

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique



Ecole Nationale Polytechnique
Département de Génie de l'environnement
Mémoire de Master

Présenté par :

Boudechicha Mohamed

Thème

**Pollution de l'Air par Les Métaux Lourds
véhiculés par les PM10**

Dirigé par :

Mr. Kerbachi.R, Professeur, ENP

Mr. Kerchich.Y, C.C.université de Médéa

Présidé par :

Mme.Belhanech.N, Professeur, ENP

Examiné par :

Mr. Namane.A, M.C.A, ENP

Promotion : juin 2014

ملخص:

تقدم الدراسة مستويات تلوث الهواء المعادن الثقيلة في السيارة التي يحملها PM-10 موقع قريب من حركة المرور في الضواحي الجنوبية الشرقية من الجزائر .

بين المعادن الثقيلة المرتبطة PM-10، وتؤدي بشكل رئيسي الى قيم عالية نسبيا للرصاص .

الكلمات الرئيسية: جودة الهواء، المعادن الثقيلة، حركة المرور على الطرق، الجزائر

Résumé

L'étude présente les niveaux de pollution de l'air métaux lourds véhiculés par les PM10 en un site de proximité automobile dans la banlieue sud-est d'Alger.

Parmi les métaux lourds associés aux PM-10, c'est surtout le plomb qui accuse des valeurs relativement élevées.

Mots-clés: qualité de l'air, métaux lourds, trafic routier, Alger

Abstract :

The study presents the levels of air pollution carried by heavy metals in PM10 site car nearby in the south eastern suburbs of Algiers.

Among the heavy associated with PM-10 metals, mainly lead accusing relatively high values.

Keywords: air quality, heavy metals, road traffic, Algiers

Remerciements

Je remercie DIEU tout puissant qui m'a donné le courage, la force et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

Mes sincères remerciements à mon promoteur Monsieur le professeur KERBACHI Rabah, pour ses conseils et orientations tout au long de ce travail.

Je tiens à remercier mon Co-promoteur Monsieur Y. KERCHICH, pour toute son aide dans ce travail.

Je tiens vivement à remercier madame N.BELHANECHÉ d'avoir bien voulu de présider le jury.

Je remercie aussi respectueusement Monsieur A.NAMANE d'avoir accepté de juger ce travail.

Mes remerciements également à tous les enseignants qui ont participé à ma formation, à tous les employés du département génie de l'environnement, et de l'école.

Je tiens également à remercier tous mes amis et mes camarades de la promotion et de la cité universitaire, et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la bonne réalisation de ce travail

Dédicace

Merci Allah (mon dieu) de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire

" AL hamdoulli ALLEH "

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse et d'amour, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite,

à ma mère ...

A mon père, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.

Que dieu les garde et les protège.

A mes frères et mes sœurs,

Et à toute ma famille.

A mes amis.

A tous ceux qui me sont chères.

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux que j'aime.

Je dédie ce travail

Mohamed

Table des matières

Introduction.....	4
I Généralités sur la pollution atmosphérique.....	6
I.1 Composition de l'air.....	6
I.2 Définition de la pollution de l'air.....	7
I.3 Structure de l'atmosphère terrestre	7
I.3.1 La troposphère	7
I.3.2 La stratosphère :.....	8
I.3.3 La mésosphère.....	8
I.3.4 La thermosphère.....	8
I.4 Facteurs météorologiques influençant la dispersion des polluants.....	9
I.4.1 Le vent.....	9
I.4.2 La température	10
I.4.3 Le soleil.....	10
I.4.4 Les précipitations	10
I.4.5 Les inversions de température.....	10
I.5 Pollution atmosphérique par les métaux lourds	11
I.5.1 Mercure Hg.....	11
I.5.2 Plomb Pb.....	11
I.5.3 Cadmium Cd	12
I.5.4 Antimoine Sb.....	12
I.5.5 Arsenic As.....	12
I.5.6 Chrome Cr.....	12
I.5.7 Cobalt Co	12

I.5.8 Cuivre Cu	13
I.5.9 Zinc Zn.....	13
I.6 Origines et sources.....	14
I.7 Impacts sur la santé de l'homme.....	14
I.8 Les normes de rejet	15
I.9 Méthodes d'analyse des métaux associés aux particules.....	16
I.9.1 La spectrométrie d'absorption atomique (SAA)	16
I.9.2 La technique PIXE	16
I.9.3 Les rayons X	17
I.10 Minéralisation des échantillons et analyse des métaux lourds.....	17
I.11 Résultat et Discussion.....	17
I.11.1 Etude des métaux lourds associés aux PM-10.....	17
I.12 Conclusion.....	23
Références Bibliographiques.....	24

Liste des figures

Figure I.1 Les différentes couches de l'atmosphère terrestre.....	9
Figure I.2 Phénomène de retombée en panache.....	10
Figure 1.3 évolution temporelle des teneurs atmosphériques en Cr.....	18
Figure1.4 évolution temporelle des teneurs atmosphériques en Cu.....	18
Figure1.5 évolution temporelle des teneurs atmosphériques en Pb.....	19
Figure1.6 évolution temporelle des teneurs atmosphériques en Cd.....	19
Figure1.7 évolution temporelle des teneurs atmosphériques en Co.....	20
Figure I.8 teneurs moyennes des métaux lourds dans les PM10.....	21
Figure I.9 Evolution des teneurs en plomb en fonction des teneurs en PM10.....	22

Liste des tableaux

Tableau I.1 Principaux constituants chimiques gazeux de l'atmosphère.....	6
Tableau I.2 Rapport activité/nature de la pollution en métaux lourds.....	14
Tableau1.3 les normes de rejet de quelques polluants dans l'air.....	15
Tableau I.4 teneurs atmosphériques moyennes et maximales en métaux lourds étudiés.....	20

INTRODUCTION

L'air est l'un des éléments fondamentaux nécessaires à tout être vivant. Chaque jour, nos poumons filtrent quelque 15 kg d'air atmosphérique tandis que nous n'absorbons que 2,5 kg d'eau et moins de 1,5 kg d'aliments. L'air pur est un mélange d'environ 21 % d'oxygène, 78 % d'azote et 1% de gaz à l'état de traces comme le CO₂ et l'argon.

Avec l'avènement de l'ère industrielle, le problème de la pollution atmosphérique a pris une ampleur sans précédent, à tel point que de nombreuses conférences internationales se tiennent de nos jours pour étudier et tenter de prévenir la catastrophe vers laquelle on se dirige inexorablement.

En effet, l'atmosphère terrestre est un immense réacteur chimique où se déroulent d'innombrables réactions, et en raison du nombre et de la complexité de ces réactions il est difficile d'identifier et de quantifier tous les nouveaux polluants atmosphériques ; et il est tout aussi difficile de définir leurs impacts sur l'homme et son environnement.

