

République Algérienne Démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة الجليلي بونعامة خميس مليانة

Université Djillali Bounaâma de Khemis Miliana



Faculté des Scientifiques et de la Technologie

Département de technologie

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master en science du génie de l'environnement

Spécialité : Génie des procédés de l'environnement

Thème

**Détermination du niveau de la pollution d'origine routière
dans la ville de Khemis-Miliana et son impact sur la santé
Publique (intoxication au plomb).**

Réalisé par :

M^r Habou Mahaman Maman Moustapha
M^r Doumbia Abdramane Siramane

Devant le jury :

M ^{me} C.MESLI	Présidente
M ^{me} L.OUADAH	Examinatrice
M ^r D.ADDAD	Encadreur
M ^{lle} O.HAMRAT	Co-encadreur

Année Universitaire : 2018-2019

REMERCIEMENT

Avant tout, nous remercions ALLAH Le tout Miséricordieux. L'unique, Le Puissant, Maître des cieux et de la terre pour nous avoir guidé, protégé, aidé et permis de mener à bien ce travail.

Nous remercions l'ensemble des membres du jury pour avoir accepté de juger ce travail

Mme C.MESLI

Mme L.OUADAH.

Nous vous remercions d'avoir enrichi cette étude par vos expertises et vos expériences respectives. Nous remercions également,

Mr D. ADDAD et Mlle O. HAMRAT d'avoir dirigé notre mémoire au cours de sa réalisation avec beaucoup de patience. Votre rigueur scientifique, vos conseils et vos encouragements nous a permis de mener à bien ce travail.

MERCI

À ceux et celles qui nous ont aidé d'une façon ou d'une autre, de près ou de loin dans notre travail, on les remercie du fond du cœur.

Enfin nous nous devons aussi de remercier ces personnes : le directeur de l'école ainsi que toute l'équipe de l'école para médicale de Khemis Miliana, les différents ingénieurs des laboratoires de GP, de Chimie 1, de chimie 2, de chimie 3 de SNV, UND de Nafta Khemis, l'ingénieur du CRAPC, au personnel et ainsi qu'au directeur du laboratoire du Dr Houti.

Dédicace

C'est avec une grande joie que moi dédie ce modeste travail a :

Ma mère et mon oncle (Mallam Nourou) qui ont sacrifié leurs bons moments afin de me donner une bonne éducation.

A la mémoire de mon père (Qu'Allah lui fasse miséricordes)

Mes chers frères «Amadou, Mousba, Attaher et Nouroudine» qui m'ont tous aidé et soutenu.

Mes chères sœurs « Asmaou, Zeinabou, et Fatima Zahra ».

Mes tantes et mes oncles

Mes cousines et mes cousins.

A toute la promotion GP de l'environnement et à tous mes amis sans exception en particulier Youssef

A tous les étudiants étrangers.

Habou Mahaman Maman Moustapha

Ce modeste travail est dédié à :

Mes chers parents, pour leur patience illimitée, leur encouragement contenu, et de tous les sacrifices qu'ils ont fait pour ma réussite. Que Dieu les protège

A mes chères sœurs et à toute ma famille pour leurs conseils et soutiens,

A mes amis et à ma famille khemissoise pour leur accompagnement et leur présence durant ce travail,

A toute personne qui m'a aidé de près ou de loin.

Doumbia Abdramane Siraman

ملخص :

يرتكز هذا العمل في مجال البيئة ، ويهدف إلى دراسة انبعاثات الملوثات ، من ناحية وخارجها ، من النقل البري في مدينة خميس ميليانا ، من ناحية أخرى لتأكيد التسمم بالرصاص من المانحين الذين يعيشون بالقرب من هذه المنطقة . ركزت دراستنا على المدرسة شبه الطبية ، والتي بدأت من 2019/03/21 إلى 2019/05/26 ، لتحديد أول معدل سقوط الرطب والجاف في الهواء الطلق وسعر الودائع . الملوثات في مساحة مغلقة ومحتوبها النزرة . أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها ارتفاع مستوى تلوث الطرق بإجمالي رواسب تصل إلى 0.95 ملغم / م² بحد أقصى مسجلة في الخارج مع هيمنة الرصاص . تم اكتشاف التسمم بالرصاص في دم 10 من كل 15 شخصًا ، تم تسجيل 119 ميكروغرام / لتر كحد أقصى ، حيث يمثل العمر والتدخين والتعرض المباشر العوامل المفضلة لهذا النوع من المرض . الكلمات الأساسية : التلوث الجوي ، وحركة المرور ، والملوثات المعدنية ، والتسمم بالرصاص .

Résumé :

Ce travail ancré dans le domaine de l'environnement, a pour objectif d'étudier d'une part les émissions polluantes, à l'extérieur et à l'espace clos, issues du transport routier au niveau de la ville de Khemis Miliana, d'une autre part de confirmer l'intoxication au plomb des donneurs habitant près de cette zone.

Notre étude s'est portée sur l'école para médicale qui a débutée du 21/03/2019 au 26/05/2019, afin de déterminer d'abord le taux des retombés sèches et humides à l'extérieur et le taux du dépôt des polluants dans un espace clos et leurs teneurs en traces métalliques.

Les résultats obtenus montrent le haut niveau de la pollution d'origine routière avec un dépôt total de 0,95 mg/m² au maximum enregistré à l'extérieur avec une dominance du plomb.

L'intoxication au plomb a été détectée dans le sang de 10 individus sur 15 dont 119 µg/l ont été enregistrés comme maximum, où l'âge, le tabagisme et l'exposition directe sont les facteurs favorisant ce type de maladie.

Mots clés : pollution atmosphérique, trafic routier, polluants métalliques, saturnisme.

Abstract:

This work is anchored in the field of the environment, aims to study on the one hand the pollutant emissions, outside and in the enclosed space, from road transport at the city of Khemis Miliana, d on the other hand to confirm the lead poisoning of donors living near this area.

Our study focused on the para-medical school, which started from 21/03/2019 to 26/05/2019, to first determine the outdoor dry and wet fallout rate and the deposit rate. pollutants in an enclosed space and their trace metal content.

The results obtained show the high level of road pollution with a total deposit of 0.95 mg / m² maximum recorded outside with lead dominance.

Lead poisoning was detected in the blood of 10 out of 15 individuals, of whom 119 µg / l were recorded as maximum, where age, smoking and direct exposure are the factors favoring this type of disease.

Keyboards: atmospheric pollution, road traffic, metallic pollutant, lead poisoning.

Liste des abréviations

°C : Degrés Celsius

CFC : Chlorofluorocarbones

CH₄ : Methane

CO : Monoxyde de carbone

CO₂ : Dioxyde de carbone

COV : Les composés organiques volatils

g : Gramme

GES : Gaz à Effet de Serre

GPL : Gaz Pétrole Liquéfié

h : Heure

HAP : Hydrocarbure aromatique polycyclique

H₂O : Eau

HCl : Acide chlorhydrique

HC : Hydrocarbures

HNO₃ : Acide nitrique imbrulés

Kg : Kilogramme

Km : Kilomètre

l : Litre

m : Mètre

m² : Mètre carré

m³ : Mètre cube

mg : Milligramme

ml : Millilitre

mm : Millimètre

mn : Minute

NO : Monoxyde d'azote

O₃ : Ozone

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

NO₂ : Dioxyde d'azote

NO_x : Les oxydes d'azotes

P : partie

PAN : Nitrate de peroxyacétyl

pH : Potentiel hydrogène

SO₂ : Le Dioxyde de soufre

UV: ultra violet

WHO : World Health Organization

Zn : Zinc

µg : Microgramme

% : Pourcent

Liste des figures

Figure 1 : Structure globale de l’atmosphère	5
Figure 2: Paramètres déterminant la qualité de l’air d’une zone géographique donnée	7
Figure 3 : Phénomène de retombée en panache (Aouragh, 2015).....	12
Figure 4 : Évolution des facteurs d’émission moyens de CO2 par type de véhicule routier. ..	16
Figure 5 : Emissions en fonction de la vitesse du véhicule	18
Figure 6 : Evolution comparée de la production automobile mondiale.....	23
Figure 7: Mode de transfert des émissions polluantes vers le sol et les eaux souterraine	32
Figure 8 : Niveau de toxicité du plomb.	38
Figure 9 : Source de pollution prédominante en domaine routier.....	41
Figure 10 : Différents voies d’exposition pour l’homme	41
Figure 11 : Protocole d’une enquête épidémiologique.....	44
Figure 12 : Cycle de l’épidémiologie	45
Figure 13 : Les principaux types d’enquêtes en épidémiologie.....	46
Figure 14 : Principe de cohorte	50
Figure 15 : Principe de cas témoins.....	51
Figure 16 : Consommation de carburant en fonction des prélèvements (en litre)	57
Figure 17: jauge utilisée.....	58
Figure 18 : Prélèvement et conservation des échantillons.....	60
Figure 19: Dispositif de la filtration sous vide.....	61
Figure 20 : Procédé de la digestion acide sur plaque chauffante a une température contrôlée.	64
Figure 21 : Spectromètre absorption atomique à flamme (Agilent AA Duo 240 FS/240 Z). .	66
Figure 22 : les échantillons de sang.....	69
Figure 23 : digestion des échantillons sanguins.....	69
Figure 24 : Variation de la température et de l’humidité durant la période d’étude.	72
Figure 25: Forces des vents durant la période d’étude.	73
Figure 26 : Rose des vents	74
Figure 27 : variation des précipitations.	75
Figure 28 : Conductivité des échantillons avant et après filtration à l’extérieur.	75
Figure 29 : Conductivité des échantillons avant et après filtration à l’espace clos.....	76
Figure 30 : Conductivité des eaux de pluies avant et après filtration.....	77
Figure 31 : pH des échantillons avant et après filtration à l’extérieur.	78
Figure 32 : pH des échantillons avant et après filtration à clos.	79
Figure 33 : pH des eaux de pluies avant et après filtration.....	80
Figure 34 : Masse des dépôts soluble et insoluble à l’extérieur.....	81
Figure 35 : Masse des dépôts soluble et insoluble à clos.	82
Figure 36 : Masse des dépôts à l’extérieur et à clos.	82
Figure 37 : Dépôt insoluble.....	83
Figure 38 : Masse des dépôts sec et humide.	83
Figure 39 : Dépôt humide.	84
Figure 40 : Concentration du plomb dans la Partie soluble et insoluble à l’extérieur.	86
Figure 41 : Concentration du plomb dans la Partie soluble et insoluble à clos.	87

Figure 42 : Concentration du cuivre dans la Partie soluble et insoluble à l'extérieur.	88
Figure 43 : Concentration du cuivre dans la Partie soluble et insoluble à l'extérieur.....	89
Figure 44 : Masse des polluants à l'extérieur	90
Figure 45 : Masse des polluants à clos.	90
Figure 46 : Courbe d'étalonnage du plomb.	106
Figure 47 : Résultats SAA, concentration et absorbance du cadmium dans la partie soluble et insoluble (à l'extérieur).....	108
Figure 48 : Résultats SAA, concentration et absorbance du cadmium dans la partie soluble et insoluble (à clos).	109
Figure 49 : Courbe d'étalonnage du Nickel.	110

Liste des tableaux

Tableau 1: Schéma structurel de l'atmosphère terrestre	6
Tableau 2: Sources majoritaire de gaz en traces Source.	9
Tableau 3 : Les principaux polluants toxiques présents dans l'atmosphère (sources, contribution et impacts) Source	11
Tableau 4 : Augmentation absolue moyenne des émissions (en g/km) pour chaque pourcentage de pente supplémentaire.....	21
Tableau 5 : Surémissions en pourcentage liées aux accélérations (comparaison cycle « réel » et vitesse stabilisée)	22
Tableau 6 : Principaux effets des métaux lourds sur la santé.	34
Tableau 7: Avantages et inconvénients des enquêtes analytiques.	52
Tableau 8 : Dates de prélèvements et expositions des échantillons.....	59
Tableau 9: exemple de concentration étalon et de l'absorbance du cadmium.	65
Tableau 10 : Masse des dépôts	85
Tableau 11 : Résultats SAA, concentration et absorbance du plomb	91
Tableau 12 : Résultats SAA, concentration et absorbance du Cadmium	91
Tableau 13 : Résultats SAA, concentration et absorbance du Nickel	92
Tableau 14 : Concentration de plomb dans le sang des individus.	93
Tableau 15 : Taux de participation des donneurs éligibles à l'étude (n = 15) obtenu selon les questionnaires auto-administré.....	94
Tableau 16: Paramètres physico-chimiques des échantillons avant filtration.	103
Tableau 17 : Paramètres physico-chimiques des échantillons après filtration.	104
Tableau 18 : Paramètres physico-chimiques des eaux de pluies avant et après filtration.	105
Tableau 19 : Résultats SAA, concentration et absorbance du plomb dans la partie soluble et insoluble (à l'extérieur).....	106
Tableau 20 : Résultats SAA, concentration et absorbance du plomb dans la partie soluble et insoluble (à clos).	107
Tableau 21 : Résultats SAA, concentration et absorbance du Nickel dans la partie soluble et insoluble (à l'extérieur).....	110
Tableau 22 : Résultats SAA, concentration et absorbance du Nickel dans la partie soluble et insoluble (à clos).	111
Tableau 23 : Résultats SAA, concentration et absorbance du cuivre dans la partie soluble et insoluble (à l'extérieur).....	112
Tableau 24 : Résultats SAA, concentration et absorbance du cuivre dans la partie soluble et insoluble (à clos).	113

Table des matières

Introduction.....	1
Chapitre 1.....	3
1.1. Généralités sur la pollution atmosphérique :.....	4
1.1.1. L'air :	4
1.1.2. L'atmosphère:.....	4
1.1.3. La pollution atmosphérique :.....	6
a. Les polluants primaires :	8
b. Les polluants secondaires :.....	10
1.1.4. Facteurs influençant la pollution atmosphérique :.....	12
1.1.4.1. La température (T°) :	12
1.1.4.2. La vitesse et la direction du vent :	12
1.1.4.3. La topographie locale :	13
1.1.5. Impact de la pollution atmosphérique sur l'environnement :.....	13
1.1.5.1. Impact à l'échelle locale :	13
1.1.5.2. Impact à l'échelle régionale :	14
1.1.5.3. Impact à l'échelle planétaire :	14
1.1.6. Effet de la pollution atmosphérique sur la santé :	14
1.2. Pollution atmosphérique d'origine routière :	14
1.2.1. Généralités :.....	14
1.2.1.1. Les caractéristiques du véhicules en circulation	15
1.2.1.2. Le type de carburant et la motorisation.....	16
a. Les véhicules à essence :	16
b. Les véhicules Diesel :	17
1.2.2. Les émissions en fonction du cycle de conduite :	17
1.2.2.1. Emissions à froid :	17
1.2.2.2. Emissions en fonction de la vitesse :	17
1.2.3. Les polluants atmosphériques d'origine routière :	18
1.2.4. Qu'est ce qui fait varier les quantités de polluants émis ?.....	20
1.2.4.1. Les facteurs liés au véhicule.....	20
1.2.4.2. Les facteurs liés aux conditions de circulation.....	20
1.2.4.3. Les facteurs liés à la route.....	21
1.2.4.4. Les facteurs climatiques.....	21

1.2.4.5.	Les facteurs liés au conducteur.....	22
1.2.4.6.	Le Parc automobile Mondiale	23
1.2.5.	Impacts du transport routier	24
1.2.6.	Les normes spécifiques au transport routier.....	24
1.2.6.1.	Dans le monde	24
1.2.6.2.	Cadre réglementaire et législatif en Algérie.....	24
a.	Etat des lieux:	24
b.	Enjeux de la réglementation relative à la consommation de carburant en Algérie :	25
c.	Réglementation en étude	25
Chapitre 2.....	27
2.1. Généralité :	28
2.2. Propriétés physico-chimiques des polluants métalliques d'origine routière :	29
2.2.1.	Solubilité :	29
2.2.2.	Volatilité :.....	29
2.3. Distribution et cycle des métaux lourds :	29
2.3.1.	Pollution de l'air :	30
2.3.2.	Pollution des sols :.....	31
2.3.3.	Qualité des eaux pluviales et des eaux de ruissellement :.....	32
2.3.4.	Pollution des eaux :.....	32
2.4. Assimilation des polluants métalliques par les corps vivants :	33
2.4.1.	Exposition :	33
2.4.2.	Effets sur la santé humaine :	33
2.4.3.	Toxicité :	34
2.5. Assimilation des polluants métalliques sur la végétation :	34
2.5.1.	Transfert sol-plante des métaux lourds :.....	34
2.5.2.	Absorption racinaire :	35
2.5.3.	Pénétration des éléments-traces par les parties aériennes :.....	35
2.6.	Les principaux métaux lourds :	36
2.6.1.	Le plomb (Pb) :.....	36
a.	Généralité :	36
b.	Les voies d'expositions :.....	36
c.	Les effets chez l'homme :	36
2.6.2.	Le cadmium (Cd) :.....	38

a. Généralité :	38
b. Les voies d'expositions :	38
c. Les effets du cadmium sur l'homme :	39
2.6.3. Le mercure :	39
a. Généralité :	39
b. Les voies d'expositions :	39
c. Les effets toxiques pour l'Homme :	39
2.6.4. Le Cuivre (Cu) :	40
a. Généralité :	40
b. Les voies d'exposition :	40
c. Les effets toxiques pour l'Homme :	40
Chapitre3	42
3.1. Définition:	43
3.1.1. Epidémiologie :	43
3.1.2. Enquête :	43
3.2. Enquêtes épidémiologiques :	43
3.2.1. Protocole d'une enquête épidémiologique :	43
3.2.2. Les différents types d'enquêtes en épidémiologie :	45
3.2.2.1. Les différents types d'enquêtes expérimentales :	46
3.2.2.2. Les différents types d'enquêtes d'observations :	48
a. Les enquêtes descriptives :	48
b. Les enquêtes analytiques ou étiologiques :	49
3.3. Choix d'un type d'enquête :	53
3.4. Le questionnaire :	53
3.5. Exemple d'enquête épidémiologique (cas de plombémie) :	54
Chapitre 4	55
Partie 1 détermination du niveau de la pollution d'origine routière	56
4.1. Parc automobile de Khemis Miliana	56
4.2. Procédés de prélèvement des échantillons atmosphériques :	57
4.2.1. jauges utilisées : modèle Belge	58
4.2.2.1. Préparation des jauges	58
4.2.2.2. Disposition des jauges :	59

4.2.2. Durée d'exposition.....	58
4.2.3. Prélèvement et échantillonnage.....	59
4.3. Analyses préliminaires.....	60
4.4. Procédé de filtration des échantillons.....	61
4.5. Détermination de la masse des dépôts.....	62
4.6. Digestion acide.....	63
4.6.1. Matériels utilisés.....	63
4.6.2. Réactifs et volumes d'échantillons utilisés.....	64
4.6.3. Méthode de digestion.....	64
4.6.4. Elaboration du blanc :	65
4.6.5. Stockage des échantillons :	65
4.6.6. Solutions étalons :	65
4.7. Analyse SAA :	65
Partie 2 : Réalisation de l'enquête épidémiologique.....	67
4.8. Méthodes de réalisations de l'enquête.....	67
4.8.1. Le Type d'étude utilisée :	67
4.8.2. Population a étudiée :	67
4.8.3. Recrutement des participants :	67
4.8.4. Déroulement de la collecte de donnée :	68
4.8.5. Méthode d'analyse :	68
4.8.5.1. Matériels utilisés :	68
4.8.5.3. Méthode de digestion :	69
4.8.6. Description des variables à l'étude :	70
4.8.5.1. Variables dépendantes :	70
4.8.5.2. Variables indépendantes :	70
Chapitre 5.....	70
5.1. Les données météorologiques :	72
5.1.1. Température et Humidité :	72
5.1.2. Vents :	73
5.1.3. Précipitation :	74
5.2. Dépôt total :	75

5.2.1.	Conductivité :	75
5.2.1.1.	A l'extérieur :	75
5.2.1.2.	A clos :	76
5.2.1.3.	Dépôts humides (eaux de pluies) :	77
5.2.2.	Potentiel hydrogène :	78
5.2.2.1.	A l'extérieur :	78
5.2.2.2.	A clos :	79
5.2.2.3.	Eaux de pluies :	80
5.2.3.	Masse de dépôt :	81
5.2.3.1.	Masse dépôt total (soluble insoluble) :	81
5.2.3.2.	Masse dépôt à clos :	82
5.2.3.3.	Evolution de la masse des dépôts :	83
5.2.4.	Masse dépôt total (sec et humide) :	83
5.3.	Analyse SAA :	86
5.3.1.	Dépôt total :	86
5.3.1.1.	Le plomb :	86
5.3.1.2.	Cadmium :	87
5.3.1.3.	Nickel :	88
5.3.1.4.	Cuivre :	88
5.3.2.	Dépôt humide	91
Partie 2 : Réalisation de l'enquête épidémiologique.....		93
Conclusion Générale.....		96
Perspective.....		97
Référence bibliographique		99
Annexe.....		110

Introduction

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

Le trafic et les infrastructures routières constituent une source importante de métaux lourds rejetés dans l'environnement (Delmas-Gadras, 2000).

Les éléments traces métalliques, autres fois appelés métaux lourds ou métaux toxiques, sont aussi émis lors des combustions de pétrole et de charbon. Le trafic routier (rejets et usure des véhicules et des infrastructures) contribue également aux émissions atmosphériques d'éléments traces métalliques (Pagotto, 1999).

La pollution d'origine routière, liée aux émissions du moteur à échappement, à l'usure des véhicules, de la chaussée et des équipements routiers, constitue une pollution chronique qui affecte directement l'environnement via les eaux de ruissellement et les dépôts atmosphériques secs et humides. (Pagotto, 1999).

En Algérie, selon le ministère de l'environnement (2010), le secteur du transport occupe le premier rang en termes d'émissions des polluants atmosphériques avec 51%, suivi de l'industrie avec 47,25%. Les polluants libérés dans l'atmosphère ont des effets particulièrement néfastes et ont été reconnus comme étant à l'origine des maladies respiratoires chroniques et quelques sévères apparaissant chez les populations (Omar Yamina, 2015).

Le plomb, le cadmium, le cuivre et le nickel appartiennent à cette famille d'éléments et présentent un caractère toxique pour la santé et l'environnement quand il dépasse la gamme étroite des concentrations (Omar Yamina, 2015).

Le but de ce travail consiste à évaluer les concentrations des éléments traces métalliques en l'occurrence le plomb, le cadmium, le cuivre et le Nickel ; d'origine routière de la ville de Khemis Miliana ainsi confirmer la présence de plomb dans le sang des individus

travailleurs dans notre champ d'action qui est l'institut national de formation paramédicale (INSPM).

Le premier chapitre traite la pollution atmosphérique liée au Trafic routier, en s'intéressant aux mécanismes de cette dite pollution ainsi qu'aux paramètres météorologiques et les facteurs l'influençant et les normes des transports routier dans le monde notamment en Algérie.

Alors que le deuxième parle essentiellement des éléments en traces métalliques issues de cette pollution d'origine routière.

Le troisième chapitre de notre travail sera consacré à la méthodologie de la réalisation d'une enquête épidémiologique.

Quant au quatrième chapitre, pour la connaissance du parc automobile de Khemis Miliana, aux méthodes d'échantillonnage et de prélèvement de ces métaux en trace notamment le plomb et aux analyses préliminaires.

