

BIOACCUMULATION DE LA POLLUTION PLOMBIQUE D'ORIGINE ROUTIERE AU MOYEN D'UNE MOUSSE (*BRYUM ARGENTEUM*) DANS LA VILLE DE TIARET (ALGERIE) : CLASSES DE POLLUTION ET CARTOGRAPHIE.

Omar Yamina

Maatoug M'hamed

Laboratoire d'Agro Biotechnologie et de Nutrition en Zones Semi Arides,
Faculté Des Sciences de la Nature et de la Vie. Université de Tiaret, Algérie

Ayad Nadera

Faculté Des Sciences de la Nature et de la Vie.
Université de Sidi Belabbès, Algérie

Hachemi Amine

Amirat Mokhtar

Laboratoire d'Agro Biotechnologie et de Nutrition en Zones Semi Arides,
Faculté Des Sciences de la Nature et de la Vie. Université de Tiaret, Algérie

Abstract

The mosses are widely used as sentinels of the lead pollution from road traffic, for their morphological and physiological properties (the absence of root system and tissue developed conductors). Indeed, the mosses are used to estimate concentrations of lead emitted by vehicles in the atmosphere of the city of Tiaret (west Algeria); such was the object of this research. Mosse *Bryum argenteum* is used in this study, as a bio-monitor passive of trace element which is emitted by road traffic.

The results show that the city of Tiaret is polluted, because the lead levels (Pb) in *Bryum argenteum* are considerably high (584 µg/g).

Keywords: Road traffic, lead pollution, *Bryum argenteum*, Cartography, Tiaret

Résumé

Les mousses sont couramment utilisées comme sentinelles de la pollution métallique atmosphérique, à cause de leurs propriétés morphologiques et physiologiques (l'absence de système racinaire et de

tissus conducteurs développés). En effet, les mousses sont utilisées pour évaluer les concentrations du plomb émis par les véhicules dans l'atmosphère de la ville de Tiaret (Ouest Algérien); tel fut l'objet de ce travail de recherche. La mousse *Bryum argenteum* est utilisée, dans cette étude, en tant que bio-moniteur passif des éléments traces métalliques qui sont émis par le trafic routier. Les résultats obtenus montrent que la ville de Tiaret est polluée puisque les teneurs du plomb (Pb) dans *Bryum argenteum* sont considérablement élevés (584 µg/g).

Motsclés: Trafic routier, Pollution par le Pb, *Bryum argenteum*, cartographie, Tiaret

Introduction

L'un des problèmes majeurs de cette fin de siècle est la préservation de la qualité de l'environnement. Le rejet de substances d'origine naturelle ou de synthèse constitue l'un des plus importants facteurs de dégradation de la biosphère par l'homme (Lagadic et *al.*, 1998).

Durant ces dernières décennies, la pollution atmosphérique, notamment la pollution urbaine est principalement d'origine automobile, a constamment évolué au cours des temps, résultant du désir frénétique de l'homme de surproduire pour mieux consommer et se traduisant par l'altération et la dégradation irréfléchie d'une partie de la planète (Khelil et Alioua, 2006).

Les diverses substances émises par les véhicules en circulation sur le réseau routier peuvent avoir des conséquences néfastes pour les écosystèmes situés à proximité des routes. Le secteur des transports constitue un des piliers fondamentaux des sociétés modernes. (Levy, 1999).

Les éléments traces métallique sont essentiellement émis lors de la mise en œuvre des procédés industriels (fonderies, usines sidérurgiques et métallurgiques.....), mais aussi lors des combustions de pétrole et de charbon, ou encore des déchets ménagers. Le trafic routier (rejets et usure des véhicules et des infrastructures) contribue également aux émissions atmosphériques d'éléments traces métalliques (Rzepka et Cuny, 2008). Le plomb, appartient à cette famille d'éléments, présente un caractère toxique pour la santé et l'environnement quand il dépasse la gamme étroite des concentrations (Casas, 2005), il est principalement rencontré dans les gaz d'échappement et dans les garnitures de freins (75% du plomb contenu dans l'essence est émis dans les gaz d'échappement des moteurs) (Deletraz, 2002).

La surveillance des teneurs en éléments traces métalliques obéit à des contraintes spécifiques qui demandent le déploiement de techniques sophistiquées et coûteuses. En dehors des différentes techniques dynamiques

ou statistiques pour la détection et la quantification de ces derniers, existe une méthode biologique axée sur l'utilisation de bio-indicateurs ou bio-accumulateurs, car nous savons que les végétaux et plus particulièrement les mousses, les lichens et les végétaux supérieures présentent souvent des altérations morphologiques et structurales et des modifications physiologiques bien avant que n'apparaissent les moindres symptômes chez les animaux y compris chez l'homme (Khelil et Alioua, 2006).

L'utilisation de mousses terrestres comme bio-indicateurs d'éléments trace métalliques atmosphériques a été utilisées avec succès au cours des 30 dernières années dans différentes parties du monde, comme le montre les travaux de : Ruhling et *al.*, 1969 ; Tyler, 1990 ; Grodzinska et *al.*, 1990 ; Gjenedal et *al.*, 1990 ; Thoni et *al.*, 1996 ; Ruhling et *al.*, 1998 ; Bargagli et *al.*, 1990 ; Gerdol et *al.*, 2000 ; Fernandez et *al.*, 2002. (Malandrino et *al.*, 2006).

Les mousses conviennent de surveiller et de cartographier les dépôts atmosphériques des contaminants en raison de leurs propriétés physico-chimiques. En effet, elles sont caractérisées par une distribution géographique étendue, car elles sont en mesure de survivre dans des conditions météorologiques sèches et dans les zones hautement polluées ; elles ont un rapport surface : volume grand, leurs anatomie est simple et possèdent une cuticule, ce qui permet une interaction plus directe avec l'environnement extérieur par rapport aux plantes supérieures ; elles obtiennent leur approvisionnement élémentaire de l'atmosphère et conserve efficacement de nombreux éléments reçus des précipitations. Elles se développent habituellement toute l'année (plantes à feuilles persistantes) (Leblond, 2004 ; Chakraborty et Paratkar, 2006 ; Malandrino et *al.*, 2006).

