# Contribution à l'évaluation de la pollution de l'air par les métaux lourds à Alger, zone de Bab El Oued

# Contribution to the air pollution evaluation by heavy metals in Alger: Bab El Oued zone

Mohamed BELAMRI*, Khaled BENRACHEDI*

**Résumé**

Le travail réalisé dans cette étude consiste à analyser la qualité de l'air dans la capitale. Un échantillonneur à faible débit d'air a été utilisé pour la collecte des échantillons au niveau du quartier de Bab El Oued caractérisé par la présence d'un hôpital et d'un incinérateur de déchets médicaux ainsi que par la forte densité de la circulation automobile. Les aérosols ont été prélevés à 3 m du sol en mode matière particulaire en suspension (TSP). Les échantillons sont dosés par la méthode d'analyse XRF (X-Rays Fluorescence). Les résultats expérimentaux montrent que la teneur journalière en TSP dépasse la valeur cible (50 µg/m³). Les TSP sont responsables du transport des métaux lourds reconnus toxiques tels que le Cd, Pb, Cr et Ni.

**Mots clés**

Pollution atmosphérique. LVS. ED-XRF. Métaux lourds.

**Abstract**

The work achieved in this study consists in analyzing the quality of the air in the capital. LVS pump (Low Volum Sampler) was used for the collection of the samples in the district of Bab El Oued characterized by the presence of a hospital and an incinerator of medical and different other waste as well as a strong density of traffic cars. The aerosols were taken at height of 3 m of the ground in total suspended particulate (TSP) mode. The samples have been analysed by ED-XRF (Energy Dispersive X-ray Fluorescence). The experimental results show that the daily content of TSP is over limit of the target value 50 µg/m³. The TSP are responsible for the transport of toxic heavy metals such as Cd, Pb, Cr and Ni.

**Keywords**

Atmospheric pollution. LVS. ED-XRF. Heavy metals.

## 1. Introduction

La pollution de l'air est un phénomène qui a des effets néfastes sur l'environnement, le climat et porte atteinte à notre santé. L'air est pollué par des émissions de gaz, de poussières et d'odeurs. Ainsi, le contrôle de la qualité de l'air est devenu une nécessité absolue pour faire face à ce danger qui prend de plus en plus une ampleur universelle [1, 2]. La détermination des agents polluants demeure une préoccupation majeure des scientifiques et des décideurs. Parmi ces polluants, on trouve les métaux lourds qui jouent un rôle important dans la toxicité de l'air.

Cependant, la protection de la qualité de l'air nécessite impérativement la connaissance de la nature des polluants, leur dosage et leur traitement [3, 4]. Ainsi, de nombreuses techniques conventionnelles et nucléaires sont utilisées telles que la PIXE, la XRF, la INAA et la SAA pour contrôler la qualité de l'air. Ces techniques sont très sollicitées étant donné que les éléments allant du silicium à l'uranium sont détectés et dosés même à l'état de traces.

Le but de ce travail consiste en la détermination des concentrations des éléments de métaux lourds toxiques tels que Cd, Pb, Zn, Hg, Cr et Ni dans des échantillons d'air prélevés dans un site urbain proche d'Alger Bab El Oued où la densité de population est forte et est exposée directement aux différentes sources émettrices de pollution.

* *Laboratoire de technologie alimentaire – Faculté des sciences de l'ingénieur – Université de Boumerdès*
*E-mail : benrachedik@yahoo.fr*

## 2. Matériels et méthodes

### 2.1. Prélèvement et échantillonnage

Le site s'étale sur 1,8 km² et compte une densité de population estimée à 600 000 habitants. Le lieu de prélèvement est le quartier de Bab El Oued situé à l'ouest d'Alger Centre et à 200 m de la mer. Le quartier est connu pour sa très grande densité de population et connaît un très grand trafic pratiquement continu y compris les jours de fin de semaine (jeudi et vendredi). Nous avons sélectionné le site au niveau de la station SAMASAFIA appartenant au ministère de l'Environnement (Figure 1). La station est placée à l'entrée du centre hospitalo-universitaire Maillot qui connaît une grande affluence en malades et en visiteurs. L'incinérateur se trouve à environ 200 m du point de prélèvement. La plupart des voitures roule au diesel et à l'essence avec plomb avec échappement sans catalyseur. L'incinérateur fonctionne quotidiennement. Il incinère tous les types de déchets médicaux générés par l'hôpital. Ce sont les deux sources locales principales de pollution atmosphérique autour de ce site.