En 1967, le Conseil de l'Europe a défini la pollution atmosphérique comme suit: "Il y a pollution atmosphérique lorsque la présence d'une substance étrangère ou une variation importante dans la proportion de ses composants est susceptible de provoquer un effet nocif, compte tenu des connaissances scientifiques du moment, ou de créer une nuisance ou une gêne." Plusieurs études de part le monde ont montré qu'en milieu urbain, le trafic routier constitue l'une des principales sources de pollution de l'air ambiant [1].

L'atmosphère est composée de gaz mais également de particules en suspension dans l'air, présentes sous forme liquide ou solide. Elles sont classées selon un critère de taille ou de composition chimique qui conditionne bien souvent l'intensité de leur impact sanitaire [2].

En Algérie, la croissance du parc automobile induite par le développement socio-économique et la forte urbanisation ont conduit à l'émergence chez la population citadine de maladies chroniques liées à la dégradation de la qualité de l'air.

Des études récentes ont montré que le Grand Alger est comme toute grande agglomération urbaine, confronté à une intense pollution atmosphérique [3, 4, 5].

La principale source d'émission est le trafic routier. Pour arriver à formuler une stratégie de prévention, il est toutefois nécessaire d'avoir des données sur les niveaux et types de pollution ainsi que les composés qu'elle véhicule.

Aussi et en continuité des travaux antérieurs effectués sur les particules inhalables [6], Certains métaux lourds associés aux particules PM10 et leurs contribution à la pollution globale ont été étudiés.

I Généralités sur la pollution atmosphérique

I.1 Composition de l'air

L'air, principalement concentré dans la troposphère, est composé essentiellement de constituants majeurs qui sont l'azote et l'oxygène et l'argon. En pourcentage, l'air propre et sec est constitué de 78,084 % d'azote, 20,948 % d'oxygène et 0,934 % d'argon. D'autres gaz mineurs, parmi lesquels les principaux sont le dioxyde de carbone (CO_2), la vapeur d'eau (H_2O), le méthane (CH_4), l'ozone (O_3), l'oxyde nitreux et l'hydrogène, montrent des concentrations variables dans l'espace et dans le temps et jouent un rôle primordial dans l'environnement. Actuellement certains de ces derniers subissent des augmentations importantes de concentration engendrées par les activités humaines (tableau 1). Ces augmentations provoquent des modifications dans la distribution globale des gaz en traces d'où un impact important sur notre environnement.

A ces composants s'ajoutent de nombreux gaz polluants, des poussières et particules microscopiques [7].

La composition chimique de l'atmosphère actuelle est donnée dans le tableau I.1.

Tableau I.1 Principaux constituants chimiques gazeux de l'atmosphère

Nature du gaz	Pourcentage en volume par rapport à l'air sec (%)
Air sec	100
N_2	78,084
O_2	20,948
CO_2	0,0370
CO	$\approx 1,2 \cdot 10^{-5}$
H_2O	Variable
Ar	0.934
Ne	$1,818 \cdot 10^{-3}$
He	$5.2 \cdot 10^{-4}$
Kr	$1,1 \cdot 10^{-4}$
Xe	$9 \cdot 10^{-6}$
CH_4	$\approx 1,7 \cdot 10^{-4}$
NH_3	$0,1 \text{ à } 1 \cdot 10^{-7}$
N_2O	$3,15 \cdot 10^{-5}$
NO_2	$\approx 1 \cdot 10^{-7}$

HNO ₃	2.10 ⁻⁶
O ₃	2 à 200.10 ⁻⁶
SO ₂	2.10 ⁻⁸
H ₂ S	2.10 ⁻⁸
PAN (Péroxy- Acétyl Nitrate)	6.10 ⁻⁷
COV (composés organiques volatils)	≈0,1 à 1.10 ⁻⁶

A ces composants s'ajoutent de nombreux gaz polluants, des poussières et particules microscopiques.

I.2 Définition de la pollution de l'air

La pollution de l'air a été définie en 1949 selon American Medical Association comme étant: «La concentration excessive de produits étrangers aux biens » [8].

Cette définition a évolué en 1956 vers la définition suivante :

« présence dans l'atmosphère extérieure de substances ou contaminants, apportés par l'homme, en quantités ou à des concentrations et pendant des périodes telles qu'ils gênent une proportion importante des habitants d'un secteur, ou nuisent à la santé publique, à la vie humaine, végétale ou animale, ou aux biens, ou portent atteinte à l'agrément de l'existence ou à la jouissance des biens dans l'état, ou dans les provinces ou les zones de l'état qui sont touchés» [8].

I.3 Structure de l'atmosphère terrestre

L'atmosphère est composée de plusieurs couches distinctes qui diffèrent surtout par leurs compositions et leurs températures.

I.3.1 La troposphère :

Elle s'étend du sol jusqu'à 12 Km d'altitude environ cette altitude varie suivant les régions du globe. C'est la zone où les composés chimiques se mélangent et réagissent entre eux [9].

Elle est caractérisée par un gradient thermique verticale négatif, la température décroît d'environ 0.5°C tous les 100m. C'est dans cette couche qu'ont lieu pratiquement tous les phénomènes météorologiques qui nous intéressent directement [8].

I.3.2 La stratosphère :

Elle est comprise en moyenne entre 12 et 50 Km d'altitude. Les polluants y sont rares mais destructeurs [9].

Dans cette partie de l'atmosphère, les mouvements verticaux sont peu importants et les écoulements se font en lames parallèles. Ainsi lorsque des polluants sont injectés (éruption volcanique, essais nucléaires aériens,...) il leur faut plusieurs années pour retomber sur la surface terrestre, dans cette couche le gradient thermique verticale est positif, la température croît avec l'altitude à cause de l'ozone qui absorbe le rayonnement solaire dans l'ultraviolet [8].

I.3.3 La mésosphère :

Elle se trouve au-delà de la stratosphère dont elle est séparée par la stratopause se caractérise par une décroissance de la température avec l'altitude. Elle se termine par la Mésopause à 85 Km d'altitude.

La mésopause est surmontée par la Thermosphère dans laquelle les raréfies sont sous forme ionisées. La température décroît pour atteindre à même dépasser 500°C vers 500 Km l'ultraviolet [8] Au-delà, la force d'attraction de la terre est négligeable et dans l'exosphère, l'hydrogène atomique peut s'échapper vers l'espace l'ultraviolet [8].

I.3.4 La thermosphère :

C'est la dernière couche qui se trouve à une altitude au-dessus de 85 km. Au-delà, la force d'attraction de la terre est négligeable et dans l'exosphère (au-delà de 400 à 500 km), l'hydrogène atomique peut s'échapper vers l'espace l'ultraviolet [8].

