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

UNIVERSITÉ d'ADRAR
FACULTÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MATIÈRE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER EN CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT

Thème

ETUDE DE LA POLLUTION DE L'AIR PAR LES TSP, LES PM ET ET LES METAUX LOURDS DU CENTRE D'ALGER

Soutenu le :

01/06/2014

Présenté par :

Mme : ZIOUCHI Karima

Membres de jury :

Président :

Mr.YOUNSI Maamer Maitre-assistant A

Promoteur :

Mr. LAKHDAI Lakhder Maitre-assistant A

Examinateurs :

Mr.KALLOUM Slimane Maitre de Recherche B

Remerciements

En premier lieu, je remercie le bon Dieu le Tout Puissant de m'avoir donné la volonté, la santé et le courage pour réaliser ce travail.

Je remercie Mr. BELAMERI Mohamed directeur de la division des techniques nucléaire au niveau de CRNA pour nous avoir fournir tout les moyens nécessaires pour réaliser notre travail.

pour la confiance qu'ilm'aaccordé en proposant ce sujet de mémoire. Son expérience scientifique, son apport moral et matériel, sa patience ainsi que sa disponibilité ont été déterminants dans l'aboutissement de ce travail. Qu'il trouve ici l'expérience ma gratitude pour le chemin parcouru.

Je remercie M^elle^BOUNEMIA ;Mr LAKHDARI pour le soutien qu'ils nous ont apporté tout au long de mon travail.

Je remercie profondément Mr.YOUNSSI dem'avoir fait l'honneur de présider le jury.

Je remercie tout particulièrement à Mr. KALOUME pour avoir accepter d'examiner ce modeste travail.

Ma profonde gratitude va à toutes les personnes qui ont contribué à ma formation.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mes parents

Pour leur énorme sacrifice à m'offrir le repos et le bonheur

Pour l'éducation qu'ils m'ont inculqué.

Pour leur entier engagement à être à mes cotés à chaque fois que J'en ai eu besoin soutien moral et matériel.

A mes beaux parents.

A mon mari Sofiane.

A mon frère Younes.

Ames sœurs Amel et Amina, Maroua

A toute ma grande famille.

A tout mes amis.

Ainsi qu'à tous ceux qui me sont chers.

KARIMA

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Les différentes sources de la pollution atmosphérique……..3

Figure I.2: Schéma illustrant le phénomène d'inversion thermique…….…6

Figure I.3: Émissions, transformation et dépôts des polluants…….…7

Figure I.4 : Schéma des principales sources de particules atmosphériques……9

Figure I.5 : L'appareil respiratoire et la pénétration des particules……10

Figure II.1 : La zone de prélèvement Alger centre…….22

Figure II.2 : Centre de recherche nucléaire d'Alger (CRNA)……23

Figure II.3 : Schéma représentant le fonctionnement du dispositif de prélèvement.. 25

Figure II.4 : L'échantillonneur Gent Sampler…….……...…25

Figure II.5 : La cassette de l'échantillonneur Gent Sampler……...…26

Figure II.6 : Les échantillons prélevés……26

Figure II.7 : La balance de mesure ……26

Figure II.8 : Filtre de polycarbonates avant collecte …….27

Figure II.9 : Filtre de 8µmaprès collecte…….27

Figure II.10 : Filtre de 0.4µm après collecte……27

Figure II.11 : L'échantillonneur haut débit ……28

Figure II.12 : Porte filtre de L'échantillonneur……..28

Figure II.13 : Filtre en ester cellulose avant collecte……..28

Figure II.14 : Filtre en ester cellulose après collecte……28

Figure II.15: Schéma illustrant le principe du spectromètre à rayon X…….30

Figure II.16 : Exemple d'un Spectre caractéristique obtenu avec le WDXRF……...30

Figure II.17 : Spectromètre d'émission à plasma JY 32…….33

Figure II.18 : micro-ondes de digestion……..34

Figure II.19 :portes échantillons de micro- ondes…….34

Figure III.1 : Évolution des teneurs en PM 10 et PM 2,5 mesurées à Alger centre...37

Figure III.2 : Comparaison de la teneur de PM2 ,5 et la valeur guide……..38

Figure III.3: Comparaison de la teneur de PM 10 et la valeur guide…….38

Figure III .4 : Variation de charge des filtres et variation des éléments climatiques fonction du jour de prélèvement……..41

Figure III.5: Évolution des concentrations de Zn dans PM10 et PM2,5mesurées à Alger. ……..……42

Figure III .6: Évolution des concentrations de Cu dans PM10 et PM2,5mesurées à Alger ……..43

Figure III .7: Évolution des concentrations de Ni dans PM10 et PM2,5mesurées à Alger……43

Figure III .8: Évolution des concentrations de Mn dans PM10 et PM2,5mesurées à Alger……..……44

Figure III .9: Évolution des concentrations de Fe dans PM10 et PM2,5.mesuréesà Alger……44

Figure III .10: Évolution des concentrations de Cr dans PM10 et PM2,5mesurées à Alger……45

Figure III .11: Évolution des concentrations de Ti dans PM10 et PM2,5 mesurées Alger……..46

Figure III .12: Évolution des teneurs en TSP en fonction durée de prélèvement….47

Figure III .13: Variation de charge des filtres et variation des éléments climatiques en fonction durée de prélèvement……49

Figure III .14: Teneurs en Plomb détectées par XRF et ICP……..…50

Figure III .15: Teneurs en Cuivre détectées par XRF et ICP……50

Figure III .16 : Teneurs en Manganèse détectées par XRF et ICP…….51

Figure III .17: Teneurs en Zinc détectées par XRF et ICP…….....51

Figure III .18: Teneurs en Nickel détectées par XRF et ICP……52

Figure III .19: Teneurs en Fer détectées par XRF et ICP……...52

Figure III .20 : Teneurs en Titane détectées par XRF et ICP…….....53

Figure III .53: Teneurs en Chrome détectées par XRF et ICP……...53

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Principaux types de transport atmosphérique des polluants……4

Tableau I.2: normes française et européenne pour les particules PM10…….....13

Tableau I.3 : recommandation de l'organisation mondiale de la santé pour les particules PM 10 et PM 2.5……..13

Tableau I. 4: Valeurs limites de quelques métaux toxiques dans l'air selon l'OMS et la directive Européenne……20

Tableau II.5. Avantages et inconvénients de l'utilisation des échantillonneurs LVS et HVS……..24

Tableau III.1: Les teneurs en PM2.5 en Coarse et PM10……36

Tableau III 2: les teneurs en tsp (ug/m^3) mesuréesa Alger centre……46

LISTE DES ABRÉVIATIONS

CRNA : Le Centre de Recherche Nucléaire d'Alger.

DE : Directive Européenne.

HVS : High Volume Sampler.

ICP : InductivelyCoupled Plasma

LVS : Low Volume Sampler.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

PM : ParticulateMatter(matière particulaire).

PM 2,5 : Particules dont le diamètre aérodynamique est inférieur ou égale à 2,5 micromètres.

LVS : Low Volume Sampler.

PM 10 : Particules dont le diamètre aérodynamique est inférieur ou égale à 10 micromètres.

PPM : Partie Par Million.

XRF : X Ray Fluorescence.

SOMMAIRE

Introduction générale…….**1**

CHAPITERIGENERALITE SUR LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

I.1.la pollution atmosphérique……3

I.1.1. Définitions ……..…….…….....3

I.1.2. les sources de la pollution atmosphérique ……...3

I.1.3. Les niveaux de pollution ……...……...……....4

I.1.3.1. La pollution à l'échelle locale……...……..4

I.1.3.2. La pollution à l'échelle régionale ……..….……...4

I.1.3.3. La pollution à l'échelle planétaire ……...……..4

I.1.4. Les facteurs régissant l'évolution des polluants ……...……4

I.1.4.1 les facteurs météorologiques …….……..5

I.1.4.2 les facteurs topologiques ……6

I.2. la pollution atmosphérique par les particules en suspension……...……..8

I.2.1 sources aérosols ……..……8

I.2.1.1 les sources naturelles ……..……....……8

I.2.1.2 sources anthropogéniques …….……...9

I.2.2. La classification des particules en suspension en fonction de leur dimension .10

I.2.3. Modes de formation des particules……...……11

I.2.3.1. Nucléation des gaz……..11

I.2.3.2. Condensation des gaz sur l'aérosol…….……11

I.2.3.3. Coagulation……11

I.2.4. Les effets des particules en suspension sur l'homme et l'environnement …....11

I.2.4.1. Les effets sur la santé humaine ……..11

I.2.4.2. Les effets sur le bâti et les écosystèmes …….. .12

I.2.4.3. Les effets sur le climat ……..12

I.2.5. La réglementation Française et Européenne …….....12

I.2.5.1.Normes relatives à l'exposition chronique ……12

I.2.5.2. La réglementation étrangère ……..13

I.2.5.3. La réglementation Algérienne ……13

I.3. La pollution par les métaux lourds ……...……14

I.3.1. Définitions des métaux lourds …….....15

I.3.2. Les sources des métaux lourds……...……15

I.3.2.1. les sources d'originenaturelle.……15

I.3.2.2. Les sources d'origine anthropique ……..15

I.3.3. Caractéristiques de quelques métaux lourds …….……15

I.3.4. Les effets des métaux lourds…….....17

I.3.4.1. Les effets des métaux lourds sur la santé humaine …...……17

I.3.4.2. Les Effets des métaux lourds sur l'environnement……..19

I.3.5. Réglementation et quelques normes des métaux lourds……19

I.3.5.1. La réglementation internationale ……..19

I.3.5.2. La réglementation Algérienne……..20

CHAPITRE II MATERIELS ET METHODES

II.1. Le milieu d'expérimentation……22

II.1.1. Le choix du site de prélèvement ……...22

II.2. Prélèvement et échantillonnage ……...23

II.2.1. Choix de préleveur ……...23

II.2.2. Dispositif de prélèvement …….....24

II.3. Détermination des teneurs en particules totales en suspension(TSP) ……29

II.4. Analyse des filtres par XRF (X-Ray Fluorescence)…….. ……..29

II.4.1. Le principe de la technique…….……..29

II.4.2. Les étapes d'analyse …….31

II.4.3. Préparation des filtres standards …….….31

II.4.4. Préparation de blanc (Filtre vierge) …….32

II.4.5. Calcule des concentrations ……..….32

II.5. Analyse des filtres par Spectrométrie d'émission à plasma ……32

II.5.1. Définition ……..32

II.5.2. Principe de la technique ……33

II.5.3. Préparation les échantillons par l'analyse L'ICP ……..34

II.5.3. Détermination de la concentration ……34

CHAPITRE IIIRÉSULTATS ET DISCUSSION

III.1. Interprétations les résultats de la première période :……...36

III.1.1. Étude des teneurs en PM2.5, coarse et PM10 :……...36

III .1.2. Étude de la pollution atmosphérique par les métaux lourds……... 42

III.2. Interprétations les résultats de la Deuxième période ……..46

III.2.1. Étude des teneurs en TSP ……...46

III.2.2. Étude de la pollution atmosphérique par les métaux lourds……50

Conclusion générale…….....55

Références Bibliographiques
Annexe
Résumé

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'homme a besoin pour vivre de respirer de l'oxygène dilué de gaz inertes. Il se trouve dans l'atmosphère un mélange convenable d'oxygène et d'azote ,mais suivant l'endroit de la surface ou il vit, il respire en outre, inévitablement ,divers gaz, vapeurs et aérosols, de composition et de concentrations variables, dont les uns sont physiologiquement inertes et dont les autres provoquent des réactions allant de gêne légère à l'intoxication grave.[1]

La pollution atmosphérique est devenue un problème d'intérêt général avec l'avènement de technologie. Elle résulte de la présence dans l'air de substances à l'état gazeux ou particulaire, qui sont toxiques, irritantes ou gênantes pour l'homme, soit directement soit par suite de leurs effets nocifs sur les animaux, la végétation ou les biens.

La pollution de l'air par les particules en suspension a constitué ces dernières années une attention particulière pour les organismes de la santé en particulier l'OMS. De par leur finesse et les interactions qu'elles subissent, ces particules séjournent longtemps dans l'air, comme elles véhiculent principalement des imbrulés et noyaux carbonés des processus de combustion, des particules acides, des éléments minéraux et ainsi que de divers métaux lourds qui jouent sans doute un rôle important dans la toxicité de l'aérosol.

Pour mieux connaitre et maitriser la pollution de l'air, il est nécessaire de savoir quelles sont les sources de pollution, de les identifier et les quantifier. Cette connaissance permet ensuite de prendre des mesures de réduction des émissions à la source. Les échantillonnages sont également une donnée de base nécessaire pour réaliser des évaluations sur la qualité de l'air et estimer les impacts de cette pollution sur la santé humaine et les écosystèmes.

En Algérie le manque de données relatives à la qualité de l'air fait que l'impact de cette forme de pollution sur la santé et l'environnement soit mal connu.

D'où un énorme travail nous attend dans ce domaine pour essayer de combler les lacunes et arriver un jour à mieux maitriser la pollution de l'air par ces différents agents nuisibles.

Dans ce travail, Nous nous sommes intéressés d'étudier les niveaux de pollution de l'air principalement par les particules en suspension et par les métaux lourds d'un site urbain à forte densité de population. Il se situe dans le contexte de continuité des travaux qui sont effectués au niveau de centre de recherche nucléaire d'Alger (CRNA) sur l'étude de la pollution de l'air par les particules inhalables.

A cet effet, notre présent travail est constitué de trois parties, théorique, matériels et méthodes et la dernière partie résultats et discussions.

Nous commençons par une introduction générale suivie d'une partie théorique de généralité sur la pollution atmosphérique, la partie suivante définit le site d'étude le matériels et méthodes utilisé sur terrain. La dernière partie présente les résultats trouvés et à l'aide des différentes techniques d'analyse utilisée pour le dosage des éléments dans les échantillons prélevés de filtres avec leurs interprétations, Enfin nous terminerons par une conclusion générale et les perspectives en vues.

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

I.1. POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

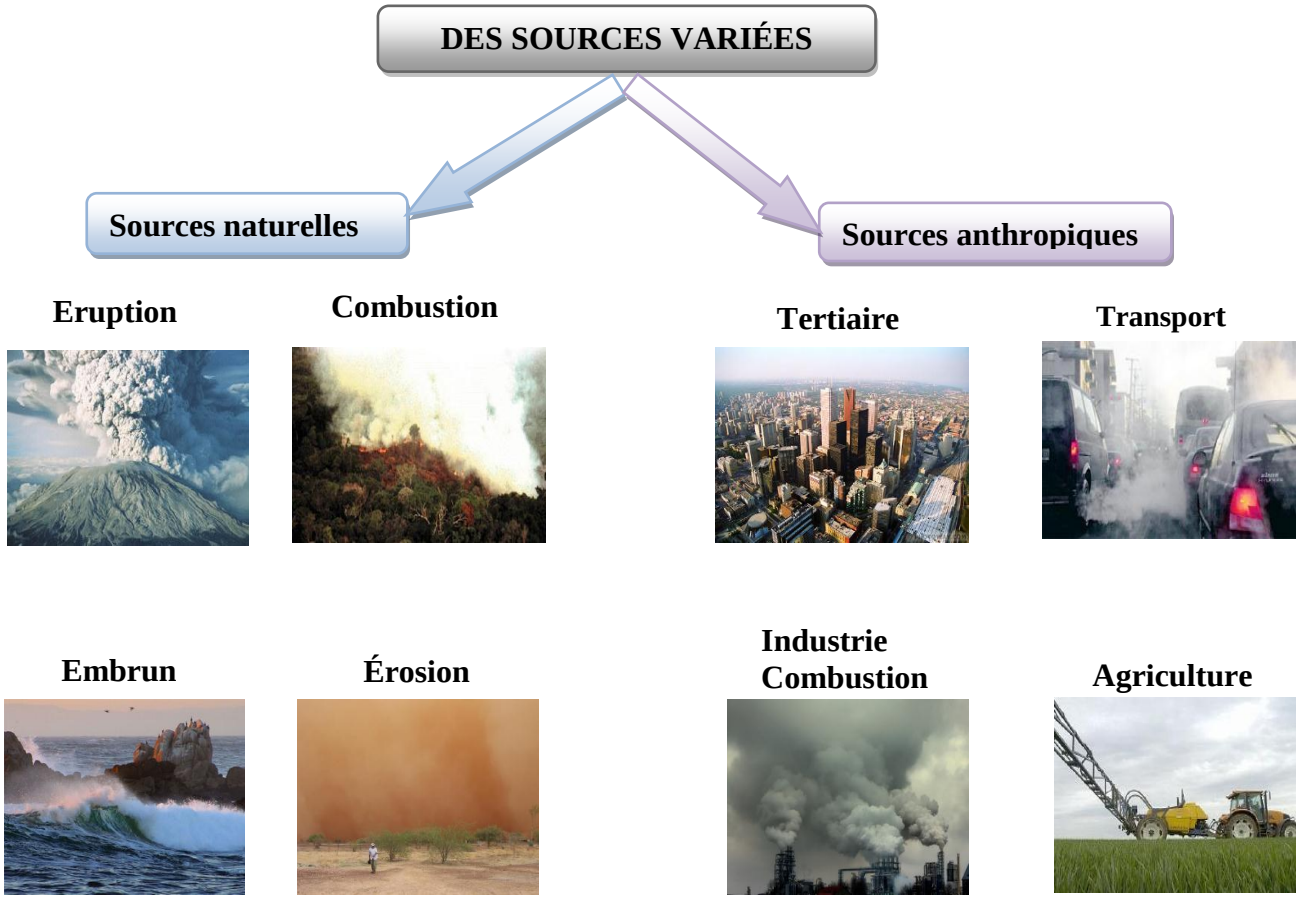
I.1.1.Définitions :

Selon la communauté économique européenne, en 1967, il y a pollution de l'air lorsque laprésence d'une substance étrangère ou une variation importante dans la proportion de ses constituants est susceptible de provoquer un effet nuisible, compte tenu des connaissances scientifiques du moment, ou de créer une gêne. [1]

Selon la loi française sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996, c'est l'introduction par l'homme,directement ou indirectement dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives. [1]

I.1.2.Les sources de la pollution atmosphérique:

Les sources de la pollution atmosphérique sont de deux types pollution naturelle et une pollution anthropique. (FigureI.1)[2].



FigureI.1**:** Les différentes sources de la pollution atmosphérique.

I.1.3. Les niveaux de pollution

I.1.3.1.*La pollution à l'échelle locale*

Dans les agglomérations urbaines ou encore dans les sites industriels, les émissions sont importantes et les concentrations en polluants primaires vont atteindre des valeurs élevées, en particulier lors des situations défavorables à la dilution. Les situations les plus favorables pour l'accumulation de ces polluants vont se rencontrer en hiver lors des situations de haute pression atmosphérique (anticycloniques) souvent accompagnées de brouillard ou de nuages bas. À cette échelle, la pollution produit des effets sur la santé humaine.

I.1.3.2. *La pollution à l'échelle régionale*

La pollution atmosphérique se manifeste aussi à l'échelle régionale. Les niveaux de concentration ne sont aussi élevés que localement. La pollution à cette échelle ne connait pas de frontières en pays et on l'appelle pollution transfrontière. Elle provoque des effets spectaculaires comme l'acidification des eaux de surface et le dépérissement des forets.

I.1.3.3. *La pollution à l'échelle planétaire*

Elle affecte toute la planète et ses répercutions sont plus spectaculaires et plus médiatisées. Les plus connues sont la destruction de la couche d'ozone dans la stratosphère et les modifications climatiques dues à l'effet de serre.

Le tableau I.1 résume les principaux types de transport atmosphérique des polluants.

Tableau I.1 **:** Principaux types de transport atmosphérique des polluants. [3]

Échelle de distance	Mécanismes de transport	Mécanisme d'élimination
Locale (0 – 50 Km)	Vents dominants	Déposition
Moyenne (50-1000 Km)	Mélanges dans la troposphère Critères climatiques	Dépôts, suspension et photochimie
Globale	Circulation générale	Puits océaniques et arctiques

I.1.4. Les facteurs régissant l'évolution des polluants

Une fois dans l'air, les polluants atmosphériques seront disperses et subiront des modifications physico-chimiques. Quelques-uns y resteront et d'autres se déposeront dans la nature. Le facteur principal implique dans l'évolution d'un polluant est la météorologie puis vient, avec un degré moindre, la topographie. [4]

I.1.4.1.Les facteurs météorologiques

➢ *L'influence du vent*

C'est un facteur essentiel expliquant la dispersion des émissions des polluants, le vent intervient tant par sa direction pour orienter les panaches de fumée que par sa vitesse pour diluer et entrainer les émissions .La dispersion des polluants augmente avec la vitesse et la turbulence du vent.[1]

➢ *L'influence de la chaleur et de la température*

La température agit sur la chimie des polluants : la volatilité de certains gaz diminue en période froide tandis que la chaleur estivale est nécessaire à la formation photochimique de l'ozone.

Avec l'altitude, l'air se refroidit selon un gradient de 0,65°C par 100 m. Lorsque ce gradient est plus élevée en raison de la chaleur au sol ou de la présence de l'air froid en altitude, l'atmosphère deviendra instable et favorisera les mouvements ascendants des masses d'air et donc la dispersion des polluants vers le haut sera rapide.