Le but de ce travail consiste à évaluer les concentrations du plomb d'origine routière de la ville de Tiaret, d'une part, d'autre part est d'établir une carte de la pollution par le plomb d'origine routière à l'aide des transplants d'une mousse *Bryum argenteum*.

Matériel et méthodes

Présentation de la zone d'étude

Située au Nord Ouest Algérien, la wilaya de Tiaret s'étend sur une superficie de 20.086,64 km². Elle se caractérise par un territoire constitué de zones montagneuses au Nord, de hautes plaines au centre et l'espace steppique au Sud, ce qui lui permet d'être une zone de contact entre le Nord et le Sud. La ville de Tiaret est délimitée par les coordonnées géographiques suivantes : Latitude : 35° 23' 16" Nord ; Longitude : 1° 19' 22" Est. Elle s'étend sur une partie de l'Atlas tellien au Nord et sur les hauts plateaux au centre et au Sud.

Le climat de la région de Tiaret a deux périodes principales, qui expriment le contraste important qui sévissent durant l'année, à savoir : un hiver rigoureux avec de fréquentes chutes de neige, et un été chaud et très sec. De ce fait, le climat de la région de Tiaret est de type semi aride à hiver froid. Elle se situe entre les isohyètes 350 mm au Sud et 470 mm au Nord. Les températures connaissent de grandes fluctuations dans la région. Les vents prédominants dans notre région sont de direction Ouest et Nord Ouest.

Réseau routier de la commune de Tiaret

La ville de Tiaret est actuellement génératrice d'un trafic routier très important, plus de 200 Km, de par l'importance du bipôle industriel Tiaret - Bouchekif qui nécessite une circulation intense pour les approvisionnements en matière première qui provient d'autres wilayates (Oran, Mostaganem,...) ainsi de par sa position géographique qui fait de Tiaret un centre de liaison important entre plusieurs Wilayates. Néanmoins l'état de ce réseau est mauvais, cela est du principalement à la défektivité de certains réseaux, à la nature des sols et au relief accidenté qui constituent un facteur de dégradation de ce réseau (figure 01).

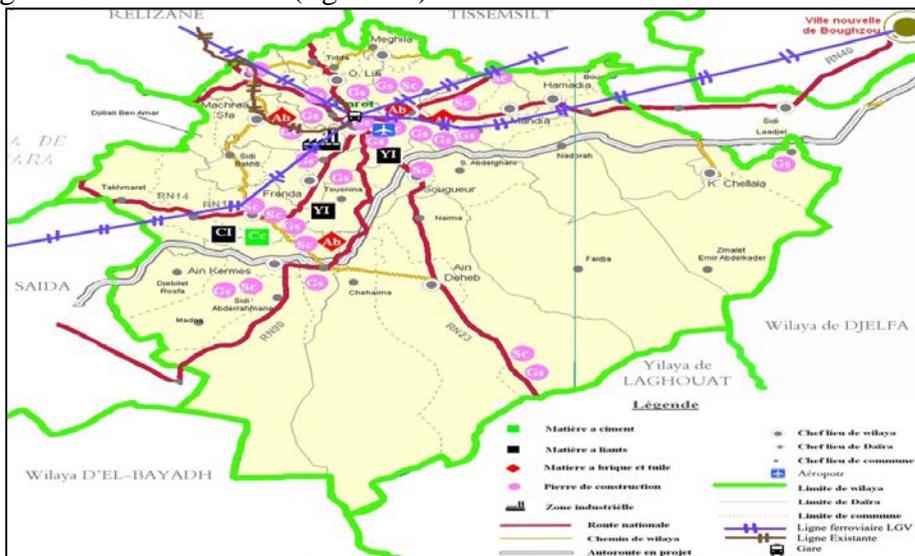


Figure 01: Carte du réseau routier de la wilaya de Tiaret (Direction des travaux publique de Tiaret, 2013).

Parc automobile de la wilaya de Tiaret

Le parc automobile de la wilaya est constitué de 126 727 véhicules, tous types confondus. Il est fortement hétérogène du fait de la variété des véhicules qui le constituent (véhicules particuliers ou utilitaire, essence ou diesel, récents ou âgés ...) sur ce total les voitures neuves (0 à 05 ans) ne représentent que 5 % en revanche, les voitures de plus de 11 ans représentent

95 % (Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire de Tiaret, 2013).

Maatoug et al (2007) a étudié l'état du parc automobile de Tiaret, il a conclu que, malgré le grand nombre des véhicules constituant le parc, les $\frac{3}{4}$ sont âgés de plus de 15 ans, de ce fait les possibilités d'émissions de polluants augmente.

Cependant, et selon la Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire de Tiaret (2013) ; le parc automobile de la commune de Tiaret est constitué de 31178 véhicules tous types confondus dont 19756 (63%) sont à essence et 11422 (37%) véhicules sont Gasoil.

Méthodes d'échantillonnages et transplantation

Les 60 échantillons de mousses destinées à la transplantation, ont été prélevés dans la cédraie de Theniet El Had. (Situé à 120 km au Nord-Est la willaya de Tiaret). Ce site de référence présente les mêmes conditions écologies que la ville de Tiaret et aussi au fait que la cédraie est éloignée de toute source de pollution.

La transplantation des mousses a été effectuée dans 60 sites, dont l'emplacement est déterminé à partir d'un maillage de la zone étudiée. Les stations d'étude sont placées soit à l'intersection des mailles, soit au milieu de chaque maille (maillage du territoire de 0.5 km x 0.5 km) (Garrec et Van Haluwyn, 2002). A la fin de la transplantation certaines stations n'ont pas été comptabilisées à cause de la détérioration ou la disparition du transplant (41 stations parmi 60, ont fait l'objet d'échantillonnage). La figure 02 montre la distribution des transplants dans la ville de Tiaret.