La collecte des échantillons a été effectuée durant une période d'un mois. Le dispositif de prélèvement est composé d'un échantillonneur en forme d'entonnoirs inversés qui s'imbriquent l'un dans l'autre par simple rotation. La tête de prélèvement est placée sur un mât au-dessus de la cabine de contrôle de la qualité de l'air ambiant à environ 3 mètres du sol. La cabine se trouve à l'entrée de l'hôpital devant l'axe routier principal (Figure 2). Le vent dominant est Ouest-Est allant dans la direction de l'échantillonneur d'air.

Généralement l'échantillonnage des particules en suspension se fait sur filtres et membranes par filtration de l'air ambiant. Ainsi, la géométrie de la tête de prélèvement et le débit d'air échantillonné conditionnent à la fois le diamètre des particules recueillies sur le filtre et le degré d'influence du vent sur l'efficacité d'échantillonnage [5, 6]. Le mode de prélèvement choisi est en particules totales (TSP). Ce choix est motivé par deux raisons : en premier lieu nous ne disposons pas d'un échantillonneur $PM_{10}$ et en second lieu ce type de travail en TSP vise à implémenter un système de plus en plus rigoureux de contrôle de la qualité de l'air au fur et à mesure du cumul des données et des corrections successives qui s'imposent.

Le filtre est déposé sur un support muni de fentes pour laisser passer l'air. La pompe d'aspiration d'air utilisée est de faible débit (16,7 l/min) et est reliée à un volucompteur pour la mesure du volume d'air qui passe à travers le filtre. Les filtres utilisés pour la collecte des aérosols sont en ester de cellulose, de porosité 0,8 µm et d'un diamètre de 37 mm. La durée de prélèvement choisie est de 48 h et 72 h pour obtenir ainsi une moyenne représentative de la pollution de l'air. Ceci nous permet, d'une part une charge importante de filtre et d'autre part de limiter la saturation pour certains éléments pour ne pas affecter les conditions d'analyse.

Après la collecte et la pesée, l'échantillon est déposé dans une boîte de pétri étanche et stockée dans un dessiccateur (Figure 3). Les connaissances du poids déposé, de la durée d'échantillonnage et du débit d'air moyen permettent de calculer la concentration de la matière particulaire exprimée en µg/m³.

### 2.2. Procédure analytique

La diversité des substances qui peuvent constituer les particules en suspension dans l'atmosphère rend difficile leur mise en évidence. Néanmoins, il existe des méthodes qui permettent de déterminer certains constituants ainsi que leur concentration après une préparation préliminaire de l'échantillon [7]. Pour les besoins analytiques nous avons préparé des standards chimiques à partir de produits de pureté analytique, par dissolution acide ou aqueuse selon le corps à dissoudre. On procède ensuite aux dilutions




Figure 1.
Station de contrôle de la qualité de l'air SAMAFIA de Bab El Oued.
Air quality monitoring station SAMAFIA in Bab El Oued.




Figure 2.
Localisation géographique du site de prélèvement de Bab El Oued.
Geographical location of the Bab El Oued sampling site.

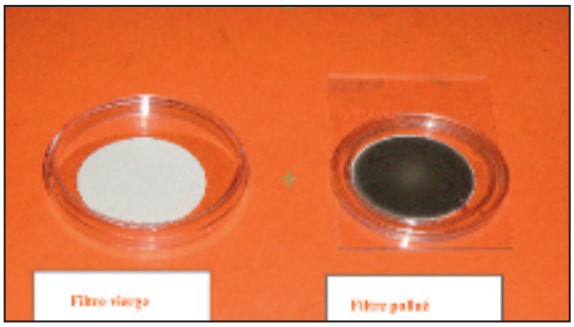


Figure 3.
Filtre vierge – filtre pollué.
Clean filter – polluted filter.

recherchées. La concentration des solutions mères est une fois diluée pour effectuer des mélanges compatibles et non interférents ; on retrouve les concentrations voulues dans 10 µl. Ces dernières sont prélevées à l'aide d'une micropipette et déposées sur des filtres vierges de même nature que les filtres utilisés pour le prélèvement. Ensuite, on les laisse sécher.

Les concentrations élémentaires des dépôts sur filtres ont été déterminées en utilisant la méthode d'analyse fluorescence X à dispersion d'énergie (ED-XRF). À cette fin, deux sources radioactives scellées ont été utilisées pour l'excitation atomique des dépôts : le $^{109}Cd$ pour le dosage des éléments de faibles énergies de 0 à 15 Kev et le $^{57}Co$ pour le dosage des éléments de la gamme d'énergie > 15 Kev. Le détecteur est du type Si (Li) ayant une surface active de 30 mm² et une résolution de 165 eV associée à une chaîne électronique. Les spectres enregistrés sont traités par le logiciel AXIL [8].