Au contraire, lorsque le sol est froid ou l'air en altitude est chaud on dit que l'air est stable, donc il n'y aura pas de mouvements verticaux des masses, ce qui s'opposera à la diffusion des polluants. [1]

➢ *La présence de pluies*

La présence de pluies (ou de neiges) conduit à une diminution de la pollution. Cette dernière se fera par deux phénomènes de lessivages de l'atmosphère par les pluies qui sont :

- L'incorporation des gaz solubles dans les gouttes d'eau des nuages *(in Cloud).*
- Le lessivage des particules sous les nuages par les pluies *(Under Cloud).*[5]

➢ *L'inversion thermique*

Ce sont des cas particuliers où la stabilité de l'air est particulièrement importante puisque la température, au lieu de s'abaisser avec l'altitude, augmente jusqu'à un certain niveau appelé niveau d'inversion. Ce niveau représente une discontinuité thermique qui bloque toute possibilité d'échange vertical. Dans ce cas ces polluants sont bloqués dans les basses couches de l'Atmosphère.(Figure I.2)

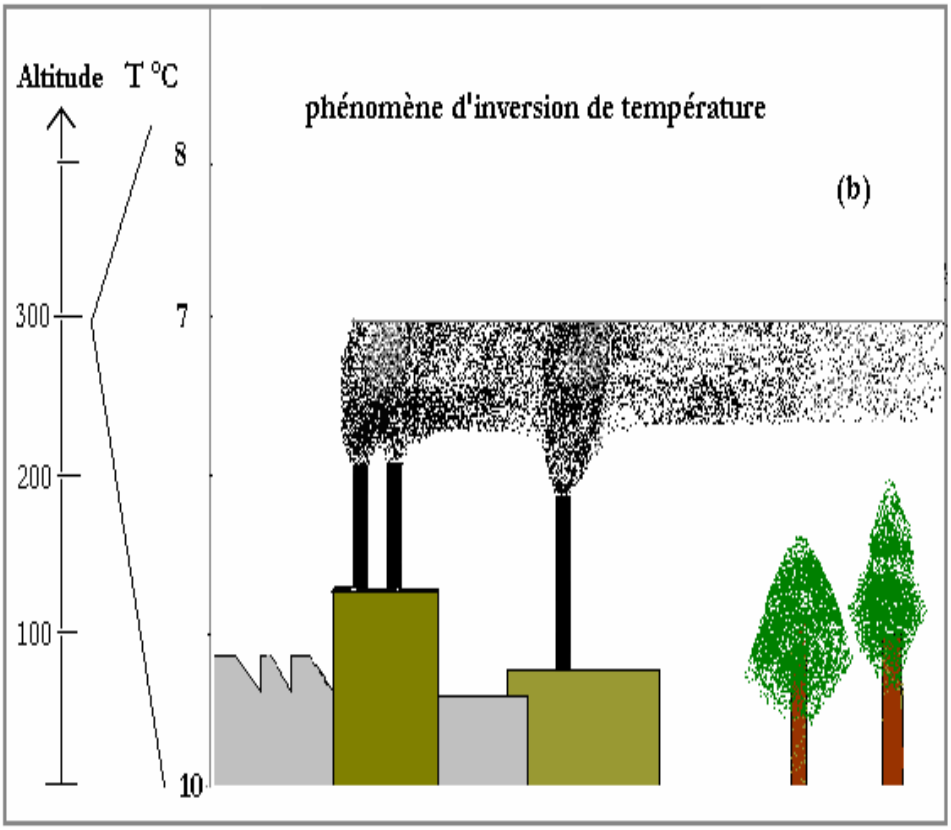


Figure I.2: Schéma illustrant le phénomène d'inversion thermique. [4]

➢ *L'effet de brises*

En bord de mer, les écarts de températures entre la mer et le continent vont entrainer des circulations d'air local. Pendant le jour, au printemps ou en été, le continent est plus chaud que la mer. Une dispersion thermique se crée sur le continent et il s'établit pour la combler une brise de mer, soufflante dans les basses couches de la mer sur la terre. En altitude, à quelques 100 aines de mètres, un écoulement de retour s'établit de la terre vers la mer. Pendant la nuit, la circulation s'inverse, la mer étant plus chaude que le continent. Ces phénomènes de brises entrainent une circulation locale des polluants, qui s'accumulent dans la cellule de brises, pouvant entrainer de sérieux problèmes. [6]

I.1.4.2. Les facteurs topographiques

Les effets de la topographie sont aussi importants dans les mécanismes de diffusion des polluants. La stabilité atmosphérique combinée à une topographie complexe empêche la circulation de l'air et donc l'évolution des polluants.

La topographie d'un site peut influencer la circulation des masses d'air. Par exemple les rues canyon, les bords de mer et les vallées peuvent modifier la dispersion des polluants.[7]

- *Le littoral*

La nuit, les masses d'air ne se déplacent pas dans le même sens que le jour. En effet, durant la journée, la brise de mer ramène les polluants sur les côtes. Mais la nuit, ce phénomène s'inverse car le sol se refroidit plus vite que la mer. La pollution est alors renvoyée sur la mer.

- *Les vallées*

Les masses d'air ne se déplacent pas dans le même sens de jour et de nuit. Le jour l'air s'échauffe sur les pentes et crée un courant qui remonte la vallée ce qui fera que les polluants se dispersent rapidement. Mais de nuit ce phénomène s'inverse : l'air froid s'écoule le long des pentes et s'accumule au fond de la vallée tout en descendant. La pollution évacuée la journée est alors ramenée dans la vallée la nuit (Figure I.3).

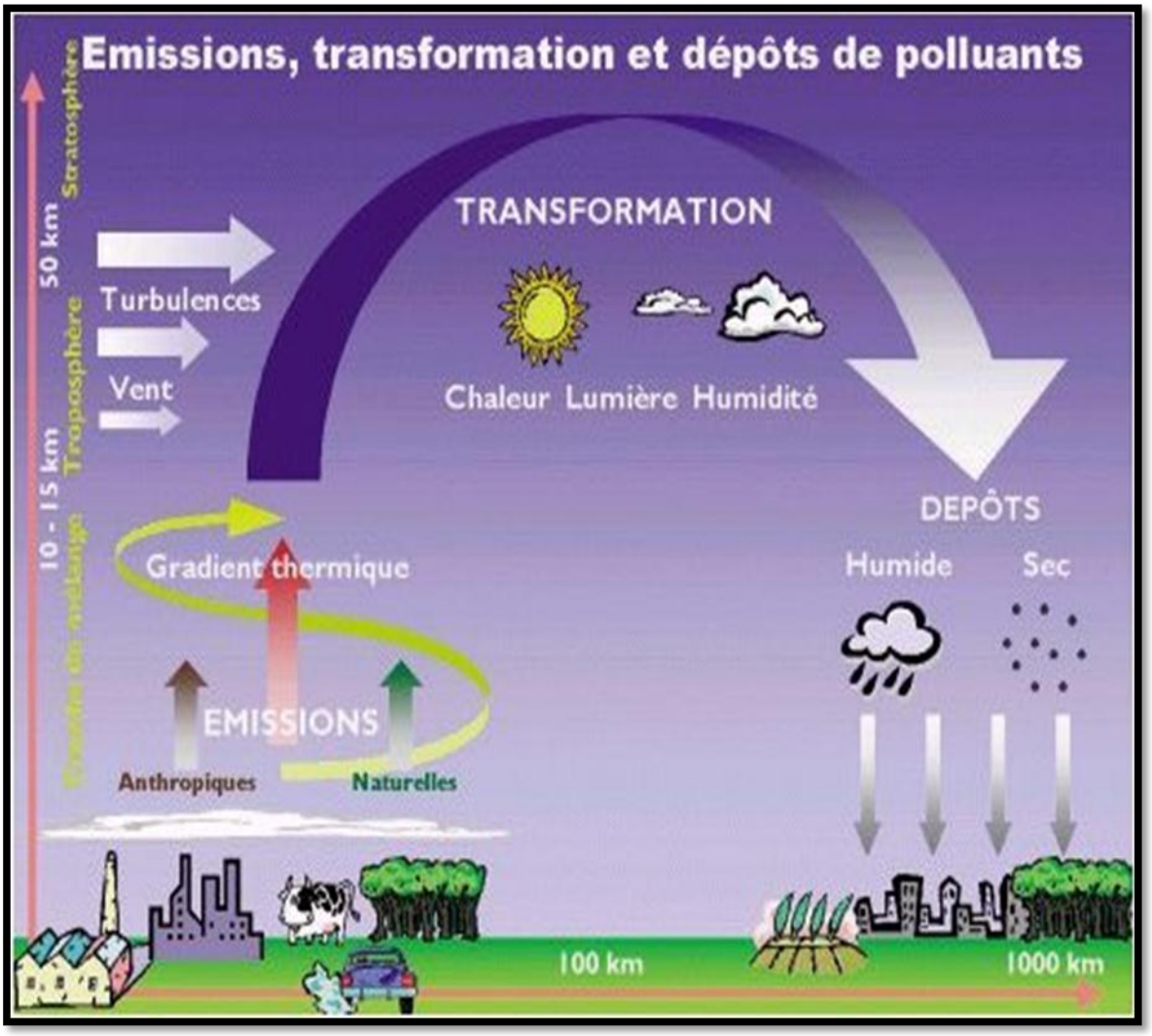


Figure I.3: Émissions, transformation et dépôts des polluants.[8]

I.2. LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE PAR LES PARTICULES EN SUSPENSION

Pour aborder les travaux sur la pollution par les particules, un certain nombre de termes doivent être connus. Les particules, qui correspondent à un état divisé de la matière, sont souvent désignées sous le terme d'aérosol. Un aérosol est le mélange d'un gaz, en général l'air, et de fines particules en suspension. Pour que les particules d'un aérosol restent en suspension dans le gaz, il faut que leur vitesse de chute soit faible.

Différents termes sont utilisés pour décrire des types d'aérosols, et cela suivant la forme, le comportement, l'origine des particules, etc., mais cette terminologie n'est pas toujours respectée. Les poussières sont des particules solides, les plus sauvant supérieures à 1 µm.[6]

I.2.1.Source d'aérosols

À l'échelle mondiale, les particules en suspension sont principalement d'origine naturelle (embruns océaniques, éruptions volcaniques, feux de forêts et érosion éolienne des sols), et/ou anthropogénique. Ces différentes sources sont bien expliquées et illustrées dans la(Figure I.4).

I.2.1.1.Les sources naturelles

Il existe trois sources principales d'aérosols primaires naturels :

- *La source terrigène*

Ces particules sont générées par l'érosion des sols sous l'action du vent, notamment dans les régions désertiques.[9]

- *La source marine*

Sous l'action des vagues, des gouttelettes d'eau sont projetées dans l'atmosphère.Après évaporation de l'eau de mer, les sels marins se retrouvent dans l'atmosphère et constituent des aérosols, dont la composition est proche de celle de l'eau de mer.[9]

- *La source biogénique*

L'aérosol biogénique provient de l'émission directe par les plantes d'hydrocarbures lourds, de pollens, des spores, ainsi que des débris végétaux.
Des grandes quantités d'aérosols sont également émises lors des éruptions volcaniques, mais cela reste une source épisodique de particules.[9]

I.2.1.2. Sources anthropogéniques

Les activités humaines génèrent des particules notamment les processus de combustion (combustibles fossiles: charbons, mazout, bois, …). Des particules sont rejetées par des installations de chauffage domestique, notamment au mazout et au bois surtout lorsqu'ils sont mal réglés. Les véhicules à moteur, notamment au Diesel, représentent des sources mobiles libérant des particules fines. Certaines sources d'émission industrielles comme celles en provenance de centrales thermiques et électriques ainsi que d'usines d'incinération d'ordures ménagères comportent une libération de particules. Les sources d'émission industrielles (sont assez facilement contrôlables en imposant des valeurs limites aux gaz et aux poussières rejetées à l'air ambiant par la cheminée. [10]

Les particules fines peuvent transporter des composés toxiques parmi lesquels citons : sulfates, hydrocarbures, métaux lourds et metalloïdes tels que plomb, chrome, nickel, cadmium, mercure, arsenic, béryllium, zinc, etc. L'air pollué peut également contenir de l'ammoniac NH_3, capable de former des sels solides avec les gaz acides (sulfites et sulfates avec SO_2 et SO_3, nitrites et nitrates avec No_x).NH 3 provient en grande partie des installations de production d'engrais et de l'utilisation de ceux-ci.[10]

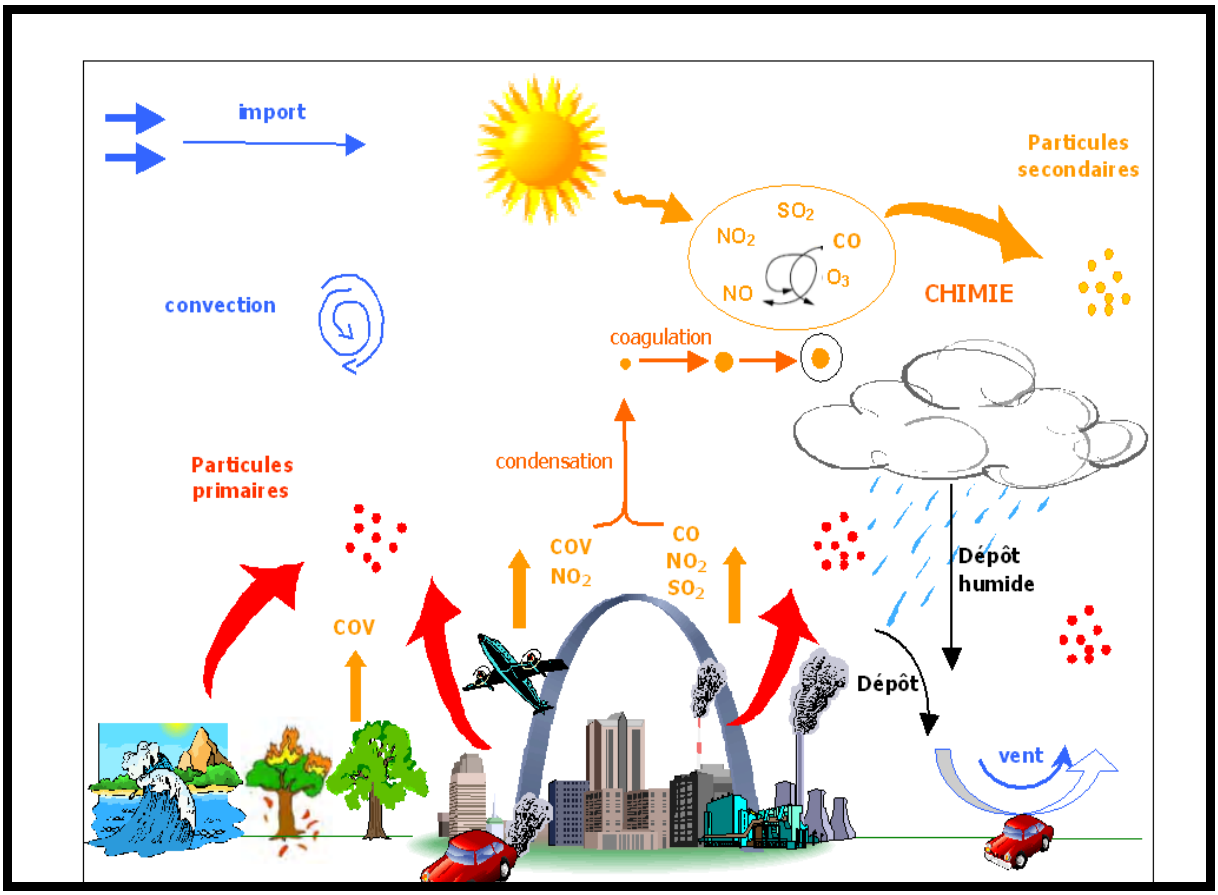


Figure I.4 : Schéma des principales sources de particules atmosphériques.

I.2.2. La classification des particules en suspension en fonction de leur dimension

Les particules peuvent être définies comme une matière solide ou liquide dont le diamètre effectif est plus grand qu'une molécule mais plus petit qu'approximativement 1 mm Les diverses particules ainsi dispersées dans l'air peuvent se classer en catégories distinctes par ordre décroissant de tailles (comprises entre 0,01 et 100 µm, dont la majorité entre 0,1 et 20 µm). [11]

Les particules sédiment ables (poussières) sont constituées de particules d'un diamètre supérieur à 10 µm (20 en moyenne), se localisent au-dessous de 3000 m et retombent rapidement dans les environs de leurs sources d'émission.[11]

- *Les PM10* : Sont les particules dont le diamètre est inférieur a10µm, elles sontretenues par les voies aériennes supérieures, donc elles n'atteignent pas les organes internes de l'appareil respiratoire.

- *Les PM 2,5 :*Sont des particules fines, dont le diamètre est inférieur à 2,5 µm.
- *Les PM 1:*Particules dont le diamètre est inférieur à 1µm.
- *Ultrafines:* Particules dont le diamètre aérodynamique moyen est inférieur à 0.1 μm.
- *Nanoparticules:*Particules de diamètre aérodynamique moyen inférieur à0.05 ou 0.03 μm.[11]

Les PM 2,5, les PM 1, les particules Ultrafines et les Nanoparticules sont potentiellement les plus toxiques, car elles peuvent pénétrer profondément dans les poumons et les organes interne. (Figure I. 5)

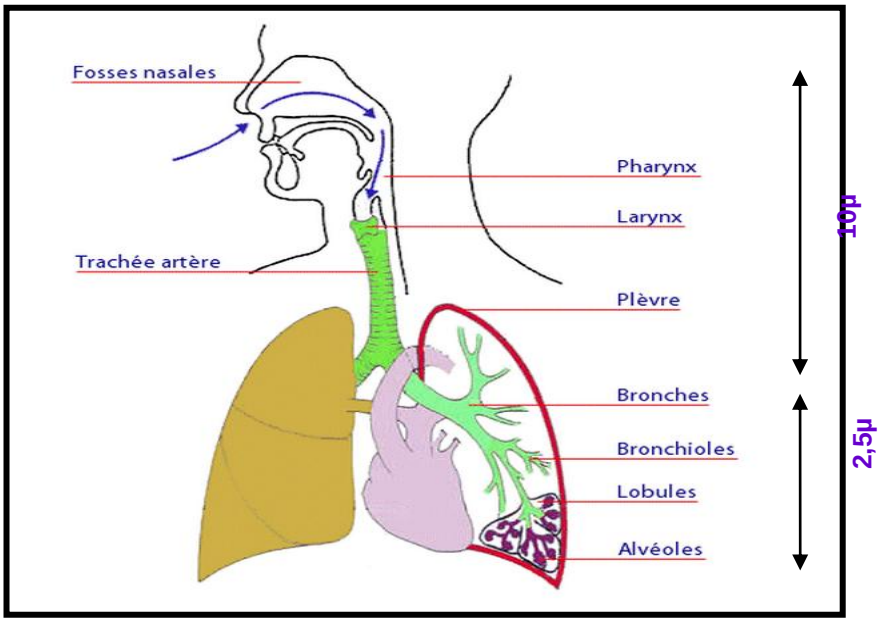


Figure I.5 **:** l'appareil respiratoire et la pénétration des particules.

I.2.3.Modes de formation des particules

Il existe trois modes de formation des particules

I.2.3.1.Nucléation des gaz

Le mode principal de formation des aérosols est la nucléation de molécules de gaz formant des amas qui se solidifient ensuite. Ce mécanisme a lieu lorsque la pression de vapeur s'abaisse suffisamment.[12]

I.2.3.2.Condensation des gaz sur l'aérosol

La condensation est le dépôt, sous forme de vapeur, de matière gazeuse sur des particules déjà existantes, formées par le processus de nucléation. C'est un mode d'adsorption. Ce mécanisme est contrôlé par la loi cinétique des gaz pour les fines particules. Pour les grosses particules, c'est la diffusion qui contrôle le mécanisme. La charnière entre les deux mécanismes a lieu pour des particules voisines de 1 µm. [12]

I.2.3.3. Coagulation

Enfin, dans le dernier processus, les particules se regroupent lors de collisions entre elles. Un choc entre deux particules conduit à la formation d'une particule plus grosse. [12]

I.2.4.Les effets des particules en suspension sur l'homme et l'environnement

I.2.4.1. Les effets sur la santé humaine

À ce jour, les effets des aérosols sur la santé ont fait l'objet de nombreuses études, et il est aujourd'hui admis que les particules jouent un rôle important dans les effets sanitaires engendrés par la pollution atmosphérique. [13]

Les principaux effets mis en évidence sont des troubles cardio-respiratoires qui peuvent survenir à court terme (dans les quelques jours à quelques semaines suivant l'exposition), ou bien à long terme (suite à une exposition chronique sur plusieurs années).

Les particules atmosphériques peuvent déclencher des réactions inflammatoires, une amplification des réactions allergique, des maladies respiratoires obstructives chroniques (asthme), un stress oxydant, mais aussi un remodelage irréversible des tissus pulmonaires et une modulation de l'expression des gènes peuvent conduire à l'apparition de cancer.[13]

À ce jour, il n'a pas été mis en évidence de seuil en dessous duquel les particules seraient inoffensives. En revanche, les concentrations accrues de particules augmentent les risques d'effets délétères (symptômes, hospitalisation, décès,). Les autres facteursdéterminants dans les effets sur la santé sont la taille, la morphologie et la composition chimique.[12]

I.2.4.2. Les effets sur le bâti et les écosystèmes

Les processus d'altération des bâtiments résultent de l'action combinée des différents éléments atmosphériques ayant pour effet de modifier la couleur, la texture, la composition ou la forme des édifices qui y sont exposés, conduisant finalement à une perte de matière et à un aspect inesthétique.[12]

Il est difficile d'évaluer la responsabilité de chacun des polluants atmosphériques dans la dégradation de patrimoine bâti. Néanmoins, les particules, essentiellement carboné principalement responsables du noircissement des façades. [12]

Les effets des aérosols atmosphériques sur les écosystèmes sont encore assez mal connus. En se déposant sur la plante, les particules peuvent avoir des effets directs sur son fonctionnement via des réactions physiques et/ou chimiques, tel que le blocage des échanges gazeux, la dégradation ou l'abrasion de la cuticule. Mais les particules peuvent aussi avoir un impact sur les écosystèmes en modifiant le milieu, notamment l'eau et le sol. [12]

I.2.4.3. Les effets sur le climat

Les aérosols jouent un rôle important sur le climat car ils participent au bilan radiatif de la Terre. Ils ont des effets directs en agissant directement avec le rayonnement solaire, et des effets indirects en modifiant les propriétés des nuages. En effets, les particules atmosphériques diffusent, et éventuellement absorbent la lumière du soleil. [13]

Ces propriétés optique sont d'ailleurs bien mises en évidence lors du certains épisodes de pollution particulaire. Les aérosols atmosphériques influent également sur la nébulosité et la pluviométrie, en participant à la formation des nuages ainsi qu'à leur durée de vie: les très fines particules servent de noyaux de condensation.[13]

En revanche, les aérosols influent sur le climat par leur implication dans les épisodes de pollution photochimique. Aujourd'hui, le bilan global de l'effet des aérosols sur le climat est difficile à estimer, mais il est primordial de les prendre en compte dans le cadre d'étude de réchauffement climatique. [13]

I.2.5.La réglementation Française et Européenne

Aujourd'hui, les normes européennes et françaises de la qualité de l'air relatives aux particules portent sur les particules Pm 10 et Pm2.5. En effet, le décret français du 15 févier 2002 ne considère que la méthode de fumées noires comme méthode de référence pour la mesure des particules, et les valeurs limites relatives aux fumées noires définies par les directives européennes ne soit plus applicable depuis le 1er janvier 2005. [14]

I.2.5.1. Normes relatives à l'exposition chronique

Les normes européennes relatives aux niveaux des particules PM 10 dans l'air ambiant sont fixées par la directive européenne N° 1999/30/CE du 22 Avril 1999. Transposées en droit français par le décret du 15 Février 2002. Le texte définissait des marges de dépassement applicables entre 2000 et 2005 qui sont inscrites dans le tableau suivant. [14]

Tableau I.2: normes française et européenne pour les particules PM10.