Le dernier chapitre, traite la discussion et interprétation des résultats obtenus au cours de notre étude. Enfin nous développons une conclusion générale qui synthétisera les principaux résultats de notre travail.

CHAPITRE 1 : POLLUTION ATMOSPHERIQUE D'ORIGINE ROUTIERE

Introduction:

La pollution de l'air par les émissions industrielles ou par les transports représente une nuisance pour les citoyens mais aussi une source de dégradation de l'environnement (végétation, nappes phréatiques, cours d'eau, monuments...etc.).

L'existence d'une espèce chimique dans l'air n'est pas néfaste en soi mais c'est son taux de concentration qui détermine son caractère polluant.

Ce chapitre a pour but d'apporter une vision d'ensemble sur les questions touchant la pollution atmosphérique d'origine routière. Nous allons présenter une généralité sur la pollution atmosphérique, les polluants de cette dite pollution ainsi que les facteurs l'influençant. Enfin nous proposons une vue d'ensemble sur la pollution d'origine routière, son impact sur la santé humaine et les réglementations régissant ce genre de pollution.

1.1. Généralités sur la pollution atmosphérique :**1.1.1. L'air :**

L'air est un mélange gazeux qui entoure la planète terre. Selon le dictionnaire encyclopédique des pollutions : « l'air est un mélange gazeux constituant l'atmosphère terrestre ». (Ramade, 2000, p. 13)

L'air ambiant: « un terme désignant l'état physicochimique de l'air se trouvant au niveau du sol dans une zone donnée ou encore celui qui est propre à des locaux d'habitations ou professionnels ». (Ramade, 2000, p.13).

1.1.2. L'atmosphère:

L'atmosphère terrestre est la couche gazeuse entourant la terre. Elle protège la vie sur terre en absorbant le rayonnement solaire ultraviolet, en réchauffant la surface par la rétention de la chaleur (effet de serre) et en réduisant les écarts de température entre le jour et la nuit. Elle est composée essentiellement de quatre régions qui sont : la troposphère, la stratosphère, la mésosphère ainsi que la dernière région qui est la plus éloignée la thermosphère.

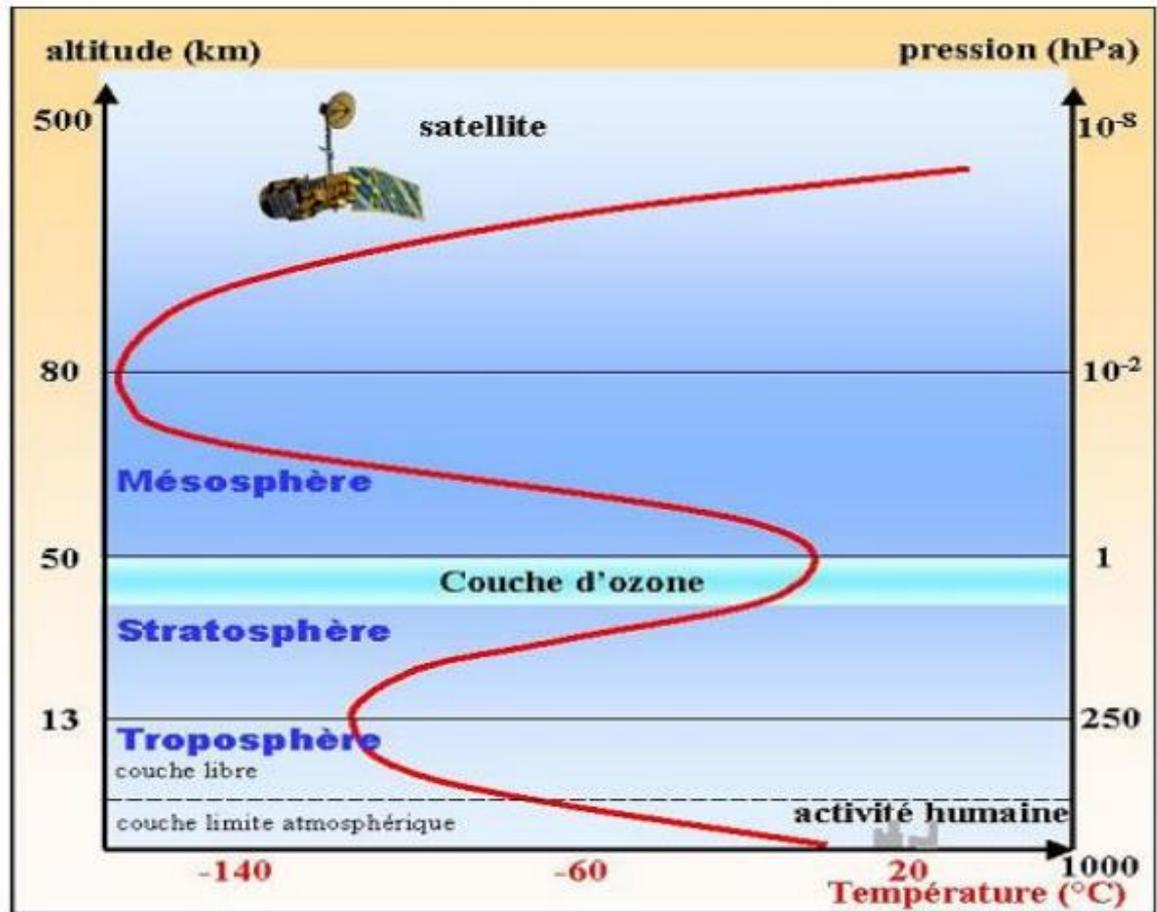


Figure 1 : Structure globale de l'atmosphère Source : (Mall et, 2005).

A la fin du XVIII^{ème} siècle, Antoine-Laurent de Lavoisier donne la première composition de l'air selon ces termes: «l'air de l'atmosphère n'est pas un élément, c'est-à-dire un corps simple, mais un mélange de plusieurs gaz. L'air de l'atmosphère est composé d'un quart environ d'air déphlogistiqué ou air éminemment respirable (l'oxygène) et de trois quart d'un air méphitique et nuisible (l'azote)» (François, 2004).

Les principaux composants de l'atmosphère exprimés en volume se résument dans le tableau 1 ci-dessous:

Tableau 1: Schéma structurel de l'atmosphère terrestre (Météo-France-éducation).

Gaz constituants de l'air sec	Pourcentage en volume
Azote (N₂)	78,09
Dioxygène (O₂)	21
Argon (A)	0,93
Dioxyde de carbone (CO₂)	0,035
Néon (Ne)	1,8.10 ⁻³
Hélium (He)	5,24.10 ⁻⁴
Krypton (Kr)	1,0.10 ⁻⁴
Hydrogène (H₂)	5,0.10 ⁻⁵
Xénon (Xe)	8,0.10 ⁻⁶
Ozone (O₃)	1,0.10 ⁻⁶
Radon (Rn)	6,0.10 ⁻¹⁸

1.1.3. La pollution atmosphérique :

La pollution est définie par l'organisation mondiale de la santé (OMS) comme étant « la présence dans l'atmosphère de substances étrangères à la composition normale de cette atmosphère et à des concentrations suffisamment élevées pour entraîner un impact sur l'homme, les animaux, les végétaux, les matériaux ou l'environnement d'une manière générale ».

En Algérie, les pouvoirs publics ont défini la pollution atmosphérique, à travers l'article 44 de la Loi N° 03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, comme suit : « Constitue une pollution atmosphérique au sens de la présente loi, l'introduction, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances de nature à mettre en danger la santé humaine, influencer sur les changements climatiques ou appauvrir la couche d'ozone, nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, compromettre la sécurité publique, incommoder la population, provoquer des nuisances olfactives, nuire à la production agricole et aux produits

agro-alimentaires, altérer les constructions et porter atteinte au caractère des sites, détériorer les biens matériels ».

Cependant, la qualité de l'air est le résultat de la combinaison complexe d'un ensemble de paramètres et de processus (Figure 2), ce qui rend son étude des plus difficiles.

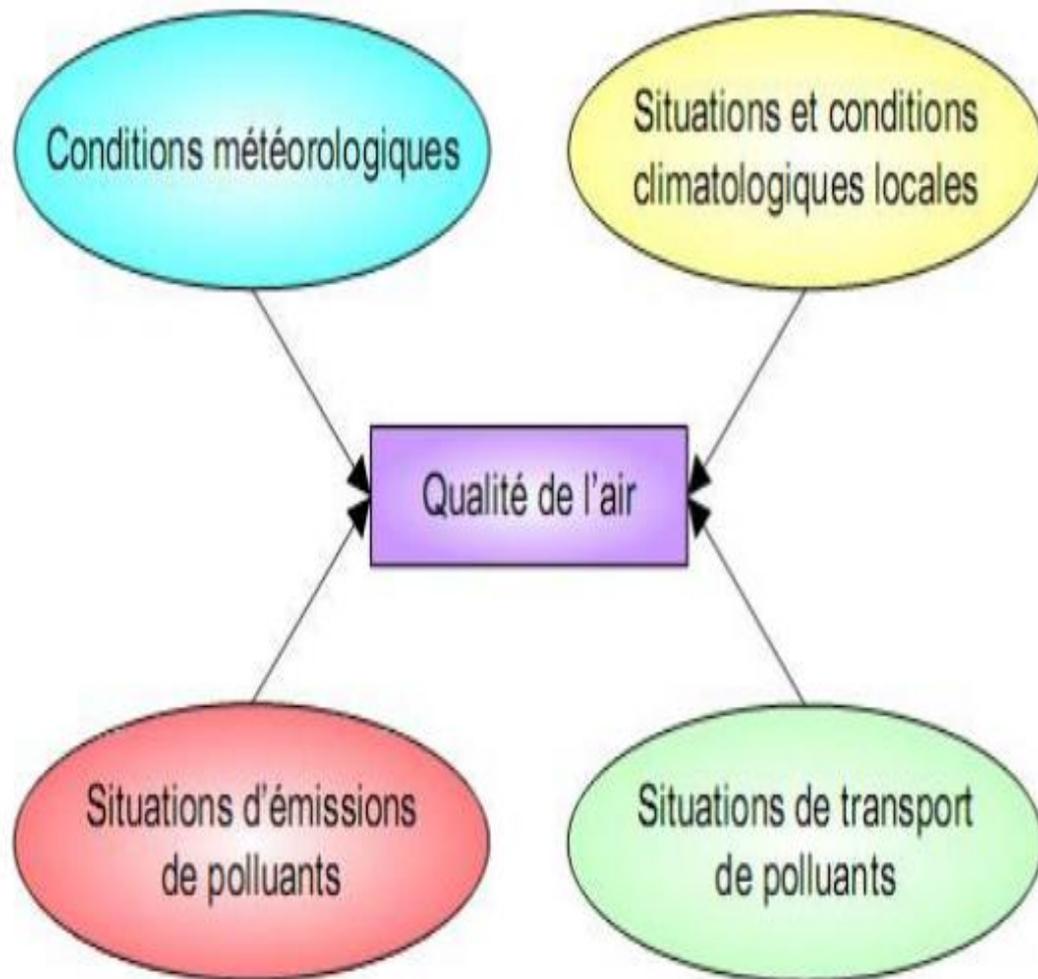


Figure 2: Paramètres déterminant la qualité de l'air d'une zone géographique donnée Source : (Ponche, 2003).

Un polluant atmosphérique est toute substance étrangère dont la variation du taux dans l'atmosphère est susceptible, compte tenu des connaissances scientifiques du moment, de provoquer un effet nocif ou de créer une nuisance ou une gêne (Flanquart et Anicia, 2000).

Les polluants atmosphériques comprennent donc toutes les substances naturelles ou artificielles susceptibles aéroportées : il s'agira de gaz, de particules solides, de gouttelettes liquides ou de différents mélanges de ces formes (Degobert p, 1995).

Parmi ces polluants atmosphériques, on distingue les composés émis directement dans l'atmosphère dits «polluants primaires» correspondant à l'émission et d'autres formés par réactions chimiques «polluants secondaires».

a. Les polluants primaires :

Les polluants primaires sont des émissions directement émis par une source définie. Ces derniers directement reliés à leurs sources qui peuvent être soit diffuses (circulation automobile), ou ponctuelles (installations industrielles, chauffage résidentiel). Ces émissions ont un impact direct sur la qualité de l'air à proximité des sources d'émissions (Emery, 2012).

Les sources les plus importantes d'émissions de ces composés dits «primaires» sont présentées dans le Tableau I.3. On parle ici de composés primaires par opposition aux composés secondaires qui sont le résultat de la transformation physicochimique des composés dits primaires.

Exemple : Formation du NO à partir du d'azote et d'oxygène élémentaires selon (Bliefert, 2011).



L'addition de ces trois équation conduit à l'équation :

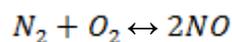


Tableau 2: Sources majoritaire de gaz en traces Source (Cox et Derwent, 1981).

Composés émis	Sources biogènes	Sources anthropiques
Monoxyde de carbone (CO)	Oxydation du méthane, océans, feux de forêt	Combustion incomplète du bois, du charbon, du gaz
Dioxyde de carbone (CO ₂)	Oxydation du carbone, feux de forêt, respiration des plantes	Combustion du charbon, du bois, du gaz
Monoxyde d'azote (NO)	Feux de forêt. processus anaérobies dans les sols, éclairs	Combustion de charbon, de gaz, de fioul et d'essence
Dioxyde d'azote (NO ₂)	Feux de forêt, éclairs	Combustion de charbon, de gaz, de mazout et d'essence, transformation du
Méthane (CH ₄)	Océans, fermentation de matière organique	Fermentation entérique des ruminants, fuite de gaz naturel
Hydrocarbures aromatiques		Trafic routier, solvants
Dioxyde de soufre (SO ₂)	Oxydation de H ₂ S. volcans	Combustion de tout combustible contenant du soufre (fioul, charbon, etc.)
Ammoniac (NH ₃)	Décomposition organique, processus anaérobies des sols	Combustion du pétrole et du charbon, traitement des déchets
Nitrate de peroxyacétyle (PAN)	Dégradation de l'isoprène	Dégradation d'hydrocarbures
Acide chlorhydrique (HCl)	Volcans	Combustion du charbon
Chlorofluorocarbones (CFC)		Gaz propulseur. réfrigérant, solvant

b. Les polluants secondaires :

Ce sont les polluants présents dans l'atmosphère qui se forment à la suite de réactions mettant en jeu les composés émis par des sources primaires ou encore qui ne proviennent pas d'une source directement polluante. Il se forme en présence d'autres polluants et sous l'action du rayonnement solaire, de la chaleur, ou de l'humidité. Leur présence dans l'atmosphère est difficile à réguler car leur existence ne provient pas directement des activités anthropiques (Al-Barakeh, 2012).

C'est pourquoi la source des pollutions secondaires est difficilement identifiable (Koffi, 2002 ; Keuken et al, 2010).

Exemple : Réaction entre l'acide nitrique gazeux et les particules du sel marin dans la région méditerranéenne (Wahiba Hamrat et Naima Fettaka, 2009).



Le Tableau 3, rappelle les principales sources de ces polluants et leurs impacts.

Tableau 3 : Les principaux polluants toxiques présents dans l'atmosphère (sources, contribution et impacts) Source : (CITEPA, 2011a et 2011b).

<i>Principaux polluants atmosphériques</i>	<i>Sources principales</i>	<i>Contribution des secteurs</i>	<i>Principaux impacts</i>
Le Dioxyde de soufre SO₂	Combustibles fossiles contenant du soufre (installations thermiques, raffineries,...)	Energie: 51% Industrie: 33% Résidentiel: 10% Agriculture: 3%	Santé (troubles respiratoires), milieux naturels et matériaux (pluies acides)
Les oxydes d'azotes NO_x	Combustion (transport, installations thermiques....)	Transport routier: 54% Industrie: 13% Résidentiel: 9% Agriculture: 9%	Santé (troubles respiratoires), milieux naturels et matériaux (pluies acides)
Le monoxyde de carbone CO	Installations de combustion, transport, chauffage domestique	Résidentiel: 36% Industrie: 32% Transport routier: 19% Agriculture: 9%	Santé (effets sur le système nerveux, atteinte des organes sensoriels)
Les composés organiques volatils COV	Utilisation des solvants et carburants, transports, industrie	Résidentiel: 37% Industrie: 36% Transport routier: 14% Energie: 5%	Santé (effets sur le système nerveux et respiratoire)
Les particules (Particules totales en suspension: TSP1)	Exploitation agricole, transport (en particulier diesel), industrie	Agriculture: 51% Industrie: 20% Transport routier: 9% Résidentiel: 9%	Santé (troubles respiratoires, intoxications), matériaux (noircissement des bâtiments)
Les métaux lourds ² Arsenic, Cadmium, Cuivre, Mercure, Plomb,...	Industrie, incinération des déchets, combustion essence	Industrie: As. Cd. Cr Résidentiel: As, Cr Energie: As, Cd. Cr. Ilg Transport routier: Cu	Santé (effets cancérogènes)

¹Les TSP comprennent la totalité des particules: PM10, PM2.5, PM1.0 (CITEPA, 2011b)

²Les données détaillées sur les métaux lourds sont présentées de manière globale. Néanmoins, chaque secteur influe plus ou moins les concentrations de ces composants. Par exemple, le secteur du transport est le premier contributeur de la présence de cuivre dans l'atmosphère (CITEPA. 2011a)

1.1.4. Facteurs influençant la pollution atmosphérique :

La dispersion, dans le temps et dans l'espace, des polluants émis dépend en priorité des conditions météorologiques ainsi que des conditions topographiques.

1.1.4.1. La température (T°) :

Les influences saisonnières favorisent la transformation des polluants. De basses températures favorisent la présence et la concentration de polluants primaires, alors qu'à l'inverse des températures plus importantes combinées à un rayonnement solaire sont plus favorables à la réaction photochimique.

1.1.4.2. La vitesse et la direction du vent :

Il existe une relation évidente entre la vitesse du vent et les niveaux de concentrations de polluants. La dispersion des polluants augmente avec la vitesse et la turbulence du vent. La vitesse du vent augmente avec l'altitude. Au fur et à mesure que les polluants s'élèvent, la dispersion horizontale est facilitée par le vent. Ainsi, avec un vent de force moyenne et de mauvaises conditions de rejet des effluents (cheminée trop basse, vitesse d'éjection des gaz insuffisante, etc.), il peut se produire un phénomène de retombée en panache vers le sol (Beral-Guyonnet, 1996).



Figure 3 : Phénomène de retombée en panache (Aouragh, 2015).

L'humidité non seulement de l'atmosphère, mais aussi du sol, influence les concentrations des polluants. Elle joue un rôle clé dans la formation de certains polluants comme l'acide sulfurique (brouillard acide) et leur élimination (dépôt humide). Néanmoins,

l'humidité en relation avec la nébulosité joue aussi un rôle en réduisant le rayonnement solaire et limite ainsi les processus photochimiques (Aouragh, 2015).

1.1.4.3. La topographie locale :

D'une manière générale, la topographie, les obstacles naturels, les constructions ou les phénomènes de brise de terre et de mer sont des éléments qui modifient la circulation des vents et qui peuvent canaliser l'écoulement des polluants dans des directions privilégiées.

Par ailleurs, c'est donc la taille, la forme, la densité des obstacles et son environnement qui conditionnent l'écoulement de l'air à la surface de la terre, leur temps de résidence et les échanges avec la couche limitent (Anthony, 2003).

1.1.5. Impact de la pollution atmosphérique sur l'environnement :

Les modifications apportées par l'homme à son environnement, notamment les activités industrielles, autoroutières, urbaines et les pratiques agricoles se traduisent par des pollutions diverses et des perturbations de l'équilibre naturel. Celles-ci peuvent ensuite se répercuter sur la santé des populations et sur la qualité de l'environnement.

On distingue usuellement trois niveaux spatiaux de pollution à savoir : locale, régionale et planétaire, (Sportisse, 2008 ; CITEPA, 2011a).

1.1.5.1. Impact à l'échelle locale :

La pollution atmosphérique agit localement sur quelques kilomètres et se manifeste à proximité des sources de pollution. Néanmoins, à cette échelle il est possible qu'elle se manifeste à deux échelons du territoire: l'échelle urbaine (niveau de pollution de fond) et l'échelle de proximité directement induite par les émissions directes de polluants primaires (impact direct d'une source).

La pollution locale, affecte le plus souvent directement la santé humaine et animale par l'exposition à des substances toxiques, mais pose également des problèmes environnementaux suite à l'exposition des différentes espèces animales et végétales. A cette échelle, elle peut également agir sur la flore directement par voie chimique ou indirectement par modification des équilibres dans les sols, et enfin sur les matériaux et le bâti par corrosion et salissure. (WHO, 2003 et 2005).

1.1.5.2. Impact à l'échelle régionale :

Cette pollution est caractérisée par des polluants secondaires ayant une durée de vie moyenne dans l'atmosphère. La retombée des polluants se fait par l'intermédiaire de mécanismes météorologiques comme le vent ou la pluie, par exemple. Notons qu'à cette échelle, la pollution va impacter plus spécifiquement les écosystèmes environnants comme les sols ou la végétation jusqu'à plus de mille kilomètres autour de la source d'émission.

1.1.5.3. Impact à l'échelle planétaire :

La destruction de la couche d'ozone est liée à des émissions de composés chimiques chlorés suffisamment stables pour accéder à la stratosphère où ils sont dissociés par le rayonnement UV provoquant ainsi l'effet de serre.

Par ailleurs, cette pollution se traduit par des baisses de la quantité d'ozone stratosphérique, ainsi qu'un risque de changement climatique global par accroissement de l'effet de serre (Sportisse, 2008 ; CITEPA, 2011a).

1.1.6. Effet de la pollution atmosphérique sur la santé :

Depuis quelques dizaines d'années, des études ont montré un lien étroit entre la dégradation de l'environnement, de la santé humaine et la présence de ces polluants dans l'atmosphère (Monk, 2009; Anderson, 2009 ; Kulkarni et Grigg, 2008 ; FNORS, 2008).

Selon l'OMS la pollution atmosphérique dans un milieu urbain accroît le risque de maladies respiratoires aiguës et chroniques ainsi que des maladies cardio-vasculaires.

D'autre part ce n'est bien souvent pas l'agression d'un polluant caractéristique qui est en cause, mais un ensemble de facteurs. Le symptôme propre à un polluant n'étant que le révélateur d'une fragilisation plus générale (Nicolas, 1996).

1.2. Pollution atmosphérique d'origine routière :

1.2.1. Généralités :

La question du trafic routier constitue un véritable enjeu pour la plupart des grandes agglomérations, enjeu non seulement sanitaire, mais aussi de développement durable et de réduction des inégalités environnementales (Frere et al., 2005).

Si les effets sanitaires de la pollution atmosphérique urbaine sont bien admis la question se pose d'un risque accru au voisinage des sources d'émission et en particulier à proximité du trafic routier (Brunekreef et al. 2003).

Les émissions polluantes des véhicules routiers sont déterminées au moyen du modèle Européen COPERT (Computer Program to calculate Emission from Road Transport) et dépendent de plusieurs paramètres en rapport avec :

- Les caractéristiques du véhicule en circulation (voiture particulière, véhicule utilitaire léger, poids lourd, deux roues) ;
- L'âge des véhicules ;
- Du type de carburant et la motorisation (essence, gasoil, GPLc),
- Le type de véhicule ;
- Les réseaux empruntés.