## 3. Résultats et interprétation

Les charges moyennes des filtres correspondant aux journées de collecte obtenues sur une période d'un mois du 05-04-2007 au 07-05-2007 en matière particulaire en suspension (TSP) sont récapitulées dans la Figure 4.

Les résultats obtenus (Tableau 1) montrent que les teneurs moyennes de ces journées évoluent dans une large gamme de valeurs. La plus basse teneur s'élève à 39 µg/m³ alors que la teneur maximale atteint 121 µg/m³. La teneur moyenne calculée sur tous les prélèvements s'élève à 78 ± 29 µg/m³ alors que les normes algériennes les plus récentes indiquent une valeur limite de 80 µg/m³ à long terme (moyenne annuelle) et une valeur cible de 50 µg/m³.

Du point de vue des paramètres météo, la période de collecte a été caractérisée par une forte humidité dépassant les 80 %, une température en général stable entre 13 et 18 °C, un vent Ouest-Est variant de 0,4 à 3,3 m/s et une pluviométrie de 0 à 18 mm observée sur plusieurs journées. En regardant de plus près les valeurs du Tableau 1, on remarque qu'il se produit à chaque période du milieu de semaine une charge maximale sauf une seule fois ou on a enregistré une pluviométrie pendant cette période.

Tableau 1.
Valeurs des TSP et paramètres météo pendant la période de collecte.
Total suspended particulate values and meteorological parameters during the sampling period.

| Jours | Échantillon | Teneurs en TSP (µg/m³) | Pluie (mm) | Humidité (%) | Vitesse (m/s) | Température (°C) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Jeudi | 1 (05-04-07/07-04-07) | 65,35 | < 0,1 mm | 81.5 | 2.4 | 12.7 |
| Lundi | 2 (09-04-07/11-04-07) | 114,64 | < 0,1 mm | 90.0 | 2.5 | 15.9 |
| Mercredi | 3 (11-04-07/14-04-07) | 57,00 | 18,3 | 91.9 | 2.4 | 16.6 |
| Lundi | 4 (16-04-07/18-04-07) | 110,92 | 4,1 | 92.9 | 1.5 | 15.8 |
| Mercredi | 5 (18-04-07/21-04-07) | 100,18 | < 0,1 mm | 88.8 | 3.3 | 17.4 |
| Samedi | 5 (21-04-07/23-04-07) | 120,77 | 0 | 89.4 | 0.9 | 17.3 |
| Lundi | 6 (23-04-07/25-04-07) | 100,25 | 0 | 90.1 | 0.4 | 16.6 |
| Mercredi | 7 (25-04-07/28-04-07) | 58,40 | 7,3 | 94.0 | 0.5 | 17.1 |
| Samedi | 8 (28-04-07/30-04-07) | 39,19 | 7,3 | 94.0 | 0.5 | 17.1 |
| Lundi | 9 (30-04-07/02-05-07) | 54,10 | 6,6 | 89.9 | 1.1 | 17.0 |
| Mercredi | 10 (02-05-07/05-05-07) | 58,83 | 0 | 89.6 | 2.3 | 18.0 |
| Samedi | 11 (05-05-07/07-05-07) | 53,59 | 0 | 79.3 | 2.0 | 17.0 |