	Période de référence	
	Année	24 heures
Valeurs limites pour la protection de la santé	40 µg/m^3	50µg/m^3 à ne pas dépasser plus de 35 jours par an
Objectif de qualité Française	30µg/m^3	

I.2.5.2. La réglementation étrangère

La réglementation internationale en matière de particules dans l'air ambiant est plus stricte que la réglementation européenne. Ainsi l'agence américaine US-EPA définit une valeur moyenne annuelle de 15µg/m^3 pour les PM2.5. En revanche, la valeur annuelle pour les PM10 a été supprimée car les études disponibles ne permettent pas de prouver un lien entre les problèmes de santé et une exposition à long terme à la fraction grossière des PM10.

Alors que l'organisation mondiale de la santé préconise une valeur annuelle de 20 µg/m^{3}Pour les particules PM10 et 10 µg/m^3 pour les particules PM2.5. Ces valeurs permettent de se situer en-dessous des niveaux moyens engendrant des effets significatifs sur la santé indiqué dans la littérature actuellement disponible.le tableau ci-dessous nous montre les valeurs de PM 10 et PM 2,5 à ne dépasser. [15]

Tableau I.3 recommandation de l'organisation mondiale de la santé pour les particules PM10 et PM2.5.

	Durée d'exposition	
	Année	24 heures
Particules PM10	20 µg/m^3	50 µg/m^3 à ne pas dépasser plus de 3 jours par an
Particules PM2.5	10 µg/m^3	25 µg/m^3 à ne pas dépasser plus de 3 jours par an

I.2.5.3. La réglementation Algérienne

Le journal officiel de la République Algérienne du 8 Dou el Hadja 1426 / 8 janvier 2006 consacre les articles 03, 04,05, 06, 07, 08, 09 et 10 pour la surveillance de la qualité de l'air. [16]

L'Art.3.-la surveillance de la qualité de l'air concerne les substances suivantes :

- Le dioxyde d'azote ;
- Le dioxyde de soufre ;
- L'ozone ;
- Les particules fines en suspension.

L'Art.4.- la surveillance de la qualité de l'air est confiée à l'observatoire national de l'environnement et du développement durable.

Elle s'effectue selon les modalités techniques fixées par arrêté du ministre chargé de l'environnement.

L'Art.5.-la détermination des objectifs de qualité de l'air et des valeurs limites de pollution atmosphérique est fixée sur une base moyenne annuelle. [16]

L'Art.6.-Les valeurs limites ainsi que les objectifs de qualité de l'air sont fixés comme suit :

a) Objectif de qualité ou valeur cible : 50µg/m³.
b) Valeur limite : 80µg/m³.

Cet article parle aussi des valeurs limites des autres polluants, à savoir le dioxyde d'azote, le dioxyde de soufre et l'ozone.

L'Art.7.-Les seuils d'information et les seuils d'alerte sont fixés sur une base moyenne horaire.

L'Art.8.-Lorsque les seuils d'information et les seuils d'alerte fixés par l'article ci-dessus (Art6) sont atteints ou risquent de l'être, le ou les walis concernés prennent toutes les mesures visant à protéger la santé humaine et l'environnement ainsi que les mesures de réduction et /ou de restriction des activités polluantes. [16]

I.3. LA POLLUTION PAR LES MÉTAUX LOURDS

La pollution atmosphérique par les métaux lourds englobe l'ensemble des métaux présents dans l'air ayant des caractères toxiques pour la santé et l'environnement.

Les métaux lourds entrent dans la composition de plusieurs produits tels que les batteries, peintures, piles, essence, etc. Ils sont rejetés dans l'atmosphère, le plus souvent, sous la forme de particules (Cd, Zn, Ni, Pb, …), mais aussi sous forme gazeuse (Hg).

I.3.1. Définitions des métaux lourds

De point de vue purement scientifique et technique, les métaux lourds peuvent être définis comme :

-Tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieur à celui de sodium (Na) (Z=11).[17]

-Tout métal ayant une densité supérieur à $5g/cm^3$. [17]

I.3.2.Les sources des métaux lourds

Si la plupart des métaux sont présent naturellement à l'état de trace dans le fond géochimique (sols, eaux), des quantités plus ou moins importantes sont également émises dans l'air par des sources d'émission naturelles ou liées aux activités humaines. On distingue deux catégories principales de sources atmosphériques de métaux. [18]

I.3.2.1. les sources d'origine naturelle

- Volcans (As, Ni, Hg, Zn)
- Érosion de la croûte terrestre (Al, As, Cr, Fe, Ni, V)
- Feux de forêts (Zn)
- Émissions biogéniques issues de la végétation (Hg, Mo, Cd, Cu, Mn, Pb, Zn)
- Embruns marins (Hg, Na). [18]

I.3.2.2.Les sources d'origine anthropique

- Combustion des combustibles fossiles (pétrole et charbon dans l'industrie, le chauffage et les transports : As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn).
- Extraction de minerais (As, Fe, Ni, V)
- Métallurgie (industrie du fer et de l'acier : Pb, Cd, Ni ; et des métaux non ferreux : Cd.
- Incinération des déchets ménagers (Hg, Pb, Cd).
- Engrais et pesticides (Cd, As, Hg).[18]

I.3.3.Caractéristiques de quelques métaux lourds

*Arsenic (As) :*élément de numéro atomique Z=33 et de masse atomique A =74,9 dont le corps simple est un metalloïde. Cet élément est insoluble, inactif et de ce fait atoxique, en revanche ses dérives minéraux et certains de ses composés organiques sont des toxiques

redoutables parmi lesquels on retrouve divers pesticides. Ces divers dérivés sont parfois la cause d'une pollution diffuse de l'environnement, celle-ci est liée en particulier aux activités métallurgiques relatives à la production de métaux non ferreux et de l'usage despesticides arséniés. Au total, les émissions anthropogéniques dans l'atmosphère étaient estimées à 25000t/an au début des années 1900. Son temps de demi-vie est de 350 jours dans l'eau et 1500 ans dans les sols et les sédiments. [19]

*Cadmium (Cd) :*élément avec un Z=48 et de masse atomique A=112 dont le corps simple est un métal. Il est très utilise dans le traitement des surfaces, les industries électroniques et électriques et comme stabilisateur des matières plastiques. Il se rencontre sous de nombreuses formes dans le biotope. La pollution par ce métal résulte de la métallurgie des métaux non ferreux et de la combustion du charbon et du pétrole. Ces émissions étaient estimées à 2100 t/an dans les années 1980.[19]

*Chrome (Cr) :*élément de numéro atomique Z=24 et de masse atomique A=52 dont le corps simple est un métal. Il existe deux formes du Chrome, trivalent et hexa valent. Le chrome et ses composés inorganiques sont allergènes. On cite le cas d'allergies cutanées professionnelles invalidantes contractées par l'usage d'instruments en acier au chrome.[20]

*Cuivre (Cu) :*avec un Z=29 et un A=63,5, le corps simple de cet élément est un métal. Le cuivre est un élément biogène intervenant dans la constitution prosthétique de divers enzymes végétaux ou animaux. Il présente une toxicité assez importante pour les êtres vivants à des concentrations relativement faibles. Certains de ses sels sont utilisés comme fongicides. [19]

*Fer (Fe) :*corps simple biogène de numéro atomique Z=26 et d'une masse A=55,85 dont le corps simple est un métal. Le fer est un oligoélément indispensable à tous les êtres vivants et joue un rôle majeur dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Mais l'inhalation de grandes doses peut provoquer des toxicités.[20]

*Mercure (Hg) :*son Z=80 et un A=200,6 dont le corps simple est un métal d'une densité de 13,6 qui constitue, en dehors du francium, le seul métal liquide à la température ordinaire. Il soulève de graves préoccupations en matière de protection de l'environnement par suite de sa grande toxicité pour les êtres vivants. C'est le seul métal volatil. Les sources naturelles du mercure sont le volcanisme et certaines roches ignées. Tandis que les sources anthropogéniques sont les industries et la combustion du charbon et du pétrole. Des milliers de tonnes sont ainsi annuellement rejetées dans l'atmosphère. [19]

*Nickel (Ni) :*élément avec un numéro atomique Z=28 et une masse atomique A=58,7 dont le corps simple est un métal blanc, brillant et inoxydable. Il est utilisé pour la fabrication d'alliages, en particulier d'aciers inoxydables, ou comme catalyseur dans l'industrie chimique et pour la fabrication de pigments. Il est toxique à d'assez faibles concentrations. L'extraction du nickel est la cause de graves dommages à l'environnement.[20]

*Plomb (Pb) :*élément avec un Z=82 et un A=207,2 dont le corps simple est un métal gris bleuâtre, mou et ductile de densité 11. Il est très toxique pour les êtres vivants. Le plomb

constitue au même titre que le cadmium ou l'arsenic et devant le mercure le plus préoccupant de ces polluants. Les phénomènes biogéochimiques entrainent annuellement depuis les continents dans l'océan 180 000 tonnes de plomb et près de 3 millions de tonnes sont annuellement extraites de la lithosphère par les activités minières. Les flux naturels de plomb vers l'atmosphère sont estimés à 22 000 tonnes, alors que 350 000 t/an sont rejetées par l'activité humaine. [19]

*Vanadium (V) :*il a un Z=30 et une masse atomique A=50,9 dont le corps simple est un métal. Il est très utilisé en métallurgie pour fabriquer des aciers spéciaux et autres alliages ayant une forte résistance mécanique et à la corrosion, ainsi que dans l'industrie chimique. Il s'agit d'un élément biogène doué de propriétés hermétiques pour les êtres vivants, en particulier pour certaines algues.[20]

*Zinc (Zn) :*élément de numéro atomique Z=30et d'une masse atomique A=65,3 dont le corps simple est un métal. Il est essentiellement de nature sédimentaire, quelques 2,11 millions de tonnes par an sont entrainées par le cycle de l'eau des continents vers les océans. L'érosion éolienne et le volcanisme induisent dans l'atmosphère 150 000 t/an de zinc, alors que les installations métallurgiques rejettent 840 000 t/an. [19]

I.3.4. Les effets des métaux lourds

I.3.4.1. Les effets des métaux lourds sur la santé humaine

Tous les métaux lourds à des concentrations anormales ont des effets nocifs sur le métabolisme cellulaire de l'organisme humain.
Selon leur nature et leur concentration, les métaux lourds ont des effets spécifiques sur la santé. On distingue trois grandes catégories :

- les métaux lourds toxiques, même à très faible concentration, tels que le mercure, le cadmium, le chrome, le plomb.

- les métaux moyennement toxiques, tels que le cuivre, le nickel.

- les métaux faiblement toxiques, tels que le fer ou l'aluminium.

*Arsenic (As) :*Sous forme inorganiques ces effets chroniques : cancérigène, lésions : de la moelle osseuse du sang du foie et système nerveux. Et des effets aigues tel l'irritation des muqueuses, des troubles digestifs et circulatoires, lésions de la peau**.** [20]

*Mercure (Hg) :*Le mercure est un métal très réactif au milieu dans lequel il se trouve (température, composition chimique…etc.).Il peut se lier dans l'organisme aux molécules constituantes la cellule vivante (acides nucléiques, protéines….), modifiant leurs structures ou inhibant leur activité biologique.[20]

Le mercure est à l'origine de maladies professionnelles : lésions des centres nerveux, des troubles psychiques…etc. L'intoxication par le mercure s'appelle l'hydrargie ou hydrargyrisme.

En dehors du milieu professionnel, le mercure est repéré comme élément toxique, et plus particulièrement néphrotoxique c'est-à-dire agissant sur les reins et neurologique : agissant sur le système nerveux. Cette toxicité est renforcée par un phénomène de concentration qu'on appelle la bioaccumulation ou bioamplification, qui est un processus d'assimilation dans l'organisme. [19]

*Cadmium (Cd) :*L'effet toxique du cadmium est variable selon sa solubilité, donc la facilité d'assimilation par l'organisme. Une exposition de courte durée à de fortes concentrations de poussières ou de fumées, de composées de cadmium est irritante pour les cellules du système respiratoire et gastro-intestinal.

L'accumulation du cadmium s'effectuant principalement dans les reins, de ce fait il est considéré comme un organe cible.[20]

*Plomb (Pb) :*Le plomb est un toxique à effet cumulatif : il s'accumule dans le corps jusqu'à une quantité à partir de laquelle apparaissent les symptômes. L'intoxication s'effectue par les voies respiratoires par inhalation et par ingestion nourriture contaminée et d'eau polluée (canalisation en plomb). Il est absorbé et retenu par le foie, et évacué par la bile, les urines, les fèces et la salive, de ce fait une faible fraction de plomb passe dans le sang.

On estime que 20% à 50% du plomb inhalé est absorbé dans le corps contre 5 à 10% pour le plomb ingéré. L'intoxication chronique donne lieu à trois types de manifestations cliniques (saturnisme) qui apparaissent de façon indépendante.[20]

*Chrome (Cr) :*Les formes inorganiques du chrome tel le trioxyde de chrome provoque des effets cancérigènes pour les poumons, des lésions des reins, des troubles respiratoires et gastro-intestinaux lors d'une exposition chronique, et une irritation des muqueuses respiratoires lors d'une exposition aigus. [20]

*Cuivre (Cu) :*La toxicité du cuivre est rare sauf si l'exposition est exceptionnelle ou il provoque des lésions des muqueuses respiratoires dans le cas d'une exposition intense de courte durée. [19]

*Fer (Fe) :*Provoque des troubles digestifs, lésions du rein et l'irritation de la peau et des muqueuses. [20]

*Nickel (Ni) :*Il est plus toxique sous forme organique, il est cancérigène, comme il induit la rhinite chronique, des troubles respiratoires, digestifs et cutanés. [20]

*Vanadium (V) :*Toxicité rare sauf en cas d'exposition exceptionnelle, il cause des bronchites chroniques, des pneumonies, l'anémie, des lésions du foie et du rein, des irritations de l'appareil respiratoire, de la peau et des muqueuses.[20]

I.3.4.2. Les Effets des métaux lourds sur l'environnement

a- Toxicité sur les végétaux

Les végétaux sont exposés de manière durable à la pollution atmosphérique. Dans certaines recherches, ils ont d'ailleurs utilisés comme bio-indicateurs (les Lichens par exemple).Ils peuvent être l'objet d'atteintes aiguës telles que les : les nécroses et atteintes chronique telles que les troubles de croissance. À part les forêts, la pollution de l'air touche aussi les Céréales et les plantes agricoles, comme le pois, les épinards et le trèfle… Les végétaux sont exposés à la fois à l'action des polluants en suspension dans l'atmosphère, aux retombées sèches de poussières et de métaux et au dépôt acides. Ils atteints directement par le feuillage et aussi directement par l'intermédiaire du sol… [21]**.**

b- Contamination des sols et des eaux

Une pollution ponctuelle est produite par l'introduction sur une surface restreinte de substances polluantes :

- Soit directement de manière plus ou moins continue par exemple : fuite sur une canalisation.
- Soit d'une manière indirecte par le dépôt de solides contenant les polluants à la surface du sol.

Dans ce dernier cas, les solides vont libérer peu à peu les polluants qu'ils contiennent, et les eaux de ruissellement et ou d'infiltration vont les envoyés vers les eaux souterraines. [21]

I.3.5. Réglementation et quelques normes des métaux lourds

I.3.5.1.La réglementation internationale

Le tableau suivant donne les différentes valeurs limites de quelques métaux toxiques dans l'air selon l'OMS et la directive Européenne. [21]

Tableau I.4. : Valeurs limites de quelques métaux toxiques dans l'air selon l'OMS et la directive Européenne.

METAL	Valeur Guide (OMS)	Directive Européenne
As	/	6ng/m^3
Cd	5ng/m^3	5ng/m^3
Mn	1000ng/m^3	/
Ni	20ng/m^3	20ng/m^3
Pb	500ng/m^3	900ng/m^3
Hg	1000ng/m^3	50ng/m^3
Cr	/	50 ng/m^3

OMS : organisation mondiale de la santé **DE : directive européenne**

I.3.5.2.La réglementation Algérienne

-La Loi 03-10 du 19/07/2003

Elle porte sur la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable. Dans l'article 46, la loi préconise que : « lorsque les émissions polluantes de l'atmosphère constituent une menace pour les personnes, l'environnement et/ou les biens, leurs auteurs doivent mettre en œuvre toutes dispositions nécessaires pour les supprimer ou les réduire. Les unités industrielles doivent prendre toutes les dispositions nécessaires visant à réduire ou éliminer l'utilisation des substances provocant l'appauvrissement de la couche d'ozone ».[22]

- La loi 04-20 du 25/12/2004

Relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable. Dans son article 10, elle prévoit la prise en charge par des dispositifs de prévention des risques majeurs, dont les pollutions atmosphériques**.** [23]

- Le décret exécutif n°06-138 du 15/04/2006

Réglementant l'émission dans l'atmosphère de gaz, vapeurs, fumées, particules solides ou liquides, et les conditions dans lesquelles s'exerce leur contrôle.[16]

Vu qu'il ya différents type de pollutions atmosphériques il ya aussi différentes méthodes pour les surveiller d'où le choix de la méthode de la surveillance sera basé sur le type de la pollution présente dans la région à surveiller pour bien caractériser les différents constituants de cette pollution et sa variation

Quelques travaux antérieurs sur la surveillance de la qualité de l'air :

Année	**Nom et Prénom**	**Titre de travail**	**Région d'étude**
2009	Said HACENE et Ali HADDADI	Évaluation de la pollution atmosphérique par les métaux lourds dans deux sites urbains Bab El Oued et Sidi M'hamed	Alger centre
2010	Marzouk CHAIB et Mohamed RAHMANI	Évaluation de la pollution atmosphérique par les métaux lourds au niveau d'un site urbain par la XRF	Draa ben khaddaTizi-Ouzou
2010	Fatiha YAHIAOUI	Étude de la pollution atmosphérique par fraction des matières particulaires PM10, PM2,5 dans un site urbain	Alger centre

CHAPITRE II
MATERIELS ET METHODES

II.1. Le milieu d’expérimentation

II.1.1. Le choix du site de prélèvement

Le choix d’un site de prélèvement est en fonction du type de pollution atmosphérique à surveiller. L’objectif de la surveillance étant d’apprécier et de prévenir. Ce risque encouru d’une exposition des êtres humains à des niveaux variables d’une pollution.

Un site de prélèvement a été choisi à savoir le centre de recherche nucléaire d’Alger (CRNA) en fonction de plusieurs sources émettrices de polluants, surtout le trafic routier, mais aussi de la forte densité humaine.

Le centre de recherche nucléaire d’Alger (CRNA) se situe au Boulevard Frantz Fanon, c’est une entité opérationnelle d'études et de recherche chargée de la réalisation des programmes de développement dans le domaine de l'énergie et des techniques nucléaires, crée par le décret présidentiel n° 99-86 du 29 Dhou El Hidja 1419 correspondant au 15 avril 1999. (Figure II.1, II.2)[17]

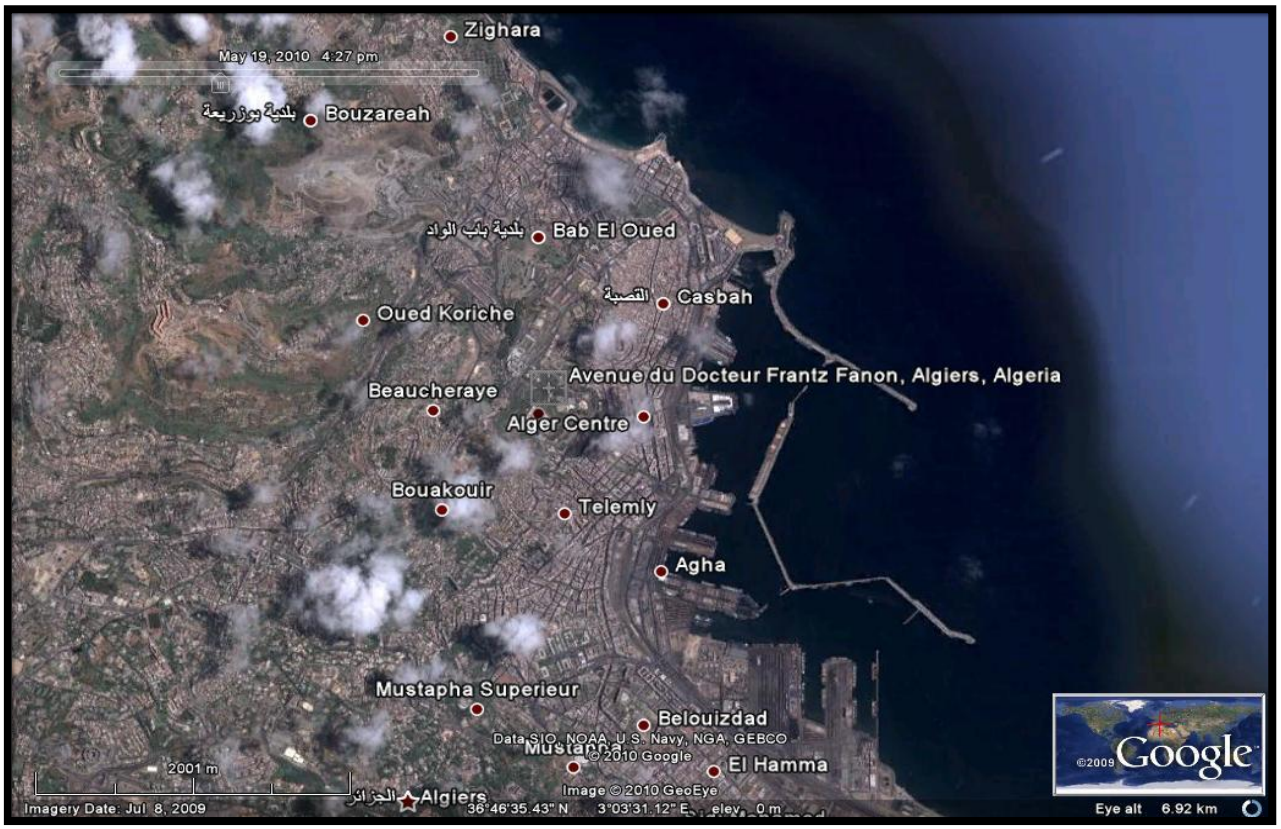


Figure II. 1 : la zone de prélèvement Alger centre

Figure II.2 : Centre de Recherche Nucléaire d'Alger(CRNA)

II.2. Prélèvement et échantillonnage

Généralement l'échantillonnage des particules en suspension dans l'air, se fait par la méthode de filtration où les particules contenues dans un volume d'air aspiré par une pompe et traversant un filtre avec des mailles suffisamment petites, pouvant arrêter les molécules les plus fines et seront piégées par ce filtre, nous avons choisi deux périodes de prélèvements :

La première période : les prélèvements ont été effectué pendant les trois mois de Janvier et Février, Mars (du 10/01/2010 jusqu'au 30/03/2010).