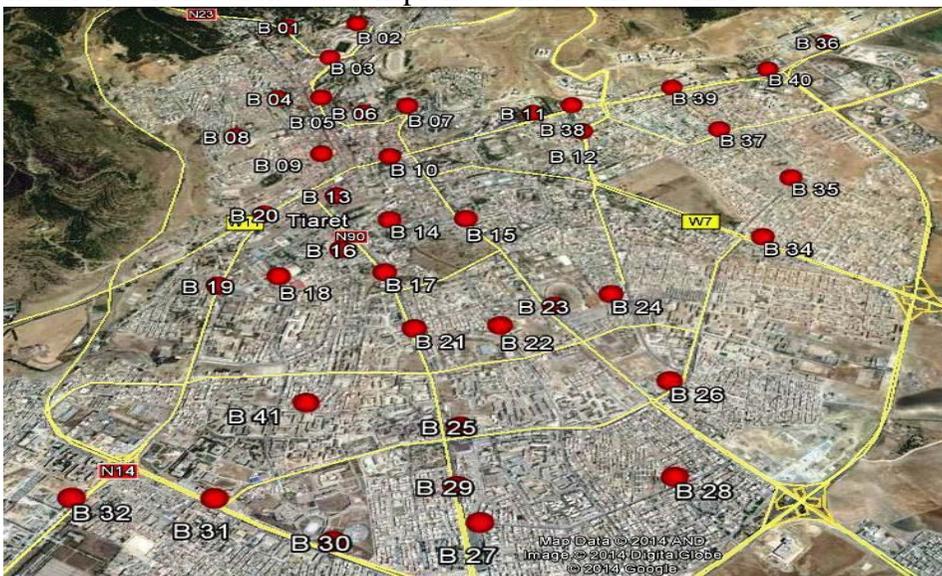


Figure 02: Localisation des transplants des mousses dans la ville de Tiaret

La mousse choisie pour la transplantation est *Bryum argenteum* (Figure 03). Cette mousse est l'une des quelques espèces de bryophytes qui peuvent être trouvés sur tous les continents, elle est abondante depuis la plaine jusqu'à la limite des neiges (Stark et *al.*, 2010 ; Hejcman et *al.*, 2014).

C'est une plante non ramifiée ou dichotome de 0,5 à 1,5 cm de long, *Bryum argenteum* se présente sous la forme d'un gazon ras et dense. Ses feuilles ovoïdes se rétrécissent progressivement et se recouvrent partiellement comme les tuiles d'un toit de telle manière que la tige feuillée prend l'aspect d'un chaton. Ses nervures dépassent à peine le milieu de la feuille. Les feuilles ressemblent à des coussinets blancs argentés par la présence de très nombreux poils hyalins ou de couleur toute verte dans les stations humides et ombragées.



Figure 03: La mousse *Bryum argenteum* utilisée (Cliché Omar Yamina, 2014)

Elle présente également de nombreuses formes sur calcaire sec ou humide, sur le sable ou les graviers et entre les pavés des routes. Elle est Relativement insensible aux contraintes mécaniques (Jahns, 2007 ; Post et *al.*, 2011 ; Hejcman et *al.*, 2014).

L'espèce est connue pour sa grande tolérance aux éléments traces métalliques, en particulier le Cd, Pb, Ni et Zn (Shaw et Albright 1990 ; Aceto et *al.*, 2003 ; Sobovljević et *al.*, 2007 ; Hejcman et *al.*, 2014).

Traitement des échantillons

La méthode utilisée pour le dosage des métaux, est celle du dosage dans les feuilles de mousses prélevées sur les sites de prospection. Au laboratoire, les feuilles récoltées, sans lavage préalable, ont fait l'objet des opérations suivantes : déshydratation (en étuve à $105 \text{ }^\circ \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ pendant 72 heures) ; les feuilles déshydratées ont été pesées pour obtenir le poids de matière sèche MS qui est de l'ordre de 1g ; broyage (le broyeur utilisé est un

mortier en agate). La poudre obtenue est calcinée à l’aide des capsules en quartz dans un four dont la température est augmentée progressivement jusqu’à 500 °C.

Par la suite les échantillons sont placés dans une solution acide. Pour cela on utilise 3 acides à savoir l’acide fluorhydrique, l’acide perchlorique et l’acide nitrique. Après on procède à la filtration des échantillons. Les tubes sont complétés par 100 ml d’eau distillée. Le dosage du Pb est réalisé par spectrométrie d'absorption atomique en mode d'atomisation électrothermique (spectromètre Perkin Elmer 100).

Résultats et discussion

Une classification automatique a été effectuée sur les 41 données observées dans la ville de Tiaret. Les résultats de cette classification sont illustrés dans la figure 04

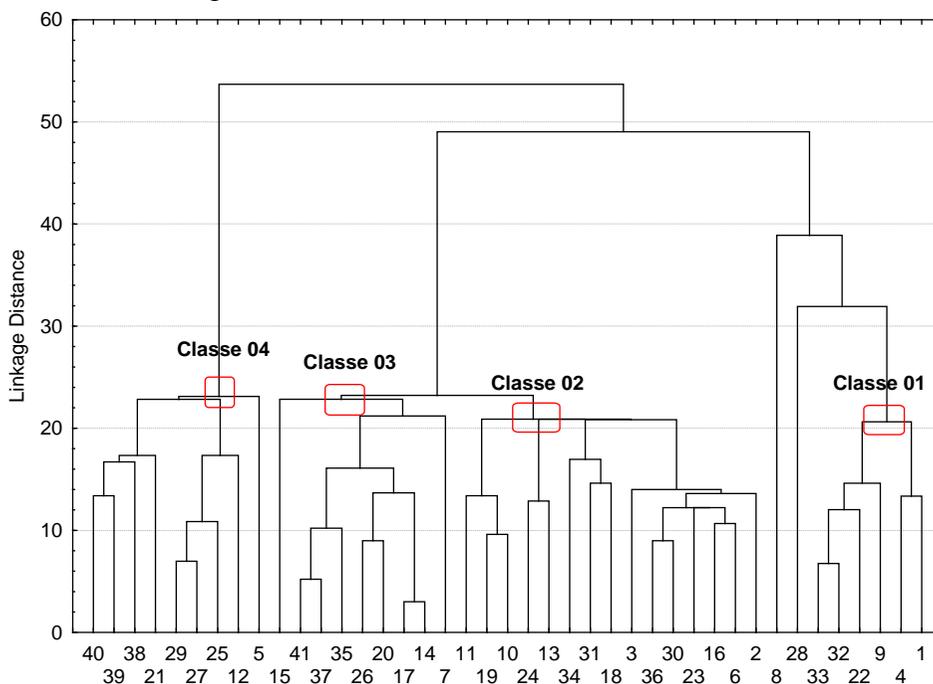


Figure 04: Classification automatique des données récoltées dans les différentes stations de la ville de Tiaret

