les caractéristiques mesurées chez le bio indicateur *Ramalina farinacea* pour le site 8.

Variables	Chl(ab)	Proline	MF/MS	Resp	Trafic	Pb
Chl(ab)	1					
Proline	-0,922** (0,003)	1				
MF/MS	0,870* (0,011)	-0,671 (0,099)	1			
Resp	-0,917** (0,004)	0,912** (0,004)	-0,655 (0,110)	1		
Trafic	-0,677 (0,095)	0,702 (0,079)	-0,641 (0,121)	0,490 (0,265)	1	
Pb	-0,920** (0,003)	0,839* (0,018)	-0,930** (0,002)	0,752 (0,051)	0,837* (0,019)	1

N.B. : Les valeurs entre parenthèses sont celles de la probabilité p.

D'après le Tableau 09, on constate qu'il n'existe aucune corrélation significative entre le trafic routier et les autres paramètres, contrairement la teneur en proline qui présente une corrélation très hautement significative avec la chlorophylle (ab). Concernant la respiration, elle présente des corrélations hautement significatives avec la teneur en proline et la chlorophylle (ab), par contre le rapport MF/MS ne présente qu'une corrélation significative avec cette dernière. Pour le plomb, il existe des corrélations significatives avec la proline et le trafic routier et hautement significatives avec la chlorophylle (ab) et le rapport MF/MS.

Tableau 10: Matrice de corrélations entre les caractéristiques mesurées chez le bio indicateur *Ramalina farinacea* pour le site 9.

Variables	Chl(ab)	Proline	MF/MS	Resp	Trafic	Pb
Chl(ab)	1					
Proline	-0,879** (0,009)	1				
MF/MS	0,923** (0,003)	-0,775* (0,041)	1			
Resp	-0,931** (0,002)	0,792* (0,034)	-0,919** (0,003)	1		
Trafic	0,964*** (0,000)	-0,789* (0,035)	0,976*** (0,000)	-0,939** (0,002)	1	
Pb	-0,918** (0,004)	0,841* (0,018)	-0,884** (0,008)	0,868* (0,011)	-0,936** (0,002)	1

N.B. : Les valeurs entre parenthèses sont celles de la probabilité p.

Pour le site 09, on constate que la corrélation entre la proline et la chlorophylle (ab) est hautement significative, de même pour le rapport MF/MS qui présente une corrélation hautement significative avec la chlorophylle (ab) et significative avec la proline.

Pour la respiration, les corrélations varient entre significatives avec la proline et hautement significatives avec le rapport MF/MS et la chlorophylle (ab).

Concernant le trafic routier, sa corrélation avec la chlorophylle (ab) et le rapport MF/MS est très hautement significative, hautement significative avec la respiration, tandis qu'elle est seulement significative avec la proline.

Quant à la teneur en plomb, les corrélations varient de hautement significative à significative avec tous les paramètres.

L'accumulation temporelle du plomb par *Ramalina farinacea* est très nette quelque soit le site, avec de fortes teneurs au niveau des sites 1, 2, 3 et 4 suivis par les sites 5, 6, 7 et enfin les sites 8 et 9 qui présentent les valeurs les plus faibles. Ceci est lié à un certains nombre de facteurs, comme l'intensité du trafic routier, les facteurs climatiques, la topographie du site. Cette forte accumulation témoigne bien du bon choix du bio indicateur et confirme son pouvoir accumulateur très élevé. Les lichens dépourvues de racines sous la dépendance directe de l'eau météorite chargée de plomb est absorbée rapidement et de façon non sélective par la paroi des hyphes riche en mucilage hydrophiles et atteint directement les cellules. L'absence des stomates et les nombreuses fractures du cortex accidentelles ou naturelles comme les pores ou les soralies laissent pénétrer les poussières chargées en plomb à l'intérieur du lichen ou elle sont piégées dans le lacis des filaments, Le métabolisme des lichens et notamment la photosynthèse sont réglés par le degré d'hydratation du thalle et non pas par la température extérieure donc il ne s'arrêtent pas en hivers, de plus les lichens qui assimilent par toute leurs surface sont dotés d'une longévité remarquable de plusieurs dizaine d'années et plus.