La deuxième période :la durée de prélèvement permet de suivre le niveau de pollution pour une durée allant de 24 heures à 144 heures pendant la période (28/01/2014 jusqu'au 19/02/2014).

II.2.1. Choix de préleveur

Les filtres sont placés dans un dispositif appelé préleveur ou échantillonneur, il y'a deux types de préleveurs classés selon leur débit de fonctionnement :

-*Échantillonnage à grand volume (HVS : High Volume Sampler) :*

Cet appareil fonctionne avec un débit d'environ 70 m^3/h. la porosité des filtres est supérieure à 3 µm. Il est utilisé pour les mesures en site peu pollué ou pour effectuer des prélèvements courts. L'échantillonnage HVS doit être protégé de la pluie et de la lumière solaire directe.[24]

- *Échantillonnage à faible volume (LVS : Low Volume Sampler) :*

C'est un appareil qui fonctionne à faible débit (de 1 à 20 l/mn). La porosité des filtres est très faible et le volume minimum est de 24 m^3. Ce type d'échantillonnage est utilisé pour les mesures à l'émission ou en milieu pollué.

Dans le tableau suivant, une comparaison entre les prélèvements de type LVS et ceux de type HVS.

Tableau II.5. Avantages et inconvénients de l'utilisation des échantillonneurs LVS et HVS. [4]

Type de prélèvement	Avantages	Inconvénients
LVS	-Taille petite des filtres -Utilisation de nombreux médias filtrants	-Masse des particules collectées plus faibles que les HVS
HVS	-Masse importante de particules collectées	-Utilisation réduite des medias filtrant par crainte de colmatage -grande taille des filtres donc difficulté de transport de stockage et d'analyse

II.2.2. Dispositif de prélèvement

1) Première période

La collecte des échantillons a été effectuée par un dispositif de faible débit (lvs). Nous avons utilisé un système d'échantillonneur Gent sampler.

L'échantillonneur d'air de Gent comporte :

- Une pompe aspiratrice de l'air avec un débit de 16,67l/mn.
- Un volumétre (compteur à gaz) pour la mesure exacte d'air aspiré pendant la période de prélèvement.
- Une cassette porteuse et protectrice deux filtres en polycarbonate de diamètre 47mm et de porosité 0.4 µm et 8µm.
- Prélèvement PM10 et PM2.5 simultané.

a. Choix de l'intervalle de changement de filtre.

Nous avons décidé de réaliser un prélèvement chaque 24 heures pour éviter le colmatage des filtres (en cas d'une aspiration d'une quantité élevée des polluants).

b. La méthode de changement de filtre.

Lors de changement des filtres nous nettoyons la pince utilisée pour transporter le filtre vierge de la boite pétrie à la cassette avec un morceau de papier hygiénique mouillé par l'alcool pur, ainsi que la cassette pendant chaque changement. Nous pesons les filtres avant et après le prélèvement. Les figuressuivantes (II.3.4.5.6.7.8.9 .10)présentent le dispositif de prélèvement.

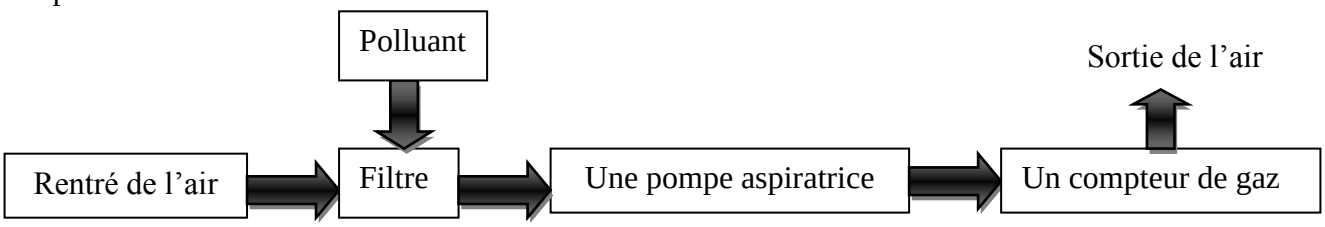


Figure II.3 : Schéma représentant le fonctionnement du dispositif de prélèvement.

Figure II.4 L'échantillonneur Gent Sampler.

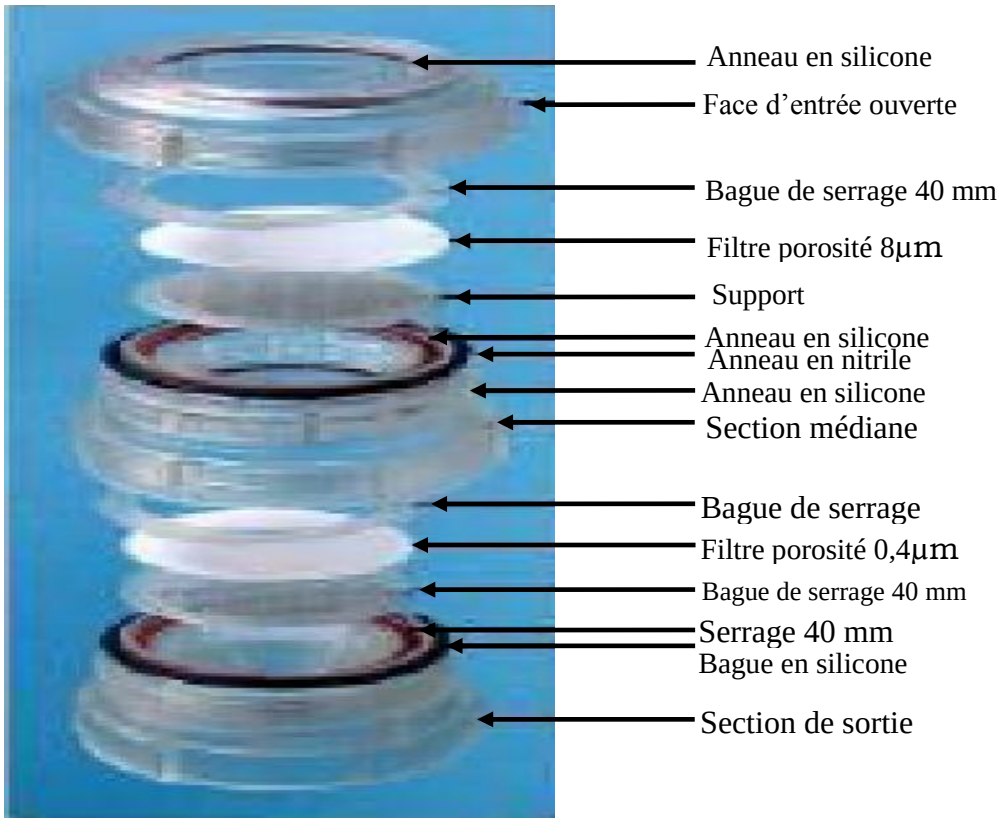


Figure II.5 La cassette de l'échantillonneur Gent Sampler.[17]

Figure II.6 Les échantillons prélevés

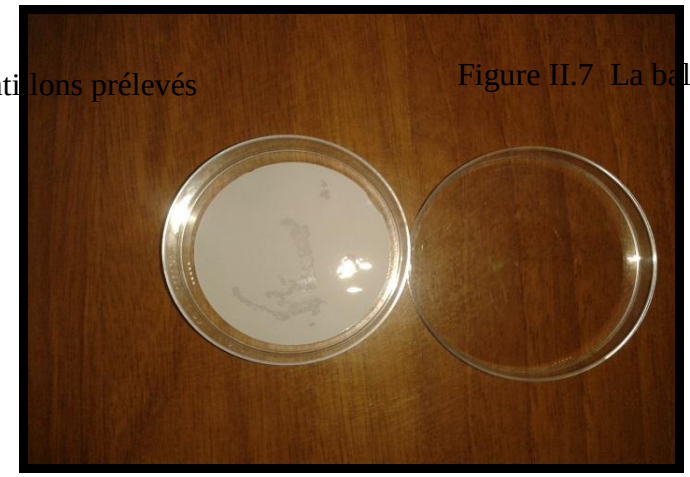


Figure II.7 La balance de mesure

Figure II.8 Filtre de polycarbonates avant collecte

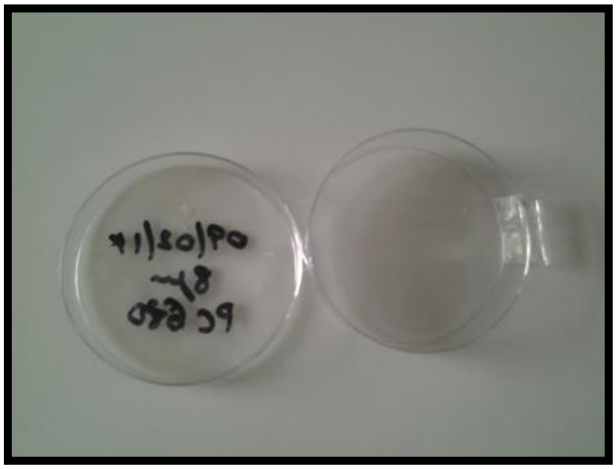


Figure II.9 :Filtre de 8µm après collecte

Figure I

2) Deuxièmepériodes

La collecte des échantillons a été effectuée par un dispositif de haut débit (hvs).Ce dispositif formé par

- Une pompe aspiratrice de l'air avec un débit de 68m^3/h (1133,33 l/min).

- Un volumétre pour la mesure exacte d'air aspiré pendant la période de prélèvement.
- Une porte filtre et un support pour filtre, un filtre millipore de type de porosité à mm de diamètre en ester cellulose

a. Choix de l'intervalle de changement de filtre

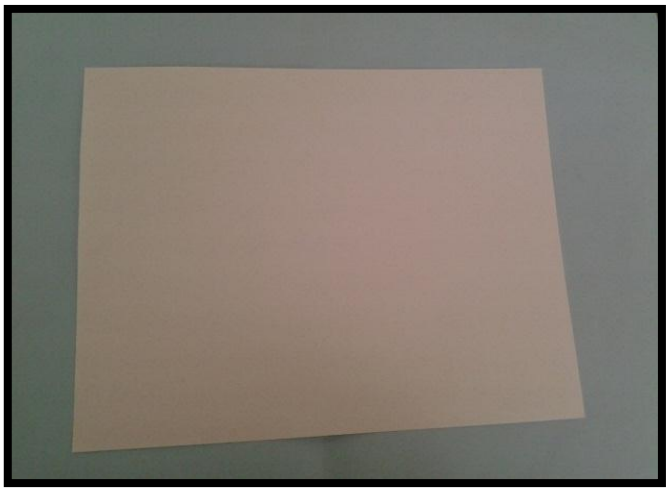
Nous avons décidé de réaliser un prélèvement pour une durée allant de 24heures à 144heures, ce qui nous permettra d'une part d'avoir une charge importante, et d'autre part pour avoir la saturation.

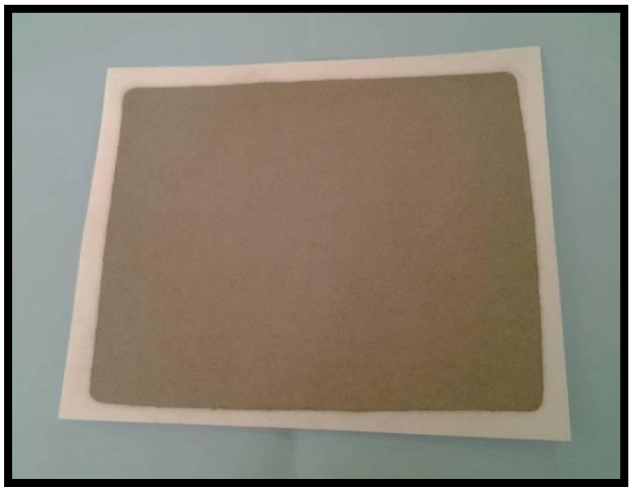
a. La méthode de changement de filtre

Lors de changement des filtres nous nettoyons la pince utilisée pour transporter le filtre vierge de la boite pétrie à la cassette avec un morceau de papier hygiénique mouillé par l'alcool pur, ainsi que la cassette pendant chaque changement. Nous pesons les filtres avant et après le prélèvement. Les figures suivantes (II.11.12.13.14) présentent le dispositif de prélèvement.

Figure II.11 : L'échantillonneur haut débit

Fi





II.3.Détermination des teneurs en particules totales en suspension(TSP) :

La teneur en TSP est obtenue par la relation suivante :

Teneur en TSP

$$= \frac{\text{Masse du filtre pollué} - \text{Masse du filtre vierge}}{\text{Volume d'air aspiré}} = \frac{\Delta M\ (\mu g)}{V(m3)} \ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

ose avant

Figure II.14 : Filtre en ester cellulose après collecte

II.4.Analyse des filtres par XRF (X-Ray Fluorescence)

La Spectrométrie de Fluorescence X ou XRF (X-ray fluorescence) est une technique permettant l'analyse élémentaire qualitative et quantitative c.-à-d. qu'on peut identifier la nature de l'élément et déterminer sa concentration dans l'échantillon, mais on ne peut savoir sous quelle forme chimique se trouve et son degré de valence.
La XRF est une méthode non destructive, destinée à l'analyse des éléments majeurs, mineurs et traces sous forme solide ou liquide.

En plus, elle fournit une limite de détection uniforme sur une large région du tableau périodique ($4 \leq Z \leq 92$) et elle est applicable dans un large intervalle de concentration, de 100 % jusqu'à quelques parts par million (ppm).

L'analyse du spectre peut se faire de deux manières :

- par analyse dispersive en longueur d'onde (WD-XRF, wavelength dispersive X-ray fluorescence spectrometry) ;
- par analyse dispersive en énergie (ED-XRF, energy dispersive X-ray fluorescence spectrometry). [25]

II.4.1. Le principe de la technique

Le bombardement d'un matériau par un rayonnement X issu d'une source radioactif ou un tube à rayon X conduit à l'émission de rayonnements X caractéristiques des éléments présents dans l'échantillon.

L'atome qui reçoit le rayonnement incident est alors dans un état excité et l'électron se déplace vers un niveau supérieur, si cette énergie est suffisante l'électron est éjecté. La case quantique vide (place laissée vacante par le photoélectron, c'est-à-dire par l'électron éjecté par effet photoélectrique), est comblée par un électron d'un niveau plus élevé qui à une énergie supérieure à celle de l'électron éjecté. Cette différence d'énergie ΔE est émise sous forme de rayon X ; Ce rayon est caractéristique de cet élément. [26]

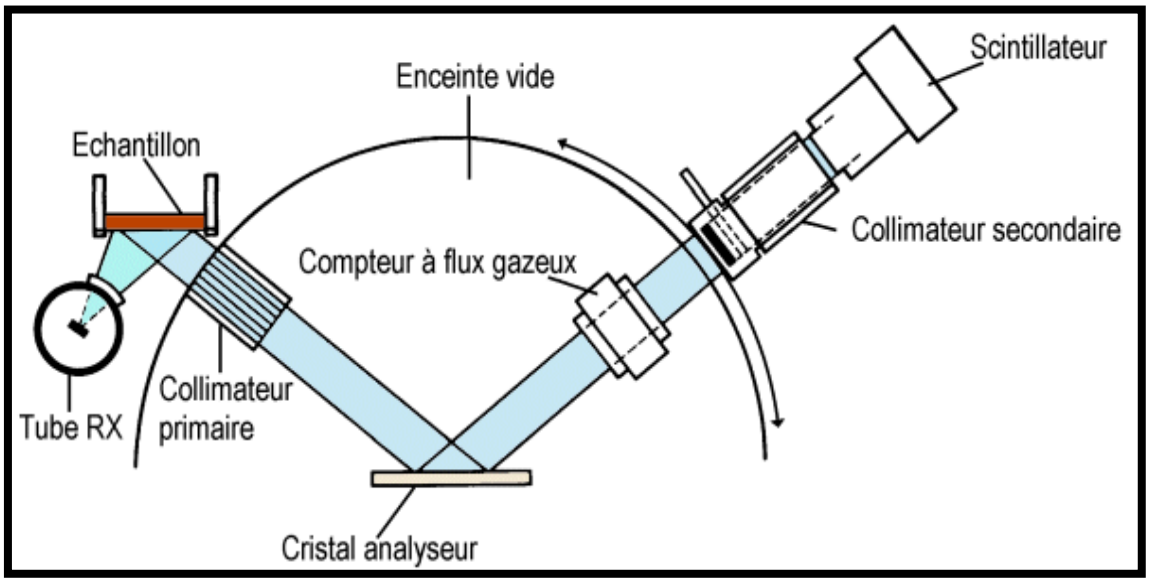


Figure II.15: Schéma illustrant le principe du spectromètre à rayon X. [25]

L'appareil dont dispose le laboratoire est un spectromètre de fluorescence des rayons X a dispersion de longueur d'onde (Dispersive Wavelength X-Ray Fluorescence)de marque Philips (voir figure)

Figure II.16: Le Spectromètre de Fluorescence X

II.4.2.Les étapes d'analyse

a) Analyse qualitative

Analyse qualitative consiste à identifier les éléments présents dans un échantillon donné en recensant les différentes positions angulaire tout en faisant la comparaison avec les valeurs qui sont tabulées.

La confirmation de la présence d'un élément donné exige l'identification au moins deux raies appartenant à ce dernier (Figure II.17).

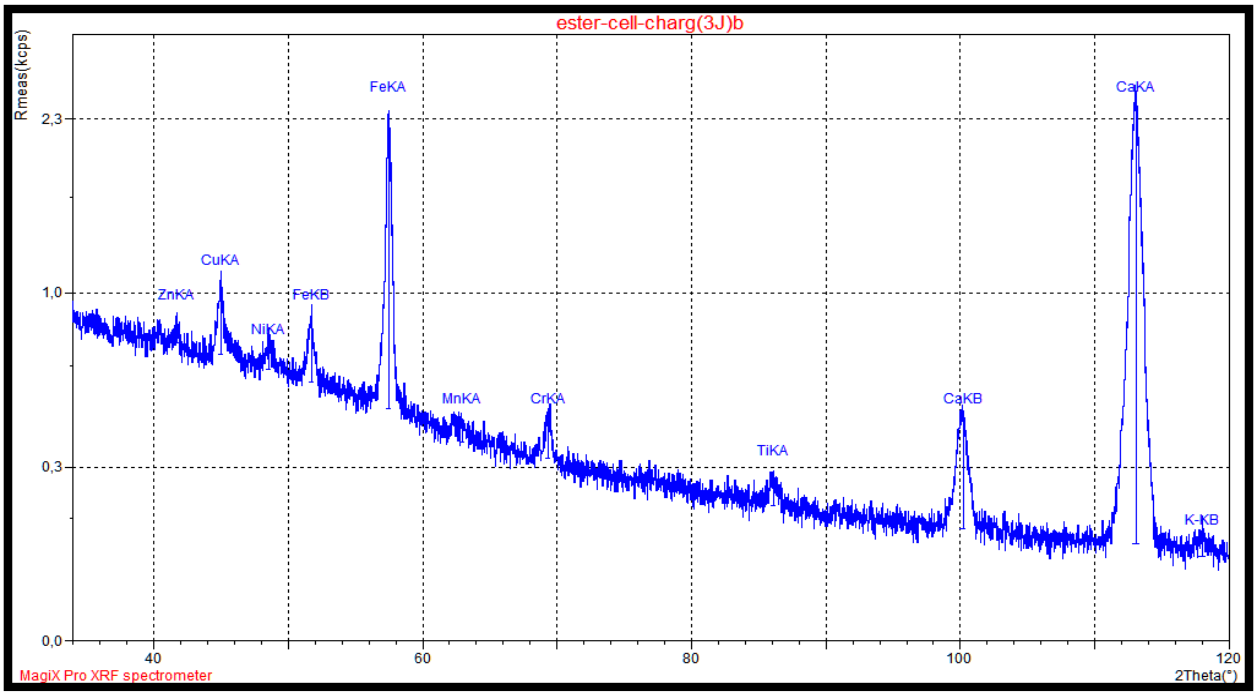


Figure II.17 : Exemple d'un Spectre caractéristique obtenu avec le WDXRF

b) Analyse quantitative

L'analyse quantitative est basée sur la détermination des teneurs des éléments identifiés à partir des intensités (kcps) de leur raie Kα, en utilisant la technique relative qui consiste à comparer le spectre de l'échantillon avec celui d'un standard.