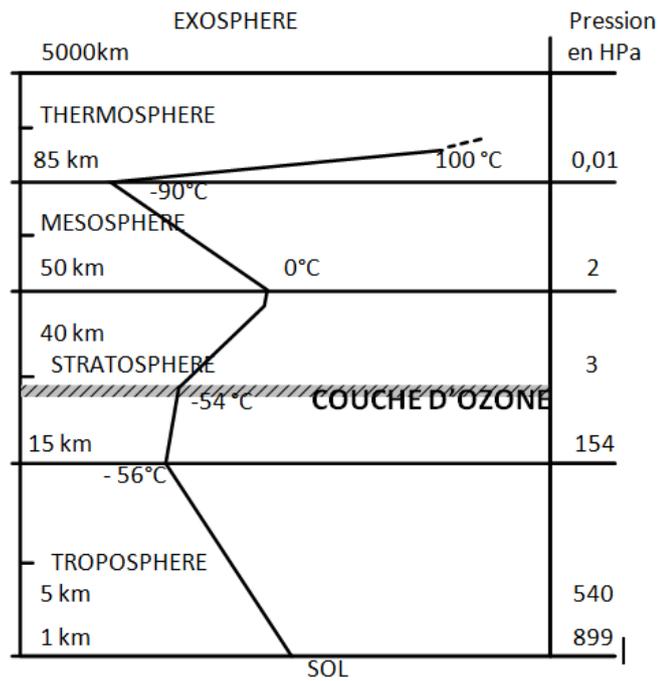


Figure I.1 Les différentes couches de l'atmosphère terrestre

I.4 Facteurs météorologiques influençant la dispersion des polluants

La pollution atmosphérique ne connaît pas de frontières. Les polluants sont transportés à des distances variables par les mouvements de masses d'air et des nuages.

Pendant leur transport, les substances polluantes sont transformées et dispersées sous l'action des conditions météorologiques [13].

I.4.1 Le vent :

La vitesse du vent augmente avec le gradient de pression entre anticyclone (zone de haute pression) et dépression (zone de basse pression). À la surface de la Terre, les différents obstacles ralentissent la vitesse du vent. L'épaisseur de cette « couche de frottement » varie de 500 à 1 000 mètres. La vitesse du vent augmente donc avec l'altitude. D'autre part, le « profil » de vitesse du vent ou ensemble des vitesses moyennes est différent le jour ou la nuit. Le jour, les courants de convection thermique ramènent rapidement au sol l'air qui se déplace en altitude, renforçant ainsi les vents de surface. Par contre, la nuit, la convection thermique plus faible accentue les vents d'altitude. Le vent a une grande importance dans la diffusion des polluants atmosphériques. Ainsi, avec un vent de force moyenne et de mauvaises conditions de rejet des effluents (cheminée trop basse, vitesse

d'éjection des gaz insuffisante, etc.), il peut se produire un phénomène de retombée en panache vers le sol comme le montre la figure N°02 [14].

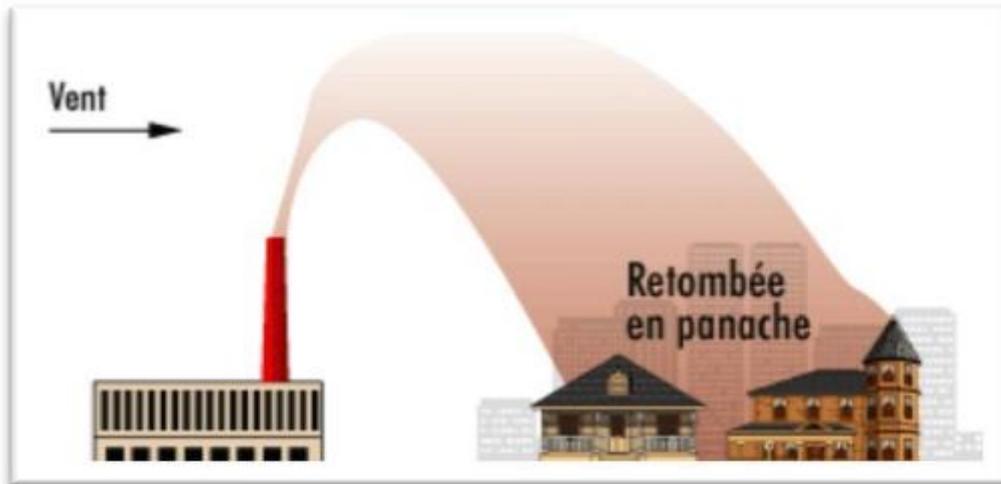


Figure I.2 Phénomène de retombée en panache

I.4.2 La température

Elle détermine le degré de stabilité de l'atmosphère et joue un rôle dans la dispersion verticale de la pollution. Elle agit sur la chimie des polluants : le froid diminue la volatilité de certains gaz tandis que la chaleur estivale est favorise la formation photochimique de l'ozone [13].

I.4.3 Le soleil

Le rayonnement émis par soleil influe directement sur la pollution et il se déclenche alors une série de réactions photochimiques qui sont parfois mal connues qui aboutissent à la production d'un brouillard dans lequel se trouvent des espèces chimiques nouvelles à caractère oxydant [13].

I.4.4 Les précipitations

Leur rôle c'est le lessivage de l'atmosphère par entrainement des polluants au sol [13].

I.4.5 Les inversions de température

Dans certaines conditions météorologiques, il se produit en altitude une inversion de température où la masse d'air est bloquée par cette couche d'inversion qui agit comme un

couvercle empêchant la dispersion verticale des polluants. L'air sous la couche d'inversion est plus froid et plus dense et ne peut se mélanger.

La modélisation de ces épisodes au cours desquelles la forte stabilité de l'air est favorable à l'accumulation des polluants est délicate car la vitesse du vent dans les basses couches de l'atmosphère est difficile à évaluer. Un accroissement du vent de 2 à 3 m/s peut être suffisant pour balayer l'inversion thermique [10].

I.5 Pollution atmosphérique par les métaux lourds

Jusqu'à présent le terme métal lourd n'a été jamais défini par un quelconque organisme reconnu tel que l'IUPAC ou autres.

Au cours de ces dernières années plusieurs auteurs ont essayé d'attribuer au mot « métal lourds » une définition qui s'inscrit toujours dans le contexte de leurs travaux. Les plus répandues de ces définitions sont :

- tout métal ayant une densité supérieure à 5,
- tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieur à celui du

Sodium ($Z=11$),

- tout métal pouvant être toxique pour les systèmes biologiques. [15]

Un exemple les éléments suivants: Arsenic (As), Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Mercure (Hg), Nickel (Ni), Plomb (Pb), Sélénium (Se), Zinc (Zn).

Chaque métal possède des caractéristiques et un impact spécifique:

I.5.1 Mercure Hg :

Le mercure est le seul métal liquide à température ambiante. Il se combine très aisément avec d'autres composés et a une volatilité importante. Pour le mercure métallique (Inorganique), on le retrouve sous forme gazeuse, liquide ou ionique, mais le mercure peut également se combiner avec du gaz carbonique et on parle alors de mercure organique.