L'association de modèles de trafic intégrant des données de comptage et des éléments statistiques de manière à avoir une représentation réaliste du trafic sur la voie, et des facteurs d'émissions, permet d'accéder à une valeur de débit d'émission sur le site (Rahal Farid, 2015)

1.2.1.1. Les caractéristiques des véhicules en circulation

L'émission de CO₂ croissant légèrement moins que le trafic, cela signifie que les émissions unitaires diminuent en moyenne. On voit Figure.4 que c'est le cas pour les véhicules légers dont le facteur d'émission agrégé est passé de 273 g/km en 1973 à 215 en 2000 : cette évolution est la combinaison de l'amélioration bien plus significative de la technologie moteur et de l'accroissement parallèle des masses, puissance et éléments de confort des véhicules qui jouent en sens contraire. Les émissions et consommations unitaires moyennes ont en revanche augmenté pour les deux roues motorisés, passant de 83 à 99 g/km en 27 ans grâce à l'extension des motos puissantes qui remplacent de fait partiellement les cyclomoteurs. De même les émissions des poids lourds augmentent, passant de 935 à 1002 g/km de 1973 à 2000, cette croissance devant se poursuivre à un rythme plus modéré dans l'avenir.

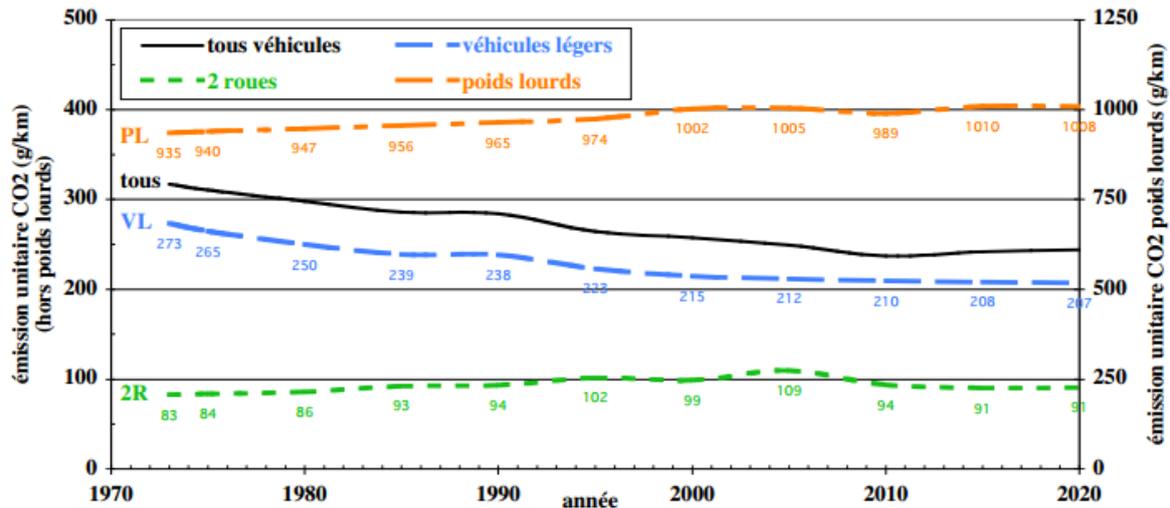


Figure 4 : Évolution des facteurs d'émission moyens de CO2 par type de véhicule routier.

La situation est plus favorable pour les NOx, dont le facteur d'émission moyen des véhicules légers (essence et diesel confondus) a été divisé par plus de deux depuis les années 1970 et devrait l'être encore par un facteur proche de quatre d'ici 2020. Pour les poids lourds, bus et cars, le facteur d'émission n'a diminué que d'un tiers et devrait être encore divisé d'un facteur proche de trois dans les 20 prochaines années. Les 2-roues motorisés voient en revanche leur facteur d'émission augmenter : il a plus que doublé depuis 30 ans mais reste encore neuf fois inférieur à celui des voitures ; à l'horizon 2020 il devrait cependant leur être à peine inférieur.

1.2.1.2. Le type de carburant et la motorisation

a. Les véhicules à essence :

Si la combustion était complète, la totalité du carburant se transformerait en CO₂ et H₂O. En réalité elle est incomplète et le véhicule émet aussi du Soufre et du monoxyde d'azote.

Dans ces types de moteur, les particules ont trois origines distinctes : le plomb des carburants plombés, les sulfates issus du soufre des carburants et la suie. Avec les carburants plombés, les émissions particulaires, qui sont de l'ordre de 100 à 150 mg /km de distance pour une essence à 0,15g/L de plomb, contiennent 25 à 60% de leur masse sous forme de plomb. Ce type de particules se forme par condensation des sels de plomb émis à l'échappement ; on observe ainsi que les véhicules à essence plombée et non plombée émettent respectivement 6

et 20 fois moins de particules que les véhicules Diesel correspondants (Louadah Hadjila, 2016).

b. Les véhicules Diesel :

Parmi les différents types d'automobiles, ce sont les véhicules Diesel qui gagnent du terrain grâce à leurs robustesse, leur longévité, leur fiabilité et surtout pour leur bon rendement énergétique. Cependant le Diesel a des inconvénients qui consistent en l'émission des particules (suie, hydrocarbures imbrulés) et des oxydes d'azotes NO_x (Louadah Hadjila, 2016).

1.2.2. Les émissions en fonction du cycle de conduite :

Plusieurs familles de cycles de conduite représentatifs des conditions normales d'utilisation et de fonctionnement des véhicules ont été développées et sont utilisées dans la suite pour la mesure des émissions de polluants (Joumard & al. 1999).

1.2.2.1. Emissions à froid :

La notion de distance à froid est définie comme la distance après départ à froid nécessaire pour que l'émission se stabilise autour de sa valeur à chaud. Cette distance varie selon le polluant et le type de véhicule, et varie assez fortement aussi avec la vitesse moyenne. Cependant elle est en première approximation proche de 6 km (Joumard & al. 1999).

1.2.2.2. Emissions en fonction de la vitesse :

L'augmentation des vitesses de circulation accroît les émissions de polluants en particulier les oxydes d'azote. Le trafic autoroutier est ainsi à l'origine d'une grosse partie des émissions de dioxyde d'azote. Comme le montre la figure II-1, la vitesse optimale, c'est-à-dire la vitesse à laquelle les émissions sont réduites au minimum, varie selon le type d'émission.

De manière générale, les émissions sont optimisées à une vitesse constante de 40 à 90 km/h. L'ozone, qui provient de réactions chimiques faisant intervenir les hydrocarbures, les oxydes d'azote et la lumière solaire, subit l'influence des émissions des véhicules et donc de la vitesse (Louadah Hadjila, 2016).

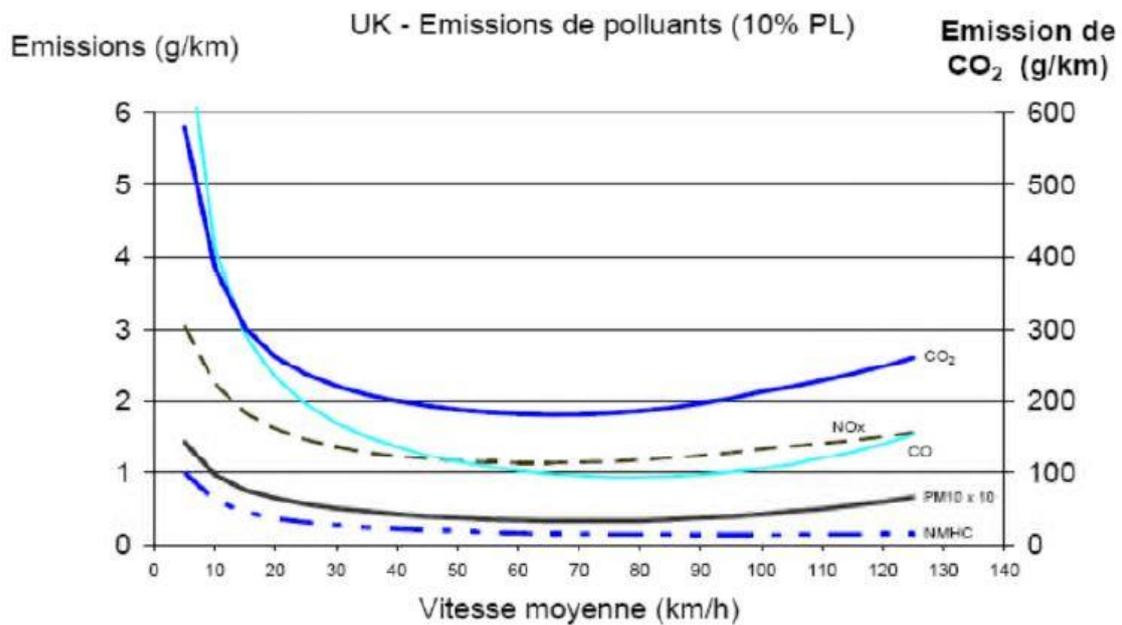


Figure 5 : Emissions en fonction de la vitesse du véhicule (Source : UK Department for transport).

1.2.3. Les polluants atmosphériques d'origine routière :

Les principaux polluants atmosphériques émis par les véhicules sont :

- **les oxydes d'azote (NO_x)** formés à haute température par oxydation de l'azote de l'air, principalement NO et NO₂, l'origine de ces polluants était à 75 % due au trafic routier en 2005...) (Royal Commission on Environmental Pollution, 1994) ;

- **Monoxyde de carbone (CO)** : À la température ambiante, le monoxyde de carbone (CO) est un gaz incolore, inodore et sans goût. Il est très peu soluble dans l'eau. Son poids moléculaire est de 28,01 UMA. Sa densité par rapport à l'air est 0,97, ce qui explique sa rapide diffusion à partir du moment où il est émis. Le monoxyde de carbone provient de la combustion incomplète des produits carbonés. Il est majoritairement émis par le transport mais aussi par diverses activités industrielles (la production de l'énergie thermique et électrique), par la nature (la fermentation qui a lieu dans la biosphère, les volcans, les feux de végétation) et par le chauffage collectif (Louadah Hadjila, 2016) ;

- **Particules (PM)** : proviennent de l'échappement (principalement des véhicules diesel sans filtre à particules), des émissions non-échappement et du phénomène de resuspension (Aubertin, 1996). Elles sont constituées de carbone, d'hydrocarbures adsorbés (liquide ou

solide) de tout type dont les HAP, de composés soufrés et de composés minéraux variés (Pagotto, 1999) ;

- **les composés organiques volatils (COV)** : comprenant des hydrocarbures (alcanes, alcènes, aromatiques monocycliques et notamment benzène et toluène...) et des composés oxygénés (aldéhydes, acides, cétones, éthers, ...). L'évaporation du carburant lors du remplissage du réservoir et au niveau de l'alimentation des véhicules est également une source d'émission, notamment pour l'essence, plus volatile que le gazole (Royal Commission on Environmental Pollution, 1994) ;

- **le dioxyde de soufre (SO₂)** : Appelé aussi Anhydride sulfureux, le dioxyde de soufre SO₂ est un gaz incolore plus lourd que l'air, inflammable, soluble dans l'eau avec une odeur piquante. C'est le polluant classique par excellence, car l'un des mieux étudiés. Il a été pris comme témoin de la pollution atmosphérique depuis de nombreuses années. Dans les grandes villes industrielles, il se lie aux particules pour former les complexes SO₂. En présence d'humidité et d'oxydants, il se transforme en acide sulfurique (Louadah Hadjila, 2016) ;

- **Composés métalliques** : notamment plombés, qui résultent de la combustion des additifs contenus dans le carburant. Ils sont principalement émis sous forme de composés inorganiques particuliers : il peut s'agir dans le cas du plomb, de composés halogènes relativement solubles, d'oxyde moins solubles ou de sulfates et carbonates peu solubles (Pagotto, 1999) ;

- **Ozone (O₃)**: C'est une molécule d'oxygène hautement réactive contenant trois atomes d'oxygène O. C'est un gaz bleu pâle, soluble peu dans l'eau, instable, odeur douceâtre. L'ozone est l'indicateur majeur de la pollution photochimique qui se forme dans l'air sous l'effet du rayonnement solaire à partir des composés organiques volatils, des oxydes d'azote et de monoxyde de carbone émis par les rejets d'effluents industriels et automobiles (Louadah Hadjila, 2016).

En outre CO, NO_x et les COV évoluent chimiquement dans la troposphère sous l'effet du rayonnement solaire, et sont à l'origine d'une pollution photochimique caractérisée par une production d'ozone et d'autres espèces dangereuses pour la santé et l'environnement (peroxyacétylnitrates, aldéhydes, acide nitrique, eau oxygénée, ...) (Royal Commission on Environmental Pollution, 1994).

1.2.4. Qu'est ce qui fait varier les quantités de polluants émis ?

Les quantités de polluants rejetées par le véhicule au cours d'une unité d'utilisation (le kilomètre ou la seconde) sont appelées « émissions unitaires ». Ces émissions sont la résultante de toute une série de variables : type de véhicule, conduite du conducteur, conditions de circulation, caractéristiques de la route et des conditions climatiques. Après avoir rapidement décrit ces facteurs, nous évoquerons les difficultés liées à la mesure de ces émissions unitaires-dont l'estimation est essentielle dans ce travail-et la fiabilité de ces derniers.

1.2.4.1. Les facteurs liés au véhicule

Les caractéristiques du véhicule ont une grande influence sur les émissions unitaires: type de véhicule, technologies mises en œuvre, l'âge du véhicule, type de carburant mais aussi l'entretien, le niveau de chargement et l'aérodynamisme.

D'une manière générale plus les véhicules sont lourds, plus les besoins énergétiques sont élevés, plus la consommation de carburant augmente et plus les émissions sont importantes. Cependant, l'émission de polluants de certains deux roues(ou trois-roues) de petite cylindre peut atteindre un niveau plus élevé que celui des voitures (CO, HC+NOx).

Pour finir, rappelons qu'un véhicules chargé(ou dont l'aérodynamisme est réduit : galerie sur toit, fenêtres ouvertes etc...) émet une plus grande quantité de polluants puisque son moteur doit développer, pour atteindre une vitesse donnée, plus de puissance (d'où une hausse de la consommation de carburant) que lorsque le véhicule est vide ou plus aérodynamique (Aouragh, 2015).

1.2.4.2. Les facteurs liés aux conditions de circulation

Les émissions varient énormément selon les conditions de circulation : urbain lent, urbain fluide, route, autoroute, etc. en effet, les phases d'accélération et de décélération, la durée des arrêts aux feux (moteur au ralenti) ont un grand effet sur les niveaux d'émissions. Or, la vitesse est le paramètre essentiel des émissions bien que le style de conduite joue également mais dans une moindre mesure :dans des trafics urbains congestionnés, les émissions de HC, de CO, de CO₂, de NO_x sont essentiellement le fait des véhicules diesel tandis que les émissions de NO_x des véhicules à essence sont moins influencées par conditions de circulation tout en étant près de deux fois plus élevées sur autoroute rapide qu'en circulation urbaine très congestionnée. Ainsi, les faibles vitesses comme les vitesses

rapides sur autoroute contribuent à l'augmentation des émissions. Enfin les émissions sont plus importantes lorsque le véhicule est à froid (Démarrage) (Aouragh, 2015).

1.2.4.3. Les facteurs liés à la route

La route sur laquelle se déplace un véhicule influence elle aussi les émissions de ce dernier. Deux paramètres sont à prendre en compte : l'altitude et la pente.

Les voitures sont réglées pour que les émissions soient minimales au niveau de la mer ; elles augmentent considérablement avec l'altitude : elles émettent 4 fois plus de CO à 2500m. La pente, qui va souvent de pair avec les hautes altitudes, aggrave le niveau d'émission des véhicules : comme le poids ou la limitation de l'aérodynamisme, la pente oblige le moteur à développer plus de puissance, donc sa consommation et finalement, à rejeter plus de polluants. La pente entraîne donc une augmentation considérable des émissions (Joumard et al. 1990, p.56), surtout pour les poids légers et lorsque la pente est supérieur à 4% (Joumard et al. 1990, p.38).

Tableau 4 : Augmentation absolue moyenne des émissions (en g/km) pour chaque pourcentage de pente supplémentaire (Joumard et al. 1990, p56).

Polluant	CO	CO ₂	HC	NO _x	Consommation
Surémission (g/km par % de pente)	0.85	17.0	0.061	0.49	5.52

1.2.4.4. Les facteurs climatiques

Lors du démarrage à froid, et tant que le moteur n'a pas atteint 70°C [DEGOBERT, 1992, p163], les émissions sont plus importantes. La température de l'air joue donc un rôle puisqu'elle conditionne la durée qu'il faudra au moteur pour atteindre cette température. Le temps de chauffe sera d'autant plus long que la température ambiante est basse. Aux émissions de polluants supérieures en hiver, s'ajoute le dépôt de nombreux polluant gazeux sous l'effet du faible ensoleillement et des basses températures (Ettala et al. 1986).

Le vent, en ralentissant ou en facilitant le déplacement des véhicules constitue un autre paramètre influençant les émissions. Pour finir, l'ensoleillement ne joue pas de rôle sur les émissions directes des véhicules, mais les rayonnements UV sont les déclencheurs de la

chimie atmosphérique à l'origine de la formation de polluants secondaires, l'ozone essentiellement (Lunde, 1976).

1.2.4.5. Les facteurs liés au conducteur

Il s'agit essentiellement du style de conduite. Un véhicule conduit de manière dite « agressive ou performante » (forte augmentation des rapports entre les vitesses, accélération, freinage, vitesse volontairement élevés) émettra une quantité de polluants supérieure au même véhicule conduit de manière « normale ou économique ». les écarts entre les deux styles de conduite sont significatifs dans la plupart des cas, et se fait essentiellement dans la montée en vitesse (PILLOT, 1997, p.179). Le tableau qui suit montre l'influence des accélérations sur le total des émissions émises. Les chiffres proposés indiquent dans quelle proportion les accélérations de voiture particulière lorsque la vitesse est stabilisée avec elle d'un cycle de conduite « réelle » (de vitesse moyenne équivalente) mais comportant des phases d'accélération et de décélération.

Tableau 5 : Surémissions en pourcentage liées aux accélérations (comparaison cycle « réel » et vitesse stabilisée) (Joumard et al., 1990, p.31).

	Vitesse (km/h)	CO	CO	HC	NO	Particules	Conso
Essence non catalysé	15	53	18	58	65	-	33
	90	47	14	30	11	-	22
Diesel	15	2	28	35	30	40	40
	90	7	17	29	21	27	18

1.2.4.6. Le Parc automobile Mondiale

Remarquons que cette évolution automobile entrave la qualité de l'air par l'accroissement des émissions de tel est illustré dans la Figure 6

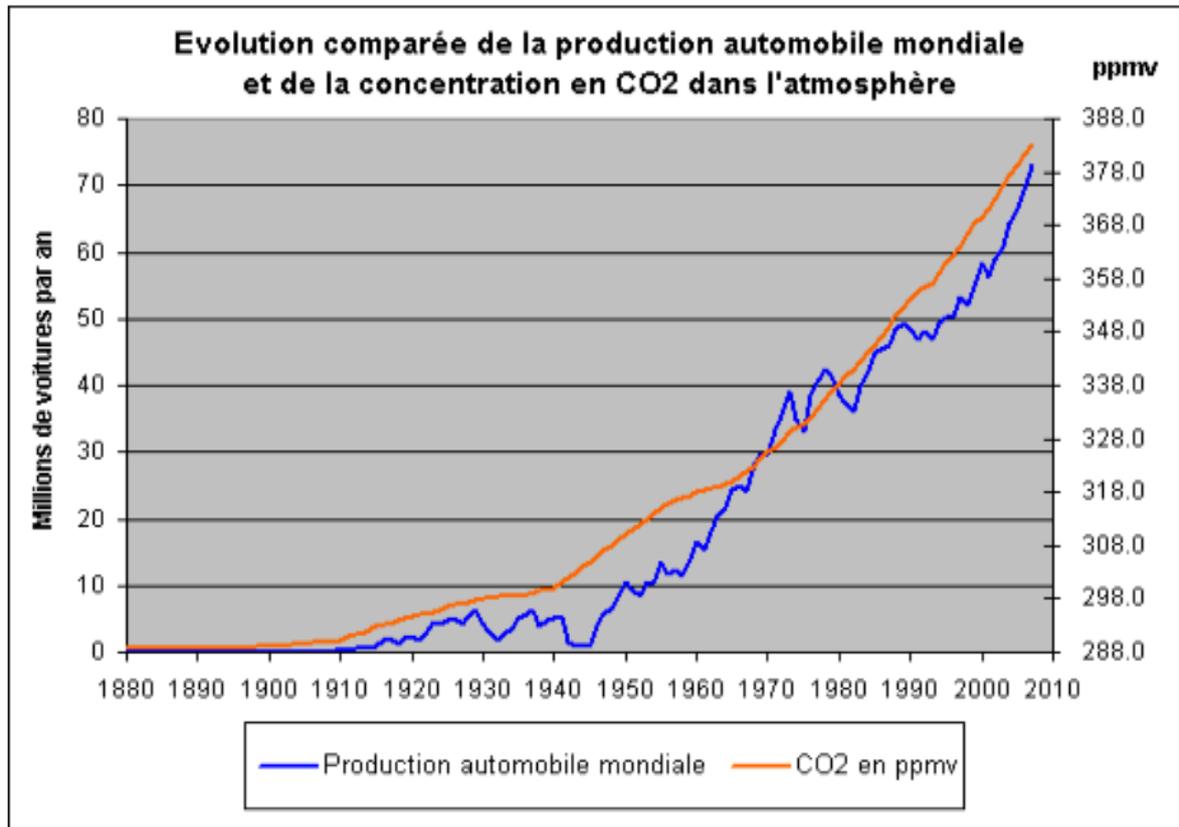


Figure 6 : Evolution comparée de la production automobile mondiale et de la concentration en CO2 dans l'atmosphère (Source : Car Free France).

En prenant l'exemple de l'Algérie, les émissions dues aux consommations de carburant liées aux transports sont très importantes. En effet, les émissions dues aux transports routiers en 1994 ont été de l'ordre de: 702.814 Tonnes de monoxyde de, 147.717 Tonnes de l'oxyde d'azote, 13772 Tonnes de dioxyde de Carbone et 115.019 Tonnes de Composé Organique volatils (VOC) (Boughedaoui, 2007).

Par ailleurs, l'Algérie est appelé à réfléchir sur les moyens à mettre en œuvre pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) et les polluants nocifs, tout en développant les outils de surveillance et d'évaluation de la qualité de l'air.