Il est à noter que l'accumulation du plomb varie suivant la nature de l'espèce lichenique, le temps d'exposition à la source de pollution, la distance par rapport à la source et enfin l'intensité de certains facteurs climatiques : vent, humidité relative, pluviométrie [21]. Seaward [37] a montré que *Lecanora muralis* arrive à accumuler entre **285 µg/g** et **3124 µg/g** à l'intérieur de l'agglomération de Grande Bretagne, alors qu'en zone rurale, la teneur enregistrée ne dépasse pas les **132 µg/g**.

Aussi Adamo et al., [38] ont trouvé que les concentrations en plomb chez *Pseudoevernia furfuracea* sont environ de **152 µg/g** après quatre mois de transplantations dans une agglomération Italienne. D'autres travaux sont en accord avec nos

résultats, comme ceux de Alioua [8] dans l'agglomération de Skikda, qui confirment aussi la présence des taux élevés de plomb dans l'atmosphère et où la teneur en plomb au niveau des sites pollués dépasse souvent les 300µg/g chez les transplants de *Ramalina farinacea*.

Notre bio indicateur s'est avéré un très bon bio accumulateur de plomb. Garty et al. ; Gries et al. et Gonzalez et al. [39, 40 et 41] ont démontré que les lichens sont des bio indicateurs efficaces dans l'évaluation de la qualité de l'air. Levin et al. ; Garty et al. ; Carreras et al. et Gonzalez et al. [42, 43, 44 et 45] ont montré que quelques espèces transplantées dans des régions urbaines et industrielles s'avèrent d'excellents marqueurs de sources d'émissions différentes.

Les paramètres physiologiques mesurés (teneur en chlorophylle, en proline, le rapport MF/MS et la respiration) peuvent témoigner de la qualité de l'air de chaque site. Généralement, la teneur en chlorophylle, le rapport MF/MS et la respiration ont tendance à diminuer dans les sites fortement pollués à cause de la perturbation du processus photosynthétique et respiratoire ainsi que la dégradation de la matière fraîche, alors que la teneur en proline a tendance à augmenter avec le temps d'exposition à cause du stress subit par le végétal. 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 Deruelle, Semadi, Hellmann et al., Zambrano et al. et Fornasiero et al. [23, 46-49].

Conclusion

Dans les pays qui ont adopté des législations et des mesures visant à réduire l'utilisation de l'essence sans plomb et imposant le pot catalytique aux voitures, le taux de plomb et de gaz toxiques dans l'air a été réduit dans une proportion de 90 à 95 % [50].

L'Algérie est loin d'être en avance dans ce domaine et le problème, notamment dans les grandes agglomérations telle que ANNABA reste de taille.

Les résultats de notre étude le confirme bien avec des teneurs importantes en plomb accumulées par *Ramalina farinacea* qui s'est avéré un excellent indicateur biologique de la pollution plombique et en comparaison avec les taux enregistrés dans différentes agglomérations dans le monde, nous pouvons conclure qu'il existe une forte pollution plombique dans la région étudiée surtout à l'intérieur de l'agglomération de Annaba et celle de Sidi Amar.

Remerciements

Les remerciements des auteurs sont adressés à l'office national de météorologie les salines à Annaba pour avoir mis à leur disposition les données climatiques et aux experts de la revue pour leurs lectures critiques du texte.

Références

- Miet, K., Etude expérimentale de la dégradation hétérogène des Composés Aromatiques Polycycliques (CAP) d'intérêt Troposphérique. Thèse de Doctorat en Chimie Analytique et Environnement. Université Bordeaux I, (2008).
- Otvös, E., Pazmandi, T. Tuba, Z., First national survey atmospheric heavy metal deposition in Hungary by the analysis of mosses. *The Science of the Total Environment* 309 (2003) 151.
- Claudine Parayre, « Le saturnisme » sur *Haut Conseil de la Santé Publique*, (1998).
- Semadi, A. et Decormis, L., Influence de la pollution fluorée sur la végétation de la région de Annaba (Algérie). *Rev. Pollu. Atmos.* Avril-Juin 1993, (1986) 113.
- Serradj, M., Etude des bio-indicateurs dans la détection de la pollution acide. Thèse de Magister I.S.N. Annaba (1991).
- Semadi, A. et Deruelle, S., Détection de la pollution plombique à l'aide de transplants lichéniques dans la région de Annaba (Algérie). *Pollution atmosphérique*, Octobre - Décembre, (1993) 86.
- Chagra, A., Utilisation des espèces vertes dans la fixation de la pollution particulaire. Thèse de Magister en Toxicologie. I.S.N. Annaba (1996).
- Alioua, A., Détection de la pollution plombique d'origine automobile à l'aide de bioindicateurs végétaux dans l'agglomération de SKIKDA (Algérie). Thèse de Doctorat. Université JOSEPH FOURIER-GRENOBLE, (2001) 136p.
- Bouregghda, M., Les effets du plomb sur quelques paramètres physiologiques et biochimiques de quelques bioindicateurs de la pollution atmosphérique. Mémoire de Magister, Université de Annaba, (2004) 111p.
- Maizi, N., Jumelage des bio indicateurs végétaux : (*Xanthoria parietina*) et (*Funaria hygrometrica*) aux réseaux de surveillance et de contrôle de la qualité de l'air Sama Safia dans la région de Annaba. Mémoire de Magister, Université de Annaba. (2006) 176 p.