Le mercure est très sensible à l'acidité du milieu. Il est extrêmement toxique et a des effets sur le système nerveux. La volatilité importante du mercure en fait un polluant important dans les études de pollution transfrontière [16].

I.5.2 Plomb Pb :

Une source importante des émissions de plomb dans l'atmosphère a été le transport car le plomb a été pendant longtemps additionné à l'essence du fait de son pouvoir antidétonant. De ce fait, il contamine souvent les terrains en bordures d'axes routiers. L'ingestion de plomb déclenche le saturnisme [16].

I.5.3 Cadmium Cd :

Il provient surtout de l'incinération des déchets, ainsi que de procédés industriels (métallurgie..). Il a des effets sur le système respiratoire et gastro-intestinaux [16].

I.5.4 Antimoine Sb :

L'antimoine est un métalloïde de couleur gris métallique, présentant deux niveaux d'oxydation (III et V). Il est utilisé comme retardateur de flamme, dans les semi-conducteurs et dans des alliages métalliques. Cet élément est répandu dans l'environnement par la combustion du charbon, les activités minières ou métallurgiques [16].

I.5.5 Arsenic As :

L'arsenic est un métalloïde de couleur gris métallique, possédant deux états d'oxydation (III et V). Il est souvent associé aux activités minières et à la combustion de ressources organiques fossiles. Il a été utilisé en agriculture en tant que pesticide (arséniate de plomb), en tant que durcisseur dans les cartouches de chasse, ou associé à Ga (Galium) ou In (Indium) pour former des matériaux supraconducteurs.

C'est un élément non essentiel et un poison puissant dont la toxicité varie avec l'état d'oxydation : les arsénites (III) sont plus toxiques et plus mobiles dans les sols que les arsénates (V) [16].

I.5.6 Chrome Cr :

Le chrome est un métal dur, blanc grisâtre, possédant 3 degrés principaux d'oxydation (II, III, VI) et cinq états d'oxydation inhabituels (-II, -I, 0, IV, V). L'état d'oxydation

conditionne la stabilité et la toxicité de Cr dans les sols (Cr (III) plus stable mais moins toxique que Cr (VI)). Il est principalement utilisé dans la fabrication de l'acier et d'autres alliages, de pigments et dans le traitement du cuir, du bois et de l'eau.

C'est un élément essentiel pour l'homme (maintien du métabolisme du glucose), mais sa nécessité n'a pas été démontrée pour les végétaux [17].

I.5.7 Cobalt Co :

Le cobalt est un métal de transition de couleur blanc-argenté, présentant deux états d'oxydation (II et III). Il est utilisé dans les alliages, les aimants, les médias d'enregistrement, et comme catalyseur dans l'industrie chimique et pétrolière. C'est un élément essentiel entrant, par exemple, dans la composition de la vitamine B12 mais présentant un caractère toxique dû à ses propriétés chimiques [18].

I.5.8 Cuivre Cu :

Le cuivre est l'un des métaux les plus anciennement connus car il existe à l'état natif (comme Ag, As, Au, Sb, Pb). Il est principalement utilisé (seul ou sous forme d'alliage) dans la confection de feuilles métalliques, de câbles électriques ou de tuyaux (très largement utilisé pour les conduites d'eau) [18].

Le Cu est un oligo-élément, il est plus communément étudié pour les problèmes de carence qu'il peut engendrer chez les végétaux, le bétail et l'homme, que pour sa toxicité.

I.5.9 Zinc Zn :

Le zinc est un métal, moyennement réactif, qui se combine avec l'oxygène de l'air pour former une couche d'oxyde blanc imperméable. On le trouve généralement à l'état d'oxydation (II) [17].

Il est principalement extrait sous forme de sulfure (ZnS : sphalérite) dont l'oxydation est généralement accompagnée d'une oxydation de la pyrite créant un contexte acide favorable à la mise en solution de différents ETM. Zn est largement utilisé pour la galvanisation de l'acier, mais aussi dans des produits cosmétiques (crèmes, shampoings), batteries, pigments et peintures. Les trois premiers métaux (Hg, Pb, Cd) se distinguent des autres métaux souvent considérés comme des oligo-éléments pouvant être utiles. Les premiers sont tous très toxiques (effets sur le système nerveux) et ont une durée de vie

très grande et une conductivité électrique élevée. Les métaux lourds ne présentent pas seulement un danger s'ils sont présents dans l'air, mais aussi dans l'eau et le sol.

I.6 Origines et sources:

Une quantité importante de métaux lourds est introduite dans l'environnement par l'intermédiaire de sources naturelles et humaines. Cette contamination a plusieurs origines telles que la combustion de fossiles, les gaz d'échappement des véhicules, l'incinération, l'activité minière, l'agriculture et les déchets liquides et solides. Mais elle peut également être d'origine naturelle via les volcans, l'activité des sources thermales, l'érosion, l'infiltration, etc. Le tableau 5 montre le rapport entre le flux lié à l'activité humaine et le flux naturel.

D'autre part, le cadmium, l'arsenic, et surtout le mercure et le plomb sont introduits dans l'environnement, de façon quasi exclusive par l'homme. [19].

Tableau I.2 Rapport activité/nature de la pollution en métaux lourds [19].

Elément	Flux lié à l'homme / Flux naturel
Chrome	161
Cadmium	1897
Arsenic	2786
Mercure	27500
Plomb	34583

I.7 Impacts sur la santé de l'homme:

Les métaux lourds peuvent atteindre l'homme par passage à travers la peau, ingestion (diffusion par gradient de concentration jusqu'à la circulation sanguine. Le plomb et le cadmium peuvent prendre la place du calcium et de la vitamine D en cas de carence) ou par inhalation (les vapeurs peuvent se dissoudre dans les muqueuses du système respiratoire ou

arriver dans la circulation sanguine par l'intermédiaire des alvéoles pulmonaires. Donc on peut résumer les effets des métaux lourds sur la santé humaine aux :

- ✓ Affection du foie et des reins
- ✓ Troubles du système nerveux (mémoire, fonctions sensorielles de coordination)
- ✓ Maladies respiratoires, asthme, malformations congénitales, cancers
- ✓ Cancers, troubles dermatologiques, anémie [19]

1.8 Les normes de rejets :

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et le journal officiel de l'Union européenne (UE), la réglementation ne touche que certains métaux lourds [20]. Le tableau 1.3 exprime les valeurs limites et les valeurs cibles de quelques métaux lourds selon l'OMS et la directive de l'Union européenne.

Tableau 1.3 les normes de rejet de quelques polluants dans l'air.