La classification automatique a permis de ressortir quatre classes de pollution en plomb. Le tableau N°1 représente des statistiques élémentaires de chaque classe

Tableau 01: Statistique descriptive de classe de pollution ($\mu\text{g/g}$) selon la classification automatique

	N	Moyenne	Médiane	Minimum	Maximum	1 ^{er} Quartile	3 ^{ème} Quartile	Ecart-type
classe1	6	184,50	190	160,33	200	173,33	193,33	14,90
classe 2	15	376,42	370	320	443,33	343,33	406,67	37,92
classe 3	9	272,22	266,67	246,67	306,67	263,33	280	17,32
classe 4	9	543,78	546,67	496,67	584	516,67	566,67	30,41
Témoin	4	14,75	14,50	11	19	12,50	17	3,30

Nous constatons dans le tableau N° 01, que les valeurs moyennes des teneurs en plomb, pour l'ensemble des classes, sont variées de $184,50 \pm 14,90 \mu\text{g/g}$ à $543,78 \pm 30,41 \mu\text{g/g}$. Ces teneurs sont plus élevées comparativement aux mousses témoins ($14,75 \pm 3,30 \mu\text{g/g}$).

Les plus fortes concentrations sont enregistrées dans la classe 04 avec une moyenne de $543,78 \pm 30,41 \mu\text{g/g}$. Cette classe, appelée classe chaude, regroupe les sites les plus pollués affectés d'un trafic très élevé à forte pente où la fréquence du freinage et du ralenti est très importante.

Les concentrations élevées en plomb enregistrées dans les sites de la 2^{ème} classe, montrent que le trafic et les infrastructures routières constituent une source importante de métaux lourds toxiques pour l'environnement. Le plomb est issu des gaz d'échappement, de l'usure des garnitures de freins, des pneumatiques et de la corrosion des glissières de sécurité.

La classe 03 regroupe les sites où les émissions du plomb sont relativement moins importantes que les sites de la classe 02 et 04. Cette classe se caractérise par une moyenne de $272,22 \pm 17,32 \mu\text{g/g}$.

Les faibles concentrations sont aperçues dans la classe 01 avec $184,50 \pm 14,90 \mu\text{g/g}$ de moyenne, en effet, cette classe se situe dans un secteur routier relativement faible.

Nous observons, dans la figure 05, une forte concentration de plomb dans la classe 04 avec une moyenne de $543,78 \mu\text{g/g}$ et un maximum $584 \mu\text{g/g}$; ces valeurs sont largement au-dessus des sites témoins qui ont une moyenne de $14,75 \mu\text{g/g}$ et un maximum de $19 \mu\text{g/g}$. Ce ci signifie que cette classe est la plus polluée par le plomb.

La classe 02, se caractérise par une moyenne de $376,42 \mu\text{g/g}$ et un maximum de $443,33 \mu\text{g/g}$, ces valeurs sont, de point de vue concentration, en dessous de la classe 04 et du témoin.

La classe 03 et 01, sont en dessous des classes : 04 et 02 mais aussi largement à celle du témoin, ces classes se caractérisent, respectivement par une moyenne de $272,22 \mu\text{g/g}$ $184,50 \mu\text{g/g}$ et un maximum de $306,67 \mu\text{g/g}$ $200 \mu\text{g/g}$.

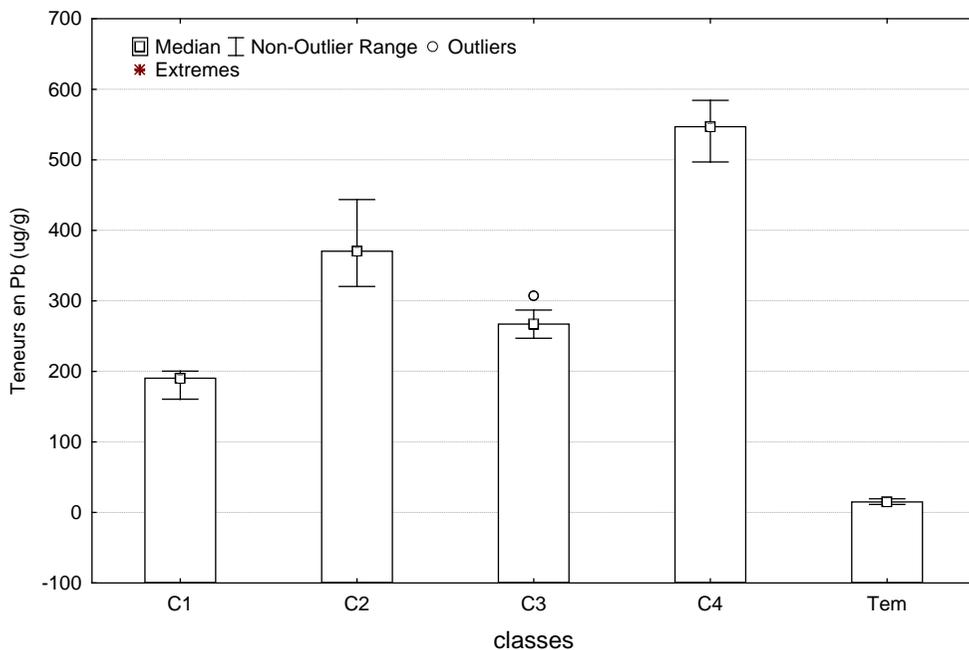


Figure 05: Teneurs en plomb dans les différentes classes de pollution

Les mousses absorbent directement l'eau et les éléments nutritifs, mais aussi les polluants présents dans les dépôts atmosphériques humides ou secs. De par l'absence de système racinaire et de cuticule bien développée, le substrat à peu d'influence sur les niveaux de contaminants dans leurs tissus, et le piégeage des polluants se fait très facilement (Rzepka et Cuny, 2008).