II.4.3.Préparation des filtres standards

Dans l'absence d'un standard, et à base des éléments qu'on a pu détecter après l'analyse qualitative ona préparé un standard selon le protocole suivant :

On a prélevé 30 ppm de chaque élément métallique de solution étalon (1000 ppm) , que l'on verse dans une fiole de 100 ml, après avoir jaugé avec l'eau dis ionisé, et après agitation ,on prélève 20µl de solution standard à l'aide d'une micropipette, puis on dépose sur le filtre vierge de même nature que ceux utilisés lors de l'échantillonnage de l'air et de telle sorte que la goutte ne dépasse pas le bord du filtre. [27]

II.4.4.Préparation de blanc (Filtre vierge)

Les filtres blancs en polycarbonates, sont des filtres de même nature que ceux utilisés dans les prélèvements, ils sont préparés de la même manière que l'échantillon en vue d'irradiation, dans le but de déterminer les impuretés des éléments métalliques contenues dans ces filtres. [27]

II.4.5.**Calcule des concentrations**

Le signal obtenu est traité et analysé avec le logiciel AXIL qui permet le calcul des aires sous les pics correspondants aux éléments identifiés et à doser. Le dosage repose sur la méthode relative pour le calcul des concentrations, en tenant compte de l'intensité du blanc. Ceci nécessite l'emploi d'un standard.

La concentration de l'élément i est donnée selon l'expression suivante:

$$\mathbf{C_x = \frac{(Ie - Ib) \times M}{(Ist - Ib) \times V}} \quad \text{.....(2)}$$

Cx : concentration de l'élément i dans échantillon (ng/m^3).

Ie : intensité de l'élément dans l'échantillon.

Ist : intensité de l'élément dans le standard.

Ib : intensité de l'élément dans le blanc

M : la masse d'élément i dans le standard (µg).

V : volume d'air aspiré pour chaque échantillon (m^3) pendant la durée du

Prélèvement.

II.5.Analyse des filtres parSpectrométrie d'émission à plasma :

II.5.1. Définition

La spectrométrie d'émission à plasma est une technique physico chimique d'analyse, quantitative et semi-quantitative des échantillons organique et inorganique, soit prélevés tels

quels (milieux aqueux), soit obtenus après extractions spécifiques de matériaux solides (analyse de roches, sédiment, sol, végétaux).On utilise fréquemment le terme anglais ICP (inductivelycoupled plasma). [28]

Dans la pratique l'analyse par spectrométrie d'émission à plasma disponible dans laboratoire peut être effectuée de deux maniérées différentes:

- Analyse séquentielle, élément par élément.
- Analyse simultanée permettant de doser la quasi-totalité des éléments simultanément (37 éléments)

II.5.2. Principe de la technique

Une radiation haute fréquence (générateur) est utilisée pour chauffer un courant d'argon et former un plasma par l'intermédiaire d'une bobine d'induction .la température atteinte varie entre 5000 et 10.000 K.L'échantillon induit dans le plasma est réduit à l'état d'atomes indépendants .Ces atomes,excités par le plasma,réémettent l'énergie (ΔE) qu'ils ont acquise sous forme d'un rayonnement électromagnétique. Cette variation d'énergie ΔE va subir des conversions successive en : signaux électrique puis en pulsation et en fin concentration grâce aux composantes suivantes : photomultiplicateurs, intégrateurs, compteurs, blocs électronique et informatique. [28]

L'appareil dont dispose le laboratoire est un spectromètre d'émission à plasma(JY32) de marque française Jobin Ivon(voir la figure)est un appareil multi canal à lecture directe conçu pour l'analyse élémentaire quantitative des échantillons liquide à partir d'un spectre d'émission (Figure II.18).

Figure II.18 : Spectromètre d'émission à plasma JY 32

II.5.3. Préparation les échantillons par l'analyse L'ICP

Pour analyser nos échantillons des filtres en ester cellulose nous avons besoin de les rendre sous forme liquide et aussi de préparer des solutions d'étalonnage pour quantifier les éléments chimiques souhaités

1- La digestion

C'est la digestion par Micro-ondes,pour faire cette digestion on suit le protocole suivant :

Nous avons pris 0,35 g de chaque échantillons, que nous avons placé dans des portes échantillons, après avoir l'ajout le mélange des acides suivant : 7 ml de HNO_3 ,3 ml de HCL,5 ml de HF,5ml de H_2O et 1ml de H_2O_2, nous les avons mis ensuite dans le four à Micro-ondes pendant dix minutes à 180 °C .Il faut attendre la baisse de la température à environ vingt degré Celsius pour récupérer la digestat et diluer à l'eau dés-ionisée à cinquante millilitre dans une fiole jaugée pour l'analyse. Lors du versement des acides et la récupération de digestat nous travaillons avec des gants chirurgicaux sous la hotte pour être se protéger des acides et leur vapeur.

Nous avons remarqué qu'il reste un précipité nous avons effectué une filtration pour éviter que le capillaire absorbant du spectromètre d'émission ne soit bouché. Les figures suivantes présentent le dispositif de digestion (FiguresII.19,20).

Figure II.19 : micro-ondes de digestion

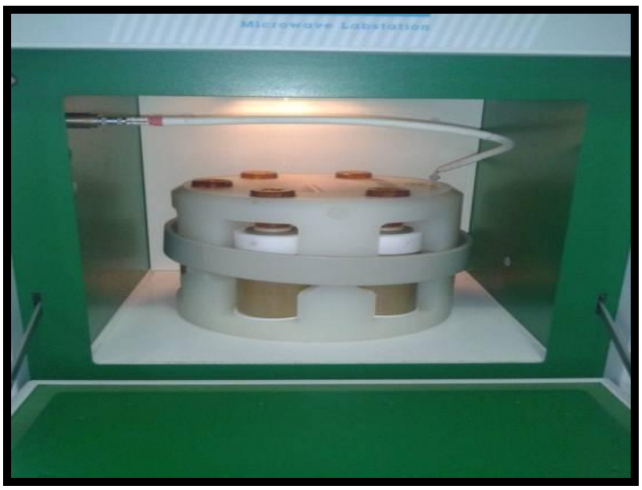


Figure II.20 :portes échantillons de micro- ondes

2- Préparation des étalons

Nous avons préparé des solutions d'étalonnage pour les éléments présents dans le filtre à partir des solutions mères

Formules utilisée pour préparer la série d'étalonnage :

$$V_2 = \frac{(C_1 * V_1)}{C_2} \text{.....(3)}$$

V_2 : le volume à prélever du standard en millilitre.

C_1 : la concentration du standard souhaité en ppm (5ppm, 10ppm, 15ppm, 20ppm).

V_1 : le volume de la fiole utilisé en millilitre.

C_2 : la concentration de la solution mère en ppm. (La concentration de la solution mère est égale à 1000ppm)

II.5.3.Détermination de la concentration

La concentration de l'élément d'intérêt est déterminée à partir de l'équation suivante :

$$C_x = \frac{M_{elm}}{V} \text{.....(4)}$$

C_x : concentration de l'élément i dans échantillon (ng/m^3).

M_{elm} : la masse calculée de l'élément dans l'échantillon calculée (ng).

V : volume d'air aspiré par la pompe pendant la durée du prélèvement (m^3).

CHAPITRE III
RESULTATS ET DISCUSSIONS

Après avoir fait l'analyse des échantillons collectés dans les deux périodes d'études, nous avons eu les résultats que nous allons interpréter dans ce chapitre pour mieux évaluer le niveau de la pollution de l'air par lesPM2.5, coarse, PM10,TSP et les métaux lourds au niveau d'Alger centre (boulevard Frantz fanon).

III.1. Interprétations les résultats de la première période :

III.1.1.Étude des teneurs en PM2.5,coarse et PM10 :

Tableau III.1: les teneurs enPM2.5en Coarse et PM10(ug/m^3) mesurées au niveau du boulevard Frantz fanon à Alger pendant une période de prélèvement qui s'étend de (10/01/10) au (30/03/10).

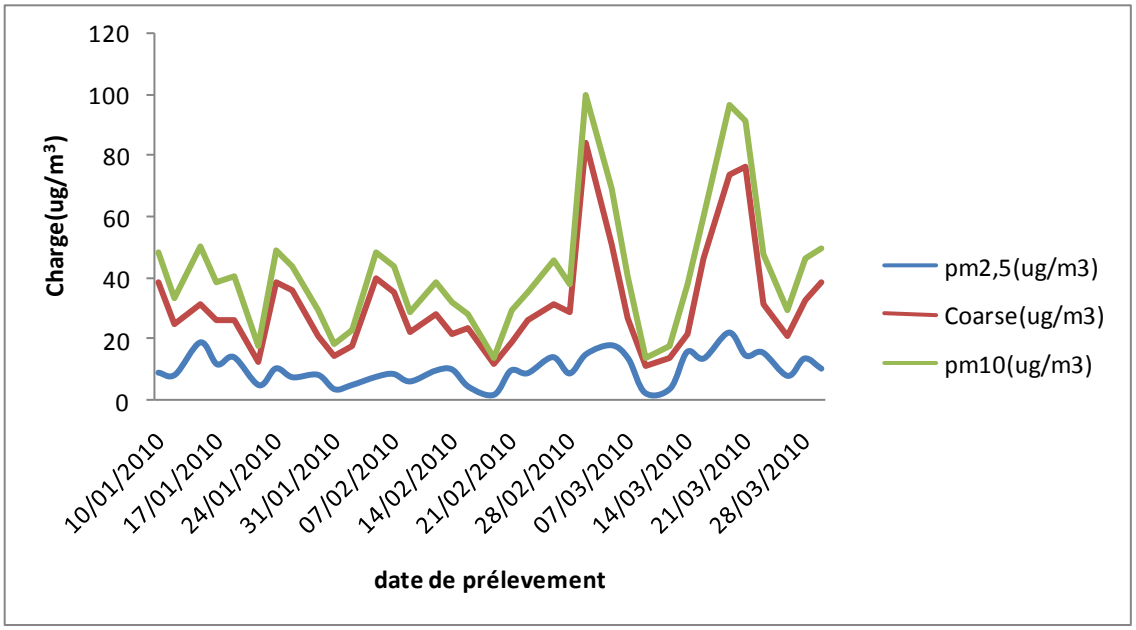
PM2.5= la charge obtenue sur le filtre 2.5 µm

Coarse= la charge obtenue sur le filtre 8 µm

PM10 = la somme de la cahrge du filtre 2.5µm+ la charge du filtre 8µm

Date de Prélèvement	Δt (h)	$PM_{2,5}$(µg/m^3)	Coarse (µg/m^3)	PM_{10} = (PM2.5 + Coarse) (µg/m^3)	Valeur guide PM2,5 (µg/m^3)	Valeur guide PM10 (µg/m^3)
10/01/2010	24	9,22	38,72	47,94		
12/01/2010	24	8,59	24,75	33,34		
15/01/2010	24	19,06	31,43	50,49		
17/01/2010	24	11,9	26,28	38,18		
19/01/2010	24	14,25	26,28	40,53		
22/01/2010	24	5,13	12,32	17,45		
24/01/2010	24	10,61	38,32	48,93		
26/01/2010	24	7,71	35,79	43,5		
29/01/2010	24	8,52	20,76	29,28		
31/01/2010	24	3,82	14,2	18,02	**25**	**50**
2/02/2010	24	5,14	17,7	22,84		
5/02/2010	24	7,91	40,14	48,05		

7/02/2010	24	8,8	35,2	44		
9/02/2010	24	6,37	22,53	28,9		
12/02/2010	24	9,85	28,4	38,25		
14/02/2010	24	10,24	21,56	31,8		
16/02/2010	24	4,55	23,77	28,32		
19/02/2010	24	2,05	11,82	13,87		
21/02/2010	24	9,89	19,25	29,14		
23/02/2010	24	9,05	26,15	35,2		
26/02/2010	24	14,27	31,08	45,35		
28/02/2010	24	8,96	28,89	37,85		
2/03/2010	24	15,29	84,35	99,64		
5/03/2010	24	18,12	50,85	68,97		
7/03/2010	24	13,75	26,47	40,22		
9/03/2010	24	2,64	11,1	13,74		
12/03/2010	24	4,07	13,75	17,82	**25**	**50**
14/03/2010	24	15,94	21,6	37,54		
16/03/2010	24	13,84	46,13	59,97		
19/03/2010	24	22,25	73,997	96,247		
21/03/2010	24	14,76	76,66	91,42		
23/03/2010	24	15,81	31,63	47,44		
26/03/2010	24	8,17	20,88	29,05		
28/03/2010	24	13,83	32,73	46,56		
30/03/2010	24	10,52	38,88	49,4		



Les résultats indiqués dans le tableau précédent sont représentés dans le graphe suivant :

FigureIII.1 : Évolution des teneurs en PM 10 et PM 2,5 mesurées à Alger centre.

D'après ces résultats on remarque que la teneur des PM 10 est toujours supérieure à celle des PM 2,5.

On constate que les PM 10 et PM 2,5 suivent une évolution presque similaire, ce résultat suggère que ces particules on probablement la même origine, le trafic routier et les particules secondaires.

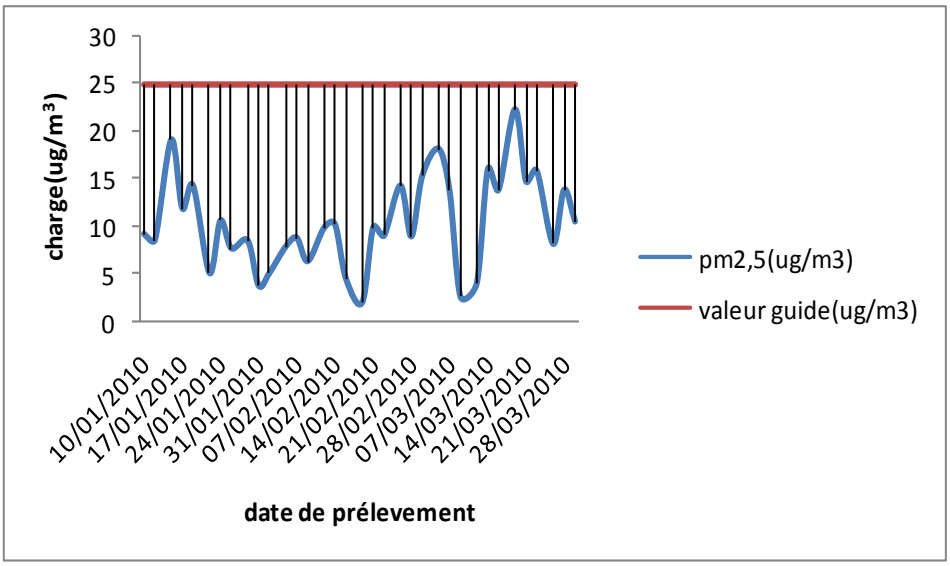


Figure III.2 : Comparaison de la teneur de PM2 ,5 et la valeur guide.

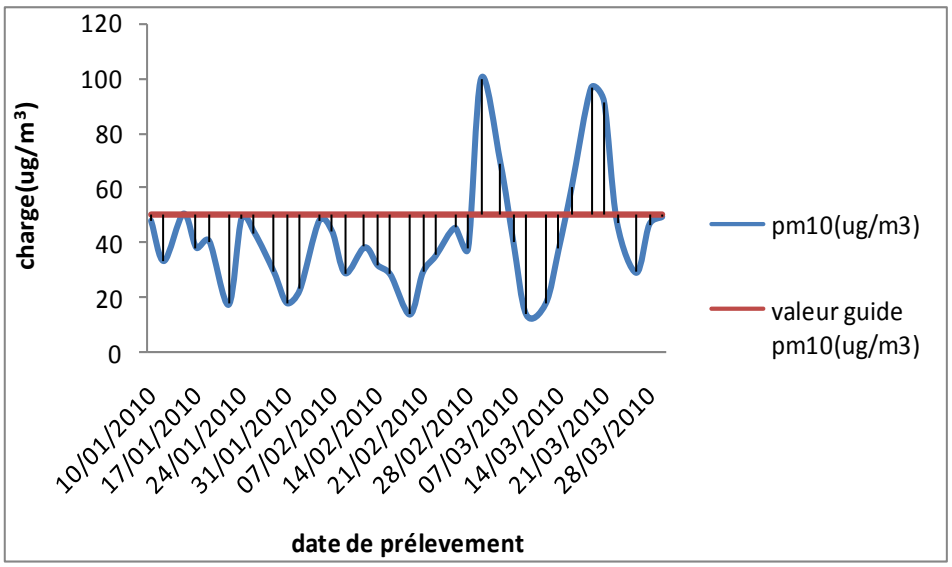


Figure III .3 : Comparaison de la teneur de PM 10 et la valeur guide

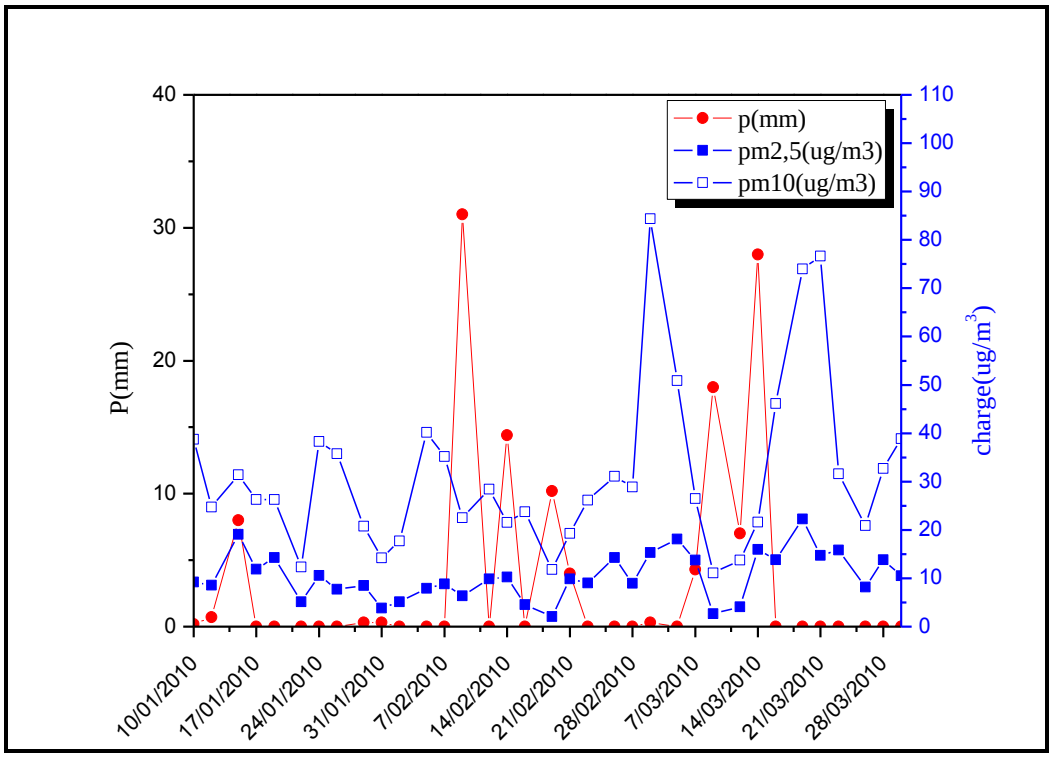
Les teneurs des PM 2,5 sont largement inférieures à la valeur cible guide (25 ug/m^3).

Contrairement à celles des PM 10 qui sont dépassées 04 fois la valeur guide (50 ug/m^3) respectivement le 02, 05, 19,21, du mois mars 2010.

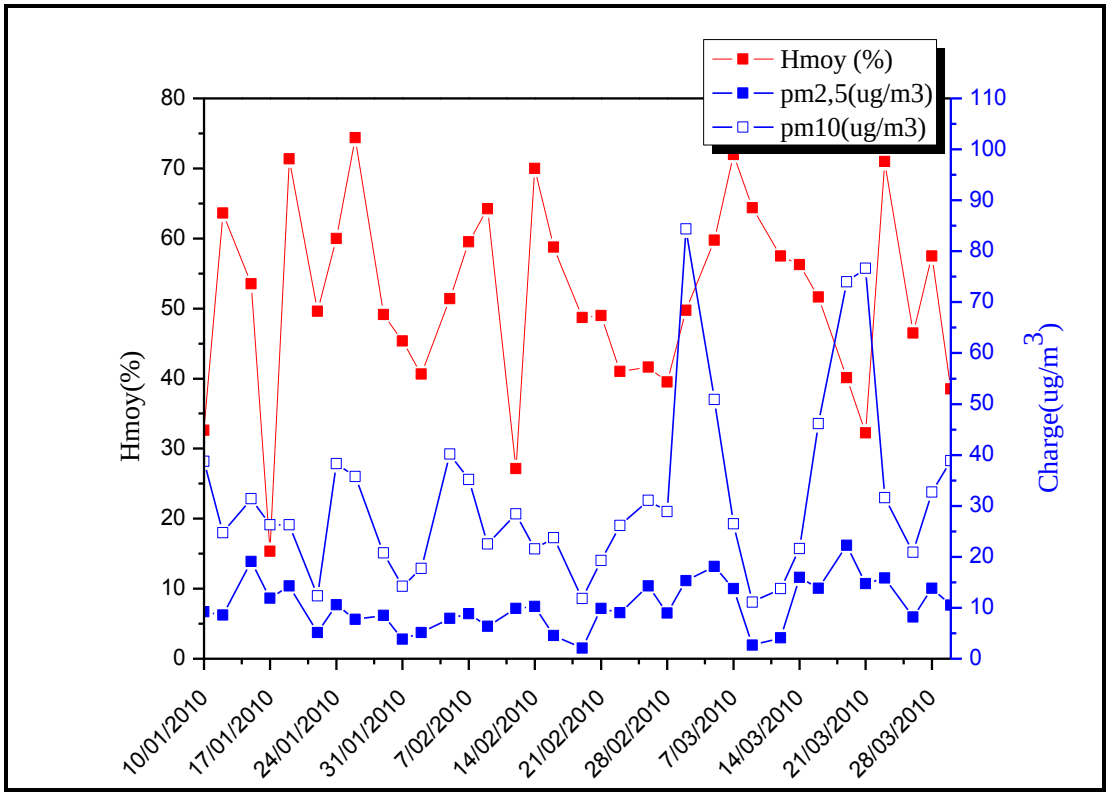
- Les variations temporelles des teneurs en PM sont dues à plusieurs paramètres :

Le trafic routier qui est la principale source de l'augmentation des teneurs atmosphériques en PM sachant que la densité de la circulation à Alger centre n'est plus à démontrer. Les concentrations les plus élevées ont été enregistrées pendant les jours de semaine Dimanche/Lundi et Mardi/Mercredi. Par exemple (Dimanche 21/03/2010) avec PM 10 (91,42µg/m^3), (Lundi /02/03/2010) avec PM 10 (99,64µg/m^3).