Colonne1	Colonne2	Colonne3	Colonne4
UE			OMS
polluant	Valeur limite	Valeur cible	Valeur limite
plomb	0,5 µg/m ³		0,5 µg/m
arsenic	---	6 ng/m ³	---
cadmium	---	5 ng/m ³	5 ng/m
nickel	---	20 ng/m	20 ng/m

I.9 Méthodes d'analyse des métaux associés aux particules:

La diversité des substances qui peuvent constituer les particules en suspension dans l'air, rend difficile leur mise en évidence. Cependant avec le développement technologique, plusieurs méthodes plus au moins développées permettent de déterminer certains constituants ainsi que leur concentration [22].

I.9.1 La spectrométrie d'absorption atomique (SAA) :

La spectrométrie d'absorption atomique (SAA) étudie les émissions ou absorptions de lumière par l'atome libre.

L'absorption des radiations électromagnétiques des régions visibles et UV du spectre par les atomes libres résulte d'un changement dans la structure électronique.

L'absorption de chaque élément est spécifique et permet de le déterminer. L'appareil qui permet de mettre en évidence est un spectrophotomètre qui donne l'absorbance de l'élément dosé. Après la calibration de l'instrument avec des standards de concentrations connues, les mesures des concentrations des éléments sont déterminées par une droite d'étalonnage. Dans le cas où les échantillons sont liquides ou solides, les atomes ou les ions doivent être vaporisés dans une flamme ou dans un four graphite [22].

I.9.2 La technique PIXE :

Le principe de la PIXE (Particle Induced X-ray Emission) est lié à l'atome et son cortège d'électrons. Le scénario se décompose en trois phases :

- En pénétrant dans l'échantillon à analyser, une particule du faisceau éjecte un électron proche du noyau d'un atome qui sera excité.
- Ce dernier ne reste pas dans l'état excité, un électron d'une orbite supérieure viendra combler le vide laissé lors de l'excitation.

Lors de ce réarrangement, l'atome émet un rayon X caractéristique pour libérer son excès d'énergie. Chaque élément chimique possède un rayon X caractéristique. Une fois ce dernier détecté, la reconnaissance des éléments contenus dans l'échantillon est possible [24].

I.9.3 Les rayons X :

Les rayons X sont des rayonnements électromagnétiques pénétrants dont la longueur d'onde est dix mille fois plus petite que celle de la lumière.

L'échantillon est bombardé par un rayonnement X issu d'une source radioactive. Ainsi l'atome devient excité, ce qui générera un déplacement de l'électron vers l'orbite supérieure. La case quantique laissée vide par l'électron éjecté sera prise par un électron d'un niveau plus élevé avec une énergie supérieure à celle de l'électron éjecté. La différence d'énergie (ΔE) des deux électrons est alors émise sous forme de rayon X caractéristique de cet atome. Et ainsi on peut déterminer la nature de l'élément irradié [24].

I.10 Minéralisation des échantillons et analyse des métaux lourds

Afin d'extraire les métaux lourds présents dans les particules fines collectées sur les filtres on procède à la minéralisation des échantillons.

La matière particulaire recueillie sur les filtres est mise en solution à reflux avec de l'acide nitrique et l'acide chlorhydrique (mélange volumique de 1/3) ensuite les solutions obtenues sont introduites dans l'ultrason pendant 45 minutes et après on a filtré ces dernières par l'utilisation de la technique de filtration sous vide. La préparation des échantillons à analyser est faite conformément à la norme ISO 9885 [21]

I.11 Résultat et Discussion

Dans cette partie on va évaluer le degré de pollution de l'air par les métaux lourds.

I.11.1 Etude des métaux lourds associés aux PM-10

Formées par voie naturelle ou lors d'un processus de combustion, de taille, de poids et de composition très variables, les particules fines peuvent véhiculer des métaux lourds présents à l'état de traces qui doivent être surveillés, car toxiques et pénétrants jusqu'aux alvéoles pulmonaires.

L'étude des métaux lourds Pb, Cd, Cr, Cu et Co associés aux particules fines a porté sur une vingtaine d'échantillons.

Les résultats obtenus sont présentés dans les figures ,,ces figures illustrent graphiquement l'évolution temporelle des teneurs atmosphériques en métaux lourds véhiculés par les PM10.

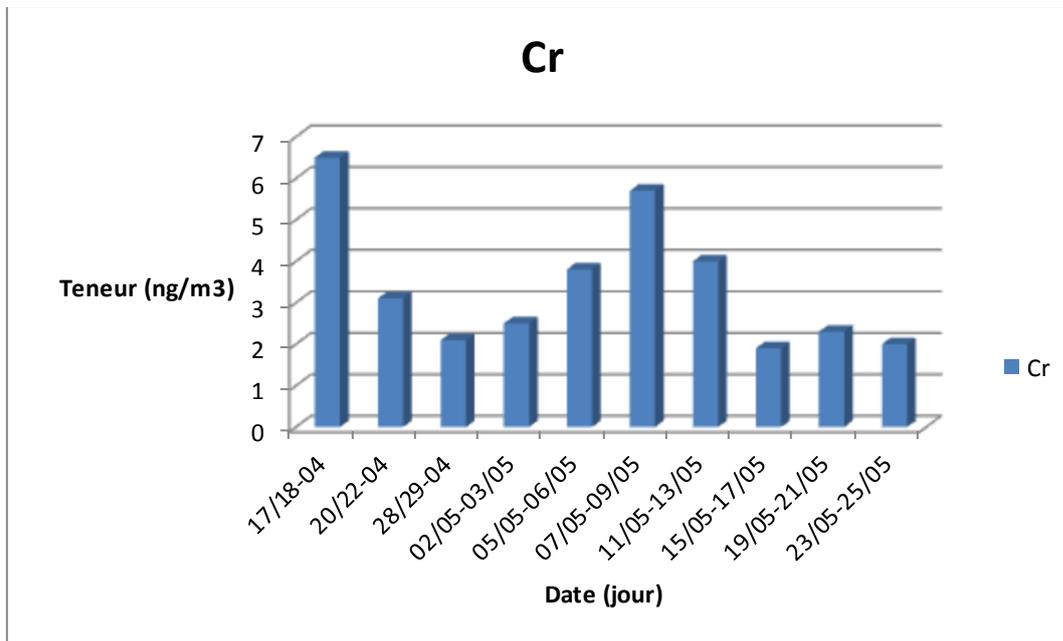


Figure 1.3 évolution temporelle des teneurs atmosphériques en Cr.