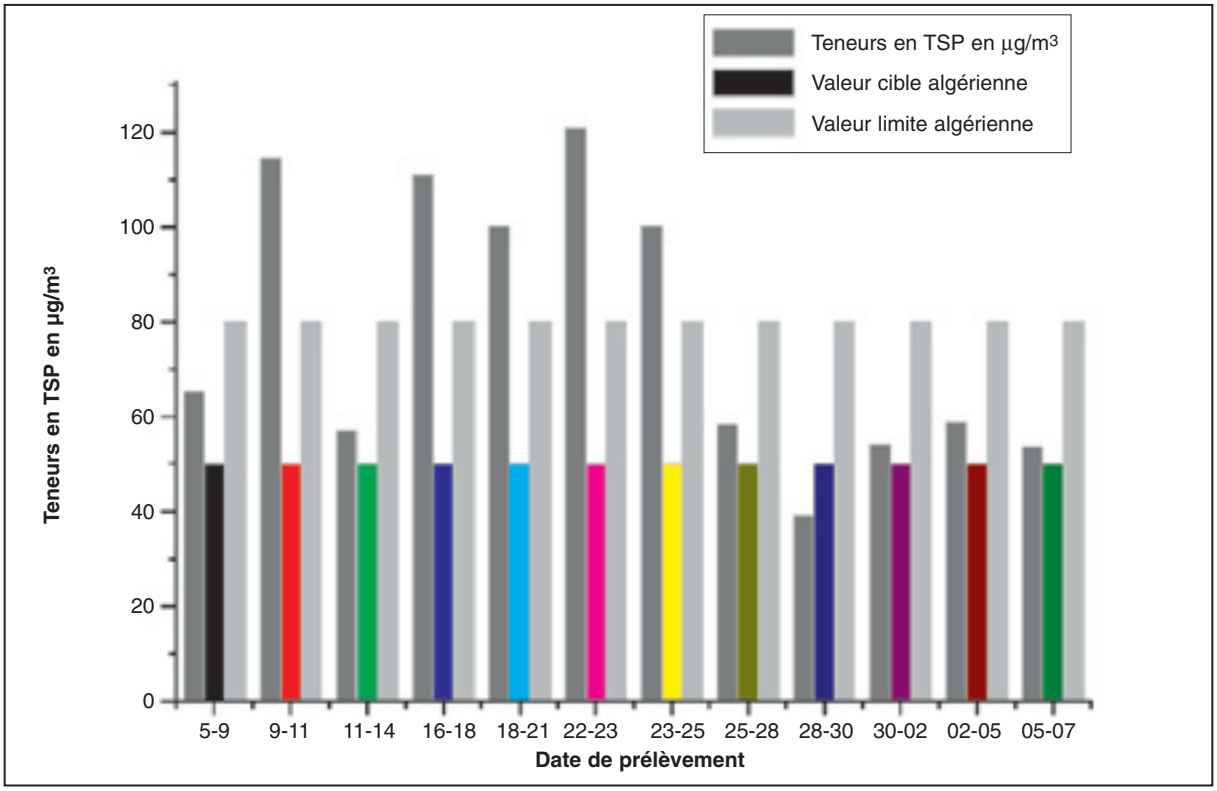



Figure 4.
Les teneurs en TSP en fonction de la date de prélèvement.
Total suspended particulate contents according to sampling date.

Nous avons observé une autre forte charge enregistrée en TSP dans les périodes de début et de fin de semaine où il n'y a pas eu de pluviométrie. La charge enregistrée est nettement plus faible lorsqu'on n'observe pas de pluviométrie. Il s'est produit à notre avis un phénomène de lessivage qui a tendance à diminuer l'effet de charge des filtres d'air. Les valeurs des autres périodes demeurent au-dessous de la limite fixée par la réglementation Algérienne. Il en ressort que les variations temporelles des teneurs en TSP obtenues pour cette période de prélèvement sont dues probablement à l'intensité du trafic routier et à l'incinérateur, avec une influence notable de la pluviométrie plutôt que des autres paramètres tels que la vitesse du vent, l'humidité ou la température qui n'affichent qu'une faible variation ; ce qui ne nous permet pas d'apprécier leur influence sur les teneurs en TSP.

### 3.1. Étude des teneurs en métaux lourds associés aux TSP

L'analyse par XRF a permis la mesure simultanée de plusieurs éléments, principalement le chrome, le fer, le cuivre, le plomb, le mercure, le nickel, le cadmium, le sélénium, le brome et le zinc. Parallèlement au dosage des métaux recherchés, nous avons testé des blancs sur leur teneur métallique. Les résultats expérimentaux obtenus montrent qu'ils contiennent des teneurs notables de quelques métaux. Ils représentent environ 2 % à 100 % des valeurs totales selon l'élément dosé. Toutes les concentrations ont été corrigées des valeurs des impuretés du filtre du blanc.

La Figure 5 récapitule la variation des concentrations des différents métaux lourds dosés par la technique XRF. À titre d'exemple, la concentration du Pb (Figure 6) varie de 119 ng/m³ à 1 333 ng/m³, celle du Cd (Figure 7) de 29,28 ng/m³ à 189 ng/m³, celle du Ni (Figure 8) de 19 ng/m³ à 704 ng/m³, celle du Hg de 148,27 ng/m³ à 2 381,83 ng/m³ et celle du Cr de 252,16 ng/m³ à 3 507,07 ng/m³.

Pour les éléments Pb, Hg et Cr, nous avons remarqué qu'ils ont tendance à augmenter lorsque la vitesse du vent diminue et qu'une certaine pluviométrie se manifeste entraînant une augmentation d'humidité. Par contre, pour le Ni et le Cd, la variation est presque stable pendant toute la période de collecte indépendamment de la variation des paramètres météo.