1.2.5. Impacts du transport routier

Les émissions dues au transport routier sont reconnus par leur impact de manière non négligeable sur la qualité de l'air. Par ailleurs, les émissions de CO₂, qui sont un bon indicateur et traceur de la pollution due à l'automobile (CITEPA, 2011a), sont tributaires de l'intensité des sources d'émissions traduite par la circulation routière. Ceci incite à une meilleure compréhension des caractéristiques des émissions provenant de différentes sources liées à la circulation, afin de mener une répartition par source ainsi que les études des effets sur la santé. En outre, le transport routier est la composante la plus importante des émissions du CO₂ (85%) (Ministère du Commerce et Industrie, 2004). Les émissions dues au transport routier sont connus pour faire une grande contribution au total de concentration des particules (PM) dans les zones urbaines. Par ailleurs, l'exposition à ces particules a été démontré à avoir des effets néfastes sur la santé humaine. En effet, une étude réalisée en Angleterre affirme que les émissions dues au transport causeraient environ 7500 morts prématurées par an (Yim et Barrett, 2012). D'autres études ont montré que les individus habitant ou travaillant à proximité de grands axes routiers sont soumis à une augmentation de risques de maladies cardiovasculaires et respiratoires, et de mortalité prématurée (Aouragh, 2015).

1.2.6. Les normes spécifiques au transport routier

1.2.6.1. Dans le monde

Le caractère dangereux des polluants atmosphériques, a conduit l'Union Européenne à légiférer: des directives et des normes qui ont été mises en place pour limiter et contrôler les émissions polluantes entre autre dues au transport routier (Al-Barakeh, 2012). Par ailleurs, la plupart des pays a adopté des réglementations concernant les polluants automobiles, afin de fixer des valeurs limites d'émissions sur un certain nombre d'entre eux.

1.2.6.2. Cadre réglementaire et législatif en Algérie

a. Etat des lieux:

La réglementation Algérienne relative au contrôle technique des véhicules neufs est reprise notamment dans les textes principaux suivants:

- ✓ Arrêté du 05 - 09 - 1984: conditions techniques de réception.
- ✓ Décret N° 88-06 du 19-01-1988 et N° 04-381 du 28 novembre 2004: Règles circulation routière;
- ✓ Loi 01-14 du 19 Août 2001: organisation, sécurité et police circulation routière;

- ✓ Décret exécutif N° 03-410 du 05-11-2003: Seuils limites des polluants, et particules des véhicules neufs importés et du contrôle technique des véhicules en services;
- ✓ décret exécutif N° 07-390 du 12-12-2007: Modalités d'exercice activité de commercialisation véhicules neufs.

Aucun de ces textes ne limite le niveau de consommation de carburant des véhicules importés. Ces textes ne font également pas obligation aux concessionnaires d'informer le public sur le niveau des consommations des véhicules. Certains concessionnaire n'incluent même pas cette information dans les fiches techniques des véhicules, d'autres indiquent des valeurs de consommation sans en préciser les bases d'estimation ce qui les rend peu fiables et inutilisables) (Aouaragh, 2015).

b. Enjeux de la réglementation relative à la consommation de carburant en Algérie :

Ces enjeux sont multiples. Il s'agit notamment de l'enjeu :

- ✓ économique où la Consommation de carburant dans le secteur des transports représente la quasi-totalité de la consommation des produits pétroliers en Algérie (près de 10.000.000 de tonnes en 2009); Une amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules permettra de réduire, de façon substantielle, la consommation nationale en carburants. A rappeler, dans ce cadre, les gains réalisés en Europe (15% entre 1995 et 2007 et 40% entre 2007 et 2020).
- ✓ Environnemental où le secteur des transports représente une source majeure de pollution atmosphérique en Algérie, notamment dans les grands centres urbains où la situation est devenue préoccupante.
- ✓ Technologique où les véhicules peu consommateurs d'énergie sont souvent de technologie plus récente. La réglementation de la consommation permettra donc d'améliorer le niveau technologique des moteurs du parc national véhicule. (Aouaragh, 2015).

c. Réglementation en étude

Au vu de l'intérêt, économique, environnemental et technologique, que présente la réglementation de la consommation de carburant, un comité intersectoriel, regroupant tous les départements ministériels concernés, a été mis en place pour proposer une réglementation qui doit viser, à l'instar des dispositifs en vigueur dans le monde, les objectifs principaux suivants:

- ✓ Améliorer l'efficacité énergétique des véhicules par l'établissement de seuils limites de consommation de carburants des véhicules importés;
- ✓ Informer et sensibiliser le public sur les questions de l'efficacité énergétique en général et à celles de la consommation de carburant automobile en particulier;
- ✓ Indication obligatoire, dans les fiches techniques des véhicules, de la consommation en carburant et des émissions de des véhicules en ville, sur route et en consommation mixte;
- ✓Elaboration d'un guide, destiné au public, qui indiquera la consommation de carburant et le niveau des émissions de tous les véhicules mis en vente en Algérie (Aouaragh, 2015).

CHAPITRE 2 : POLLUANTS METALLIQUES

Dans cette étude, quatre polluants métalliques, seront étudiés. Pourquoi distinguer ces quatre métaux ?

Pour le plomb, le cadmium et le mercure, il y'a d'une part une raison historique. Les premiers biochimistes ont distingués ces trois métaux en raison de leurs affinités avec le soufre qui permettait d'identifier les protéines (qui précipitent lourdement). Ils ont une conductivité électrique élevée qui explique leur utilisation dans de nombreuses industries.

Contrairement au trois premier, le dernier restant, à faible dose est indispensable à divers organismes vivants et ne deviennent toxique qu'au-delà d'un certain seuil.

2.1. Généralité :

Les métaux lourds appelés métaux traces métalliques sont des métaux ayant une densité supérieur à 5 g/cm^3 . Ils peuvent se trouver dans l'air, dans l'eau et dans le sol. Comme le pétrole le charbon et le bois contiennent presque tous les éléments chimiques et, parmi eux, aussi les métaux lourds, en quantité différentes, il s'en suit que lors de la combustion, ces métaux lourds ou leurs composés parviennent dans l'air et peuvent atteindre le sol directement souvent adsorbé dans les eaux de ruissèlement.

Les métaux lourds peuvent provenir de deux principales sources ; une origine naturelle et une origine anthropogéniques. La principale source naturelle de métaux lourds provient de la croûte terrestre qui a soit résisté aux intempéries (dissous) et érodé (particules) de la surface de la Terre ou injecté dans l'atmosphère terrestre par l'activité volcanique.

Il existe différentes sources de métaux lourds qui contaminent l'atmosphère. Ces métaux sont parfois également désignés par le terme de métaux traces ou d'éléments traces métalliques.

Les sources anthropogéniques des métaux (générées par les activités humaine) sont nombreuses, notamment en milieu urbain par des émissions provenant du trafic automobile. Ces émissions sont liées à plusieurs phénomènes ; la combustion du carburant, la corrosion de la carrosserie, l'abrasion des freins et des pneumatiques des voitures.

A proximité des axes routiers, les éléments métalliques proviennent principalement de la pollution anthropogéniques en particulier. Chaque métal possède des caractéristiques et un impact propre. (CETE Nord Picardie, 2004).

2.2. Propriétés physico-chimiques des polluants métalliques d'origine routière :

D'un point de vue géochimique, Victor Moritz Gold, (1888-1947) on peut distinguer les éléments selon différents classes par exemple :

– Les éléments chimiques, appelés atmophiles, qui s'accumulent avant tout dans l'atmosphère terrestre comme l'oxygène et les gaz rares, mais aussi de nombreux métaux comme le mercure ou le plomb qui sont transportés essentiellement à travers l'atmosphère. Beaucoup de ces éléments soit sont eux même volatils, soit se trouvent sous formes de composés relativement volatils, par exemple le bromo-chlorure de plomb ;

– Les éléments chimiques, appelés lithophiles, comme le sodium le magnésium l'aluminium, le chlore qui ont tendance à s'accumulés dans la lithosphère sous forme d'oxyde, de silicates, ou d'autres composés. Ils sont transportés principalement par les fleuves jusque dans les océans ; pour ces éléments, cette forme de transport est bien plus importantes que celle qui s'effectue a travers l'atmosphère.

2.2.1. Solubilité :

La solubilité dans l'eau indique la tendance à la mobilisation du métal par lessivage ou par ruissellement. La solubilité dépend de l'élément, des conditions chimiques de la phase aqueuse et des phases solides environnantes.

La solubilité d'un élément peut varier selon sa spéciation, c'est-à-dire sa répartition entre différents états de valence, qui représente un paramètre essentiel notamment pour l'arsenic et le chrome.

2.2.2. Volatilité :

La volatilité influence sur la libération par évaporation naturelle des polluants infiltrés dans les sols. D'une façon générale les métaux sont considérés comme non volatile.

Contrairement aux contaminants organiques, les polluants métalliques indéfiniment stable en tant que tel et ne dégradent pas dans l'environnement.

2.3. Distribution et cycle des métaux lourds :

La pollution métallique varie généralement dans les trois dimensions de l'espace. Les concentrations montrent de grandes variations dans l'espace par rapport aux sources

d'émission, le plus souvent avec de grands coefficients de variation mais il existe des zones de transition. Il est donc difficile de caractériser sur de grandes surfaces la variabilité des teneurs sur une zone contaminés par les retombées atmosphériques.

Pour comparer de telles émissions anthropogéniques et naturelles, il est pratique d'utiliser le facteur d'interférence atmosphérique, IF, qui est le rapport des émissions anthropogéniques sur les émissions naturelles.

$$IF = \frac{\text{émissions anthropogéniques totales}}{\text{émissions naturelles totales}}$$

Un IF de 1 = 100% signifie, que les émissions de sources naturelles et anthropogéniques sont équilibrées. Quand IF >100 %, les émissions anthropogéniques prédominent ; ceci est le cas des métaux toxiques comme le plomb et le cadmium. Quand IF < 100 %, il y'a d'avantage d'émissions naturelles que d'émissions anthropogéniques

L'étude de la mobilité des métaux en terme de quantité, et du devenir de ceux-ci en fonction du mode d'occupation implique l'identification des voies d'apport et de transfert ainsi que les structures spatiales et la qualification des proportions des pools entropiques et endogène.

Comme tous les éléments les métaux aussi participent d a des cycles. Dans ces transport globaux, l'atmosphère est le moyen de transport le plus important pour certains métaux. (Plomb, cuivre...etc.) (Bliefert, 2011).

2.3.1. Pollution de l'air :

Les métaux lourds se dispersent dans les hautes couches de l'atmosphère et retombe ailleurs, après un transport sur de très longues distances. On estime qu'une particule de mercure dans l'atmosphère reste un an dans celle-ci, avant de retomber. Les métaux lourds dans l'air peuvent se trouver principalement sous deux formes :

- Soit sous forme gazeuse pour certains composés métalliques volatiles ou dont la pression de vapeur saturante est élevée.
- Soit sous forme de composés métalliques solides, déposés sur les très fines particules ou poussières formées lors des phénomènes de combustion.

Les principales sources de métaux dans l'air sont des sources fixes. Les métaux lourds sont transportés par des particules atmosphériques provenant de combustions à haute température, de fusions métallurgiques, véhicules. Les effets biologiques, physiques et chimiques de ces particules sont en fonction de la taille des particules, de leur concentration et de leur composition, le paramètre le plus effectif sur l'environnement étant la taille de ces particules. Dans l'air ambiant, on trouve de nombreux éléments, comme entre autres le plomb, le cadmium, le zinc, le cuivre etc., Dont la concentration est d'autant plus élevée que les particules sont fines

2.3.2. Pollution des sols :

Tous les sols contiennent naturellement des éléments traces métalliques. On parle de pollution d'un sol en trace métallique lorsque sa teneur en élément traces est supérieur à la concentration naturelle, mais sans influence sur la qualité du sol.

Les métaux lourds sont transportés vers les sols selon deux processus, le premier, concerne les retombées sèches ou humides. En effet depuis le début de l'ère industrielle et le développement des transports, les apports atmosphériques se sont notamment amplifiés. D'une part, le vent et l'atmosphère transportent des apports d'origine lointaine ou encore proche. Ces apports sont déposés de façon régulière et peuvent être absorbés directement par les plantes, mais la majorité pénètre dans les sols à partir de la surface.

D'autre part les eaux de pluies lessivent l'atmosphère et solubilisent des éléments traces métalliques avant de tomber sur les sols. Communément considéré comme le plus important il y'a le lessivage des surfaces imperméabilisées par le ruissellement des eaux pluviales (Carole Delmas-Gadras, 2000).

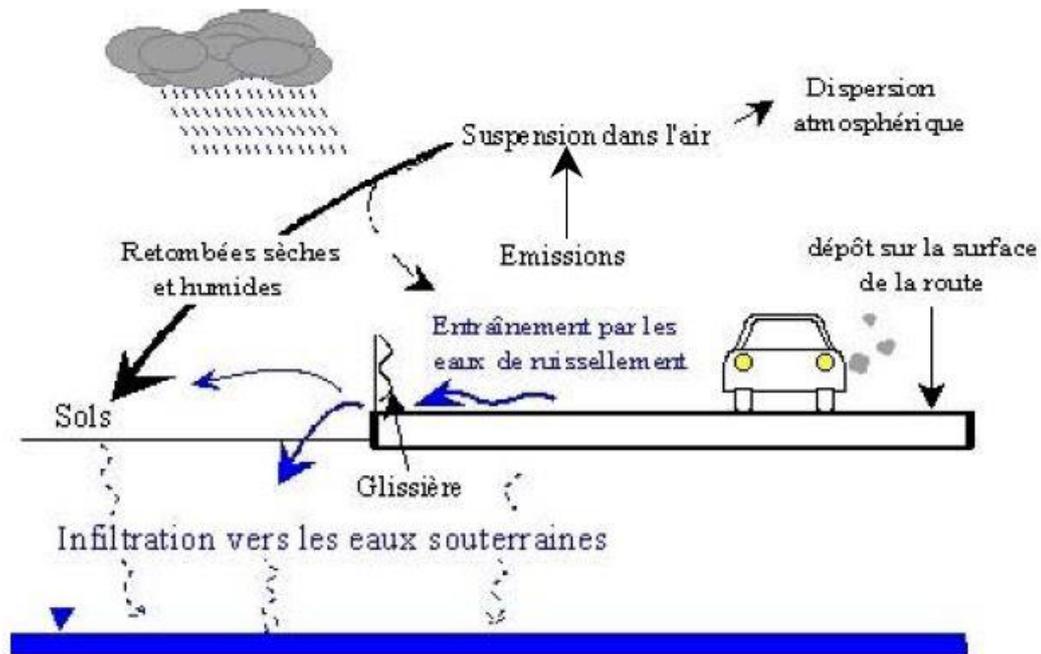


Figure 7: Mode de transfert des émissions polluantes vers le sol et les eaux souterraine
(Carole Delmas-Gadras, 2000).

2.3.3. Qualité des eaux pluviales et des eaux de ruissellement :

Lors des précipitations, l'eau de pluies se charge en polluant présents dans l'atmosphère avant de lessiver les surfaces par ruissellement. La part de la pollution contenue dans les eaux de ruissellement provenant de l'atmosphère polluée est estimée entre 15% et 25%. De nombreux auteurs se sont intéressés à la qualité des eaux de ruissellement sur chaussée, les études sont nombreuses et diversifiées. On peut citer entre autre (Pagotto 1999).

2.3.4. Pollution des eaux :

Il est assez difficile de prévoir l'évolution des métaux lourds dans l'environnement car ils peuvent subir un grand nombre de transformations (oxydation, réduction...etc.). Cette évolution dépend fortement du milieu. En effet, la migration des métaux lourds vers la nappe phréatique est fonction de nombreux paramètres : La forme chimique initiale du métal la perméabilité du sol et du sous-sol, et la teneur en matières organiques du sol.

Les principales sources de contamination de l'eau sont les suivantes : les eaux usées domestiques et industrielles, la production agricole, les polluants atmosphériques (Louadah Hadjila, 2016).

2.4. Assimilation des polluants métalliques par les corps vivants :

2.4.1. Exposition :

Les hommes sont exposés par inhalation des polluants aériens, la consommation d'eau contaminée, l'exposition à des sols contaminés de déchets industriels. Les métaux peuvent être absorbés sous la forme inorganique ou sous la forme organique. Pour certains éléments, comme l'arsenic et le cuivre, la forme inorganique est la plus toxique. Pour d'autres, comme Hg, Sn et Pb, les formes organiques sont les plus toxiques (GHEZRI). La quantité de métaux absorbée par un homme influe directement sur sa santé. Elle peut présenter une toxicité aiguë (pic de pollution dans l'air ou l'eau), ou une toxicité due à un effet cumulatif (par une exposition continue au milieu pollué ou parce que l'homme est en bout de chaîne alimentaire).

Les métaux lourds s'accumulent dans les organismes vivants et perturbent les équilibres et mécanismes biologiques, provoquant des effets toxiques. Ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires,...etc.

2.4.2. Effets sur la santé humaine :

En fait, le risque sur la santé humaine est d'abord associé aux propriétés des métaux lourds à polluer l'atmosphère, les eaux, les aliments et les sols. Et dépendent également de l'état chimique de leur forme chimique, de leur concentration, du contexte environnemental et de la possibilité de passage dans la chaîne du vivant. Quelques métaux lourds, comme Zn, Cu, Mn et Fe, sont indispensables à la croissance et au bien-être des organismes vivants. On peut néanmoins s'attendre à ce qu'ils aient des effets toxiques quand les organismes sont exposés à des niveaux de concentration supérieurs à ceux qu'ils requièrent normalement. D'autres éléments, comme Pb, Hg et Cd, ne sont pas indispensables aux activités métaboliques et manifestent des propriétés toxiques tableau 6 (GHEZRI).

Tableau 6 : Principaux effets des métaux lourds sur la santé.

Eléments	
AS	Toxique, possible cancérigène
Cd	Hypertension, dommage sur la foie
Cu	Irritation des muscles respiratoires et oculaires, douleurs épigastriques, céphalées, nausées, Etourdissements, vomissement, diarrhée, tachycardie, une insuffisance rénale
Zn	Toxique pour les végétaux à fortes teneurs
Hg	Toxicité chronique et aigue
Pb	Neurotoxique, responsable du saturnisme, trouble de développement cérébrale, perturbations psychologiques et difficultés d'apprentissage scolaire chez les enfants, peut être cancérigène.
Ni	Allergies de peau, maladie respiratoires possible cancérigène.
Cr	Cancérigène sous forme de Cr(VI)
Se	Essentielle à faible doses, toxique à dose élevées

Les effets toxicologiques en matière de santé publique pour le cadmium, le mercure et le plomb ont été largement mis en évidence par des travaux antérieurs (GHEZRI).

2.4.3. Toxicité :

N'importe quel élément inutile, utile ou indispensable, peut occasionner des difficultés du métabolisme chez l'ensemble des organismes vivants lorsqu'il est absorbé en trop grande quantité par rapport à la normale.

Les vivants n'ont besoin que d'une petite quantité de métaux lourds. Il est donc possible que leur accroissement dans l'eau, l'air et le sol soit dangereux et à haute dose aie des effets toxiques(GHEZRI).

2.5. Assimilation des polluants métalliques sur la végétation :

2.5.1. Transfert sol-plante des métaux lourds :

Pour de nombreuses plantes, des concentrations excessives en métaux entraînent des désordres métaboliques comme le remplacement des ions essentiels par des ions non essentiels, la concurrence pour les emplacements entre les ions métalliques et les métabolites

essentiels, des modifications de la perméabilité des cellules membranaires, etc. Les effets visibles de la toxicité varient selon les espèces, mais les symptômes les plus communs sont les points chlorotiques ou bruns sur les feuilles, les racines brunes et abimées, la nécrose et la diminution significative des rendements de récolte. D'autres effets moins visibles, comme par exemple l'inhibition racinaire, la réduction de la photosynthèse, etc (Hammadache Zineb, 2016).

2.5.2. Absorption racinaire :

La voie principale d'absorption des métaux se fait par simple diffusion au travers de L'apophase du cortex racinaire et de l'endoderme (voie apophatique). Le transport des éléments métalliques à travers la paroi cellulaire se fait passivement (non métabolique et donc dans le sens du gradient de concentration) par les pores du réseau de la cellulose, de l'hémicellulose et des glycoprotéines. Cependant, une partie des ions peut être adsorbés par les charges négatives de surface de l'acide polygalacturonique des pectines, qui agissent comme des échangeurs d'ions Puis au niveau de l'endoderme, le transport peut devenir actif au niveau de la membrane plasmique des cellules de la bande de caspary, autorisant cette fois un transfert contre le gradient de concentration ((Hammadache Zineb, 2016).

2.5.3. Pénétration des éléments-traces par les parties aériennes :

Les éléments-traces entrent dans la composition des matériaux minéraux et organominéraux qui composent les fines poussières présentes dans l'air, lesquelles se déposent sur les feuilles, les tiges et les fruits. La contamination par voie aérienne est généralement faible, sauf lorsque les retombées atmosphériques sont importantes : dans certains lieux comme les zones industrielles ou pour certains éléments comme le Pb, à cause des résidus de combustion de l'essence plombée. Les éléments-traces essentiels, ainsi que les non-essentiels, peuvent être prélevés par les feuilles. Sous forme gazeuse (ex : Se (g), As (g), Hg (g)) (pouvant, entre autres, émaner du sol), ils rentrent dans les feuilles à travers les stomates ; sous forme d'ions, ils rentrent surtout à travers les cuticules des feuilles (Hammadache Zineb, 2016).

2.6. Les principaux métaux lourds :

2.6.1. Le plomb (Pb) :

a. Généralité :

Une source importante des émissions de plomb dans l'atmosphère a été le transport car le plomb a été pendant longtemps additionné à l'essence du fait de son pouvoir antidétonant. De ce fait, il contamine souvent les terrains en bordures d'axes routiers. Le plomb est émis dans l'atmosphère par le traitement des minerais et des métaux pour ce qui concerne l'industrie et, dans une moindre mesure depuis la commercialisation de carburants sans plomb, par les véhicules automobiles à essence pour ce qui concerne les sources mobiles. Dans ce dernier cas, le plomb est utilisé comme anti-détonant sous la forme de plomb tétraméthyle et de plomb tétraéthyle (CETE Nord Picardie, 2004).

b. Les voies d'expositions :

Le plomb peut pénétrer dans l'organisme humain par trois voies :

- par inhalation de vapeur de plomb ou de poussières (oxyde de plomb)
- par ingestion, qu'il s'agisse du plomb d'abord inhalé et ingéré à la suite des processus d'épuration pulmonaire, ou du plomb ingéré directement avec les aliments ou avec les poussières se trouvant sur les mains ou les objets portés à la bouche notamment chez le jeune enfant.
- par voie cutanée, plus rarement (Gérard Miquel, 2001).

c. Les effets chez l'homme :

- **Les effets chez l'adulte** : Le saturnisme désigne l'ensemble des manifestations de l'intoxication par le plomb. Les coliques de plomb sont les effets toxiques les plus connus du métal mais ses principaux organes cibles sont : le système nerveux, les reins et le sang.

➤ **Effets sur le système nerveux** : Le plomb est responsable d'atteintes neurologiques. En cas d'intoxications massives, l'effet neurotoxique du plomb peut se traduire par une encéphalopathie convulsivante pouvant aller jusqu'au décès. En cas d'intoxication moins sévère, on a observé des troubles neurocomportementaux et une détérioration intellectuelle.

➤ **Effets sur la moelle osseuse et le sang** : Le plomb bloque plusieurs enzymes nécessaires à la synthèse de l'hémoglobine. Ces effets sanguins aboutissent à une diminution du nombre des globules rouges et à une anémie.

➤ **Cancer** : L'administration de fortes doses de plomb a induit des cancers du rein chez de petits rongeurs. En revanche, il n'a pas été mis en évidence de surmortalité par cancer dans les populations exposées au plomb (Gérard Miquel, 2001).