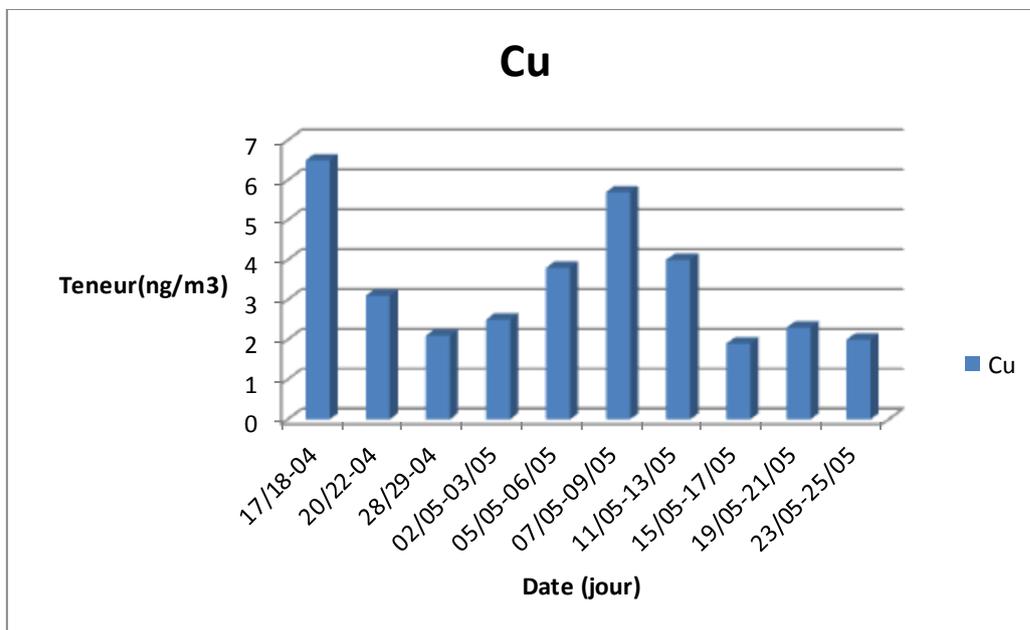


Figure1.4 évolution temporelle des teneurs atmosphériques en Cu.

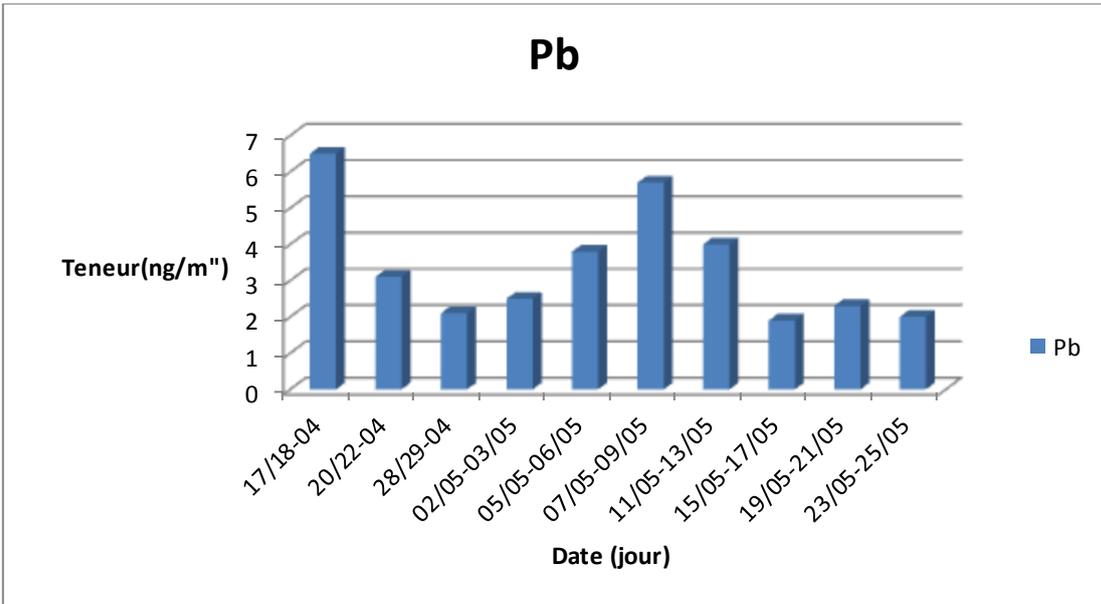


Figure1.5 évolution temporelle des teneurs atmosphériques en Pb.

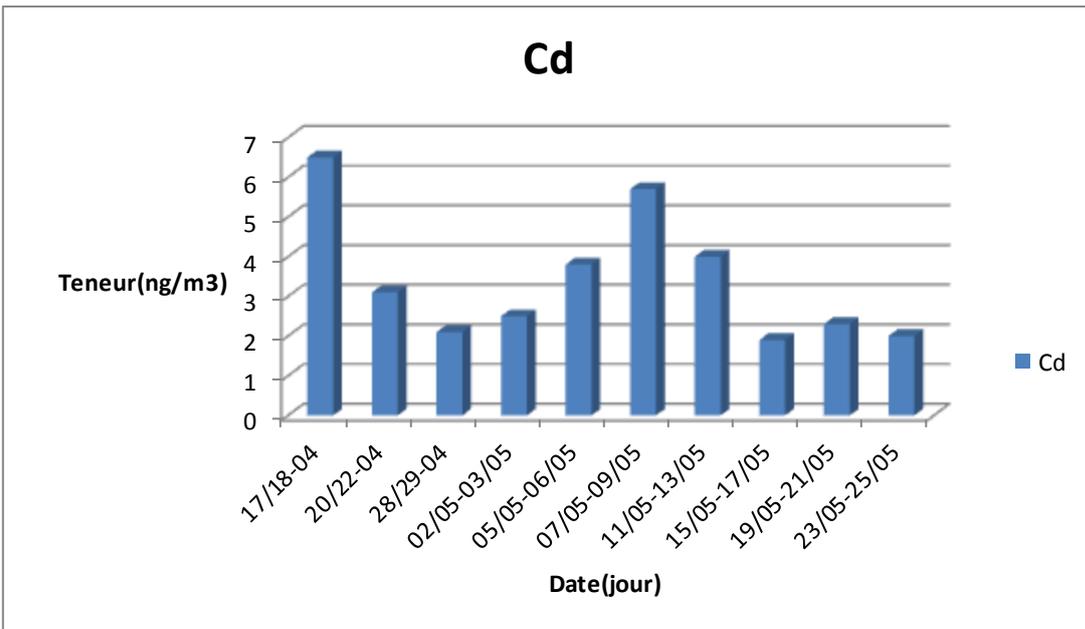


Figure1.6 évolution temporelle des teneurs atmosphériques en Cd.