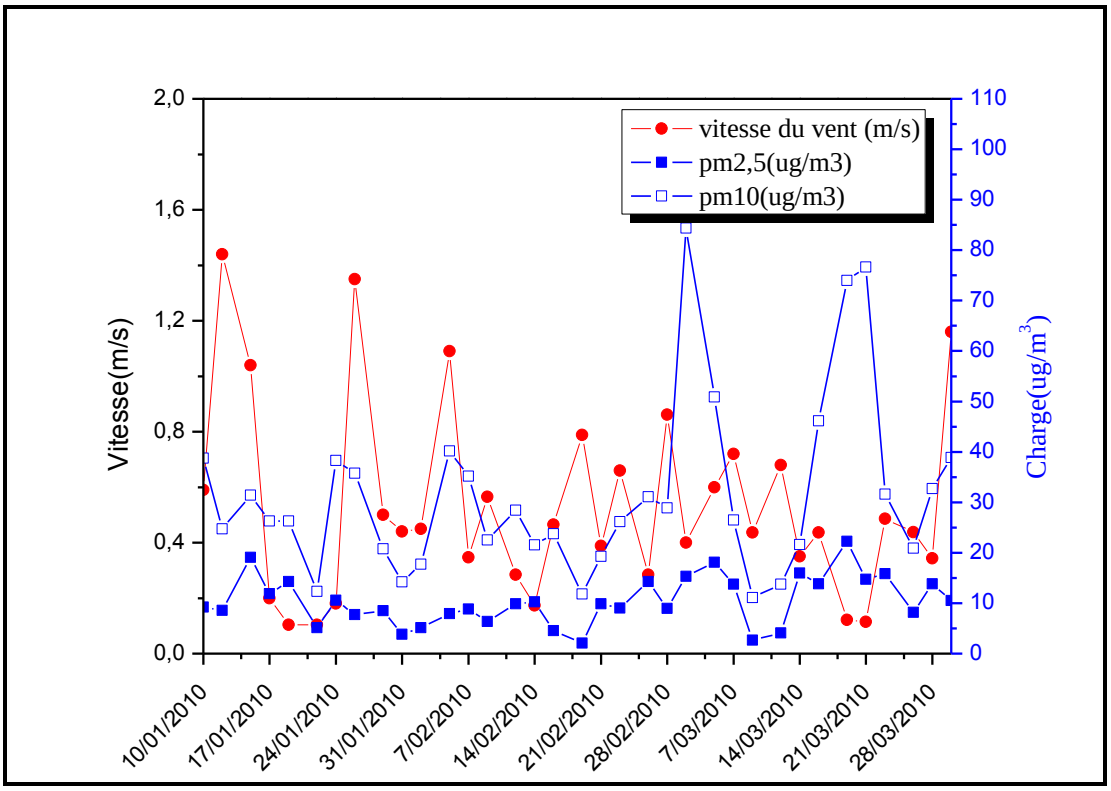
Les conditions météorologiques ont aussi un rôle important dans la dispersion des polluants. Par exemple le samedi 12/01/2010 est caractérisé par vitesse de vents (1,44 m/s), donc il y a dispersion des polluants ce qui expliquera la faible teneur en PM2,5 (8,59 µg/m^3) et PM 10 (33,34µg/m^3). Le Dimanche 14/02/2010 caractériser par un temps nuageux et pluvieux, Avec le phénomène de lessivage, la pluie baisse la teneur des polluants, notant PM 2,5(10,24 µg/m^3) et PM 10(31,8µg/m^3).


p(mm)
pm2,5(ug/m3)
pm10(ug/m3)
P(mm)
charge(ug/m3)
0
10
20
30
40
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
10/01/2010
17/01/2010
24/01/2010
31/01/2010
7/02/2010
14/02/2010
21/02/2010
28/02/2010
7/03/2010
14/03/2010
21/03/2010
28/03/2010

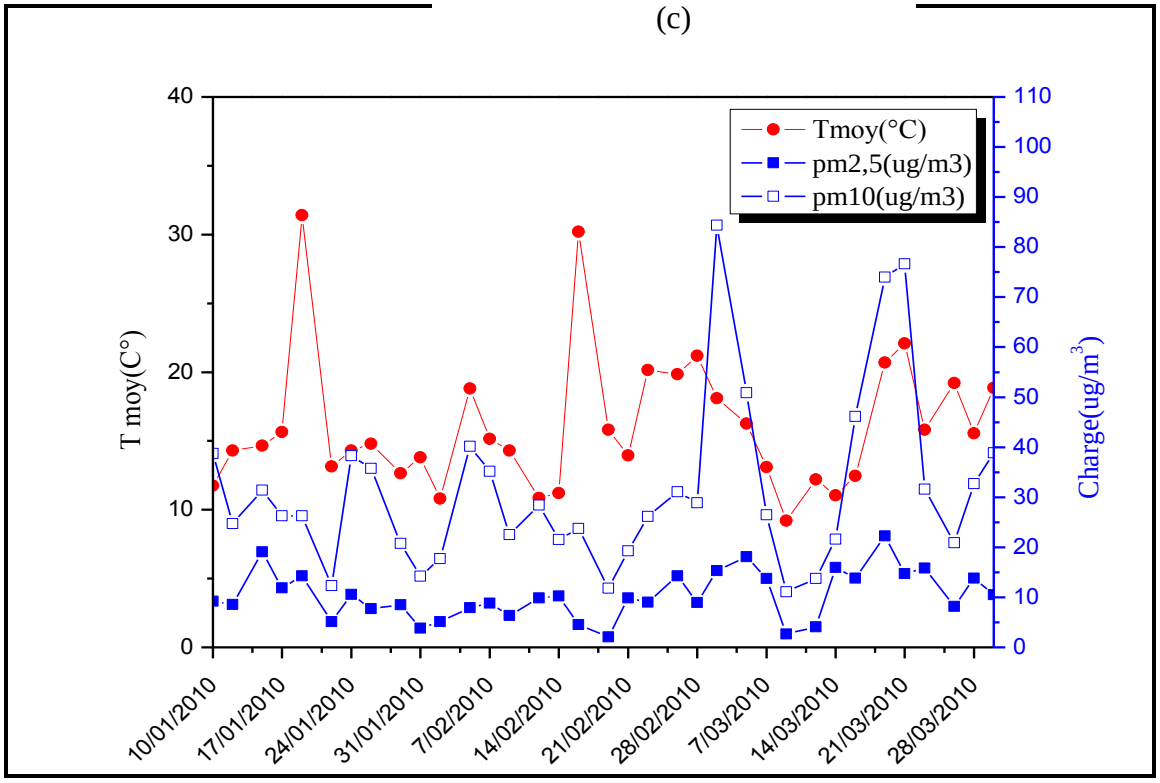
(a)


Hmoy (%)
pm2,5(ug/m3)
pm10(ug/m3)
Hmoy(%)
Charge(ug/m3)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
10/01/2010
17/01/2010
24/01/2010
31/01/2010
7/02/2010
14/02/2010
21/02/2010
28/02/2010
7/03/2010
14/03/2010
21/03/2010
28/03/2010

(b)



(c)



(d)

FigureIII .4 : Variation de charge des filtres et variation des éléments climatiques en fonction du jour de prélèvement.

Nous observons que lorsque la pluviométrie augmente la période qui suit est caractérisée par une diminution de la charge des filtres. A l'inverse lorsqu'elle diminue la charge des filtres augmente (a).

La variation d'humidité n'est pas fidèleà la variation des charges des filtres mais de façon général elle la suit. Lorsqu'elle diminue la charge diminue et lorsque l'humidité augmente la charge augmente (b).

Nous observons que lorsque la vitesse du vent augmente dans une journée, la journée suivante la charge de filtre diminue parce que le vent va disperser les polluants et lorsque la vitesse du vent diminue dans une journée la charge de filtre va être augmentée la journée suivante sous l'effet de stagnation de la pollution véhiculée par le vent lui-même (c).

La courbe de température suit fidèlement la courbe des charges des filtres ce qui prouve son influence sur la concentration et l'inter-réaction entre les polluants atmosphériques dans une région donnée (d).

De ces remarques nous pouvons dire que le boulevard Frantz fanon à Alger centre subit la pollution atmosphérique dus aux effets de son voisinage.

III .1.2.Étude de la pollution atmosphérique par les métaux lourds

Résultats d'analyse des filtres avec laXRF

- 6 échantillons ont été analysés par XRF entre le 10/01/2010 et 22/01/2010.

Analyse qualitative des filtres prélevés au Alger centre a révélé la présence de plusieurs métaux présents dans l'air et qui sont illustrées dans les figures suivantes.

- Le Zinc

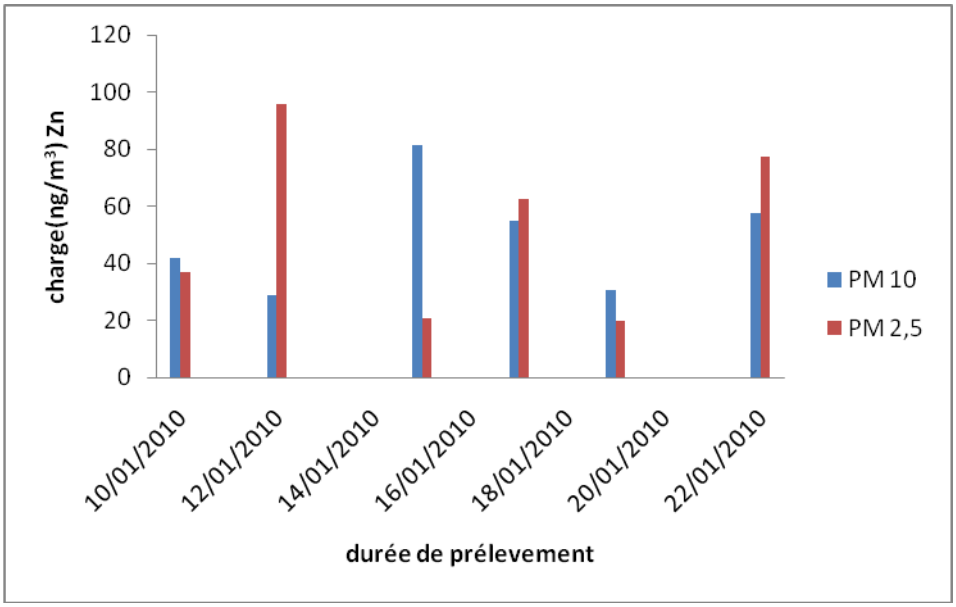


Figure III .5: Évolution des concentrations de Zn dans PM10 et PM2,5mesurées à Alger.

La figure montre que la teneur en Zn varie entre 19,72 ng/m3 à 95,76 ng/m^3 dans les PM2,5, et 41,72ng/m^3 à 57,40 ng/m^3 dans les PM10.

La valeur maximale est enregistrée le mardi 12/01/2010 une journée ensoleillée et forte circulation routière. Les moteurs des véhicules sont la source principale de la présence de ce métal avec des concentrations importantes dans l'air.

L'absence de normes relatives pour ce métal rend difficile l'appréhension du niveau de pollution par ce métal.

-Le Cuivre

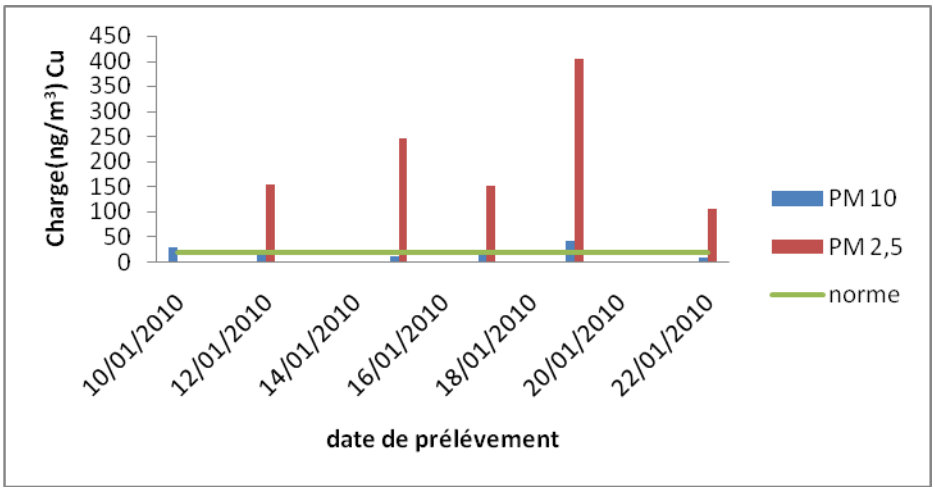


Figure III .6: Évolution des concentrations de Cu dans PM10 et PM2,5mesurées à Alger .

On constate que la présence de Cu varie de 104,31ng/m^3 à 402,35 dans les PM2,5 qui sont largement supérieures à la norme en vigueur aux USA qui est de 20ng/m^3,ainsi que dans les PM10 elles varient entre 8,59ng/m^3 à 28,93ng/m^3,dans la majorité des valeurs qui sont en dessous de la norme.

Il est évident que le Cuivre avec de telles concentrations provoque une pollution de l'air importante, qui sans doute apportera atteinte à la santé humaine

-Le Nickel

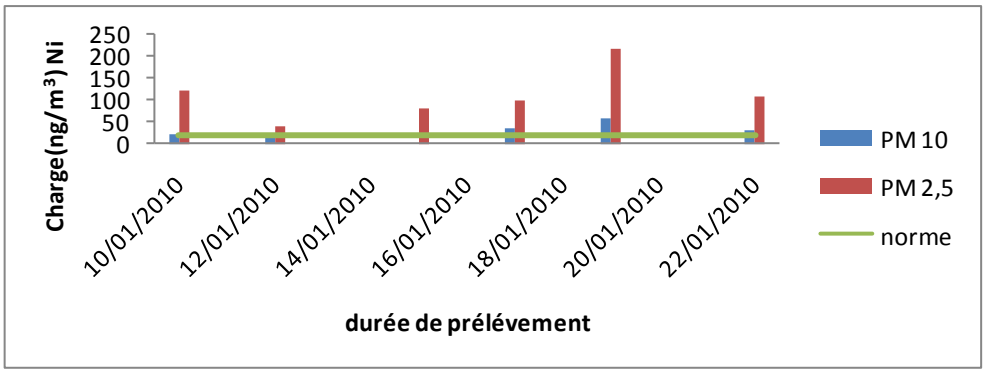


Figure III .7: Évolution des concentrations de Ni dans PM10 et PM2,5mesurées à Alger.

La figure montre que les teneurs des PM2,5 dépassent largement la norme fixée par l'OMS qui est de 20 ng/m^3,elles varient de 40,36ng/m^3 à 217,08ng/m^3, du moment que les PM10 varie de 21,43 ng/m^3 à 56,82 ng/m^3,le nickel se déterminé dans lesPM2,5 plus que dans les PM10.

On peut déduire que l'air respiré au niveau de boulevard Frantz Fanon est très pollué en Nickel(Ni).

- Le Manganèse

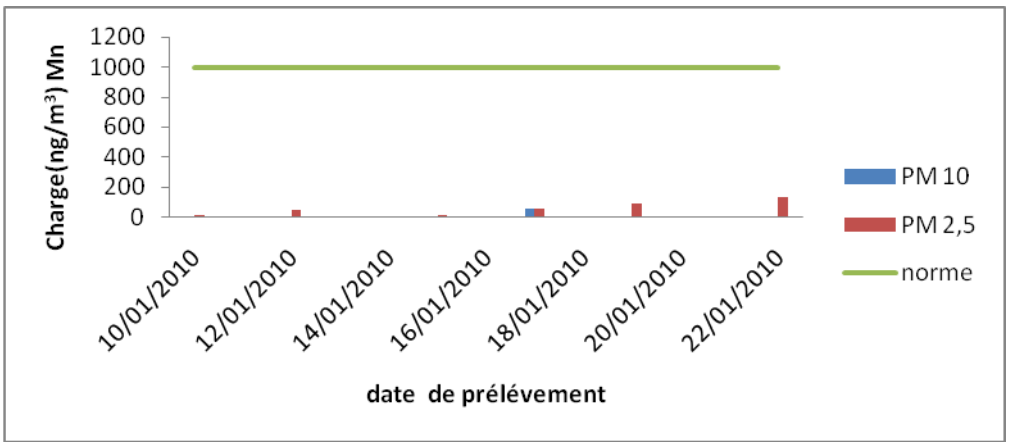
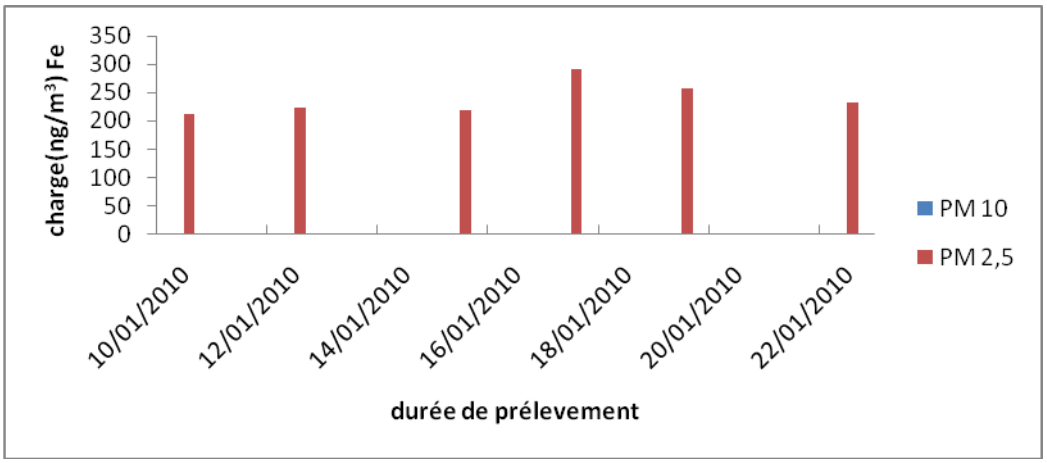


Figure III .8: Évolution des concentrations de Mn dans PM10 et PM2,5mesurées à Alger.

On constate que le Manganèse se trouve majoritairement dans les PM2,5 , les teneurs varient de 15,30 ng/m^3 à 133,56 ng/m^3, aucune concentration n'a dépasser la norme fixée par l'OMS qui est de 1000 ng/m^3 .En conséquence,nous pouvons dire qu'il n'y a pas de pollution atmosphérique par le Manganèse au niveau de boulevardsFrantz Fanon .

-Le fer



FigureIII .9: Évolution des concentrations de Fe dans PM10 et PM2,5.mesuréesà Alger.

D'après les résultats obtenus, on a constaté que le fer il est détecté seulement dans les PM2,5 à des concentration relativement élevées qui varient entre 211,99 ng/m^{3}à 291,43 ng/m^3.dans les PM10 n'ont pas pu être mesurés à cause des valeurs en dessous de la limite de détection .

Même en l'absence des normes relatives pour cet élément, ces teneurs restent très élevées et sans doute présentent un risque pour la santé humaine lors d'une exposition chronique .Ces fortes concentrations en fer dans l'atmosphère sont dues aux, les facteurs météorologiques, les moteurs de véhicules, l'incinération des déchets et l'industrie métallique, l'érosion…..etc.

- Le Chrome

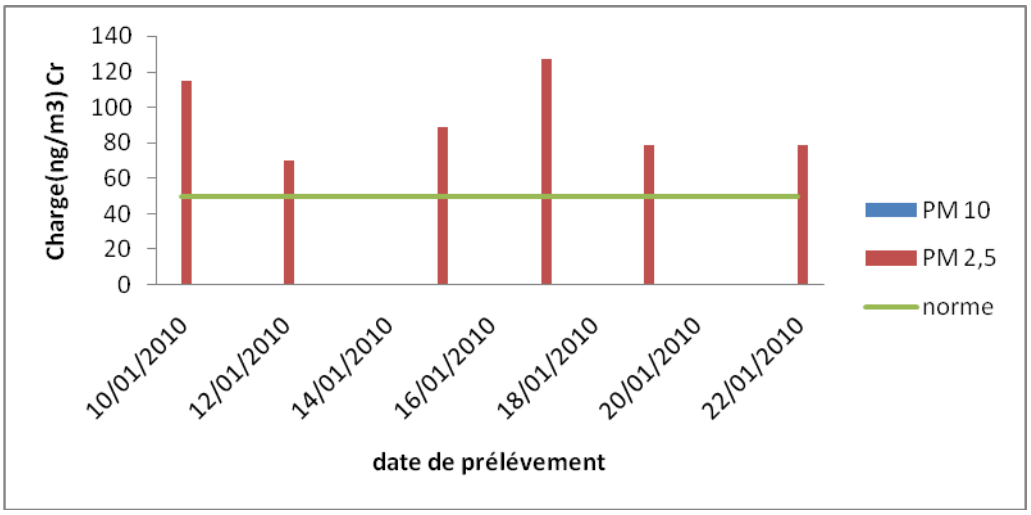


Figure III .10: Évolution des concentrations de Cr dans PM10 et PM2,5mesurées à Alger .