• **L'intoxication chez l'enfant** : Le risque d'intoxication saturnique est plus élevé chez les jeunes enfants, plus particulièrement de 1 à 3 ans :

➤ l'absorption digestive des dérivés du plomb est plus importante que chez l'adulte : A exposition égale, l'organisme de l'enfant absorbe 50 % du plomb ingéré, tandis que la proportion chez l'adulte est seulement de 5 à 7 %,

➤ les effets toxiques, à imprégnation égale, en particulier sur le système nerveux central en développement, sont plus importants et plus sévères.

Le système nerveux central des enfants est particulièrement sensible à l'action toxique du plomb. Une encéphalopathie aiguë convulsivante apparaît généralement lorsque la plombémie est de l'ordre de 1.000 ug/l. Elle n'a jamais été observée lorsque la concentration sanguine de plomb est inférieure à 700 ug/l.

Chez les enfants dont la plombémie est comprise entre 500 et 700 ug/l, des troubles neurologiques moins sévères sont souvent observés : diminution de l'activité motrice, irritabilité, troubles du sommeil, modifications du comportement, stagnation du développement intellectuel. Une baisse du quotient intellectuel pouvant aller de 4 à 15 points (Gérard Miquel, 2001).



Figure 8 : Niveau de toxicité du plomb.

2.6.2. Le cadmium (Cd) :

a. Généralité :

Le cadmium est un produit par l'usure des pièces mécaniques, galvanisées, des pneumatiques et des lubrifiants, il est issu également de la dégradation des glissières de sécurité.

Le cadmium est souvent associé car le cadmium est l'impureté associée au zinc (Mokhtar Amirat, 2010).

b. Les voies d'expositions :

Des accidents peuvent cependant survenir lors de la production ou de la mise en œuvre du cadmium ou de ses composés :

- par voie digestive : l'absorption d'une faible quantité de ces substances est suivie de troubles gastro-intestinaux (nausées, vomissements, diarrhée). Ces troubles peuvent, dans les cas sévères, se compliquer d'une déshydratation grave de l'organisme ;

- par voie respiratoire : l'inhalation de fumées ou de poussières respirables (d'un diamètre inférieur à 5 microns) à des concentrations supérieures à 200 microgrammes par m³ et de façon plus ou moins prolongée peut provoquer rapidement un trouble pulmonaire grave (Gérard Miquel, 2001).

c. Les effets du cadmium sur l'homme :

Les divers composés du cadmium présentent des effets toxiques variables selon leur solubilité, et donc leur facilité d'assimilation par l'organisme. Ainsi, le chlorure de cadmium, soluble, apparaît plus toxique que le sulfure de cadmium très insoluble.

Une exposition de courte durée à de fortes concentrations de poussières ou de fumées, de composés de cadmium est irritante pour les cellules des systèmes respiratoires et gastro-intestinaux. L'essentiel du cadmium ingéré provient de végétaux à feuillage vert, salades, choux, épinards et dans une moindre mesure des céréales (Gérard Miquel, 2001).

2.6.3. Le mercure :

a. Généralité :

Le mercure est le seul métal liquide à température ambiante (25 °C). Il se combine très aisément avec d'autres composés et est le plus volatil des métaux. Émis en quantité faible, mais toujours trop importante, par la combustion du charbon, du pétrole, la production de chlore, mais aussi par l'incinération de déchets ménagers, hospitaliers et industriels. Dans certaines fabrications (exemple du mercure pour la fabrication d'acide chlorhydrique) (CETE Nord Picardie, 2004).

b. Les voies d'expositions :

Une toxicité du mercure qui vient de son extrême volatilité (puisqu'il peut être facilement respiré), de sa relative solubilité dans l'eau et les graisses (il peut être facilement transporté dans le corps), et de sa capacité à se lier avec d'autres molécules qu'il va modifier ou dont il va transformer les fonctions.

c. Les effets toxiques pour l'Homme :

Le mercure est à l'origine des maladies professionnelles. L'intoxication par le mercure s'appelle l'hydrargie ou hydrargyrisme, caractérisée par des lésions des centres nerveux se traduisant par des tremblements, des difficultés d'élocutions, des troubles psychiques... Une intoxication mortelle d'origine professionnelle a encore été rapportée en 1997.

En dehors du milieu professionnel, le mercure est repéré comme un élément toxique, et plus particulièrement néphrotoxique, c'est-à-dire agissant sur les reins, et neurologique, agissant sur le système nerveux. Les symptômes sont des troubles mentaux plus ou moins graves, une salivation excessive, des douleurs abdominales, des vomissements, de l'urémie (accumulation d'urée liée à une insuffisance de la fonction rénale).

Les troubles peuvent hélas être décuplés en cas d'intoxication grave comme ce fut le cas au Japon, il y a un demi-siècle.

2.6.4. Le Cuivre (Cu) :

a. Généralité :

Le cuivre est un élément relativement rare qui se rencontre en tant que constituant mineur dans divers minerais de métaux non ferreux et se trouve dans les garnitures de freins. De la concentration moyenne dans la lithosphère 0.098 mg.kg⁻¹. Il se rencontre donc dans les roches superficielles à l'état de traces avec une concentration moyenne de 50 ppb (de 1 à 250 ppb), ce qui en fait un élément plus rare que le mercure et le zinc aux minerais duquel il est associé (Ramade, 2000).

Le cuivre, à très faible dose est un oligo-élément indispensable à la vie. Il est notamment nécessaire à la formation de l'hémoglobine et remplace même le fer pour le transport de l'oxygène chez une espèce d'arthropode, le limule, dont le sang est bleu. Le cuivre contamine les eaux environnantes à des doses et concentrations infimes (10 µg/l) pour de nombreux organismes : algues, mousses, microorganismes marins, champignons microscopiques (Mokhtar Amirat, 2010).

b. Les voies d'exposition :

L'inhalation des sels de cuivre peut causer l'irritation des voies respiratoires et l'inhalation de fumée de cuivre peut causer des nausées, un goût métallique, et de la décoloration de la peau et des cheveux.

c. Les effets toxiques pour l'Homme :

L'inhalation chronique et récurrente de fumée de cuivre et de poussières peut mener à des perforations du septum nasal. L'exposition chronique à la poussière de cuivre et aux fumées, en milieu industriel, peut mener à des symptômes des voies respiratoires supérieures et à des signes cliniques concomitants chez les travailleurs. L'incidence la plus élevée du

cancer du poumon rapporté chez les fondeurs de cuivre est due à la présence d'arsenic dans le minerai. (Bastarache, 2003).

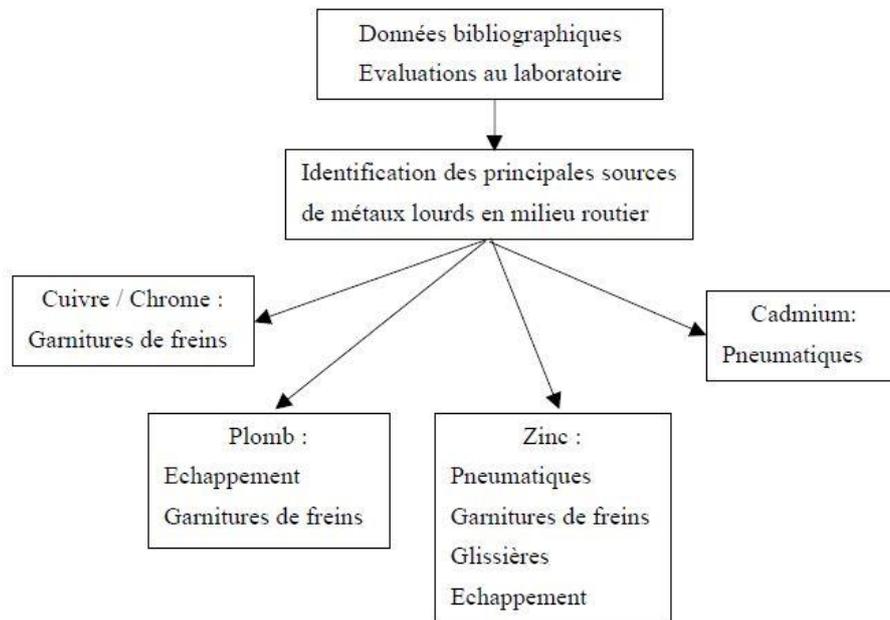


Figure 9 : Source de pollution prédominante en domaine routier (Carole Delmas-Gadras, 2000).

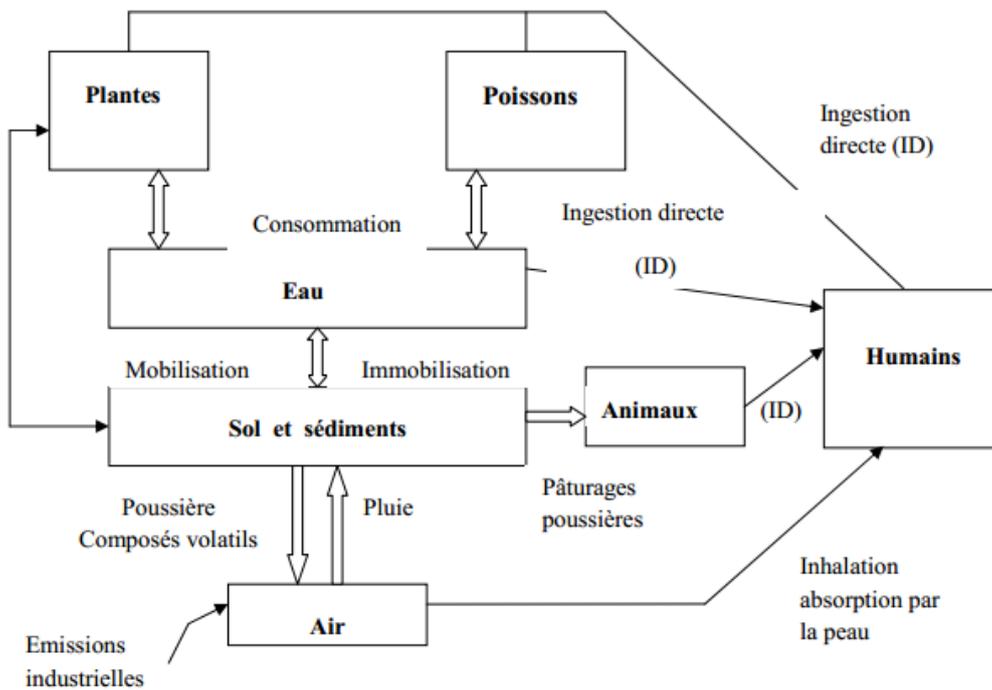


Figure 10 : Différents voies d'exposition pour l'homme (B. Lombi, 2000).

CHAPITRE 3 : METHODOLOGIE DE REALISATION D'UNE ENQUETE EPIDEMOLOGIQUE

Le but d'une enquête est de faire un lien entre une maladie ou un état de santé, avec un facteur dit ici facteur d'exposition. Exemple : cancer du poumon et tabac, malformation et médicaments pendant grossesse.

Ce chapitre est consacré sur le principe de réalisation d'une enquête épidémiologique.

3.1. Définition:

3.1.1. Epidémiologie :

Parmi les nombreuses définitions de l'épidémiologie, nous retiendrons celle de J.H ABRAMSON : « L'épidémiologie est une science qui a pour objet d'étudier la survenue, la répartition et les déterminants des états de santé et des maladies dans la population et les groupes humains».

3.1.2. Enquête :

Une enquête est une opération qui consiste à rechercher, rassembler, recueillir de l'information, puis à l'analyser en vue de résoudre une ou plusieurs questions spécifiées à l'avance. Elle relève du domaine de l'épidémiologie si l'objet de l'enquête concerne l'état de santé d'une population sélectionnée sur des critères définis, et comportant en général des sujets malades et des sujets indemnes de la maladie.

3.2. Enquêtes épidémiologiques :

Les enquêtes épidémiologiques peuvent concerner l'ensemble de la population : elles sont dites exhaustives (ex : enregistrement systématique des naissances ou des décès, enregistrement des maladies à déclaration obligatoire). Elles peuvent au contraire concerner un échantillon d'effectif réduit, extrait par sondage et représentatif de la population étudiée : il s'agit alors d'enquêtes par échantillonnage.

3.2.1. Protocole d'une enquête épidémiologique :

L'organisation générale d'une enquête épidémiologique est consignée dans la figure ci-après qui décrit les différentes phases du déroulement d'une enquête :

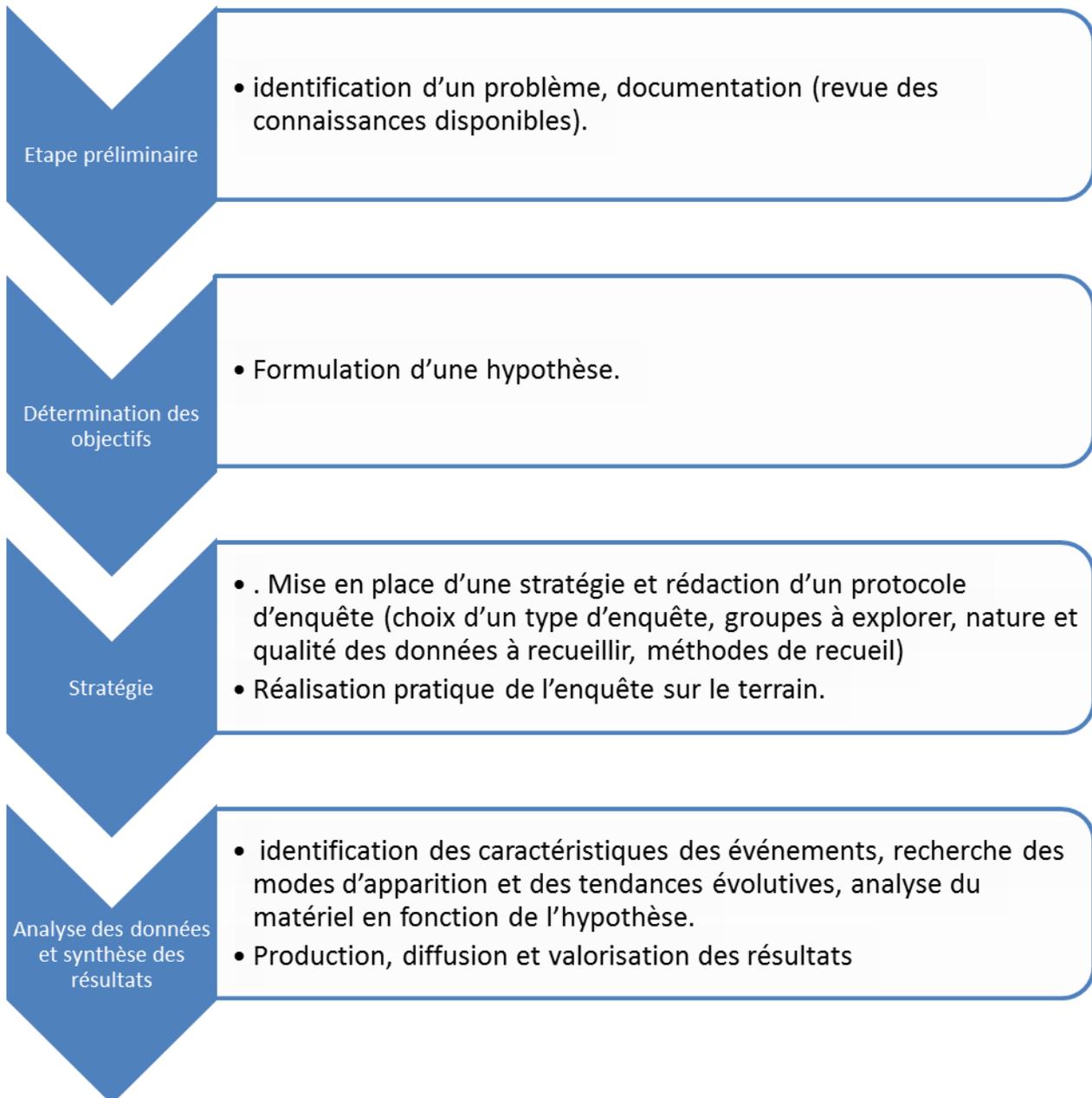


Figure 11 : Protocole d'une enquête épidémiologique (Dr Catherine Arnaud, 2008).

Les différents éléments de l'épidémiologie peuvent être résumés dans le schéma suivant :

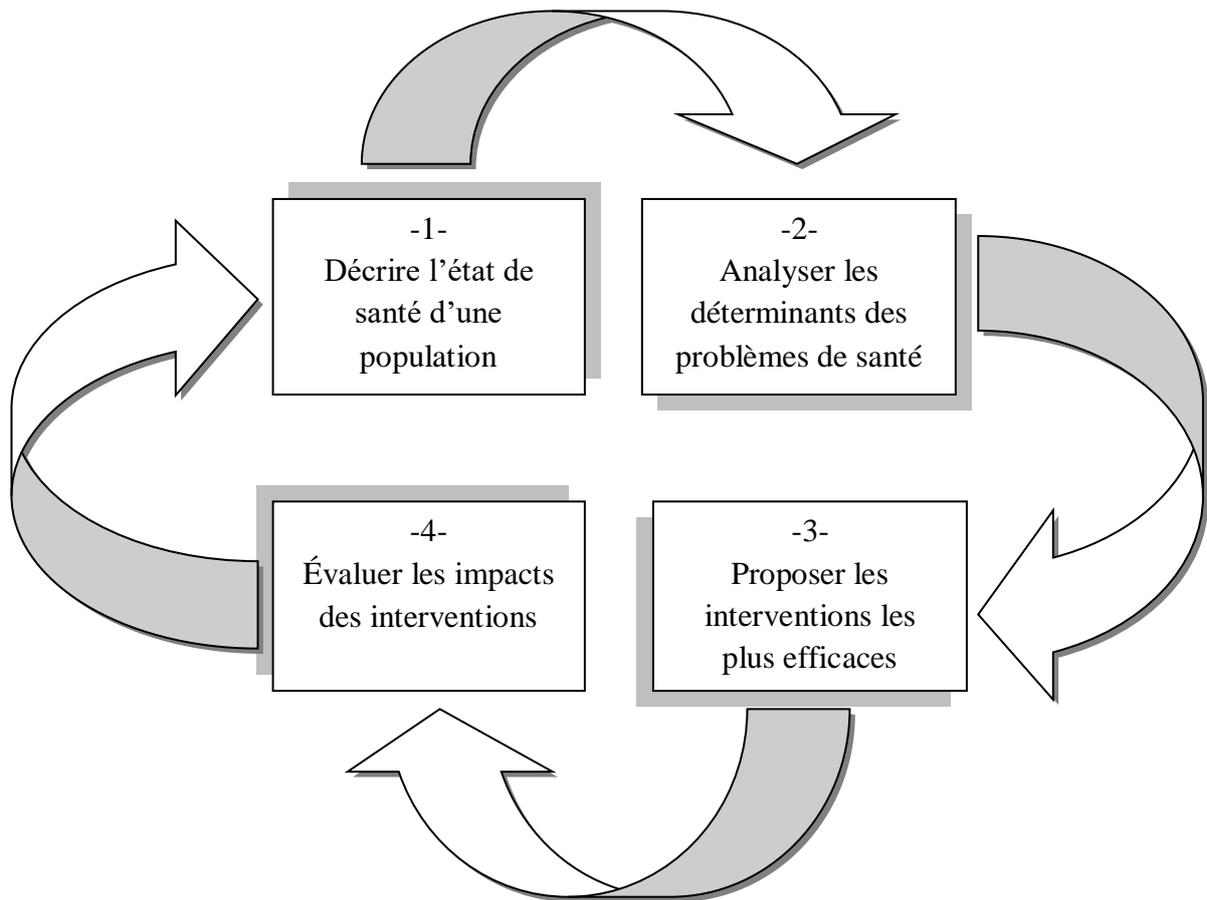


Figure 12 : Cycle de l'épidémiologie (Marc Rhainds et al, 2006-2007).

3.2.2. Les différents types d'enquêtes en épidémiologie :

Les enquêtes épidémiologiques se divisent en deux grandes catégories (figure 12) : les enquêtes expérimentales et les enquêtes d'observation. Dans les enquêtes expérimentales, l'investigateur contrôle l'attribution aux sujets de l'enquête des facteurs qu'il étudie. L'intérêt est de pouvoir donner une interprétation causale aux associations observées entre exposition et maladie. Les enquêtes d'observation sont les plus fréquentes en épidémiologie. Elles sont souvent les seules possibles car l'exposition des sujets à tel ou tel facteur ne peut pas

dépendre de l'investigateur (par exemple, il n'est pas possible d'assigner par randomisation l'usage du tabac à deux groupes de sujets). L'interprétation des résultats, en terme de causalité, s'en trouve plus difficile.

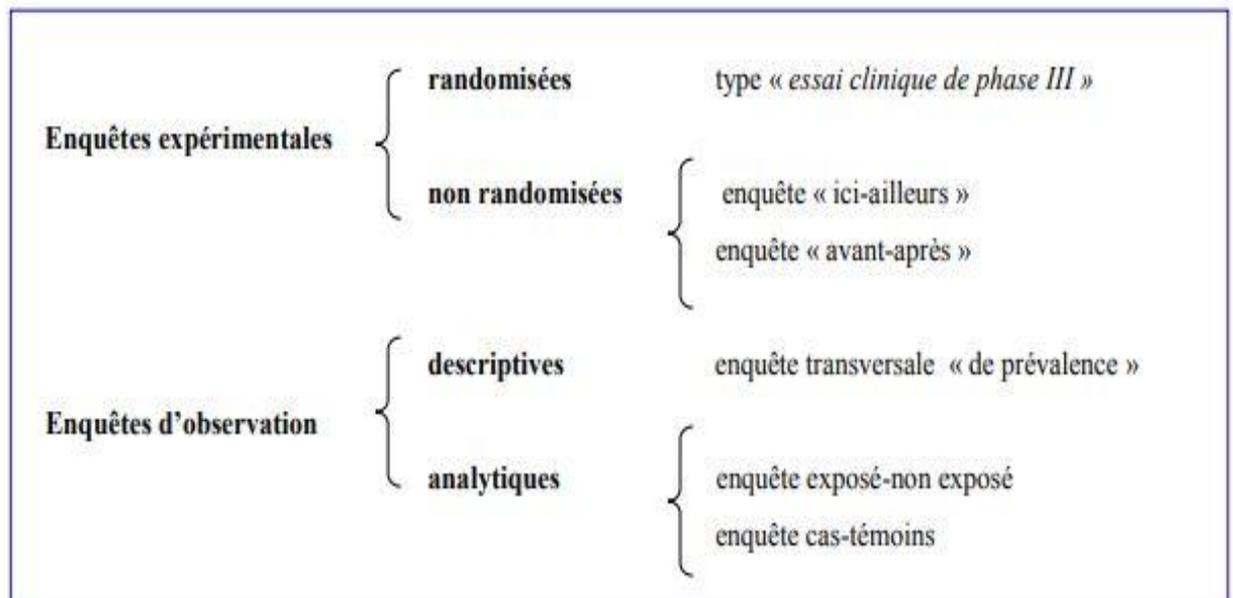


Figure 13 : Les principaux types d'enquêtes en épidémiologie (Dr Catherine Arnaud, 2008).