L'accumulation des polluants se fait principalement via des mécanismes d'échanges cationiques, avec une très faible résistance à la diffusion des éléments absorbés. L'architecture des mousses et leur grande capacité d'échanges permettent une bonne accumulation des particules (Amblard- Gross et *al.*, 2002 ; Fernandez et *al.*, 2002 ; Rzepka et Cuny, 2008). De plus, les mousses sont particulièrement résistantes aux substances toxiques qu'elles accumulent, notamment aux éléments traces métalliques, ce qui en fait des organismes adéquats pour la biosurveillance de ceux-ci (Krommer et *al.*, 2007 ; Rzepka et Cuny, 2008).

Ces résultats sont cohérents avec ceux trouvés par Bargagli et *al* (1998; 2002) où ils ont constaté que les mousses sont généralement tolérantes aux polluants atmosphériques. En effet, le ratio élevé surface-masse volume des mousses est efficace pour piéger les particules en suspension (Bargagli et *al.*, 1995).

D'après Rzepka et Cuny (2008), des travaux plus récents ont montré que la morphologie de la mousse est très importante par rapport à la granulométrie des particules. En effet, les mousses pleurocarpes sont

généralement disposées à plat, entremêlées et très ramifiées. A cause de leur nature ectohydrique, elles piègent les éléments et nutriments directement à partir des dépôts secs et grossiers. Au contraire, les mousses acrocarpes sont le plus souvent dressées, touffues et peu ramifiées. Bien qu'ectohydriques, elles sont plus tolérantes à une sécheresse prolongée que les pleurocarpes, et sont capables de survivre dans des environnements relativement hostiles (en bord des routes, près des usines, ou en ville).

Cartographie

La carte de la pollution du plomb, dans la ville de Tiaret, été réalisé par la méthode automatique, interpolation / extrapolation des données in situ de pollution connaissant la mesure de concentration de polluants à certains points à l'aide des logiciels MapInfo© et Vertical mapper(TM). Les coordonnées géographiques, de chaque observation, ont été obtenues par un GPS.

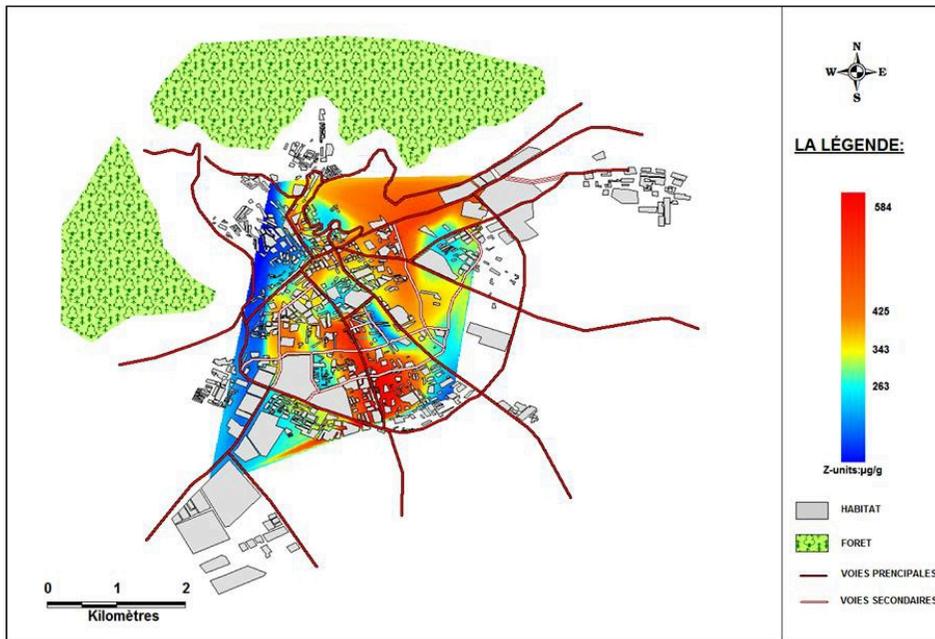


Figure 6 : Carte de pollution atmosphérique par le plomb d'origine routière dans la ville de Tiaret (Algérie).

En analysant la carte de la pollution atmosphérique par le plomb (Figure 6), nous constatons la dominance de la couleur rouge, sachant que cette dernière indique la présence d'une pollution très élevée avec une moyenne de $543,78 \pm 30,41 \mu\text{g/g}$. Cette couleur regroupe les stations localisées dans le Nord – Est, le centre et le Sud de la ville de Tiaret.

Nous observons également, la dégradation de la couleur orange clair qui représente une pollution élevée avec en moyenne de $376,42 \pm 37,92 \mu\text{g/g}$.

Les zones représentées par la couleur bleue turquoise sont caractérisées par une pollution moyenne avec $272,22 \pm 17,32 \mu\text{g/g}$ de moyenne.

Par contre les stations de la couleur bleue foncée sont marquées par une pollution faible avec $184,50 \pm 14,90 \mu\text{g/g}$.

Le centre de la ville de Tiaret se caractérise par un relief défavorable, en effet il se situe dans une cuvette. Cette partie de la ville possède un taux très élevé de plomb, cela est dû à la mauvaise circulation de l'air. Le manque d'aération ne permet pas le renouvellement d'air et donc l'évacuation des polluants. Les zones de cette partie de la ville connaissent un embouteillage important et du coup libération plus intense des gaz d'échappement ce qui entraîne un degré très élevé de pollution.