Les teneurs de Chrome sont détectés seulement dans les PM2,5 ,à cause des valeurs en dessous de la limite de détection les PM10 on a pas pu les mesurés, Selon l'histogramme, les teneurs du chrome varient entre 70,16 et 114,57ng/m^3, dont les concentrations dépassent largement la valeur norme fixée par la directive européenne (DE) qui est de 50 ng/m^3.

Il est évident que le chrome avec de telles concentrations provoque une pollution de l'air importante dans la région d'étude.

-Le Titane

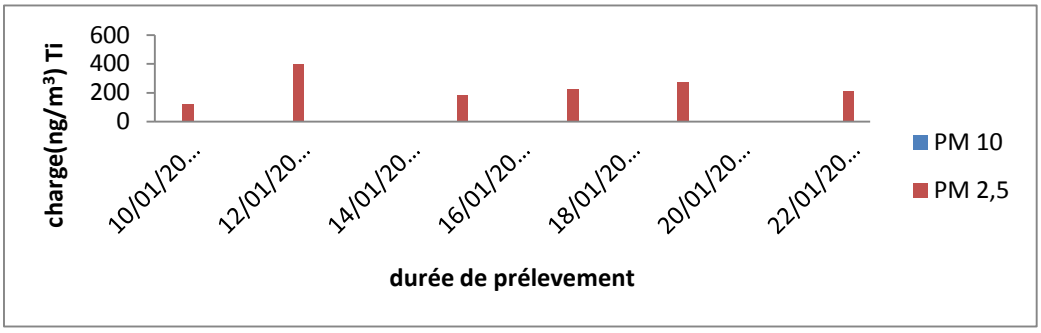


Figure III .11: Évolution des concentrations de Ti dans PM10 et PM2,5 mesurées à Alger.

D'après les résultats les teneurs de Titanium sont détectés seulement dans les PM2,5 ,avec des concentrations élevés qui varient de 124,54 ng/m^3 à 396,61 ng/m^3.

En revanche on n'a pas pu les détecter dans les PM10 car les concentrations sont inférieures aux limites de détection.

L'absence de normes relatives pour ce métal rend l'interprétation difficile, donc on se contente seulement de le mentionné.

III.2. Interprétations les résultats de la Deuxième période :

III.2.1. Étude des teneurs en TSP :

Tableau III 1: les teneurs en tsp (ug/m^3) mesurées au niveau du boulevard Frantz fanon à Alger pendant une période de prélèvement qui s'étend de 28/01/2014 au 19/02/2014.

Date de prélèvement	Durée de prélèvement (h)	Charge (µg/m^3)	Valeur cible algérienne(µg/m^3)	Valeur limite algérienne (µg/m^3)
28/01/14 -29/01/2014	24	36,63	50	80
04/02/2014-06/02/2014	48	43,77	50	80
10/02/2014-13/02/2014	72	24,88	50	80
06/02/2014-10/02/2014	96	53,63	50	80
30/01/2014-04/02/2014	120	25,18	50	80
13/02/2014-19/02/2014	144	63,87	50	80

Les résultats indiqués dans le tableau précédent sont représentés dans le graphe suivant :

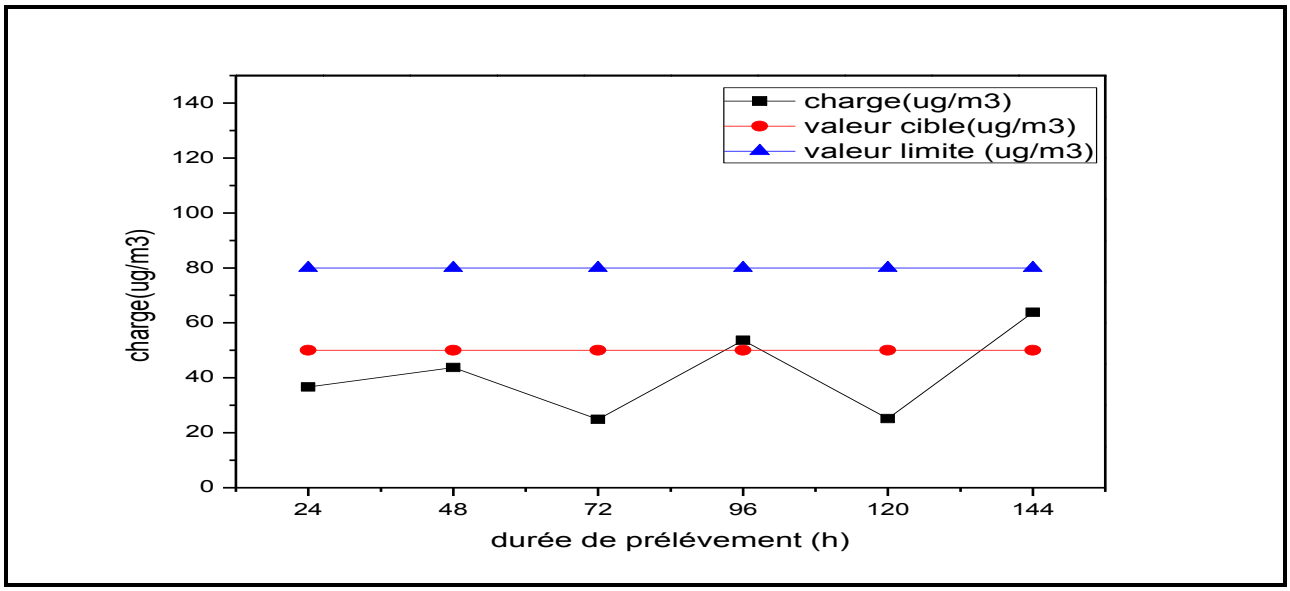
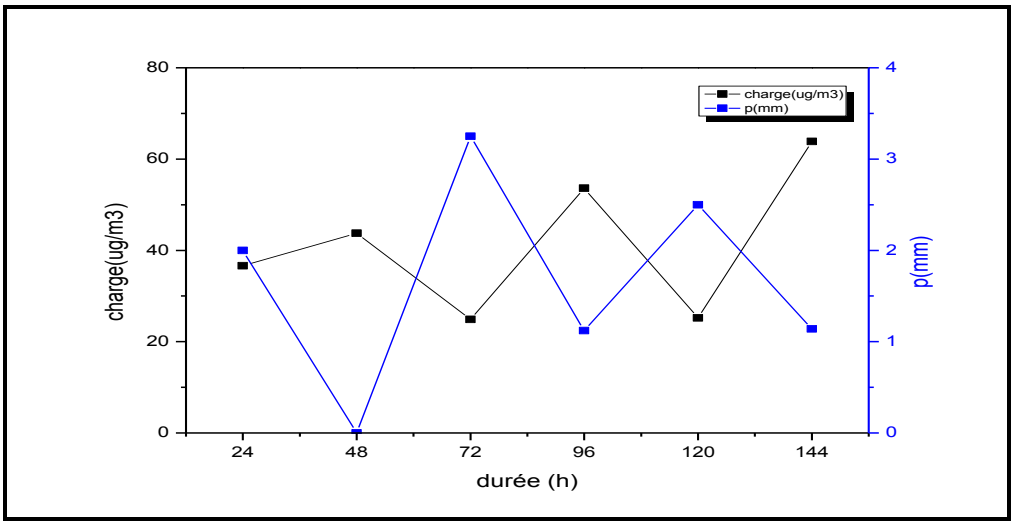


Figure III .12: Évolution des teneurs en TSP en fonction durée de prélèvement.

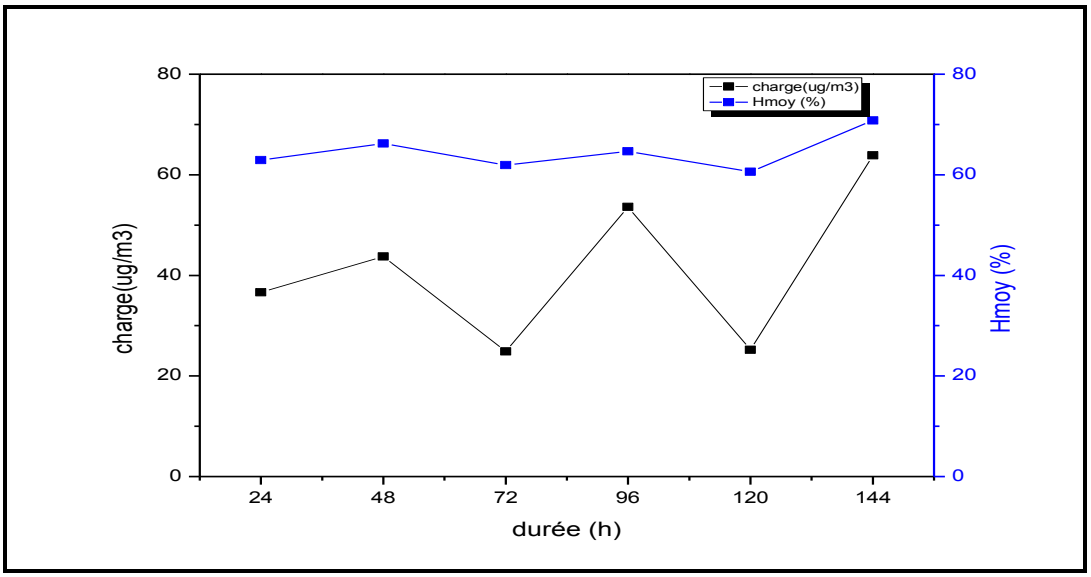
D'après les résultats obtenus, on constate que les teneurs en TSPsont largement inférieuresà la valeur limite Algérienne (80 µg/m^3), sur 6 échantillons deux seulement qui ont une concentration qui dépasse la valeur cible Algérienne(50 µg/m^3).

La teneur minimale est de 24,88 µg/m^3, cette valeur coïncide par une période nuageuse et pluvieuse avec précipitation (3,5mm).La teneur maximale est de 63,87 µg/m^3, coïncide avec des journées ensoleillées.

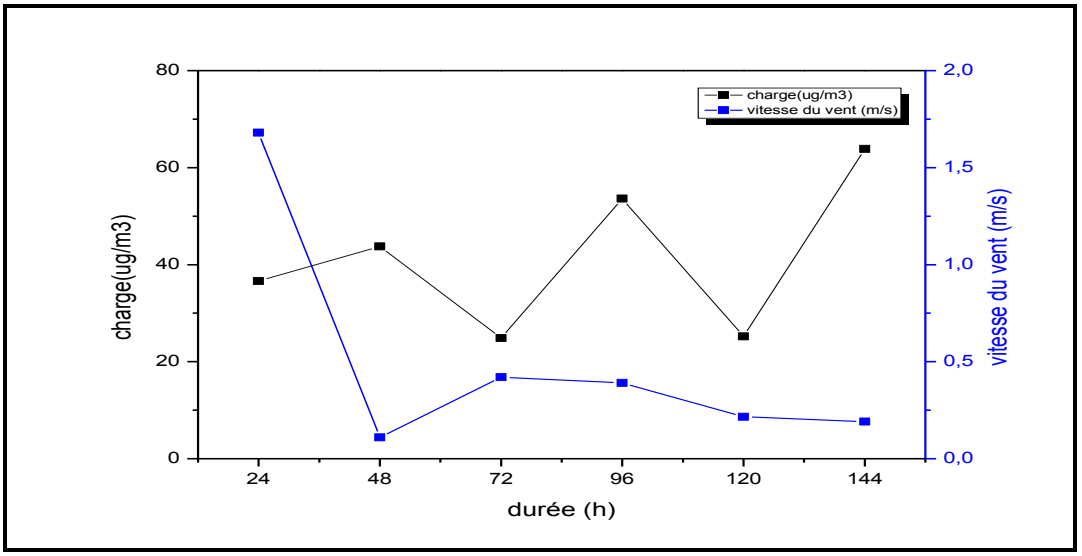
Les variations temporelles des teneurs en TSPsont dues probablement aux variations des intensités de trafic routier et l'influence des facteurs météorologiques, qui conditionnent la dispersion des particules en suspension.



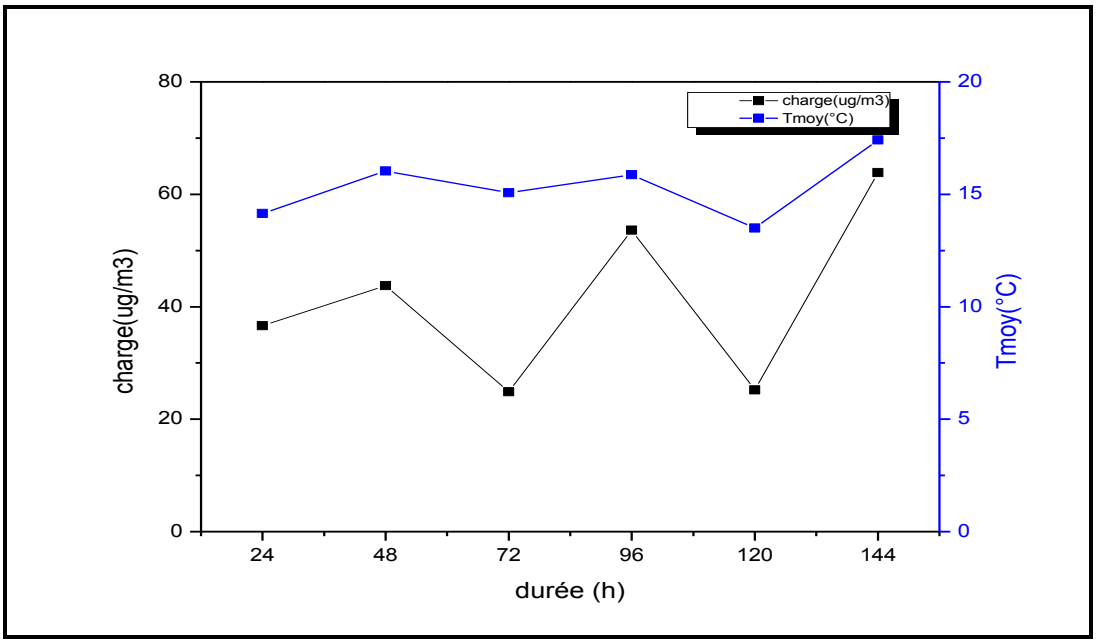
(a)


charge(ug/m3)
Hmoy (%)
charge(ug/m3)
Hmoy (%)
durée (h)
0
20
40
60
80
24
48
72
96
120
144

(b)


charge(ug/m3)
vitesse du vent (m/s)
charge(ug/m3)
vitesse du vent (m/s)
durée (h)
0
20
40
60
80
0,0
0,5
1,0
1,5
2,0
24
48
72
96
120
144

(c)



(d)

Figure III .13: Variation de charge des filtres et variation des éléments climatiques en fonction durée de prélèvement.

Nous observons que lorsque la pluviométrie augmente la période qui suit est caractérisée par une diminution de la charge des filtres. A l'inverse lorsqu'elle diminue la charge des filtres augmente (a).

La variation d'humidité n'est pas fidèle à la variation des charges des filtres mais de façon général elle la suit. Lorsqu'elle diminue la charge diminue et lorsque l'humidité augmente la charge augmente (b).

Nous observons que lorsque la vitesse du vent augmente dans une journée, la journée suivante la charge de filtre diminue parce que le vent va disperser les polluants et lorsque la vitesse du vent diminue dans une journée la charge de filtre va être augmentée la journée suivante sous l'effet de stagnation de la pollution véhiculée par le vent lui-même (c).

La courbe de température suit fidèlement la courbe des charges des filtres ce qui prouve son influence sur la concentration et l'inter-réaction entre les polluants atmosphériques dans une région donnée (d).

De ces remarques nous pouvons dire que le boulevard Frantz fanon à Alger centre subit la pollution atmosphérique dus aux effets de son voisinage.

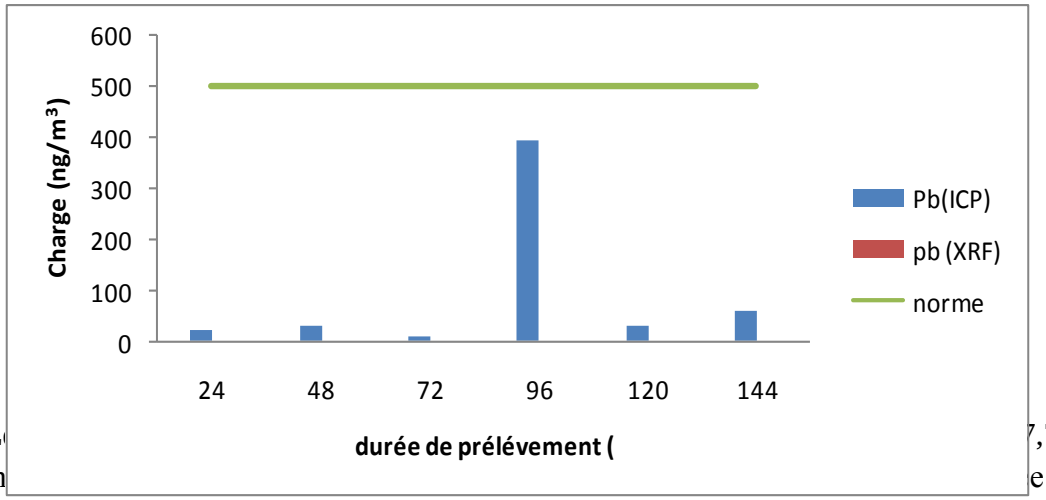
III.2.2. Étude de la pollution atmosphérique par les métaux lourds

- Résultats d'analyse des filtres avec la XRF et l'ICP

Le trafic automobile est la principale source de pollution atmosphérique en région urbain.

- 6 échantillons ont été analysés par XRF et ICP entre le 28/01/2014 et 19/02/2014.

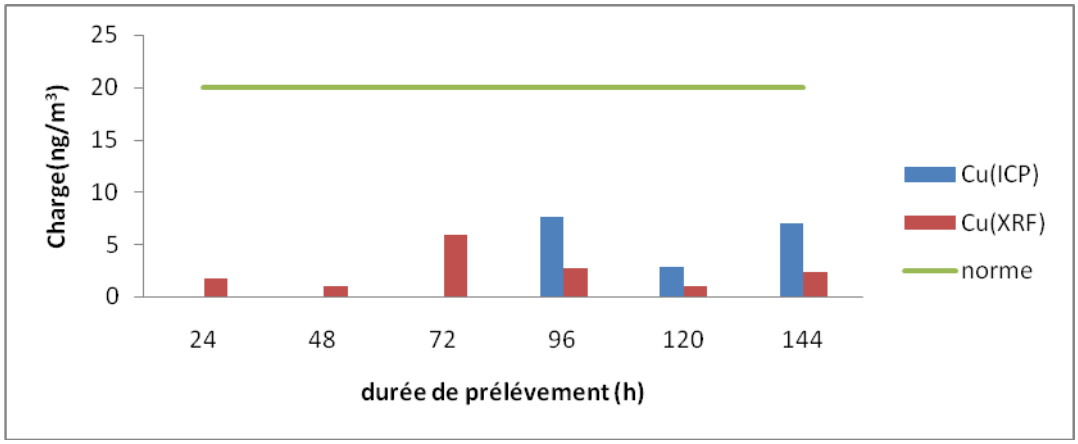
- Le plomb



L 7,78 à 394,81 n e par l'OMS (500g/m^3).

En conséquence, nous pouvons dire qu'il n'y a pas de pollution par le Plomb au niveau de boulevards Frantz Fanon.

- Le Cuivre



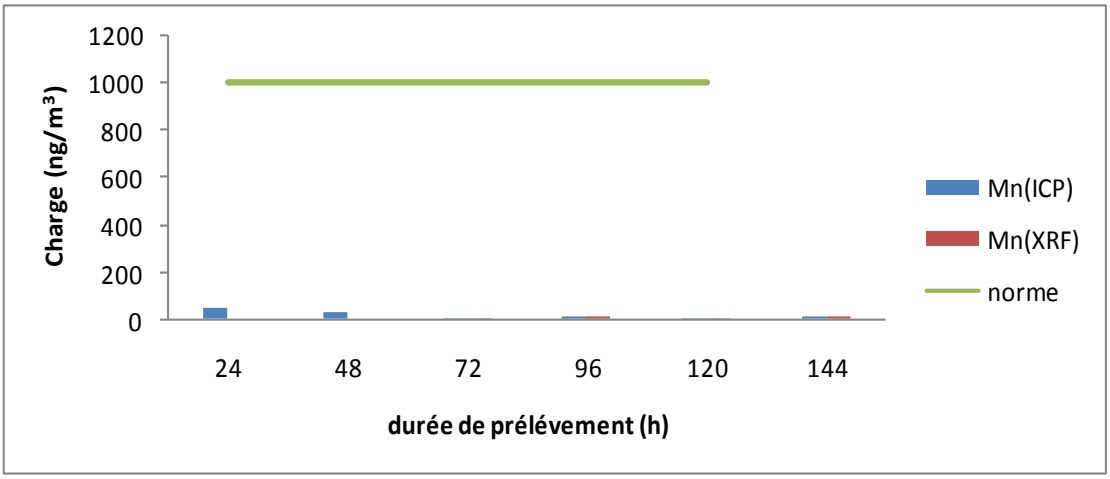
FigureIII .15: Teneurs en Cuivre détectées par XRF et ICP.

Les concentrations de Cuivre données par la XRF varient de 1 à 5,8 ng/m^3, ces concentrations sont largement inférieures à la norme fixée par USA(20g/m^3).

Les concentrations du Cuivre sont détectées par ICP à partir 96 h de collection,varient de 2 à 7 ng/m^3. Qui sont légèrement supérieures à celles données par la XRF.

Donc on peut déduire que l'air respiré au niveau de boulevards Frantz Fanon n'est pas pollué en Cuivre.

- Le Manganèse



FigureIII .16 : Teneurs en Manganèse détectées par XRF et ICP.

D'après les résultats des deux méthodes, les concentrations de Manganèse sont très faibles relativement à la valeur guide souhaitée par l'OMS (1000 ng/m^3).

Ces teneurs faibles prouvent l'absence de pollution par le Manganèse dans l'air ambiant de la région d'étude.