3.2.2.1. Les différents types d'enquêtes expérimentales :

L'investigateur choisit le groupe de sujets soumis au facteur d'exposition (généralement un traitement), et ceux qui n'y seront pas soumis (groupe contrôle). Le critère de jugement est celui de la guérison, de la rémission, des effets secondaires. Randomisation des groupes. Double insu

❖ Expérience randomisée :

– **Le chercheur a le contrôle complet** de la nature du traitement à administrer, du moment de son utilisation, du déroulement de l'essai, du choix des personnes qui vont recevoir l'intervention.

– **Les groupes comparés sont semblables**, sauf pour le traitement. Seul le traitement diffère en cas de résultat différent, on peut dire que le traitement est responsable.

Deux techniques :

- on tire au sort les sujets en deux groupes parallèles
- on prend le sujet comme son propre témoin. Effet période, et traitement, période de « wash-out ».

- **Technique du tirage au sort** : table de nombre au hasard. Les biais des mauvais tirages au sort : par le nom, 1 sur 2, le jour de la semaine, par hôpital, par région... Ethique du tirage au sort.
- **Il y a un double insu** (double aveugle) : ni le malade, ni le médecin ne savent le traitement reçu. Quelquefois, triple insu : le statisticien ne sait pas à quoi correspond le traitement A ou le traitement B. Expériences en simple insu : seul le malade ignore le traitement.
- **Les difficultés de l'enquête randomisée** :
 - elle ne répond pas au problème de l'acceptation de la technique par la population, par le médecin (impact d'un traitement, d'une intervention) : comparaison du Distilbene versus rien dans les fausses couches précoces, le monitoring fœtal.
 - les sujets choisis sont sélectionnés et peut-être ne sont pas les malades habituels
 - l'extension à la médecine quotidienne est difficile.

❖ **Expérience non-randomisée** :

Se méfier de facteurs de confusion

- **Enquête ici-ailleurs** : dans deux centres, dans deux pays.... Se méfier des comparaisons des maternités et des hôpitaux : le recrutement des patients y est souvent très différent
- **Enquête avant-après** : séries chronologiques. Prudence : les malades ont pu changer

Principal écueil : les groupes comparés ne sont pas équivalents.

Première phase de l'étude : tableau de comparaison entre groupes

3.2.2.2. Les différents types d'enquêtes d'observations :

a. Les enquêtes descriptives :

Le principal objectif des enquêtes à visée descriptive est de mesurer la fréquence d'un problème sanitaire et de mesurer la variation de leur répartition en fonction des phénomènes susceptibles de les influencer (l'espace, le temps, les caractéristiques des populations concernées, ...). Elles sont destinées à compléter le système d'information constitué par les statistiques sanitaires (enregistrement des cas de maladies ou des décès) et à répondre à des questions ou des hypothèses spécifiques. Ceci implique le choix de populations représentatives d'effectif suffisant afin d'avoir une vision exacte de la réalité.

– L'enquête transversale :

L'enquête transversale étudie à un moment donné le groupe de population auquel on s'intéresse et donne une image instantanée d'une situation épidémiologique. Elle comporte un recueil d'information unique de tous les individus permettant de mesurer à un moment donné la fréquence des cas présents c'est à dire la prévalence de la maladie. Elle se déroule en général sur une période brève. Quand le temps d'observation est particulièrement court, on peut parler d'enquêtes ponctuelles. Ces enquêtes sont en général simples, rapides à mener et moins coûteuses qu'un enregistrement permanent. En revanche, le caractère instantané de l'observation ne permet pas :

- de connaître l'incidence d'une maladie : on observe simplement les cas existants au moment de l'enquête (cas prévalent) : c'est pourquoi on appelle aussi ce type d'enquête enquêtes de prévalence.
- d'étudier les aspects dynamiques des phénomènes observés. En particulier, la chronologie entre exposition à un risque et apparition de la maladie ne peut être correctement appréhendée (Marc Rhainds et al, 2006-2007).

– Les études écologiques :

Elle donne à un moment donné une représentation quantitative de l'état sanitaire d'une population.

L'exemple de l'étude écologique est l'étude de prévalence d'une maladie ou de mortalité par une cause spécifique dans la population d'une région. Quand on cherche à savoir s'il existe une association entre un facteur et une maladie, une première approche pour

confirmer cette hypothèse est d'étudier les variations dans le temps et/ou dans l'espace d'un indice de santé correspondant à cette maladie et de comparer ces variations à celle du facteur incriminé (exemple : étude de l'évolution de la mortalité par cancer bronchique parallèlement à celle des ventes de cigarettes dans la population française). Dans les études écologiques, la relation entre l'exposition à un facteur et une maladie n'est donc pas étudiée au niveau des individus mais des populations. Ces études s'appuient le plus souvent sur des données disponibles par ailleurs et ont un intérêt pour juger d'hypothèses sur le rôle étiologique d'une exposition sur une maladie. Cependant, l'interprétation des résultats de telles enquêtes est souvent délicate et seule la cohérence avec les résultats des expérimentations animales, d'études fondées sur d'autres méthodes épidémiologiques ou d'autres types d'investigations cliniques permettront de conclure dans le sens d'une relation causale (Marc Rhainds et al, 2006-2007).

b. Les enquêtes analytiques ou étiologiques :

Les enquêtes analytiques consistent à étudier les relations existant entre les facteurs de risque et les états pathologiques dans les populations. L'étude de ces associations consiste, à partir d'une observation faite sur un nombre limité de cas, à conclure à l'existence d'une relation dont la validité est supposée universelle et à la quantifier. Ces études reposent sur un principe simple qui consiste à comparer l'incidence de la maladie chez des sujets exposés et non exposés, ou la fréquence de l'exposition chez des malades et des non malades (Dr Catherine Arnaud, 2008).

– Les enquêtes de cohorte ou de type exposé - non exposé :

Les enquêtes de cohorte consistent à comparer la morbidité (ou la mortalité) observée dans un ou plusieurs groupes d'individus initialement indemnes de la maladie et définis en fonction de leur exposition à un facteur de risque soupçonné de la maladie faisant l'objet de l'étude. On les appelle également enquêtes longitudinales. Lorsque l'exposition est dichotomique et que l'on compare l'incidence de la maladie d'un groupe exposé à celle d'un groupe non exposé, on parle d'enquête exposé-non exposé. Le terme « cohorte » est utilisé pour désigner le ou les groupes de sujets suivis au cours du temps.

L'enquête comporte donc :

- une phase initiale d'inclusion (choix de la population ; définition des individus exposés et non exposés). L'inclusion dans l'étude et le recueil initial des informations

sur l'exposition peuvent se faire au moment de la mise en place de l'enquête. La cohorte est alors suivie de manière prospective : on parle de cohorte prospective. L'inclusion peut également se faire à partir d'une date choisie dans le passé (la répartition dans les groupes exposés et non exposés étant antérieure au début de l'enquête) suffisamment lointaine pour que la maladie étudiée ait eu le temps de se développer et que le temps de suivi de la cohorte soit écourté : on parle alors de cohorte historique.

- et une deuxième phase de suivi, identique dans les deux groupes. Au cours du suivi, le recueil d'information porte sur la mesure de l'état de santé (études de mortalité ou de morbidité) et nécessite le plus souvent la mise en place d'une méthodologie relativement lourde. Les enquêtes de ce type suivent donc la chronologie cause des effets.

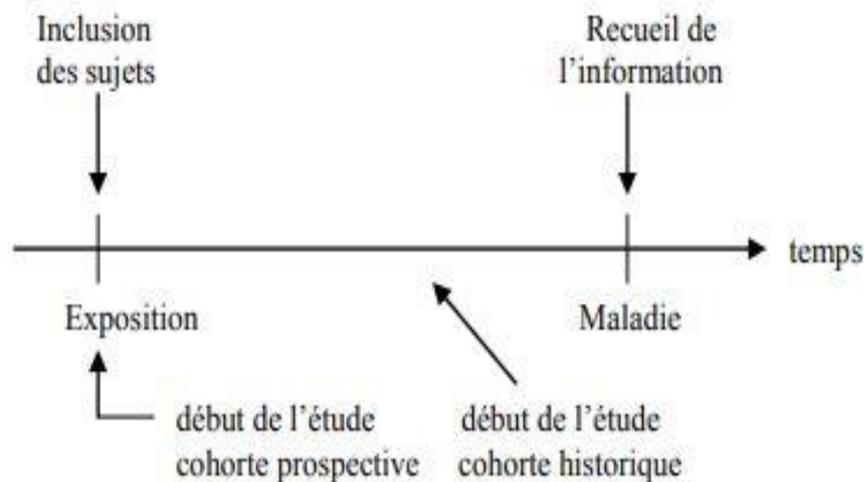


Figure 14 : Principe de cohorte (Dr Catherine Arnaud, 2008).

– Les enquêtes cas-témoins :

On compare la fréquence de l'exposition antérieure chez des malades par rapport à des non-malades. Le recueil de l'information sur l'exposition est toujours rétrospectif : on remonte de la maladie vers l'exposition. Utilisée souvent pour les maladies rares. Elle s'applique aussi bien en milieu professionnel qu'en population générale.

Le groupe témoin est construit pour servir de référence (ils sont représentatifs pour l'exposition au facteur de risque de la population dont sont issus les cas) et fournir une fréquence de base de l'exposition au facteur de risque dans la population dont sont issus les

cas. Deux sources sont le plus souvent utilisées pour le choix des témoins : la population générale et les malades hospitalisés. Le choix entre ces deux sources principales de témoins dépend de considérations pratiques et de la comparabilité avec les cas. L'inconvénient majeur du choix de témoins hospitalisés est qu'il s'agit de patients hospitalisés, présentant plus souvent que la population générale des facteurs de risque communs avec la maladie dont ils sont atteints. L'inconvénient majeur du choix de témoins hospitalisés est qu'il s'agit de patients hospitalisés, présentant plus souvent que la population générale des facteurs de risque communs avec la maladie dont ils sont atteints.

On distingue également plusieurs types d'enquêtes cas-témoins qui diffèrent selon la façon d'assurer la comparabilité des cas et des témoins pour les facteurs de confusion. Le contrôle des facteurs de confusion peut se faire a priori au moment de la planification de l'étude soit en choisissant pour chaque cas inclus un ou plusieurs témoin(s) présentant les mêmes caractéristiques pour le facteur de confusion potentiel (méthode d'appariement) soit en réalisant une stratification sur le facteur de confusion (dans ce cas, la distribution du facteur de confusion est, par construction, comparable dans les deux groupes). Nous reviendrons sur cette notion de facteur de confusion dans le chapitre sur l'interprétation des risques.

Pour chacun des sujets inclus dans l'enquête (cas et témoins), des informations concernant l'exposition aux facteurs de risque vont être recherchées dans leur passé. On appelle souvent pour cette raison ces enquêtes des enquêtes rétrospectives. Différents modes de recueil sont utilisables : recherche dans les archives, interview des sujets, auto questionnaire (Dr Catherine Arnaud, 2008).

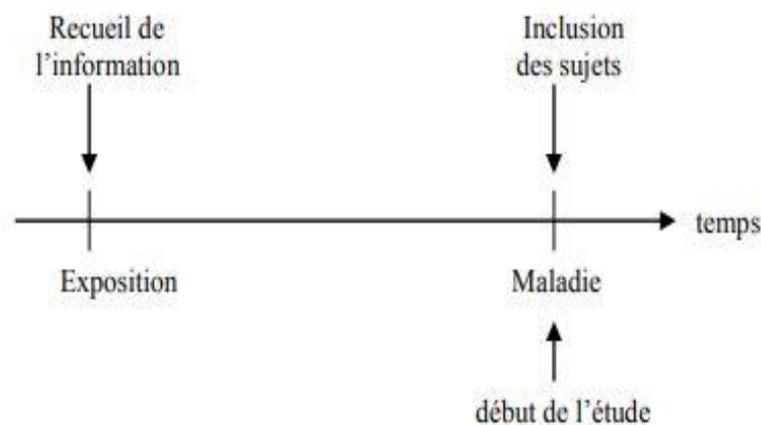


Figure 15 : Principe de cas témoins (Dr Catherine Arnaud, 2008).

Dans les enquêtes cas-témoins, on fixe au départ arbitrairement l'effectif des groupes de cas et de témoins. Dans ces conditions, il est impossible de connaître l'incidence de la maladie chez les exposés et les non exposés. Cependant, si certaines conditions sont vérifiées (maladie rare), il est possible d'estimer l'augmentation de la probabilité d'avoir la maladie quand on est exposé au facteur de risque sans connaître l'incidence mais en comparant la fréquence de l'exposition chez les malades et les non malades (Dr Catherine Arnaud, 2008).

Tableau 7: Avantages et inconvénients des enquêtes analytiques.

	COHERTE	CAS-TEMOINS
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> – Connaissance de l'incidence – Mesure précise et non biaisée de l'exposition – Etude du rôle du facteur de risque sur d'autres maladies que celle étudiée 	<ul style="list-style-type: none"> – Rapidité de l'obtention des résultats – Effectif des sujets observés faible – Coût plus faible – Plus facile à réaliser – Possibilité d'étudier simultanément le rôle de plusieurs facteurs de risque
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> – Long délai d'obtention des résultats (sauf dans le cas des études de cohorte historique) – Effectif élevé des sujets observés – Coût plus important – Difficile à réaliser notamment pour le suivi de cohorte (perdus de vue) 	<ul style="list-style-type: none"> – Pas de connaissance de l'incidence – Biais fréquents sur la mesure de l'exposition – Données manquantes sur l'exposition – Difficulté de représentativité des groupes observés (surtout pour le groupe témoin)

3.3. Choix d'un type d'enquête :

En plus des considérations théoriques, certains éléments permettent d'orienter le choix vers tel ou tel type d'enquête.

En plus des considérations théoriques, certains éléments permettent d'orienter le choix vers tel ou tel type d'enquête.

- Une étude rétrospective constitue une bonne méthode au début d'un travail pour vérifier une hypothèse de façon préliminaire ;
- Plus la maladie est répandue, plus facile sera l'étude prospective. Si la maladie est rare, seule l'étude rétrospective est utilisable ;
- Plus court est l'intervalle entre la cause (facteur d'exposition) et la conséquence (maladie), meilleure sera l'étude prospective. Pour les maladies à incubation longue, l'étude rétrospective convient mieux ;
- Plus la documentation est complète et exacte, meilleure sera l'étude rétrospective (déclaration de la maladie, enregistrement, classification diagnostique) ou historico-prospective ;
- Une association forte entre la cause probable et la maladie favorise une étude prospective ;
- Si on s'attend à une grande fluctuation dans les cohortes, une étude rétrospective est préférable (Dr Catherine Arnaud (Dr Catherine Arnaud, 2008)).

3.4. Le questionnaire :

Le questionnaire est un outil méthodologique comportant un ensemble de questions qui s'enchaînent d'une manière structurée. Il est présenté sous une forme papier ou électronique. Il peut être administré directement par l'intermédiaire d'un enquêteur (face à face ou téléphone) ou indirectement (envoi postal ou auto administré). Il s'agit de récolter une information en vue de la résumer pour la présenter → cela veut dire coder l'information.

Concevoir un questionnaire requiert une très bonne connaissance du thème de l'enquête, de la population visée mais aussi des possibilités techniques offertes par le mode de collecte choisi. Elle doit s'appuyer sur la littérature scientifique existante et les enquêtes déjà menées sur le sujet. Nous distinguons deux (2) type de question.

Questions à réponses fermées avec oui/non, ou cases à remplir avec un code. Faciles à exploiter, elles ne couvrent pas forcément tout le champ d'étude. Toujours prévoir autres, ou « ne sait pas », mais gare aux réponses de ce type trop nombreuses.

Questions à réponses ouvertes. Elles peuvent couvrir tout le champ d'étude, mais très difficile à exploiter. Exemple : pourquoi allaitez-vous ? Comparaisons avec la même question fermée (« pour le plaisir », « parce que c'est naturel », « pour les anticorps », « parce que c'est pratique », « pour la relation », « pour toutes ces raisons », « ne sait pas »).

3.5. Exemple d'enquête épidémiologique (cas de plombémie) :

Une enquête nationale menée récemment aux États-Unis (National Health and Nutrition Examination Survey III) a étudié les effets des caractéristiques sociodémographiques et des habitudes de vie sur la plombémie auprès de 3 716 femmes âgées de 20 à 49 ans (Lee *et al.* 2005). La moyenne géométrique de la plombémie s'élevait à 0,085 $\mu\text{mol/l}$. Les variables qui expliquaient le mieux la plombémie dans l'analyse multi variée étaient l'âge, l'origine ethnique, le degré d'urbanisation, la consommation d'alcool (mesurée en grammes par jour), le nombre de cigarettes fumées par jour et l'indice de pauvreté. L'ensemble des variables incluses dans le modèle expliquait jusqu'à 29 % de la plombémie. Le niveau d'éducation et l'âge de la résidence n'étaient pas associés à la plombémie dans cette étude (Marc Rhainds et al, 2006-2007).

CHAPITRE 4 : METHODES EXPERIMENTALES

Notre étude a été effectuée pendant deux périodes différentes, la première période est humide commence 21/03/2019 jusqu'au 18/04/2019 et la deuxième est sèche débutant du 05/05/2019 au 26/05/2019, afin d'étudier la pollution atmosphérique d'origine routière et son impact sur la santé publique dans la ville de Khemis Miliana.

L'étude expérimentale comprend deux parties essentielles, une étude quantitative et qualitative des dépôts atmosphériques humides et secs à l'extérieur et dans un espace clos et autre comprend une enquête épidémiologique afin de confirmer une potentielle intoxication en plomb.

Partie 1 : Détermination du niveau de la pollution d'origine routière.

4.1. Parc automobile de Khemis Miliana :

La ville de Khemis Miliana contenait en 2014 une population estimée à 92181 habitants, soit 10,89% de la population totale de la wilaya. Le poids démographique de la ville est davantage renforcé lorsqu'on tient compte des populations des villes limitrophes à savoir Sidi Lakhdar, Miliana, Ain Soltane, Djelida et Ain Defla. En termes d'activités économiques, la ville de Khemis Miliana est d'abord un carrefour de l'ensemble des daïras de la wilaya. C'est ensuite le lieu d'implantation d'un pôle commercial, d'un pôle universitaire, d'une zone d'activité et de nombreux commerces et services en tout genre.

Ainsi en 2014 environ **88 126 véhicules** circulent dans la ville de Khemis Miliana par jour dont **14 888 véhicules** de différents types (poids lourd, poids léger) au niveau de la Route Nationale 04 vers l'école paramédicale, soit **16.89 %** de la circulation totale journalière.

Ce nombre de véhicules consomme cinq différents types de carburant (gasoil, super, essence sans plomb et gaz pétrole liquéfié GPL) dont le gasoil est le plus utilisé avec des quantités dépassants 80000 L par jour du fait de la nature agricole de la région qui nécessite l'utilisation de ce carburant comme source d'énergie (tracteur, groupe électrogène...) (Naftal, 2019).

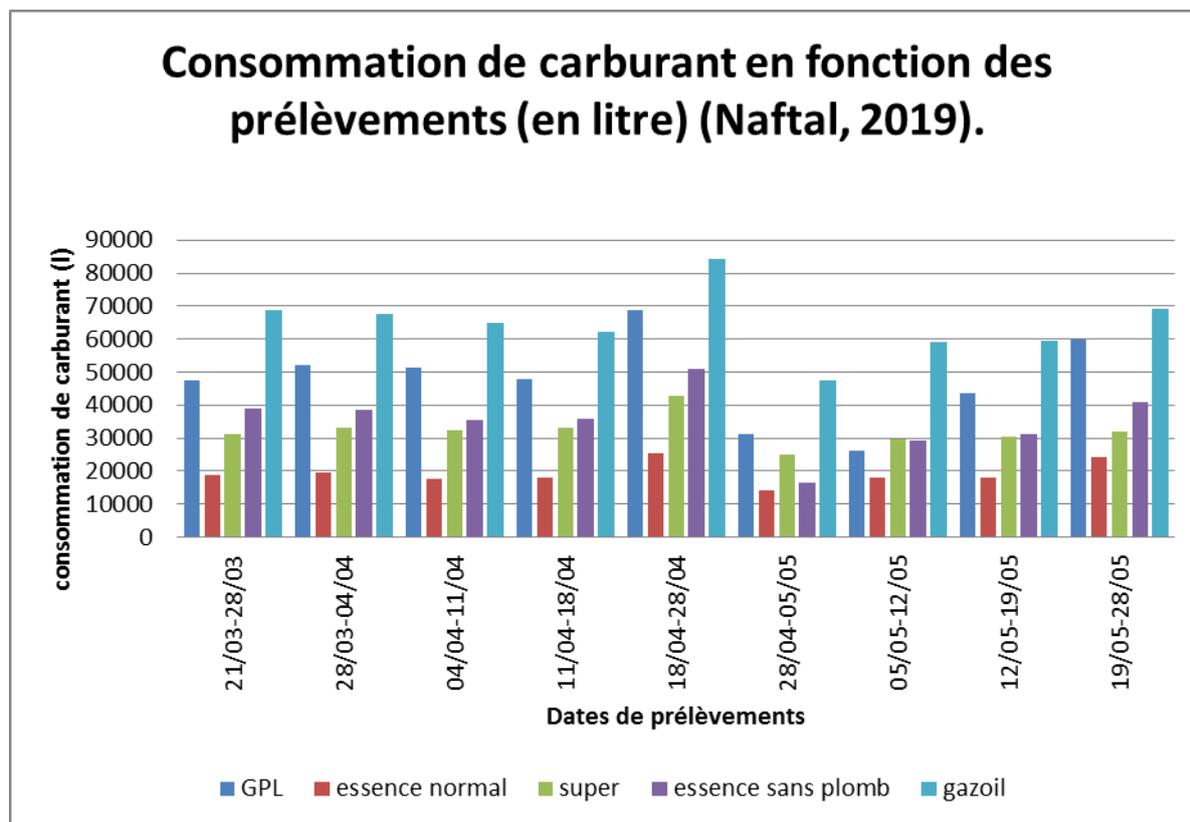


Figure 16 : Consommation de carburant en fonction des prélèvements (en litre) (Naftal, 2019).

4.2. Procédés de prélèvement des échantillons atmosphériques :

Les particules sédimentées sont mesurées suivant le protocole détaillé par la norme Afnor NF X 43-007 de décembre 2008 (qui remplace celle de décembre 1973) relative à la détermination de la masse des retombées atmosphériques. Le protocole d'échantillonnage et de prélèvement repose sur un système de jauges dispersées sur une zone d'étude, jauge dans lesquelles les poussières se déposent (AIRFOBEP, 2010).

Dans le cas de notre étude, on a utilisé un seul point de mesure avec deux jauges, une installée à l'extérieur et l'autre dans un espace clos (bureau).

4.2.1. Jauge utilisée : Modèle Belge

C'est le modèle belge, il est composé d'un récipient cylindrique en polyéthylène à haute densité (HDPE) matériau adapté parce qu'il ne réagit pas avec les particules recueillies, placé sur un support métallique de 1.5 m de hauteur fixé au sol par trois pieds métalliques dans le cas du prélèvement à l'extérieur et déposé sur un armoire à une hauteur de 1.92 m dans le cas d'un prélèvement à clos(dans un bureau).