Le Nord – Est et le Sud, se caractérisent par une pollution très élevée. Cette pollution est expliquée par la fréquentation dense et hebdomadaire de tous les moyens des transports routiers vu qu'elles sont des routes principales (RN 14 et RN 90), en plus c'est une partie administrative et qu'elles contiennent un parc de stationnement de voitures.

Malgré que les stations localisées dans l'Est de la ville, et en dépit de leur haut positionnement altitudinal, elles sont très polluées. C'est probablement dû à l'ouverture depuis quatre ans d'une nouvelle voie d'évitement et c'est aussi à cause de son statut administratif dû à la présence de la wilaya, du Tribunal et aussi de la clinique ORL.

Le Sud de la ville se caractérise par une pollution très importante cela est dû à la présence de la gare routière.

Les zones représentées par la couleur bleue turquoise se caractérisent par une pollution moyenne. Cela est dû, au fait que ces stations possèdent une bonne aération.

En effet, ces sites sont assez ouverts, favorisant la dispersion de retombées atmosphériques qui sont transportées par le vent.

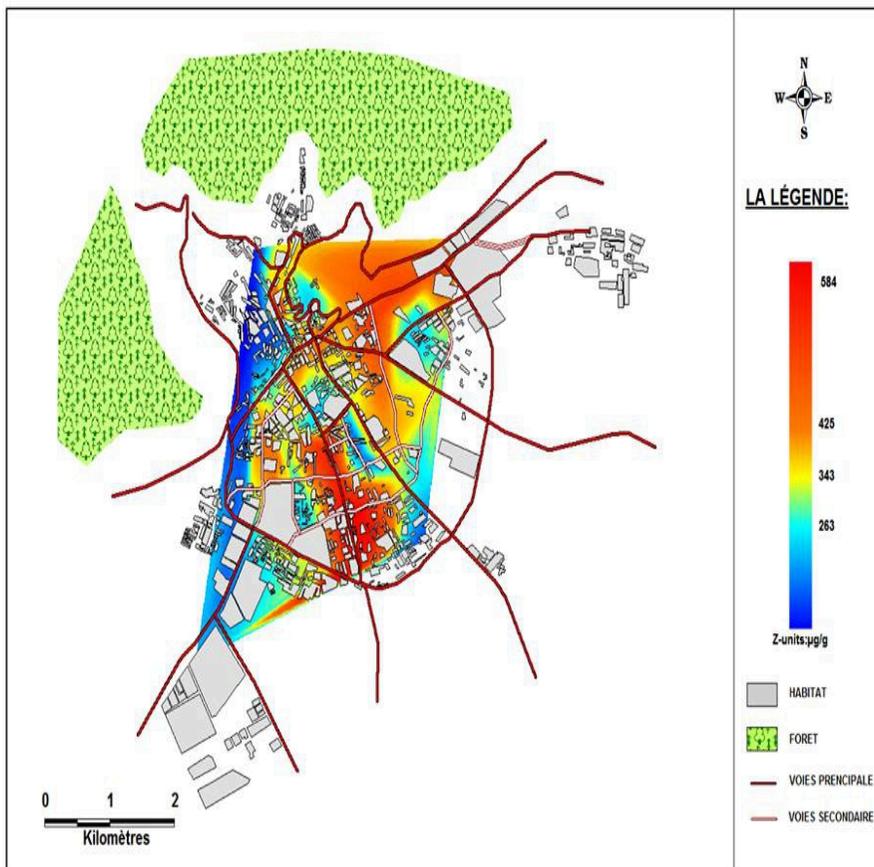
Les zones représentées par la couleur bleue foncée sont les zones les moins polluées. Ces dernières se caractérisent par une circulation moins importante que les autres stations.

Cette expérience a amené à discerner la dégradation de la qualité de l'air dans ces sites et que les retombées atmosphériques du trafic routier constituent les principales sources du plomb. Toutefois, les sites des zones montagneuses affectées d'une pente relativement forte et d'un trafic routier très important, la pente oblige le moteur à développer plus de puissance et à rejeter plus de polluants, elle entraîne donc une augmentation considérable des émissions (Madany et al., 1990).

Ces résultats semblent indiquer, dans une première approche, que la pollution plombique, d'origine trafic routier, est une composante importante responsable à l'altération de la qualité de l'air dans ces cités.

Evolution de l'état de pollution plombique dans le milieu urbain de Tiaret

Dans le but d'étudier l'évolution de l'état de pollution atmosphérique par le Pb, nous avons comparé deux cartes : la première (a) a été réalisée à partir des résultats obtenus via cette étude (durant l'année 2014), en utilisant la mousse *Bryum argenteum*, comme bioaccumulatrice du plomb (Pb) ; cependant, la deuxième carte (b) a été réalisée à partir des données récoltées sur un lichen *Xanthoria pareitina* comme espèce bioaccumulatrice du plomb également (Maatoug et al., 2010).



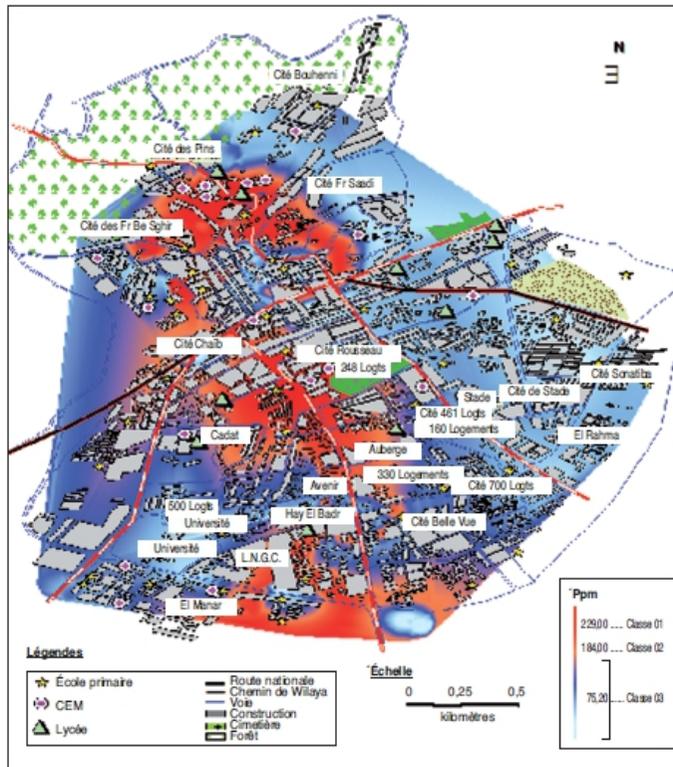


Figure 07 : Evolution de l'état de pollution plombique dans le milieu urbain de Tiaret durant la période de 2010 au 2014