11. James, P.V., The effect of air pollutants other than hydrogen fluoride and sulfur dioxide on lichens. in air pollution and lichen, athlone press, Londres, (1973) 143-175.
12. Hawksworth, D.L., Rose, F., Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using apiphytic lichens, *Nature* 227 (1970) 145.
13. Godman, G.T, Roberts, T.N., Plants and soils as indicators of metals in the air. *Nature*, 231 (1971) 287.
14. Seaward, N.R.D., Some observations on heavy metal toxicity and tolerance in lichens. *Lichenologist*, 6 (1974) 158.
15. Campbell, J.A. A mathematical treatment of the variation of heavy metal content of lichens with distance from a source. *Lichenologist*, 8 (1976) 83.
16. Garty J., Fuch C., Heavy metals in the lichen *Ramalina duriaei* transplanted in biomonitoring stations. *Water, Air, and Soil pollution*, 17 (1982) 175.
17. Deruelle S., L'utilisation des lichens pour la détection et l'estimation de la pollution par le plomb. *Bull. Ecol.*, 15, (1984) 1 - 6.
18. Deruelle, S., Guilloux, F. et Letrouit, G. M. A., Enjeux et perspectives de l'utilisation des lichens pour la surveillance de la qualité de l'air : trois exemples dans le Bassin Parisien. Affiche 59. Institut d'Ecologie, équipe de lichénologie, Paris.1 (1999).
19. Bargagli, R., Monaci, F., Borghini, F., Bravi, F., Agnorelli, C., Mosses and lichens as biomonitors of trace metals. A comparison study on *Hypnum cupressiforme* and *Parmelia caperata* in a former mining district in Italy. *Environmental pollution* 116, (2002) 279.
20. Cecasov, V., pantelica, A., Salagean, M., Caniglia, G. et Scarlat, A., Comparative study of the suitability of three lichen species to trace-element air monitoring. *Environ. Pollu.* 119, (2002) 129.
21. Loppi, S., Pirintzos, S.A., Epiphytic lichens as essential for heavy metal pollution at forest ecosystems (Central Italy). *Environ. Pollu.* 121, (2003) 327.
22. Alioua, A., Maizi, N., Semadi, F., Tahar, A. et Kahoul, M. Détection et Étude de la Pollution mercurielle à L'aide des bio Indicateurs dans la Région de Azzaba (Algérie Orientale). *European Journal of Scientific Research*, (2008), 22 p.
23. Semadi, A., Effet de la pollution atmosphérique, pollution globale, fluorée, plombique sur la végétation dans la région de Annaba (Algérie). Thèse de Doctorat d'Etat en Science Nat. Université P. et M. Curie (Paris 6), (1989) 339 p.
24. Plan Directive d'Aménagement Urbain, 2008
25. Hacini-Chikh, N., Développement spatial et transport à Annaba. Colloque international Environnement et transports dans des contextes différents, Ghardaïa, Algérie, 16-18 fév. Actes, ENP ed., Alger, (2008) 209.
26. Semaly – Transurb / Technirail. In "étude de faisabilité de la première ligne du tramway d'Annaba" ; étapes 1-2-3 : enquêtes- diagnostic-, choix de tracés et modes". p 34.
27. Semadi, A., Incidence de la pollution fluorée d'origine industrielle sur la végétation de la région de Annaba (Algérie). Thèse de Doct. Ing., Université de Pris 7, (1983) 79p.
28. Djebar, I. et Fradjia, L., Etude phytosociologique et systématique de la flore lichénique corticole du parc national d'El Kala (application d'une méthode combinée entre les méthodes : classiques, partielle et intégrale). Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Ecologie et Environ., Université de Annaba. (1992) 120p.
29. Deruelle, S., Les lichens et la pollution atmosphérique. *Bull. Ecol.* 9, 2: (1978) 87- 128 .
30. Van Haluwyn, C. et Lerond, M., Les lichens et la qualité de l' air : Evolution méthodologique et limites. Rapport n° 2130 . Ministère de l' environnement. (S. R. E. T. I. E.), (1986) 213 p.
31. Van Haluwyn, C. et Lerond, M., *Guide des lichens*. Ed. Lechevalier, Paris, (1986) 334p.
32. Rao, D. N. et Le Blanc, B. F. Effects of sulfur dioxide on the lichen alga, with special reference to *Chorophyll*. *Bryologist*, (1965), 69, 69-75.
33. Troll, W. et Lindsley, G. A photometric method for determination of proline *G. Biol. Chem.* (1955), 215, 655-660.
34. Dreier, W. et Göring, M. Dereim slushoher solz kongentrasyon en aies verschideu physiologcshe parametr van-mais wrzeln wiss. Z. Drh. Berlin NATH. *Natur wiss R.* (1974), 23, 641-644.
35. Dagnelie, P. Statistique théorique et appliquée. Tome 2 : interférence statistique à une et à deux dimensions. Bruxelles - Université de Boeck et lacier, (1999), 659p.
36. Garty, J., Cohen, Y. et Kloog, N., Airborne elements, cell membranes, and chlorophyll in transplanted lichens. *J. Environ. Qual.* 27,(1998) 973-979.
37. Seaward, M.R.D., Lichen ecology of the Scunthorpe Heathlands. I. Mineral accumulation. *Lichenologist* 5, (1973) 423.
38. Adamo, P., Giordano, S., Vingiani, S., Castaldo Cobianni, R. et Violante, P. Trace element accumulation by moss and lichen exposed in bags in the city of Naples (Italy). *Env. Poll.* (2003), 122, 91.
39. Garty, J., Karary, Y. et harel, J., The impact of air pollution on the integrity of cell membranes and chlorophyll in the lichen *Ramalina duriaei* (*De Not.*) Bagl. Transplanted to industrial sites in Israel. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 24, (1993) 455.
40. Gries, C., Sanz, M.J. et Nash III, Th., The effects of SO₂ fumigation on CO₂ gaz exchange, chlorophyll fluorescence and chlorophyll degradation in different lichen species from western North America. *Crypt. Bot.* 5, (1995) 239.