Figure 17: jauge utilisée

4.2.2.1. Préparation des jauges :

La préparation des jauges précédant leur mise en place, les récipients sont remplis d'eau distillée (3/4 du volume total du récipient) une fois sur place pour éviter tous dépôts de particules hors du site de prélèvement. Pour recueillir les particules, les récipients sont nettoyés à l'eau distillée et bien fixés au support (récipient + support) pour éviter tout déplacement dû aux intempéries et aux différentes manipulations, à savoir que le récipient cylindrique doit être bien fixé sur le support métallique.

4.2.2.2. Disposition des jauges :

Concernant la mise en place des jauges, il faut éviter de les placer contre un obstacle pouvant nuire au dépôt des poussières, et dans la mesure du possible respecter la condition suivante : être au minimum à une distance deux fois supérieure à la hauteur de l'obstacle.

4.2.2. Durée d'exposition :

La durée d'exposition des jauges entre les prélèvements est très variable suivant certaines contraintes tels que : les contraintes administratives, les paramètres météorologiques (forte pluie, vents fort...). Cette durée était comprise entre un minimum de 2 jours et maximum de 7 jours.

Le tableau suivant résume l'ensemble des dates des prélèvements ainsi que la durée d'exposition de chaque échantillon.

Tableau 8 : Dates de prélèvements et expositions des échantillons.

	Prélèvement	A l'extérieur	A clos
Saison Humide	Installation	21-03-2019(7 jours)	21-03-2019(7 jours)
	Prélèvement 1	28-03-2019(7 jours)	28-03-2019(7 jours)
	Prélèvement 2	04-04-2019(7 jours)	04-04-2019(7 jours)
	Prélèvement 3	11-04-2019(7 jours)	11-04-2019(7 jours)
	Prélèvement 4	18-04-2019(7 jours)	18-04-2019(7 jours)
Saison Sèche	Prélèvement 5	05-05-2019(7 jours)	05-05-2019(7 jours)
	Prélèvement 6	12-05-2019(7 jours)	12-05-2019(7 jours)
	Prélèvement 7	19-05-2019(7 jours)	19-05-2019(7 jours)
	Prélèvement 8	26-05-2019(7 jours)	26-05-2019(7 jours)

4.2.3. Prélèvement et échantillonnage:

Nos prélèvements ont été effectués dans des flacons en verre qui ont été nettoyé à l'eau distillée. Le contenu des jauges est versé dans les flacons et classé par dates de prélèvements. Pendant le prélèvement s'équiper d'une blouse, des gants pour éviter toute contamination des échantillons et s'assurer que toutes les particules sédimentées dans la jauge soient bien transférées à l'aide d'un pinceau. Les échantillons sont ensuite hermétiquement fermés et emballés dans du papier aluminium pour éviter toute réaction due à la lumière (réaction photochimique).

Les mêmes opérations sont réalisées pour recueillir les eaux de pluies (dépôt humide) en s'assurant de bien récolter pendant toute la durée des précipitations.



Figure 18 : Prélèvement et conservation des échantillons.

4.3. Analyses préliminaires :

Certains paramètres physico-chimiques ont été préalablement déterminés pendant l'étude car ayant des corrélations avec le comportement physico-chimique du polluant étudié. Ces paramètres sont : la conductivité (Cond) et le potentiel hydrogène (pH) des différents échantillons.

- Le pH (pH-mètre) permet de déterminer le caractère acide ($\text{pH} < 7$), le caractère basique ($\text{pH} > 7$) ou le caractère neutre ($\text{pH} = 7$) des échantillons à une température bien déterminée ;
- La Conductivité (Conductimètre) n'est autre que la capacité des échantillons à conduire l'électricité caractérisant la présence de composés sous forme ionique.

4.4. Procédé de Filtration des échantillons :

La filtration utilisée dans notre travail est une filtration sous vide à l'aide d'une pompe et est effectuée comme suit :

- Un papier filtre vierge est placé au sommet d'un erlenmeyer sur un support perméable
- Le récipient de verre est fixé sur le support, on y verse l'échantillon à filtrer ;
- La pompe est ensuite utilisée pour faciliter et accélérer le passage de l'échantillon à travers le filtre et aussi pour éviter un colmatage de ce dernier: le filtrat (partie soluble + eau distillée) coule dans l'erlenmeyer tandis que les particules solides (gâteaux) sont retenues par le filtre ;
- Une deuxième filtration est effectuée suivant le même protocole pour collecter les particules ayant une taille supérieure ou égale à $0.45\mu\text{m}$ (PM0.45).



Figure 19: Dispositif de la filtration sous vide.

4.5. Détermination de la masse des dépôts :

La masse des dépôts est constituée de la partie insoluble (masse des filtres avant et après filtration) et aussi de la partie soluble obtenue après diminution du volume après filtration.

Elle nous renseigne sur les masses de dépôt humide et celle du dépôt sec. D'où elle est divisée en deux (2) grandes parties décrites ci-dessous.

- **Partie insoluble**

Pour la détermination de la masse des particules après filtration le protocole est le suivant :

- Pesée les filtres à blanc de préférence séchés dans une étuve (avant filtration) ;
- Pesée les filtres chargés en particules (après filtration).

Le séchage se fait à l'étuve pendant 1h à une température de 105 C pour ôter toute trace d'humidité dans les dépôts contenus dans les filtres qui seront ensuite refroidis dans un dessiccateur pendant 2h.

La masse de la partie insoluble est obtenue par la formule suivante :

$$m_{insoluble} = m_{f.gâteau} - m_{f.blanc} \text{ (eq 1)}$$

$m_{f.gâteau}$: masse du filtre après filtration (g)

$m_{f.blanc}$: masse du filtre avant filtration(g)

- **Partie soluble**

Pour sa détermination, il faut :

- Peser un récipient vide préalablement séché (étuve à 105°C pendant 1h) et refroidi dans un dessiccateur 2h;
- On procède au séchage dans une étuve jusqu'à évaporation totale de l'eau, puis on le refroidi dans un dessiccateur pendant 2h ;

- Mettre le filtrat dans le récipient et réduire son volume sur une plaque à une température inférieure à celle de l'ébullition de l'eau est une méthode aussi rapide ;
- Peser le récipient après séchage total du filtrat.

Elle est obtenue par la formule suivante :

$$m_{soluble} = m_{recipient\ plein} - m_{recipient\ vide} \text{ (eq 2)}$$

- Pour la détermination de la quantité de dépôt

Les différentes masses de dépôt dans les échantillons sont obtenues à partir de suivantes :

Dépôt total : Dépôt soluble + Dépôt insoluble

Dépôt sec : Dépôt total – dépôt humide

Dépôt séjour : \sum dépôts totaux pour chaque point

Dépôt journalier : Dépôt séjour / Nombre de jour

Dépôt annuel : Dépôt journalier * 365 jours

Rayon du récipient de la jauge (R) = 19.5 cm = 0.195 m

Surface récipient : $\text{Pi} \cdot \text{R}^2 = \text{Pi} \cdot (0.195)^2 = 0.12 \text{ m}^2$

4.6. Digestion acide :

La digestion des échantillons se fait dans une boîte pétrie par ajout d'acides ($\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$). Les solutions obtenues sont ensuite chauffées sous une température contrôlée sur une plaque chauffante, pour la détermination des traces de plomb contenues dans les échantillons.

4.6.1. Matériels utilisés :

Les matériels utilisés pour cette étape sont :

- Une plaque chauffante ;
- Papier filtre ;

- Une fiole de 50 ml ;
- Une pipette de 5 ml.

4.6.2. Réactifs et volumes d'échantillons utilisés :

La digestion de nos échantillons a été faite par des proportions d'acide nitrique et d'eau oxygénée à des quantités bien précises comme indiqué comme suit :

- EAU REGALE : 7ml d' HNO_3 + 1 ml d' H_2O_2 (pour une masse de 0,5g)

4.6.3. Méthode de digestion :

Elle se fait comme suit :

- On place l'échantillon dans une boîte pétrie ;
- On ajoute la proportion en volume d'eau régale correspondant pour la partie soluble et insoluble ;
- La boîte pétrie est ensuite placée sur une plaque chauffante réglée a une température bien contrôlée (évitée l'ébullition) ;
- Le mélange a été chauffé pendant 2h ;
- On dilue l'échantillon jusqu'à 100 ml d'eau distillée après le chauffage.



Figure 20 : Procédé de la digestion acide sur plaque chauffante à une température contrôlée.

Après cette opération les échantillons sont filtrée dans des fioles jaugées de 100 ml, préparées au préalable (nettoyage aux acides), puis on récolte le filtrat qui sera plus tard utilisé pour une analyse par spectrophotométrie d'absorption atomique SAA (SAA 240Fs/Flamme).

4.6.4. Elaboration du blanc :

Un blanc d'analyse est préparé avec les mêmes étapes et dans les mêmes conditions que l'échantillon, on met 100 ml d'eau distillée avec 5 ml de l'eau régale.

4.6.5. Stockage des échantillons :

Les fioles sont ensuite conservées dans un réfrigérateur à 4 °C pour éviter toute perte et contamination jusqu'au moment d'analyse par spectrophotométrie d'absorption atomique.

4.6.6. Solutions étalons :

L'étalonnage consiste à préparer, à partir d'une substance commerciale, une gamme d'étalonnage qui va couvrir la plage de notre travail. C'est dans ce cadre que quatre solutions étalons ont été préparées et un cinquième nul.

Tableau 9: exemple de concentration étalon et de l'absorbance du cadmium.

Standard	Concentration (mg/l)	Absorbance
Cd STANDARD 1	0,5	0,2190
Cd STANDARD 2	1	0,3965
Cd STANDARD 3	1,5	0,5486
Cd STANDARD 4	2	0,6772
Cd STANDARD 5	3	0,7718

4.7. Analyse SAA :

L'analyse de nos métaux traces métalliques (métaux lourds) à été faite avec un spectromètre a atomisation par flamme Agilent AA Duo 240 FS/240 Z.

Son principe consiste à doser essentiellement les métaux en solution. Cette méthode d'analyse élémentaire impose que la mesure soit faite à partir d'un analyte (élément à doser) transformé à l'état d'atomes libres. L'échantillon est porté à une température de 2000 à 3000

degrés pour que les combinaisons chimiques dans lesquelles les éléments sont engagés soient détruites.

La solution contenant les éléments à doser est aspirée à débit constant dans un nébuliseur pneumatique va être nébulisée ensuite, envoyée sous la forme d'un brouillard dans une flamme (acétylène/air, ou acétylène, air/protoxyde d'azote). Les ions en solution vont alors passer à l'état d'atome. On envoie sur la flamme un rayonnement de longueur d'onde spécifique de l'atome à analyser. On mesure l'absorbance, celle-ci étant proportionnelle à la quantité d'atome dans la flamme donc d'ion en solution. Cela permet le dosage de l'analyse (après avoir réalisé une courbe de calibration).

La comparaison des résultats avec les normes de concentration en métaux traces métalliques sont ainsi effectué pour déterminer la nocivité de celle-ci et avec les résultats d'autres chercheurs.



Figure 21 : Spectromètre absorption atomique à flamme (Agilent AA Duo 240 FS/240 Z).

Partie 2 : Réalisation de l'enquête épidémiologique.

4.8. Méthodes de réalisations de l'enquête

Le plomb continue de nos jours à préoccuper la communauté scientifique. En effet, malgré l'état des connaissances actuelles et la mise en place de programmes de surveillance et de prévention, les travailleurs et la population générale sont toujours exposés au plomb à divers degrés. La plombémie est un indicateur biologique fiable d'une exposition récente au plomb, mais également d'une exposition à long terme en raison de l'équilibre qui se crée entre le compartiment sanguin et osseux.

4.8.1. Le Type d'étude utilisée :

Il s'agit d'une étude épidémiologique de type transversal portant sur les niveaux de plomb dans le sang et les facteurs liés à cette imprégnation dans un échantillon de la population Khemissoise, plus précisément au secteur de l'école paramédicale près de la route nationale RN4.

4.8.2. Population à étudier :

La population ciblée dans notre étude se base sur les habitants vivant ou exerçant une activité professionnelle près de la route Nationale RN4. Etant donné qu'il est assez difficile d'obtenir une population représentative acceptant un prélèvement sanguin. Une étude pilote effectuée en 1978 a démontré qu'il n'y a pas de différence significative entre la concentration en Pb d'un échantillon tiré au hasard de la population générale et un groupe de donneurs de sang réalisée avec une population constituée de donneurs de sang. L'ensemble des participants a été recruté essentiellement près de la route nationale RN4 en raison de l'importance du trafic routier sur celle-ci.

Les prélèvements ont été réalisés en comptant sur la participation de 15 Personnes dont l'âge va de 18 ans au plus et dont la durée de travail ou d'étude dans la zone.

4.8.3. Recrutement des participants :

La population à l'étude est composée d'individus âgés de 18 ans et plus ayant participé à la donation de sang sélectionnées pour l'étude. Les participants devraient au préalable s'être qualifiés pour un don de sang selon nos critères établis même avec l'aide de docteur biologiste (Dr Houti).

4.8.4. Déroulement de la collecte de donnée :

La collecte de données s'est déroulée sur une période de 3 jours, soit du 24 juin 2019 au 28 juin 2019 inclusivement, dans le but de réaliser ce projet où très peu de collectes de sang sont prévues et par conséquent pour s'assurer de la représentativité de l'échantillon.

Un questionnaire auto administré portant sur les principales sources d'exposition au plomb a été spécifiquement développé pour ce projet (annexe). Afin de valider le questionnaire, un pré-test s'est déroulé le 28 mai 2019, dans une boutique qui se situe à 150m de l'école paramédicale. Le questionnaire à pré-tester comportait également une section pour évaluer le temps de réponse au questionnaire, la clarté des questions et la nécessité d'avoir recours à de l'aide externe pour le compléter. Ce dernier a conduit à des modifications de certaines sections du questionnaire.

Les documents relatifs au projet étaient remis par un préposé au moment de l'inscription des donneurs à la collecte de sang (un questionnaire auto administré).

4.8.5. Méthode d'analyse :

Les prélèvements sanguins ont été effectués et centrifugés dans le laboratoire du Dr Houti et ont été digérés pour ensuite être conservés au frais à 4 °C jusqu'à ce qu'ils soient acheminés au Centre de Recherche Scientifique et Technique Analyses Physico Chimiques (CRAPC). Les tubes de sang transmis par le laboratoire ont été identifiés avec un numéro d'identification personnel qui était le même que celui apposé sur le questionnaire auto administré.

4.8.5.1. Matériels utilisés :

- Seringue
- Tube de prélèvement sanguin (tube EDTA)
- Centrifugeuse
- Une plaque chauffante ;
- Une fiole de 50 ml ;
- Une pipette de 5 ml ;

4.8.5.2. Réactifs et volumes d'échantillons utilisés :

La digestion de nos échantillons a été faite par des proportions d'acide nitrique et d'eau oxygénée à des quantités bien précises comme indiqué ci-dessous :

EAU REGALE : (5ml de HNO_3 + 5ml de H_2O_2).

4.8.5.3. Méthode de digestion :

L'acide nitrique et l'eau oxygénée concentrés étaient ajoutés aux échantillons de sang (5ml) préalablement centrifugés qui ont été stockés précédemment à 4°C. Une fois pour la digestion des échantillons, 4,0 ml de sang et 10 ml d'un mélange d'acide nitrique concentré et d'eau oxygénée (5 ml de HNO_3 concentré + 5ml H_2O_2 concentré) ont été transférés dans un récipient et chauffés à l'aide d'une plaque chauffante. Les échantillons ont été digérés pendant 20 min, et ont été arrêtés lorsqu'une solution incolore a été obtenue et ensuite diluée avec 25 ml d'eau distillée.

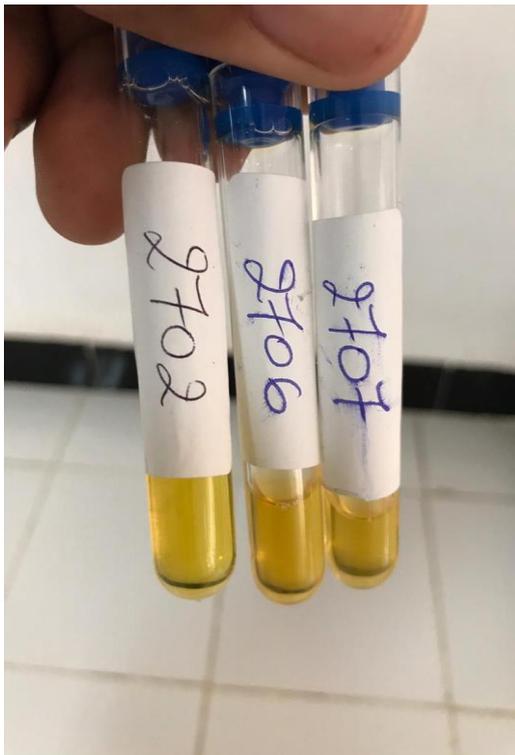


Figure 22 : les échantillons de sang obtenus après centrifugation



Figure 23 : digestion des échantillons sanguins

Après cette opération les échantillons sont filtrés et mis dans des tubes stériles, qui seront plus tard utilisés pour une analyse par spectrophotométrie d'absorption atomique SAA (SAA 240Fs/Flamme).

4.8.6. Description des variables à l'étude :

4.8.5.1. Variables dépendantes :

La variable dépendante correspond à la concentration de plomb mesurée dans le sang du participant.

4.8.5.2. Variables indépendantes :

Les variables énumérées ci-dessous ont été recueillies auprès du participant à partir d'un questionnaire auto administré (annexe).

CHAPITRE 5 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Ce chapitre, est consacré à l'exploitation des résultats obtenus des mesures et des analyses effectuées et représentées dans le chapitre précédent et les interpréter. Les résultats sont sous forme des histogrammes, des photos et des tableaux obtenues directement lors de la mesure.

L'interprétation des résultats de ce travail sont donnés dans ce chapitre sous formes graphiques ou tableaux. L'étude a été menée durant la période du premier semestre de l'année 2019 et plus précisément, les prélèvements ont été effectués au cours du mois de 28 mars au 26 Mai 2019. Période très indiquée pour une accessibilité facile à l'échantillonnage.

Partie 1 : Détermination de la pollution d'origine routière.

5.1. Les données météorologiques :

La météorologie étant l'étude des phénomènes qui se déroulent dans la couche stratosphérique qui nous permet d'identifier les paramètres influençant l'évolution spatiotemporelle et la composition des polluants collectés tel que : la température, l'humidité, les précipitations et la force des vents ainsi que leurs directions.

5.1.1. Température et Humidité :

Le résultat de l'évolution de la température et de l'humidité est consigné sur la figure ci-dessous.

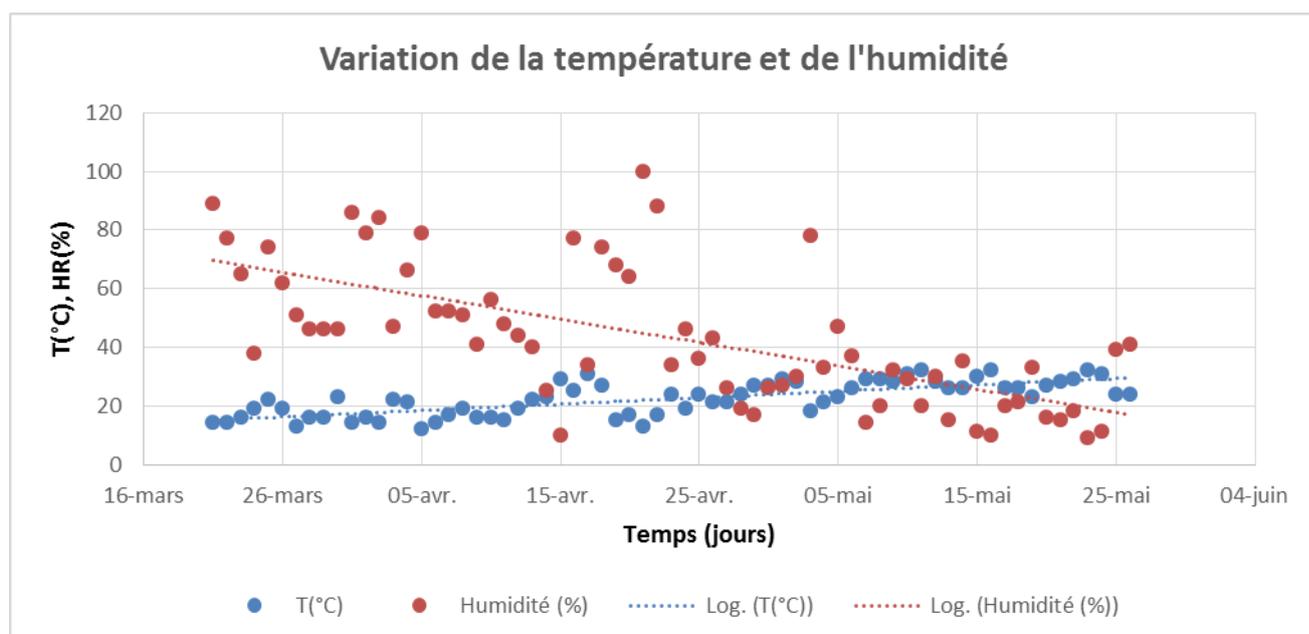


Figure 24 : Variation de la température et de l'humidité durant la période d'étude. (www.winfinder.com).

D'après la figure 24, nous constatons une variation de la température durant notre étude variant de 13°C enregistrée durant la période pluvieuse (21/04/2019) comme minimum à 34°C comme maximum enregistrée le 17/04/2019, et variant de 20°C à 32°C enregistrée durant la période sèche (11/05/2019, 16/05/2019 et 23/05/2019) comme maximum, cet écart de température est due au passage de la saison humide à la saison sèche et aux évènements inhabituels tel que la dépression météorologique (neige) et aux conditions anticycloniques (vents sables). L'histogramme nous montre qu'il y'a une proportionnalité inverse entre la température et l'humidité à cause de la disposition hydrogéologique (présence de surfaces d'eau), géographique et de la nature climatique de la ville (climat semi-aride).

5.1.2. Vents :

La rose des vents (figure26) renseigne sur la direction, la fréquence et la force des vents exprimée en couleur comme indique la légende.

En fonction de notre période d'étude qui débute du 21/03/2019 au 26/05/2019, nous avons enregistré un model local avec des vents dominant venant des zones du nord plus précisément du Nord-Ouest et du Nord-Est avec des vitesses pouvant atteindre 21,53 nœuds (39 km/h) de l'Ouest-Nord-Ouest, et aussi des vents venant du sud-est avec de faible fréquences avec des vitesse pouvant aussi atteindre les 17,11 nœuds (31,48km/h). Tout en caractérisant les paramètres métrologiques dépressifs des périodes pluvieuses. Durant la période sèche où les conditions météorologiques sont anticycloniques on enregistre des vents faibles venant du Sud-Ouest des forces qui ne dépassent pas 16 nœuds (29.63km/h).