Le Zinc

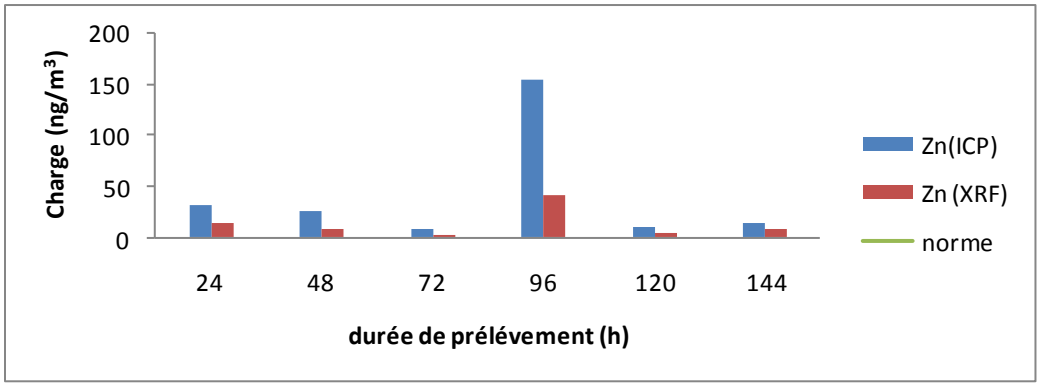
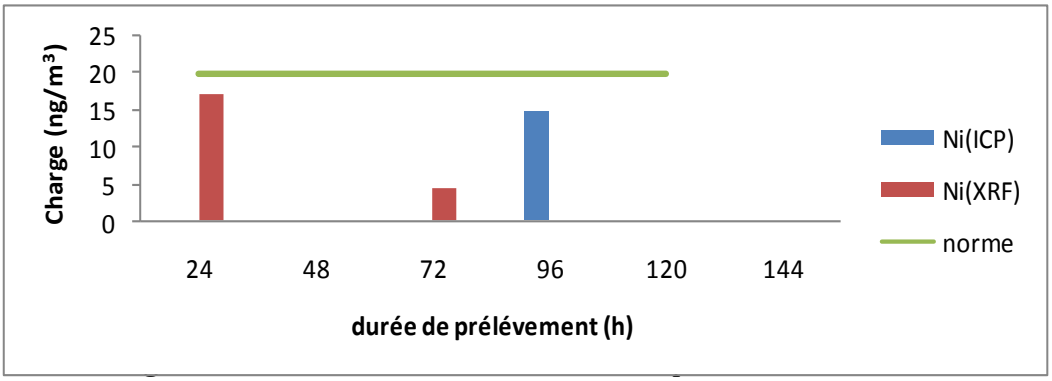


Figure III .17: Teneurs en Zinc détectées par XRF et ICP.

Les concentrations du Zinc varient de 2à 41,5 ng/m^3 détecté par XRF et de 7.44 à 154.2ng/m^3 par ICP.

L'absence desnormes relatives pour ce métal rendent l'interprétation difficile donc on se contente seulement de le mentionné.

- Le Nickel



Le Nickel est rare ona enregistré deux pics lors de 1er jour et de 3ème jour ses teneurs respectivement 17,16 et 4,38 ng/m^3 détecté par XRF, et un seul pic lors de 4ème jour avec une valeur de 14,92 ng/m^3 détecté par ICP.

Les deux méthodes montrent que les concentrations sont en dessous de la norme fixée par l'OMS (20 ng/m^3).

Donc on peut déduire que l'air respiré au niveau de boulevards Frantz Fanon n'est pas pollué en Nickel.

- Le Fer

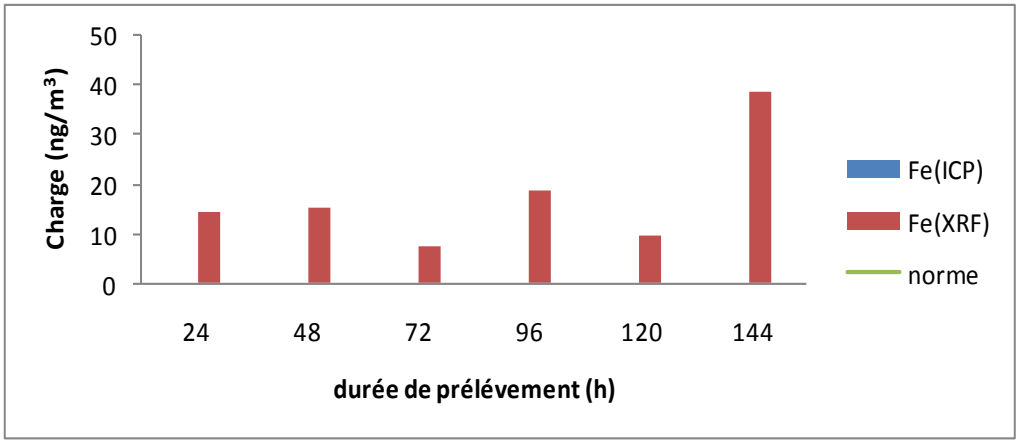


Figure III .19: Teneurs en Fer détectées par XRF et ICP.

Le Fer a été détecté uniquement par la XRF présent des grandes concentrations variantes entre 7,23 et 39 ng/m^3.

L'absence de norme pour le Fernousempêche de porter jugement sur la présence ou absence de pollution par cet élément.

Le Titane

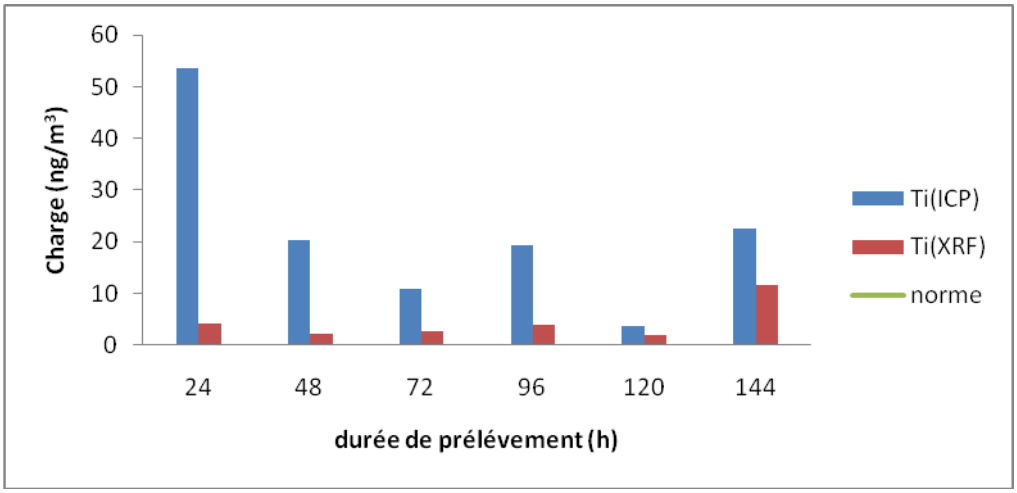


Figure III .20: Teneurs en Titane détectées par XRF et ICP.

Les teneurs du Titan varient de 2 à 11 ng/m^3 analysées par la XRF, ces concentrations sont largement inférieures à celles détectés par ICP qui varient de 3à 53ng/m^3.

L'absence de normes relatives pour ce métal rend l'interprétation difficile jugement sur la présence ou absence de pollution par cet élément.

- Le Chrome

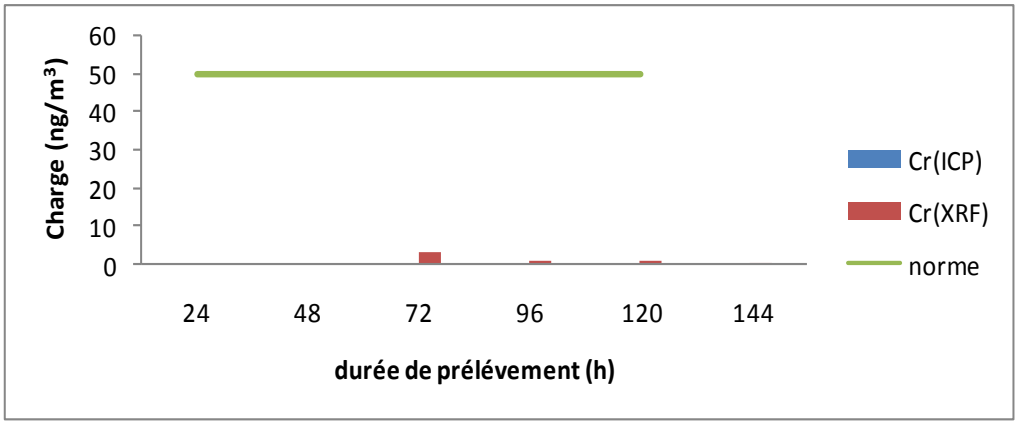


Figure III .21: Teneurs en Chrome détectées par XRF et ICP.

Le Chrome a été détecté uniquement par la XRF présent lors de 3ème jour avec des concentrations très faibles relativement à la valeur guide souhaitée par la directive européenne (DE) qui est de 50 ng/m^3.

Ces teneurs faibles prouvent l'absence de pollution par le Chrome dans l'air ambiant de la région d'étude.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Le travail que nous avons mené a pour objectif de surveiller la qualité de l'air au niveau de la ville Alger centre pendant les deux périodes Janvier, Février, Mars 2010 et Janvier, Février 2014 en utilisant les TSP.

Nous avons utilisé la technique XRF et l'ICP comme techniques d'analyse pour doser les éléments des métaux lourds contenus dans les échantillons des filtres.

Les résultats de mesures ont montré que les concentrations des particules totales en suspension ne dépassent pas la valeur limite algérienne pour les deux périodes, mais nous avons enregistré des pics de concentrations inquiétants durant la première période.

- La première et dernière semaine de Mars 2010 de concentration 84,5 µg/m^3 et 76,6 µg/m^3.

Ce qui nous amène à dire que l'air respiré au niveau du boulevard Frantz fanon à Alger centre est occasionnellement pollué en se référant aux pics dépassant les limites tolérées d'où l'importance et la nécessite de la surveillance continue de la qualité de l'air avec l'installation d'un système d'alerte pour prévenir les épisodes de pollution.

Le dosage des métaux lourds par la technique de spectrométrie à fluorescence-X (XRF) de l'ensemble des échantillons prélevés au 1ère période a montrée des résultats inquiétants :

Les concentrations en Cuivre (CU), Chrome (Cr), Nickel (Ni), ont toutes dépassé les normes fixées par l'OMS et la DE avec un large écart, dont leurs teneurs maximales sont : Cu= 402,35 ng/m^3, Cr =114,57 ng/m^3, Ni =217,08 ng/m^3. Le Manganèse a marqué de très faibles concentrations comparativement à la norme fixée par l'OMS.

Les autres métaux (Fe, Zn, Ti…) présentent des concentrations élevées qui sont liées au trafic routier, les différentes activités industrielles, agricoles, incinération des déchets,…..etc. Cependant l'absence de normes relatives à ces métaux rend l'évaluation de degrés de pollution par ces derniers délicate voire impossible.

D'après les résultats obtenus, on tranche que l'air respiré au niveau d'Alger centre pendant la période précédente est pollué et inquiétant.

Le dosage par la XRF pendant la 2ème période nous a permis de détecter plusieurs éléments, tel que : Cu, Mn, Ni, Cr. Ces éléments présentent en très faible concentration en dessous des normes souhaitées par l'OMS et la DE.

Les autres éléments (Fe, Zn, Ti…) présentent des concentrations élevées mais l'absence des normes pour ces éléments dans l'air nous empêche de signaler une pollution, même en étant détectés de maniéré constante, voir à des valeurs élevées.

L'analyse des métaux lourds par l'ICP a prouvé la présence de plusieurs éléments, tel que (Pb, Cu, Mn, Ni…) avec des concentrations largement inférieures aux normes souhaitées par l'OMS et la DE. Concernant les concentrations de (Zn, Ti) présentent des concentrations

élevées mais l'absence des normes pour ces éléments dans l'air nous empêche de signaler une pollution, même en étant détectés de maniéré constante.

En conclut qu'il n'y a pas d'effet d'accumulation lorsque on fait varié la durée de prélèvement ceci montre que la pollution est variable quotidiennement. Ces résultats montrent un certain niveau de pollution au niveau le site urbain.

Il est important de signaler queles données climatiques d'après de notre constat des résultats traités, nous pouvons avancer qu'ils ont un rôle significatif dans la variation des concentrations des polluants atmosphériques.

Afin d'améliorer graduellement la situation, nous proposons les recommandations suivantes :

- La gestion du transport avec réduction des points de congestion et multiplication du transport en commun.
- Éviter l'utilisation des essences plombées et encourager l'usage du GPL et le GNL, moins polluants.Mise en place d'une réglementation qui impose la présence e d'un catalyseur sur tous les véhicules.
- Inciter les gens à prendre le transport en commun surtout à l'intérieur des agglomérations.
- Éliminer les décharges sauvages et construire des C.E.T (centre d'enfouissement technique) et des centres de tri.
- Les unités industrielles doivent prendre toutes les dispositions nécessaires visant à réduire ou éliminer l'usage des substances polluantes.
- Application du principe Pollueur-payeur.
- Encourager les mouvements associatifs dans le domaine de l'environnement.
- Installation d'un réseau de surveillance de qualité de l'air qui couvre tous les wilayas de pays, afin d'informer et de prévenir la pollution sur la qualité de l'air quotidiennement, dont la commune de Alger centre ….etc.

À la fin il est de nos jours et de notre devoir de veiller à assurer un environnement saint pour nous et pour les générations futurs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] :Elichegary.C, 2008 : la pollution de l'air : sources, effets, prévention. Edition Dunod.

[2] : Driss ELKORTOBI : pollution atmosphérique, principaux polluants de l'air ; http:// tanwir .free.fr ;(aout 2004).

[3] : Ramade .F, 2000 : Dictionnaire encyclopédique des pollutions .Edition Dunod.

[4] : Zemouche.A et Tezkratt.S : Etude de la qualité de l'air par l'évaluation des teneurs en métaux lourds de la ville de Tizi- Ouzou. Thèse 2008.

[5] : Masclet .P, 2005 : pollution atmosphérique : Cause, conséquence, solutions, perspectives .Edition Ellipes.

[6] :Fontan.J, 2003 : Les pollutions de l'air, les connaitre pour les combattre. Edition Vuibert.

[7] : Chaboun. F et Timechmachine. R :Evaluation de la pollution atmosphérique par les métaux lourds en milieu urbain :Thèse 2007.

[8] :www.ademe.fr

[9] : Yafssah.D et Ferrah. S :Evaluation de la pollution atmosphérique par l'analyse de filtres d'aérosols prélevés sur un site à Alger centre.

[10] : Boulabraouat F/Z,,Akacha .L 2007 : Analyse des métaux lourds par absorption atomique et par fluorescence X en milieu urbain , mémoire d'ingénieure .

[11] : Gombert.S, Galsomies .L, Rausch .C 2005 ; pollution atmosphérique par les métaux : Biosurveillance des retombées, édition EDS Science/ ADEME.

[12] : Brahimi A. Sbargoud A, 2009 : Diagnostic environnementale de la gare routière de Tizi-Ouzou : détection de la pollution métallique d'origine automobile, mémoire d'ingénieure.

[13] : Bliefert et Perraud, 2001 : Chimie de l'environnement Air,sol.premiéreedition ; Boeck Université, broxelles.

[14] : Directive européenne (Réf.2008/50/CE) du 21 mai 2008.

[15] :Vennin.A, Ecoilvet , 2000 : la qualité de l'air : norme et procédures ,édition imprimerie national.

[16] : Journal officiel n° 24 du 16 avril 2006, Algerie.

[17] : Yahiaoui. Fatiha, 2010 : Etude de la pollution atmosphérique par fraction des matières particulaires PM 10 et PM 2 ,5 dans le site d'Alger centre.

[18] : Rehmani, 2008 : Maitre-assistant chargé de cour à l'U.M.M.T.O.

[19] :Haddadi.A, Hacen.S , 2009 : évaluation de la pollution atmosphérique par les métaux lourds dans deux site urbain d'Alger centre.

[20] : Ramade . F, 2005 : Élément d'écologie : écologie appliqué 6 Emme édition. Edition dunod.

[21] : Marzouk. C ,Rahmani. M, 2010 : avaluation de la pollution atmosphérique par les métaux lourds au niveau d'un site urbain de la ville draa ben khadda par la technique XRF .

[22] : Journal Officiel n° 43 du 20 juillet 2003, Algerie.

[23] : Journal Officiel n° 84 du 29 Décembre 2004, Algerie.

[24] : Kerchich. Y, 2003 : Evaluation de la pollution de l'air par les particules fines PM 10 et les métaux lourds ; Thèse ENP .

[25] : X-Ray fluorescence spectroscopy (XRF), AMP TEK, November 2002.

[26] : Isidore.A . 1996 : Méthodes spectrométriques d'analyse et de caractérisation, Londre 1.

[27] : Omari L, 2004 ; (rapport interne) : Étude de la pollution atmosphérique urbaine, échantillonnage de l'air, CRNA .

[28] : Dafi.K, 2005 : Applications des techniques nucléaires de microanalyse à l'étude de la pollution dans un milieu marin au port d'Alger, USTHB.

ANNEXE

Les données météorologiques pendant la durée de prélèvement à Alger centre

1- Les données météorologiques du premier période :

la date	p(mm)	Hmoy (%)	vitesse du vent (m/s)	Tmoy(°C)
10/01/2010	0,2	32,62	0,59	11,75
12/01/2010	0,7	63,62	1,44	14,3
15/01/2010	8	53,5	1,04	14,65
17/01/2010	0	15,35	0,2	15,65
19/01/2010	0	71,35	0,104	31,4
22/01/2010	0	49,62	0,104	13,15
24/01/2010	0	60	0,18	14,3
26/01/2010	0	74,375	1,35	14,8
29/01/2010	0,3	49,125	0,5	12,65
31/01/2010	0,3	45,375	0,44	13,8
2/02/2010	0	40,625	0,45	10,8
5/02/2010	0	51,375	1,09	18,8
7/02/2010	0	59,5	0,347	15,15
9/02/2010	31	64,25	0,565	14,3
12/02/2010	0	27,125	0,284	10,85
14/02/2010	14,4	70	0,173	11,2
16/02/2010	0	58,75	0,465	30,2

19/02/2010	10,2	48,69	0,788	15,8
21/02/2010	4	49	0,388	13,95
23/02/2010	0	41	0,659	20,15
26/02/2010	0	41,625	0,284	19,85
28/02/2010	0	39,5	0,861	21,2
2/03/2010	0,3	49,75	0,4	18,1
5/03/2010	0	59,75	0,6	16,25
7/03/2010	4,3	72	0,72	13,1
9/03/2010	18	64,375	0,437	9,2
12/03/2010	7	57,5	0,68	12,2
14/03/2010	28	56,25	0,35	11,05
16/03/2010	0	51,625	0,437	12,45
19/03/2010	0	40,125	0,121	20,7
21/03/2010	0	32,25	0,114	22,1
23/03/2010	0	71	0,486	15,8
26/03/2010	0	46,5	0,4375	19,2
28/03/2010	0	57,5	0,343	15,55
30/03/2010	0	38,5	1,16	18,85

2- Les données météorologiquesdu deuxième période :

durée (h)	charge(ug/m3)	p(mm)	Hmoy (%)	vitesse du vent (m/s)	Tmoy(°C)
28/01/14 - 29/01/2014	36,63	2	62,93	1,68	14,15
04/02/2014-06/02/2014	43,77	0	66,2	0,11	16,03
10/02/2014-13/02/2014	24,88	3,25	64,9	0,42	15,07
06/02/2014-10/02/2014	53,63	1,12	60,64	0,39	15,87
30/01/2014-04/02/2014	25,18	2,5	60,625	0,216	13,5
13/02/2014-19/02/2014	63,87	1,14	70,82	0,191	17,42

RESUME

Cette étude consiste à analyser la qualité de l'air dans le site urbain d'Alger Centre. Deux échantillonneurs à faible et haut débit d'air ont été utilisé pour la collecte des échantillons au niveau de ce site caractérisé par la présence d'une forte densité de circulation de voitures.Les méthodes d'échantillonnages des particules en suspension dans l'air sont multiples et variées parmi eu les PM 10 et PM 2,5 qui sont prélevées à l'aide d'un préleveur du type Gent sampler.

L'analyse des filtres collectés a été effectuée par la spectrométrie par fluorescence X (XRF) et par la spectrométrie d'émission plasma(ICP).Les métaux lourds tel que : Ti, Cr, Mn, Fe, Pb, Zn, Cu, Ni ont été dosés par ces deux techniques montrant en évidence l'existence d'une pollution atmosphérique due principalement à l'activité humaine. Dans ce qui suit nous présentons la méthodologie suivie et les résultats des traitements des données de cette pollution.

Mots clés : les matières particulaires (PM 10,PM 2,5),Gent sampler, les métaux lourds, spectrométrie par fluorescence X, spectrométrie par d'émission plasma.

ABSTRACT

This studyconsist in analyzing the quality of the air in the urbain site of AlgiersCentre.A sampler withlow and high air flow are used for the collection of the samples on the level of this site characteriezed by the presence of a strongdensity of circulation of cars.The mass of the ambientparticlesis a complex mixture whichstronglydepends on the characteristics of the sources and of theircutsaccording to whetherthey are (fine particles) or(large particles).The procedures of the suspendedparticles in the air multiple are variedparmisthem PM 10 and PM 2,5 wich are takenusing a sampler of the type Gent sampler the analysis of the collectedfiltrswascarried out by two technique of spectrometry by x- ray fluorescence (XRF) and spectrometryinductivelycoupled plasma(ICP).Heavy metalssuch as :Ti, Cr, Mn, Fe, Pb, Zn, Cu, Ni are proportioned by this technique showing in obviousness the existence of an air pollution due mainly to the humanactivity. In whatfollowswe have followedmethodology and the results of the data processing of this pollution.

Key words : particulatematters (PM 10, PM 2,5), Gent sampler, heavymetals, spectrometry by x- ray fluorescence,spectrometryinductivelycoupled plasma.