Les fortes concentrations de ces éléments s'expliquent probablement par la très forte intensité de

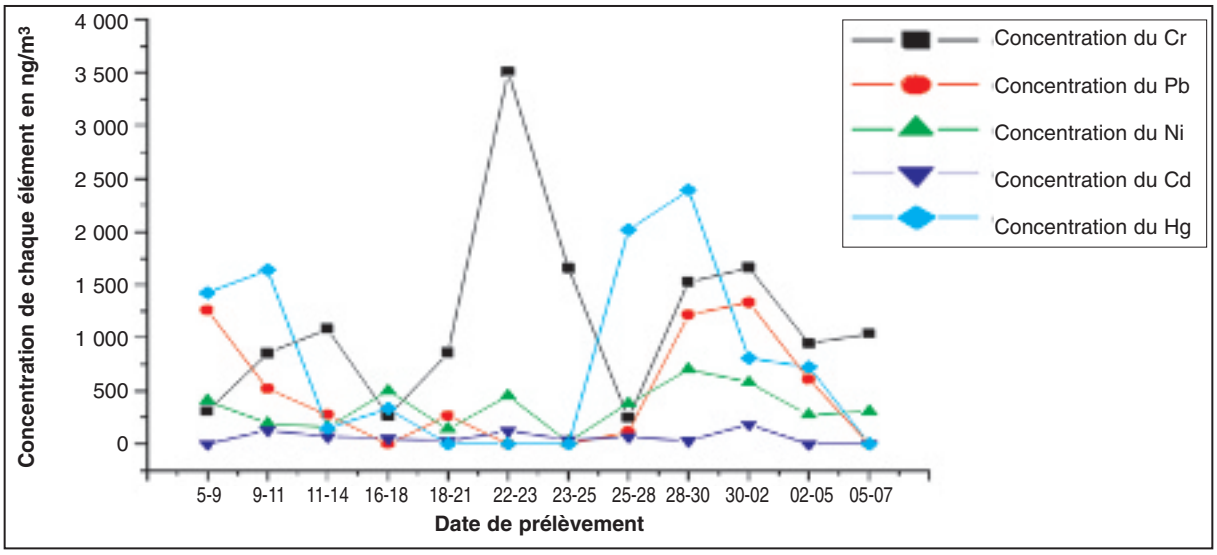



Figure 5.
Variation de concentration de certains métaux en fonction de la date prélèvement.
Variation of some metals concentrations according to sampling date.

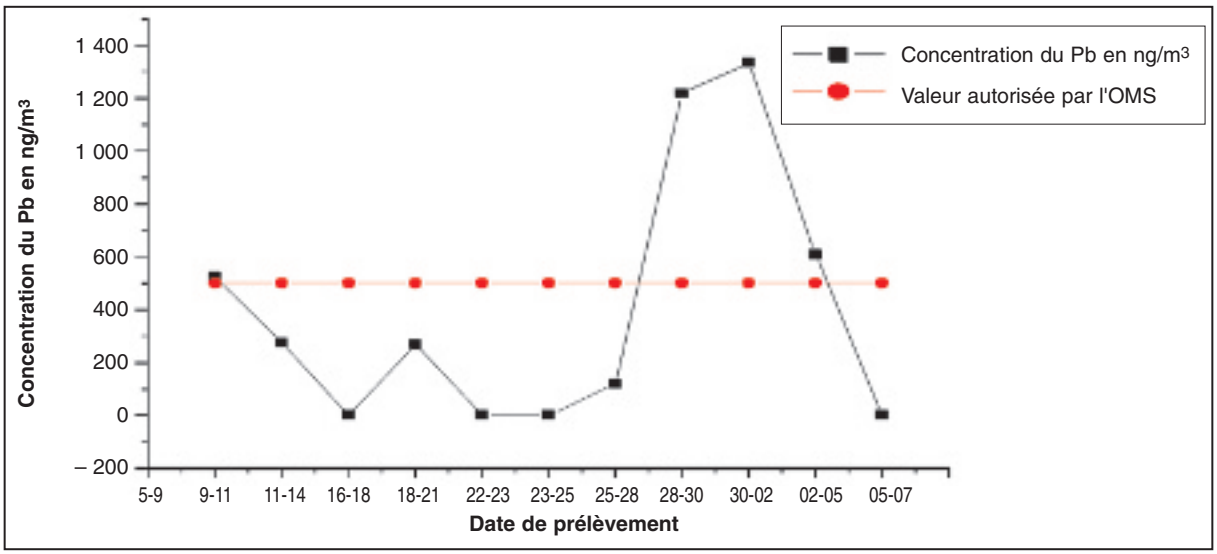



Figure 6.
Variation de la concentration du Pb en fonction de la date de prélèvement.
Variation of lead concentration according to sampling date.