- (a) Cartographie des teneurs en Pb par la mousse *Bryum argenteum* (selon nos résultats)
- (b) Cartographie des teneurs en Pb, par lichen *Xanthoria pareitina*, selon Maatoug *et al.*, (2010)

La comparaison des deux cartes (figure 07) a permis de constater, que l'état de l'air de la ville de Tiaret c'est aggravé au bout de quatre ans. En effet, il a été enregistré, au cours de l'année 2010, un maximum de 248 µg/g pour les teneurs en Plomb, contre un maximum de 584 µg/g au cours de 2014.

Dans le côté Est de la ville, une pollution très élevée est remarquable en 2014 ; en revanche ce côté ne souffrait pas de cette pollution en 2010.

Dans le Sud, la pollution est étendue, surtout autour de la route nationale N90, N14 et chemin de wilaya W7 au cours de 2014. Par contre, en 2010 la route N14 et chemin de wilaya W7 sont caractérisés par un faible taux de pollution.

La pollution du centre de la ville c'est accrue au bout de 4 ans. En effet, nous remarquons une évolution de cette pollution du fait qu'on est passé en moyenne de $237,60 \pm 7,02$ µg/g à $543,78 \pm 30,41$ µg/g.

L'augmentation du taux de pollution ne peut s'expliquer que par le fait que le parc automobile a connu une nette augmentation en effectif ces dernières années. En effet on est passé de 106968 à 15175 tous types confondus (service de wilaya de Tiaret, 2013), soit une augmentation de presque 50%. Nous remarquons que la plus part des voitures de moins de 5 ans restent au dessous de 12% du total d'immatriculation connaissant que ce type de véhicule est le plus polluant suivant la vétusté des véhicules. De même, la densité de population ne cesse d'augmenter

Conclusion

Le but de cette étude est d'instituer une cartographie de la pollution atmosphérique par le plomb d'origine routière d'une part, d'autre part est d'estimer les concentrations de ce polluant dans la mousse *Bryum argenteum* au sein de la ville de Tiaret (Algérie).

Effectivement, les concentrations du plomb ont été obtenues à partir de la mousse transplantée dans 41 sites, réparti sur l'ensemble de la ville de Tiaret.

La classification automatique des 41 sites, a permis de ressortir 04 classes de pollution dont le taux de concentration du plomb varie en moyenne de $184,50 \pm 14,90 \mu\text{g/g}$ à $543,78 \pm 30,41\mu\text{g/g}$; ces valeurs sont nettement supérieures à celles des sites témoins $14,75 \pm 3,30 \mu\text{g/g}$.

Les résultats trouvés ont montré que les mousses peuvent servir de bio-moniteurs efficaces des métaux lourds (Pb). En effet les mousses peuvent constituer des réseaux d'espèces bio-indicatrices de la pollution atmosphérique, dont l'utilisation se révèle être une méthode particulièrement simple, souple, économique et performante pour établir un diagnostic de la qualité de l'air.

En observant nos résultats et ceux réalisés à l'aide du lichen *Xanthoria pareitina*, nous avons discernés que la ville de Tiaret souffre d'une pollution atmosphérique sévère au cours des quatre dernières années (de 2010 à 2014). Cela est probablement dû au mauvais état des routes de la ville et à l'augmentation du nombre de voitures.

L'identification de la pollution au sein d'organismes sensibles permet également de détecter la dégradation de la qualité de l'air avant que celle-ci n'affecte sévèrement le biotope ou l'homme. Ces résultats confirment aussi l'intérêt de l'utilisation des mousses comme bio-indicateurs de la contamination de l'air d'origine routière.

Ces observations confirment également la nécessité de réduire les émissions polluantes issues du trafic routier par le renouvellement de parc automobile, l'amélioration de réglage de la combustion des moteurs, l'utilisation des filtres au niveau des tuyaux d'échappement et l'utilisation de carburants moins polluants, ou bien il faut s'orienter vers l'utilisation de la

bioénergie, le biocarburant (bioéthanol, biogaz, biodiesel....) et l'énergie renouvelable.

Il est indispensable de connaître l'évolution de l'état de notre environnement en procédant au diagnostic régulier de notre atmosphère.

References:

Aceto, M; Abollino, O; Conca, R; Malandrino, M; Mentasti, E; Sarzanini, C. The use of mosses as environmental metal pollution indicators. *Chemosphere* (2003) 50: 333–342.

Amblard-Gross, G ; Férard, J.F ; Carrot, F ; Bonnin-Mosbah, M; Maul, S; Ducruet, J.M;Coddeville, P; Béguinel, P et Ayrault S. Biological fluxes conversion and SXRF experiment with a new active biomonitoring tool for atmospheric metals and trace element deposition, *Environmental Pollution* (2002). 120: 47-58.

Bargagli, R., Brown, D.H., Nelli, L. Metal biomonitoring with mosses: procedures for correcting for soil contamination. *Environmental Pollution* 89(1995) 169–175.

Bargagli, R. Trace Elements in Terrestrial Plants. An Ecophysiological Approach to Biomonitoring and Biorecovery. Springer - Verlag, (1998) Berlin.

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) 279–287.