41. Gonzalez, C.M., Casanovas, S.S. et Pignata, M.L., Biomonitoring of air pollutants from traffic and industries employing *Ramalina ecklonii* (Spreng.) Mey. And Flot. In Cordoba, Argentina. *Environmental Pollution* 91, (1996) 269.
42. Levin, A.G. et Pignata, M.L., *Ramalina ecklonii* (Spreng.) Mey. And Flot. As bioindicator of atmospheric pollution in Argentina. *Canadian Journal of Botany* 73, (1995) 1196.
43. Garty, J., Kauppi, M. et Kauppi, A., Accumulation of airborne elements from vehicles in transplanted lichen in urban sites. *J. Environ. Qual.* (1996) 25, 265.
44. Carreras, H.L. et Pignata, M.L., Comparison among air pollutants, meteorological conditions and some chemical parameters in the transplanted lichen *Usnea amblyoclada*. *Environ. Pollut.* (2001) 111, 45.
45. Gonzalez, C.M., Pignata, M.L. et Orellana, L., Applications of redundancy analysis for the detection of chemical response patterns to air pollution in lichen. *The Science of the Total Environment* 312, (2003) 245.
46. Deruelle, S., Ecologie des lichens du Bassin Parisien. Impact de la pollution atmosphérique et relation avec les facteurs climatiques. Thèse Doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris, (1983) 360p.
47. Hellmann, H., Funck, D., Rentsch, D. et Frommer W.B. Hypersensitivity of an Arabidopsis sugar signaling mutant toward exogenous proline application. *Plant Physiology* (2000), 122, 357-367.
48. Zambrano, A. et Nash III, Th. Lichen responses to short term transplantation in Desierto de Los Leon, Mexico City. *Environ. Pollut.* (2000), 107, 407.
49. Fornasiero, R.B. Phytotoxic effects of fluoride. *Plant Science* (2001), 161, 979.
50. Baklini, S., L'orient – Le jour : Le premier quotidien de langue française au moyen orient (1999).

(2010) www.jmaterenvironsci.com