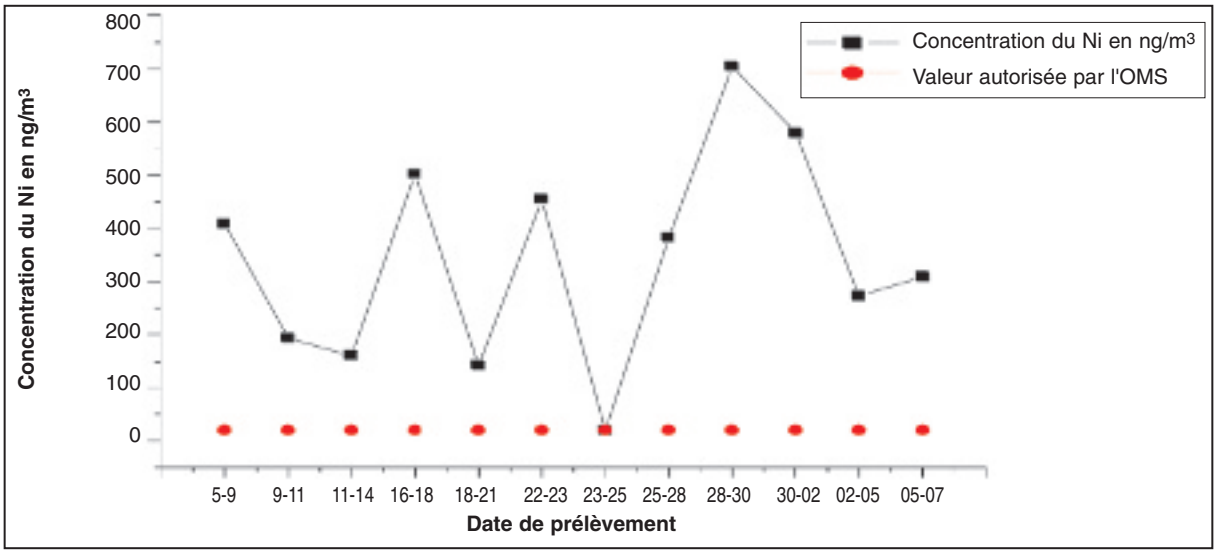



Figure 7.
Variation de la concentration du Ni en fonction de la date de prélèvement.
Variation of nickel concentration according to sampling date.

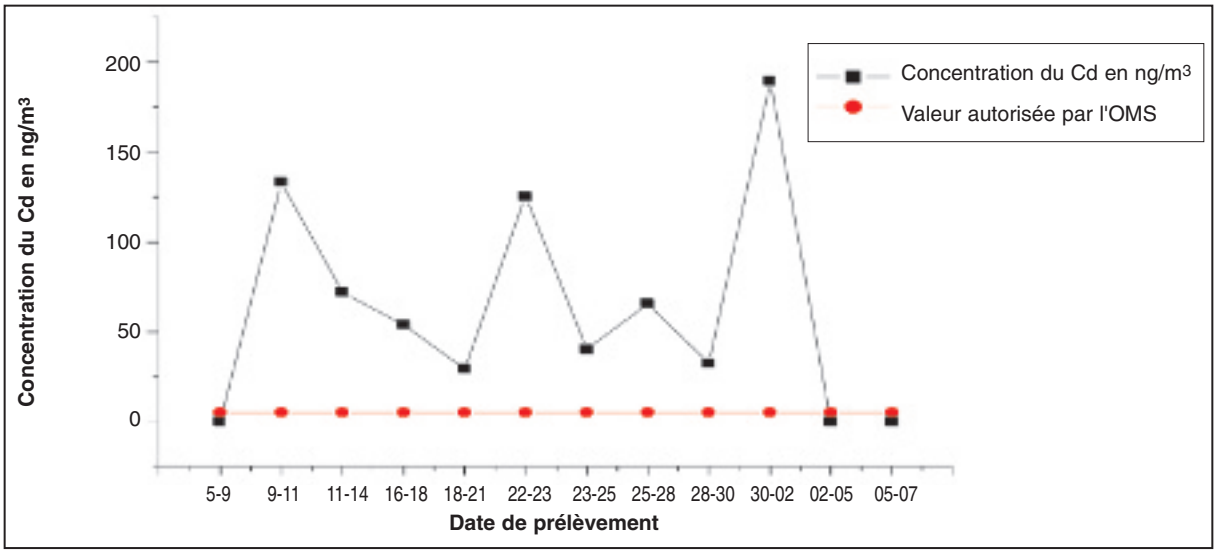



Figure 8.
Variation de la concentration du Cd en fonction de la date de prélèvement.
Variation of cadmium concentration according to sampling date.

circulation des véhicules observée durant la période de prélèvement et la grande quantité de déchets hospitaliers incinérée (environ 1 500 kg/jour). Les concentrations de Fe trouvées sont les plus fortes et pourraient provenir entre autre de l'abrasion des pneus et de l'usure des métaux.