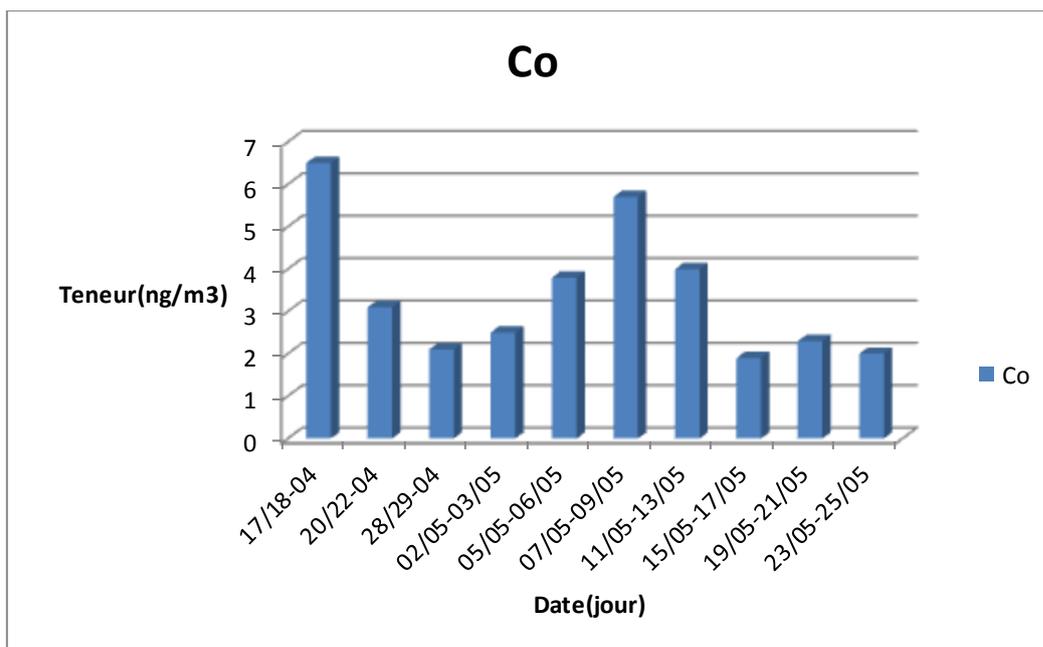


Figure 1.7 évolution temporelle des teneurs atmosphériques en Co.

Le tableau 1.4 résume les teneurs atmosphériques moyennes et maximales en métaux lourds étudiés.

Tableau I.4 teneurs atmosphériques moyennes et maximales en métaux lourds étudiés.

Paramètre	Pb	Cr	Cu	Cd	Co
teneur max (ng/m ³)	520	239,28	132	3,4	6,5
Teneur moy (ng/m ³)	301,27	127,71	59,2	1,53	3,44

Et la figure 1.8 nous montre les teneurs moyennes des métaux lourds étudiés

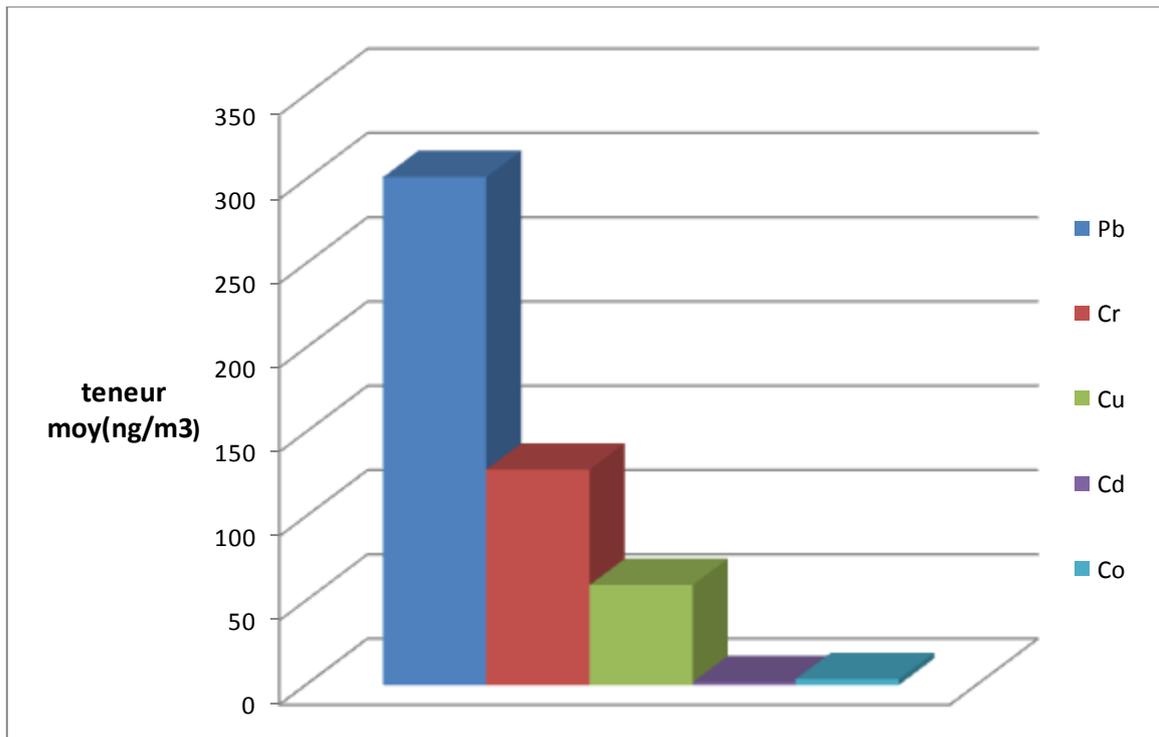


Figure I.8 teneurs moyennes des métaux lourds dans les PM10.

Parmi les métaux lourds étudiés, le plomb est de loin le composé majoritaire, Il varie de 155 à 520 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et la teneur moyenne est de l'ordre de 301,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les éléments Cd et Co sont les moins abondants et dans plusieurs échantillons ils sont à des teneurs non détectables.

La figure montre, qu'il n'y a pas de corrélation entre les teneurs en PM-10 et celles de Pb. Ainsi cela signifie qu'une forte pollution en PM-10 n'entraîne pas systématiquement une forte pollution par le plomb. Ceci peut s'expliquer entre autre par la présence importante de suies issues des émissions diesel qui augmentent les taux en PM -10 sans pour autant affecter les émissions de plomb.