Casas, S. Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilus Galloprovincialis*, en milieu méditerranéen Thèse de Doctorat en Océanologie biologique environnement marin, université du sud - Toulon-Var : 2005. 363 p.

Chakraborty, S; Paratkar, G.T. Biomonitoring of Trace Element Air Pollution Using Mosses. *Aerosol and Air Quality Research*. (2006) Vol. 6, N°3 : 247-258

Cuny, D ; Quarre, S ; Devred, I; Jeanne, B; Reynaert, A; Rzepka-Cuny, M-A. Evolution spatiale et temporelle des concentrations en éléments traces métalliques de thalles de *xanthoria parietina* récoltés sur la zone industrialo-portuaire de dunkerque. (2009) *Air Pur* - N°77 : 43-49.

Deletraz, G. 2002. Géographie des risques environnementaux liés aux transports routiers en montagne. Incidences des émissions d'oxydes d'azote en vallées d'Aspe et de Biriadou (Pyrénées). Thèse de Doctorat en Géographie - Aménagement. Université de Pau et des pays de L'Adour. Institut de Recherche sur les Sociétés et l'Aménagement. 564 p.

DPAT, 2013. (Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire), TIARET, communication personnelle le 26- 03- 2013

- DTP, 2013. (Direction des Travaux Publics), TIARET, communication personnelle le 03- 05- 2013.
- Fernandez, J.A ; Ederra, A ; Nunez, E ; Martinez-Abaigar, J ; Infante, M ; Heras, P ; Elias M.J ; Mazimpaka, V et Carballeira A. Biomonitoring of metal deposition in northern Spain by moss analysis, *The Science of the Total Environment* (2002): 300. 115-127.
- Garrec J.P et Van Haluwyn .C. 2002. Biosurveillance végétale de la qualité de l'air. Concepts, méthodes et applications. Éditions Tec & Doc, Lavoisier, Paris 118 p.
- Hejzman, M. Müllerová, V. Vondráčková, S. Száková, J. Tlustoš P. Establishment of *Bryum argenteum* and concentrations of elements in its biomass on soils contaminated by As, Cd, Pb and Zn. (2014). *Plant Soil Environ. Vol. 60, No. 11: 489–495.*
- Khelil, R ; Alioua, A. Utilisation des lichens comme bio-indicateurs de la pollution atmosphérique dans la région de Hassi Messaoud. (2006). Annales de la faculté des Sciences de l'Ingénieur. Vol1 N° 1/2006 : 29-33.
- Krommer, V; Zechmeister, H.G; Roder, I; Scharf, S; Hanus-Illy A. Monitoring atmospheric pollutants in the biosphere reserve Wienerwald by a combined approach of biomonitoring methods and technical measurements, *Chemosphere*, (2007): 67. 1956-1966.
- Lagadic, L ; Caquet, T ; Amiard, J-C ; Ramade, F. 1998. Utilisation de biomarqueurs pour la surveillance de la qualité de l'environnement. Paris : TEC&DOC. 307p.
- Leblond, S. 2004. Etude pluridisciplinaire du transfert des métaux de l'atmosphère vers les mousses (*Scleropodium purum* (Hedw.) Limpr.) : Suivi sur un site rural (Vouzon, France). Thèse de doctorat en Chimie de la Pollution Atmosphérique et Physique de l'Environnement, Université Paris 7 - Denis Diderot. 212 p.
- Levy, J. Le tournant géographique : penser l'espace pour lire le monde. (1999). Paris: Belin. 399 p.
- Maatoug, M ; Medkour, K ; Ait Hammou, M ; Ayad, N. Cartographie de la pollution atmosphérique par le plomb d'origine routière à l'aide de la transplantation d'un lichen bioaccumulateur *xanthoria parietina* dans la ville de Tiaret (Algérie). (2010). Pollution atmosphérique - Janvier-Mars N°205 : 93-101.
- Maatoug, M ; Hellal, B ; Dellal, A ; Ayad, N ; Bourbatach, M. Détection de la pollution de l'air d'origine routière par certaines espèces végétales bioaccumulatrices de quelques métaux lourds (Pb, Zn, Cu). (2007) Pollution atmosphérique – Octobre-Décembre N°196 : 385-394.
- Madany, I. M; Ali, S.M; Akhter, M.S. Assessment of lead in roadside vegetation in Bahrain. *Environment International* 1990 ; 16 : 123-6.

- Malandrino, M ; Aceto, M ; Abollino, O ; Mentasti, E. The use of mosses as environmental metal pollution indicators. (2006). Inc. Focus on Environmental Research: 133-171.
- Post, A.R; McCall, D.S; Askew, S.D. Biological control of silvery threadmoss (*Bryum argenteum*) a weed problem of golf course putting greens and nursery crops. Phytopathology (2011). 101: 144.
- Rzepka, M-A ; Cuny, D. Biosurveillance végétale et fongique des ETM atmosphériques. (2008). Air Pur N° 75 - Deuxième semestre : 66-78.
- Semadi, A ; Deruelle, S. Détection de la pollution plombique à l'aide de transplants lichéniques dans la région de Annaba (Algérie). Pollution Atmosphérique octobre-décembre (1993) : 86-101.
- Service de wilaya de Tiaret, 2013. communication personnelle le 10- 01- 2013.
- Shaw A.J., Albright D.L. Potential for the evolution of heavy metal tolerance in *Bryum argenteum*, a moss. II. generalized tolerances among diverse populations. Bryologist. (1990). 93: 187–192.
- Sobovljević, M; Vukojević, V; Sobovljević, A; Mihajlović, N; Dražić, G; Vučinić, Ž. Determination of heavy metal deposition in the county of Obrenovac (Serbia) using mosses as bioindicators. III. Copper (Cu), iron (Fe) and mercury (Hg). Archives of Biological Sciences (2007) 59: 351–361.
- Stark L.R., McLetchie D.N., Eppley S.M. Sex ratios and the shy male hypothesis in the moss *Bryum argenteum* (Bryaceae). Bryologist, (2010) 113: 788–797.