Il faut noter que par manque de moyens nous n'avons pas pu caractériser l'état d'oxydation du chrome et du nickel et que les concentrations présentées sont des concentrations totales.

En ce qui concerne le Hg, il est bien connu que sa présence dans l'atmosphère est dans sa quasi-totalité en phase gazeuse. Donc la concentration du mercure en phase particulaire représente une petite fraction de la concentration totale [9, 10]. Les résultats trouvés montrent une concentration anormale très supérieure à la moyenne générale qu'on mesure qui est de l'ordre du ng/m3 sinon inférieur. Ce résultat reste encore inexpliqué du fait qu'on n'a pas encore finalisé l'étude de la pollution atmosphérique dans cette partie pour pousser davantage l'échantillonnage vers le sens des sources intenses de contamination et évaluer d'une manière beaucoup plus précise la concentration du Hg avec toutes les précautions d'usage.

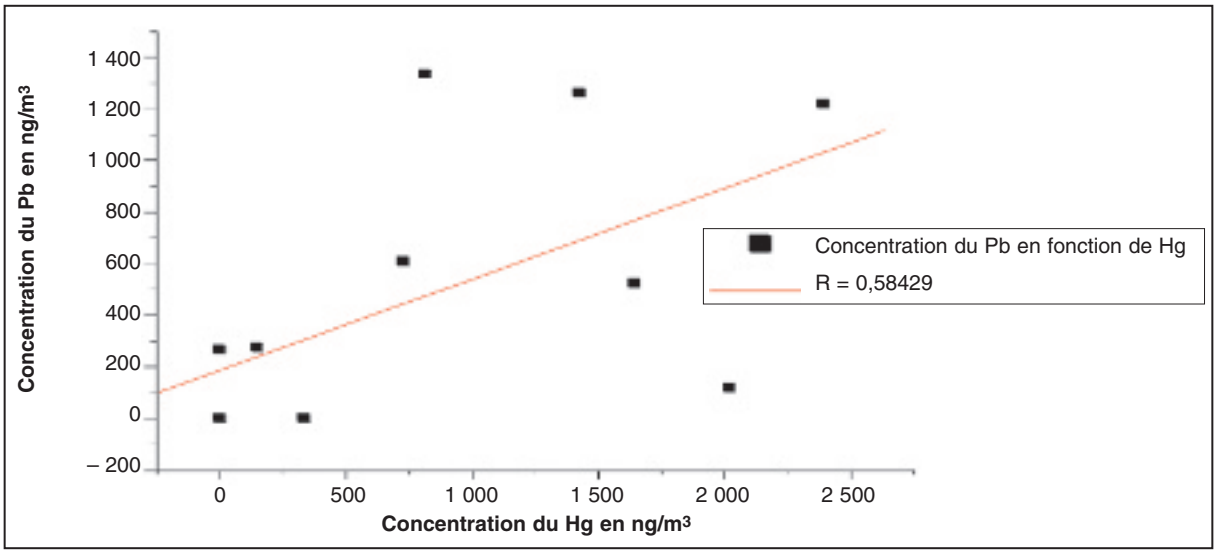



Figure 9.
Concentration du Pb en fonction de Hg en ng/m3.
Lead concentration according to mercury concentration in ng/m3.