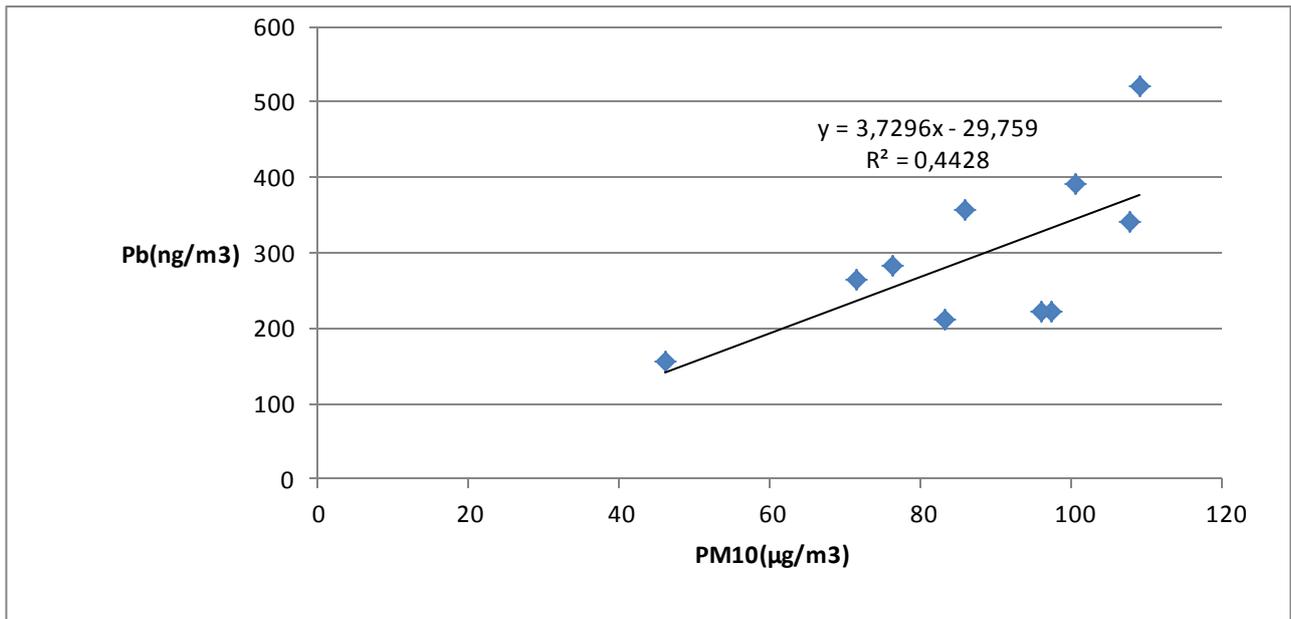


Figure I.9 Evolution des teneurs en plomb en fonction des teneurs en PM10

Ainsi globalement et à l'exception du Pb, les PM-10 mesurés en site de proximité ne véhiculent pas une pollution excessive par les métaux lourds à caractère toxique.

I.12 Conclusion

L'étude de certains métaux lourds (Pb, Cd, Cu, Cr et Co) associés aux particules fines montre, qu'à l'exception du plomb, les PM-10 ne véhiculent pas une pollution excessive par les métaux lourds à caractère toxique.

A la lumière de ces résultats nous proposons quelques réflexions pour réduire la détérioration de la qualité de l'air dans l'agglomération d'Alger :

- Rénover le parc automobile.
- l'intégration du pot catalytique dans tous les véhicules.
- L'utilisation des énergies propre comme le gaz naturel et le GPL comme carburant.
- Améliorer la fluidité de la circulation.

Miser sur un système de transport en commun performant et de qualité.

Références bibliographiques

- [1] CIRC, Monographies du CIRC sur l'évaluation des risques de cancérogénicité pour l'homme.
- [2] Segala C, Le Moullec Y, Festy B, «La pollution atmosphérique particulaire : les données épidémiologiques actuelles peuvent-elles aider aux choix métrologiques en termes de surveillance de la qualité de l'air» Convention ADEME-APPAN° 0462C0058 - Paris 19-8-2006, article résumé paru dans la revue Pollution Atmosphérique N° 196, octobre-décembre 2007.
- [3] Kerbachi R, Boughedaoui M, Koutai N et Lakki T: «La pollution par les oxydes d'azote et l'ozone dans la ville d'Alger». Poll. Atm, Avril-Juin 1998.
- [4] Kerbachi R, Boughedaoui M, Bounoua L et Keddam M : «Ambient air pollution by aromatic hydrocarbons in Algiers» Atm. Env., N°40, 2006.
- [5] Boughedaoui M, Kerbachi R et Joumard R : «Mesure de la pollution plombifère dans l'air ambiant d'Alger», Poll. Atm., N°121, 2004.
- [6] Kerbachi R, Boughedaoui M, Kerchich Y et Joumard R: «Evaluation de la pollution de l'air par les PM-10 à Alger». Int. Symp, Transport and Air Pollution, Avignon, France, 2-5 Juin, 2000.
- [7] L'air 40. atmo-alsace. [En ligne] <http://www.atmo-alsace.net/site/Lair-40.html>.
- [8] Christian Elichegarary : «Contribution de l'air: Sources, Effet, Prévention». Edition Dunod 2008.
- [9] El Yamani, Mounia : «Environnement et milieu: pollution atmosphérique urbaine». S.l : Afsset, juin 2006.
- [10] Pierre MASCLET, Pollution atmosphérique: Causes, conséquences, solutions, perspectives. Ellipses, 2005.
- [11] <http://www.airparif.asso.fr>
- [12] <http://www.atmo-france.org>
- [13] WEXLER, Harry. Météorologie et pollution de l'air. Etat Unis d'Amérique.
- [14] Maria Popescu. Jean-Marie Blanchard. Jean Carré, : Analyse et traitement physicochimique des rejets atmosphériques industriels: Emissions, fumées, odeurs et poussières. Editions Lavoisier TEC & DOC,1998.
- [15] Borm PJ, Robbins D, Haubold S, Kuhlbusch T, Fissan H, Donaldson K, Schins R, Stone V, Kreyling W, Lademann J, Krutmann J, Warheit D & Oberdorster E, The potential risks of nanomaterials: a review carried out for ECETOC. Part Fibre Toxicol 3-11(2006)

- [16] Masclet P.C, H.Cachier, « L'aérosol atmosphérique », analysis magazine, 26, N°09 ,1998.
- [17] Arthur.C, Stern, "Air pollution, air pollutants, their transformation and transport", Academic Press, Newyork, 1976.
- [18] Colls J., Air Pollution, an introduction, Ed. E et FN SPON, London, 1997.
- [19] U.A.Liebrich,« Effects of long term exposure to air pollution on lung function », SAPALDIA-Study, Am. J. Resp. Crit. Care Med., 149/4, A662, (1994).
- [20] Journal officiel de l'Union européenne. 1999
- [21] F.Wei, E.Teng, G.Wu, W.Hu, W.E.Wilson, R.S.Chapman, J.C.Pau, J. Zhang,«Ambient concentrations and elemental compositions of PM10 and PM2.5 in four Chinesecities », Environmental Science &Technology, Vol 33, (1999).
- [22] Chaboun et al.,Chahboun J., Salmon J.M., Viallet P., "Are histidine rings the mainpotential sites of the interaction betweenproteins and fluorescent MG²⁺ indicator MagIndo-1?",2007, Journal of Histochemistry and Cytochemistry, 1995.
- [23] Matteinietal.PietroPorcinai: Architetto Del Giardinoet Del Paesaggio de Milena Matteiniet al,1991.
- [24] Bouhila Zahra: Contribution à l'étude de la pollution de l'air par les métaux lourds en utilisant la méthode d'Analyse par Activation Neutronique. Mémoire de magister en Ingénierie et Environnement 2010.