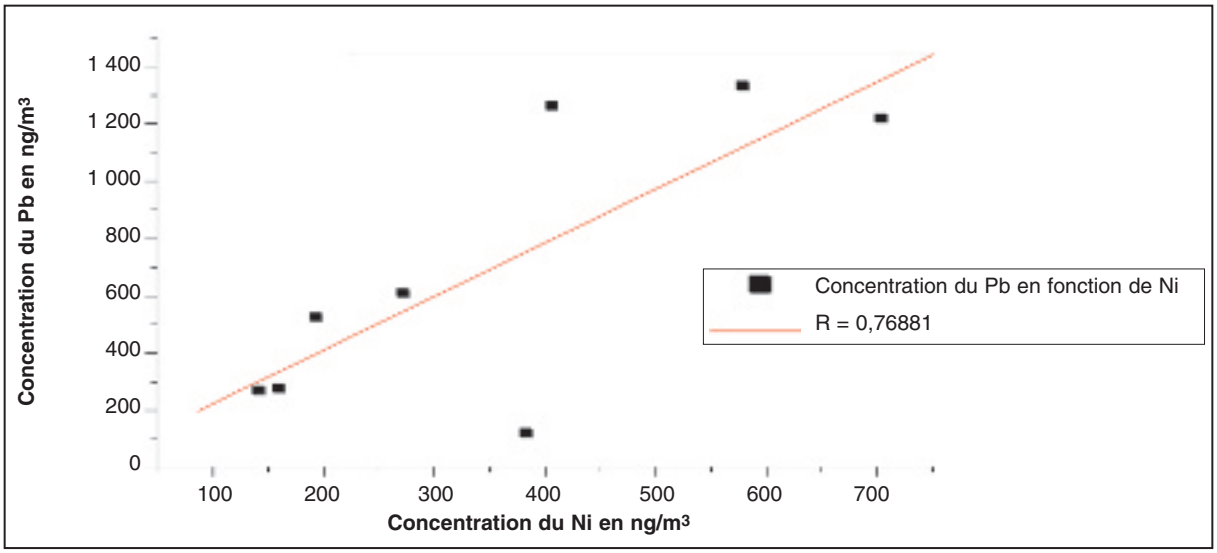



Figure 10.
Concentration du Pb en fonction de Ni en ng/m3.
Lead concentration according to nickel concentration in ng/m3.

### 3.2. Essai de corrélation

Concernant les couples (Pb, Hg) et (Pb, Ni) (Figures 9 et 10), la présence de l'un doit impliquer l'existence de l'autre, comme le montrent les facteurs de corrélation, surtout entre le plomb et le nickel avec un coefficient de corrélation R = 0,76. Par contre, on n'a pas trouvé de corrélation apparente entre le plomb et le cadmium ou le plomb et le chrome. Leur présence est due peut-être à d'autres facteurs ou sources qui ne pourraient pas être de mêmes origines que celles liées au plomb, nickel et mercure.

## 4. Conclusion

L'étude menée à Alger au niveau du quartier de Bab El Oued montre que la pollution atmosphérique par les particules en suspension a atteint des niveaux excessifs. En effet, la teneur journalière moyenne obtenue s'élève à 79 µg/m3, le maximum atteint étant égal à 120 µg/m3. Sur environ 42 % des cas étudiés, la teneur journalière en TSP est supérieure à la norme Algérienne de 80 µg/m3 et dans 92 % des cas supérieure à la valeur cible de 50 µg/m3 recommandée

pour le contrôle de la qualité de l'air. On observe que la pluviométrie influence notablement la charge des filtres du fait de l'effet de lessivage.

Par ailleurs, l'étude de certains métaux lourds associés aux TSP montre que ces particules véhiculent une pollution excessive par les métaux lourds à caractère toxique, surtout pour le Cd, Hg, Pb, Cr et Ni. Leur évolution temporelle nous montre que les paramètres météo du vent et de la pluviométrie peuvent influencer les quantités mesurées pour certains éléments toxiques. Deux constats peuvent être faits sur les sources probables de cette contamination par les métaux lourds. En premier lieu, le parc automobile est composé pour environ une moitié de véhicules circulant à l'essence avec plomb et pour l'autre moitié de véhicules roulant au diesel, dans presque leur totalité sans pot catalyseur. En second lieu, le mode de fonctionnement de l'incinérateur constitue une autre source de pollution encore très mal étudiée et nécessite une plus grande attention ; cela peut expliquer les résultats de concentrations de certains éléments toxiques tels que le mercure.

En conséquence, pour éviter cette dégradation qualitative de l'air, il est nécessaire de mettre en place une réglementation imposant la présence de catalyseur sur tous les véhicules neufs avec une meilleure offre de l'essence sans plomb et encourager la bicarburation de l'essence GPL ou GNL. En outre, il faut améliorer la gestion des transports avec la réduction des points de congestion et la multiplication de transports en commun.

## Références


1. Popescu M, Blanchard JM, Carré J. Analyse et traitement physico-chimique des rejets atmosphériques. Juillet 1998.
2. Fontan J. Les pollutions de l'air, les connaître pour les combattre. Janvier 2003.
3. Bernea M, Ursu P. Pollution et protection de l'atmosphère. 1974.
4. Bliefert C, Parraud R. Chimie de l'environnement : air, eau, sol, déchet. 1997.
5. Ayed R, Cherifi Y. Évaluation de la pollution atmosphérique par les particules totales en suspension à Alger centre. CRNA 2005-2006.
6. Kerchich Y. Étude de la pollution de l'air par les particules fines $PM_{10}$ et les métaux lourds. MFE.ENP 2003.
7. Badj S. Évaluation de la pollution atmosphérique par les particules fines en site urbain à Alger. E.N.P. 2005.
8. Di Benenedetto M, Anfossi S, Billiard E. Méthodes spectrométriques d'analyses et de caractérisation : les métaux lourds. Dossier SAM 1997, centre SPIN, École des Mines de Saint-Étienne.
9. Lindberg *et al.* Ambio 2007 ; 36 : 19-33.
10. Valente *et al. Atmos. Environ.* 2007 ; 41 : 1861-73.