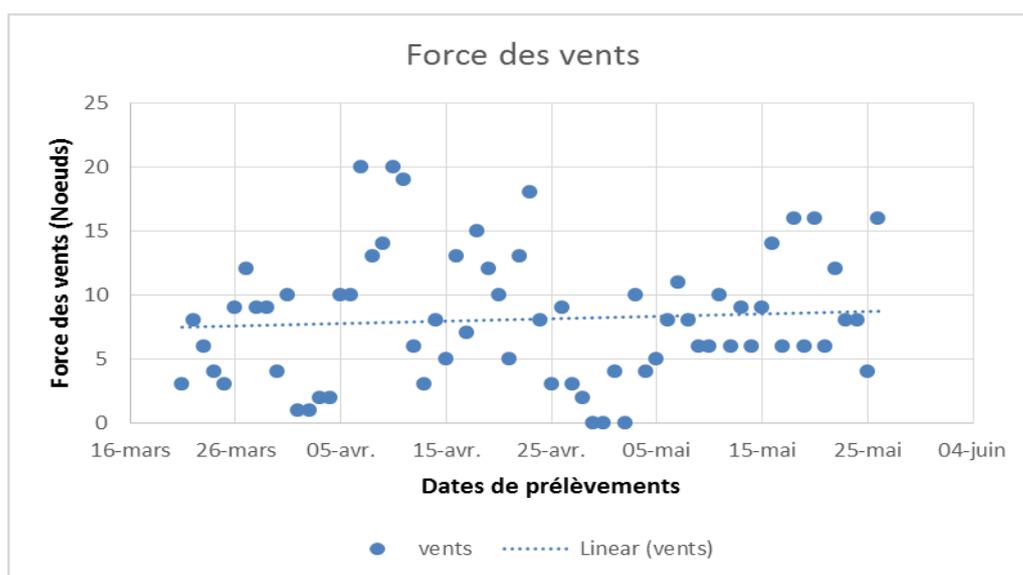


Figure 25: Forces des vents durant la période d'étude.

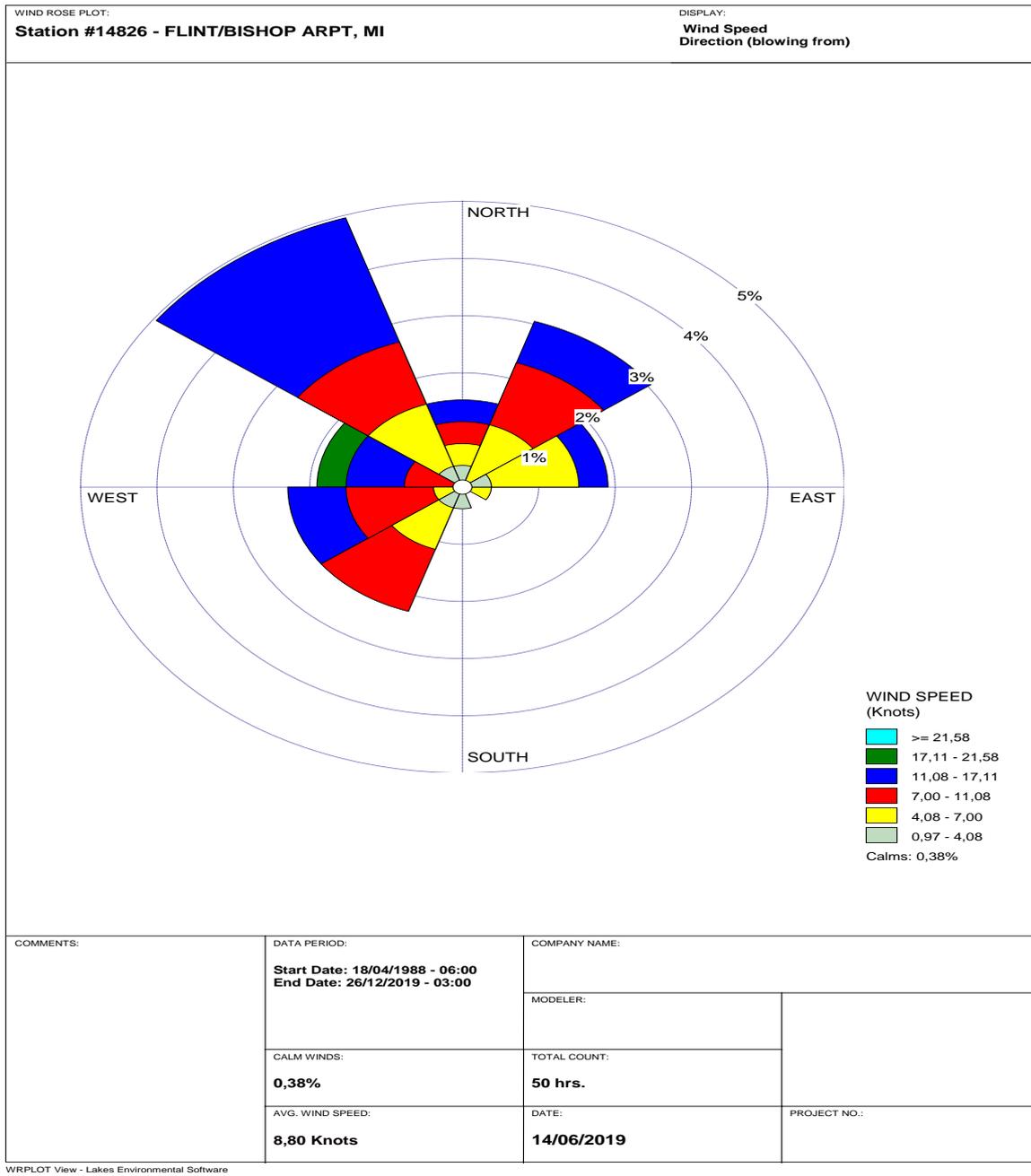


Figure 26 : Rose des vents (Wind rose).

5.1.3. Précipitation :

Durant la période d'étude nous avons enregistré des évènements pluvieux entre le 21/03/2019 et le 11/04/2019 durant la période humide, avec des précipitations variant entre 0,7mm (le 08/04/2019) et 06 mm(le 2 et le 7/04/2019) à l'exception du 24/04/2019 où on a enregistré 21mm à cause des conditions dépressives (Neige). La période sèche est marquée par une totale absence de précipitations à l'exception du 03/05/2019.

Les valeurs des précipitations sont consignées dans la figure ci-dessous.

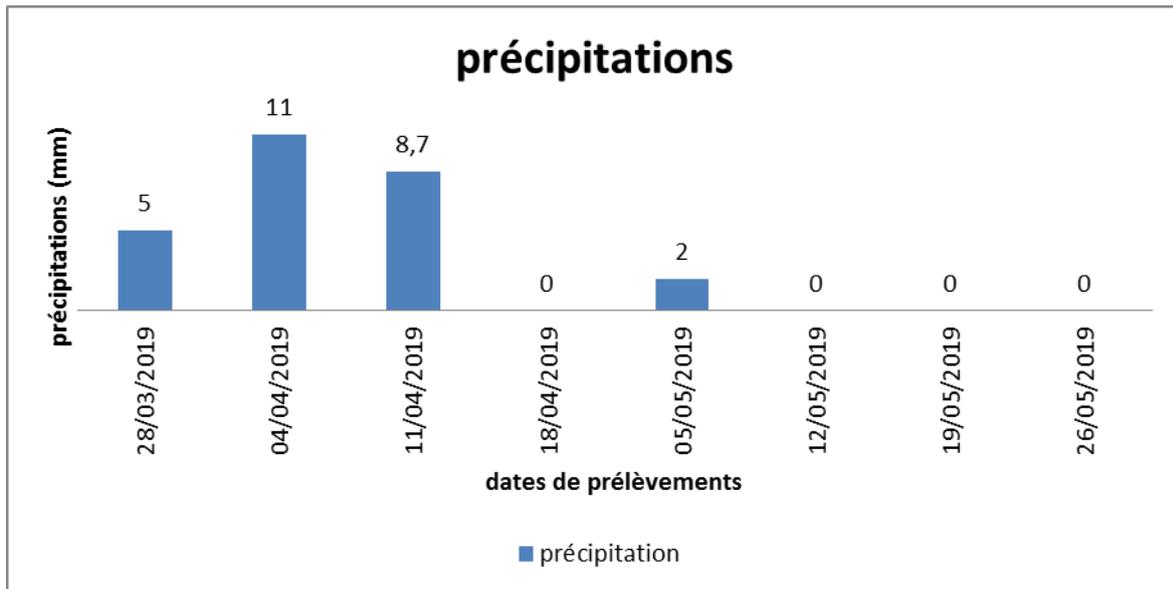


Figure 27 : variation des précipitations.

5.2. Dépôt total :

5.2.1. Conductivité :

Les valeurs de la conductivité de l'eau distillée, du dépôt total et celles du dépôt humide, qui ont été prises comme il est mentionné dans le chapitre précédent sont représentées dans les histogrammes ci-après :

5.2.1.1. A l'extérieur :

L'histogramme ci-après nous donne l'évolution des valeurs de la conductivité avant et après la filtration des échantillons atmosphériques prélevés.

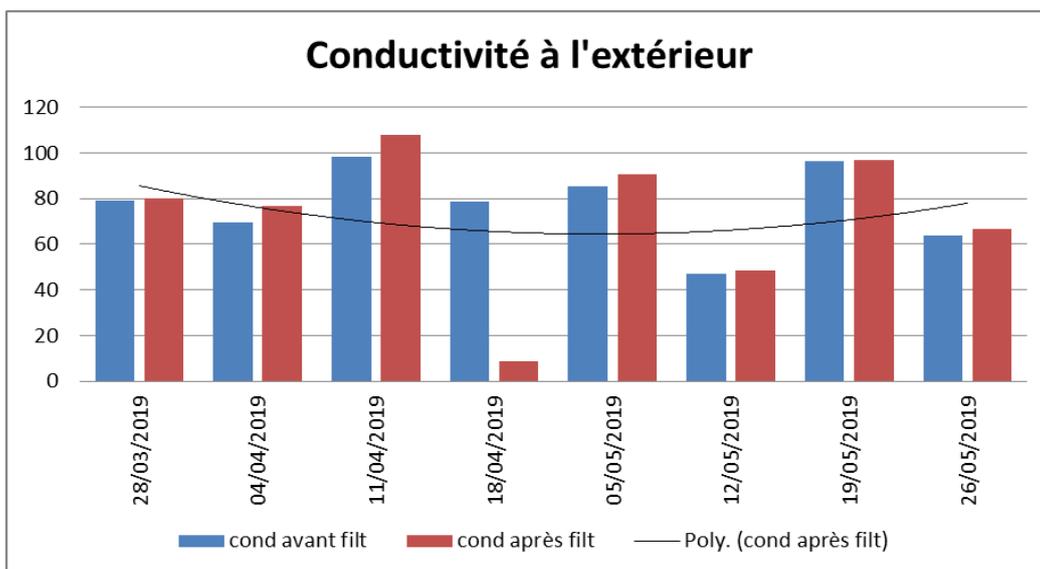


Figure 28 : Conductivité des échantillons avant et après filtration à l'extérieur.

D'après la figure 28 on remarque une légère variation de la conductivité durant les deux (2) périodes, d'où la filtration n'a pas eu d'effet majeurs sur ce paramètre. Dans le cas de la première période, on enregistre une valeur minimale de l'échantillon du 2^{ème} prélèvement (69,5 μ S) et un taux maximal durant le troisième prélèvement (98,5 μ S). Pour la deuxième période le taux minimal est enregistré dans le dépôt total du 12/05/2019 (47,2 μ S) et le taux maximal est enregistré dans l'échantillon du 19/05/2019 (96.2 μ S). Après filtration, on a enregistré une légère augmentation de la conductivité de la partie soluble à l'exception de prélèvement de 18/04/2019 (8.87 μ S).

D'après la définition de la conductivité (mesure de la concentration en sel inorganique dans l'eau par l'aptitude de celle-ci à conduire de l'électricité) on constate que c'est la partie insoluble qui bloc le passage du courant et que la partie soluble qui est la plus chargée d'ions.

5.2.1.2. A clos :

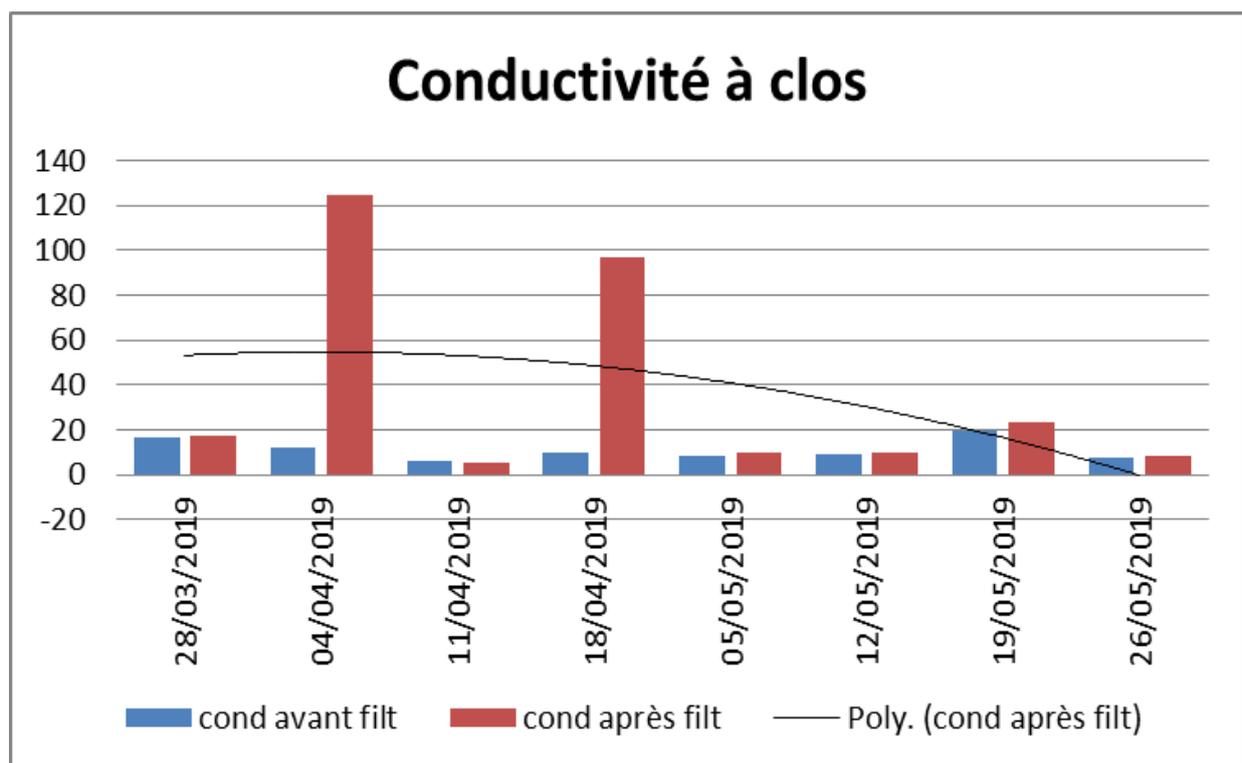


Figure 29 : Conductivité des échantillons avant et après filtration à l'espace clos.

D'après les résultats obtenus de la mesure de la conductivité des échantillons atmosphériques collectés de l'espace clos, nous remarquons que la conductivité dépasse pas 23,7 μ S et deux cas particulier qui se présentent avec de grandes valeurs enregistrées lors du deuxième et quatrième prélèvement qui se situe principalement dans la période humide

(pluvieuse) du (4 et 18/04/2019) ce qui montre la charge ionique des matières dissoutes dans la partie soluble.

N.B : La conductivité de l'eau distillée utilisée dans ce travail est de (6,1 μ S)

5.2.1.3. Dépôts humides (eaux de pluies) :

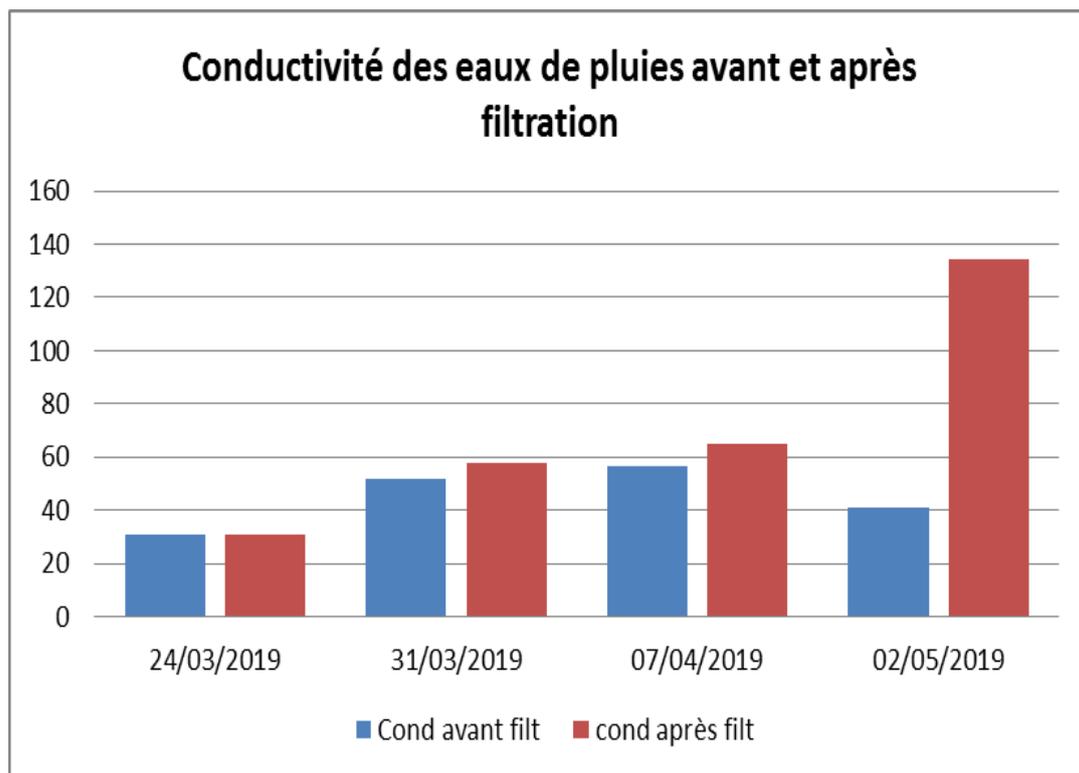


Figure 30 : Conductivité des eaux de pluies avant et après filtration.

D'après l'histogramme nous constatons une augmentation de la conductivité durant les trois premiers prélèvements avant et après filtration et en fonction du temps sauf pour la cas du dernier évènement pluvieux dont on enregistre une diminution juste avant filtration jusqu'à 40,7 μ S.

En comparant les valeurs de la conductivité des eaux de pluies avec celles des dépôts totaux on distingue que les premières sont plus chargée et qu'elles sont peut être responsables de la conductivité des échantillons collectés à l'extérieur vis-à-vis de la relation entre la conductivité qui représente la concentration de la charge ionique et le volume de l'échantillon.

L'augmentation de la conductivité en fonction du temps est dû à la continuité de l'émission des polluants dans l'air par les véhicules et sous l'effet du phénomène de résuspension malgré le lessivage continu de l'atmosphère durant les trois premiers évènements.

L'accroissement de la conductivité après filtration s'explique par la responsabilité de la partie soluble qui est toujours chargée d'ions lessivés de l'atmosphère.

On peut dire que les eaux de pluies représentent une grande portion dans le dépôt total, ce phénomène étant obtenu grâce à l'importance du lessivage pour le dépôt c'est-à-dire les polluants ont été déposés durant la première période d'étude essentiellement par voie humide.

5.2.2. Potentiel hydrogène :

5.2.2.1. A l'extérieur :

D'après le chapitre précédant (chapitre 4), nous avons mesurés les potentiels d'hydrogènes de nos échantillons collectés, les résultats donnent les histogrammes ci-après :

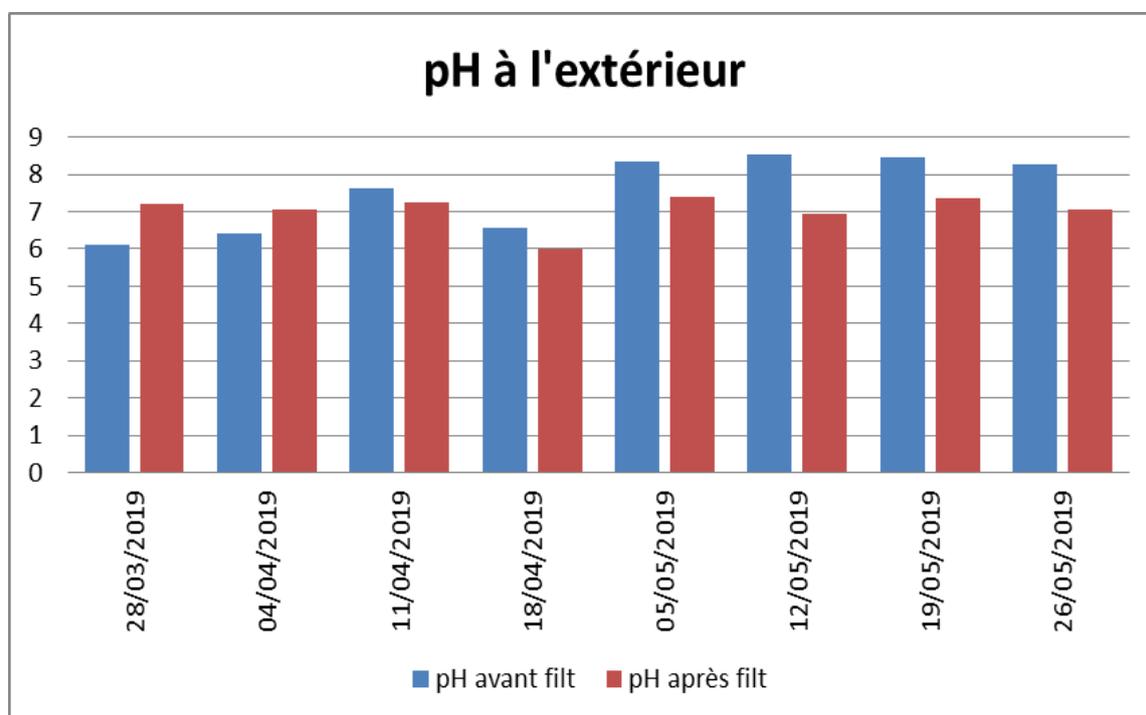


Figure 31 : pH des échantillons avant et après filtration à l'extérieur.

D'après le diagramme ci-dessus on constate une différence entre les valeurs de pH de la première période d'étude et celles de la deuxième période. Durant la première période, on

remarque un pH acide qui varie entre 6,11 et 6,57 sauf dans le cas du troisième prélèvement (pH=7,61), on peut dire qu'on a un dépôt acide. Durant la deuxième période on constate la basicité des particules collectées avec un pH qui varie légèrement de 8,26 et 8,55.

Après filtration le pH est presque neutre durant toute la période d'étude sauf dans le cas du 18/04/2019 où le pH est acide (pH=6), nous remarquons aussi une petite diminution du pH après filtration sauf les 2 premiers prélèvements. Durant la période pluviale, les valeurs obtenues sont dues à la présence d'une grande quantité d'humidité (précipitations) où on a des dépôts acides or durant la période sèche on a des dépôts basiques qui est du à l'absence de l'humidité; car cette dernière est un facteur d'acidité comme il est confirmé dans la partie.

5.2.2.2. A clos :

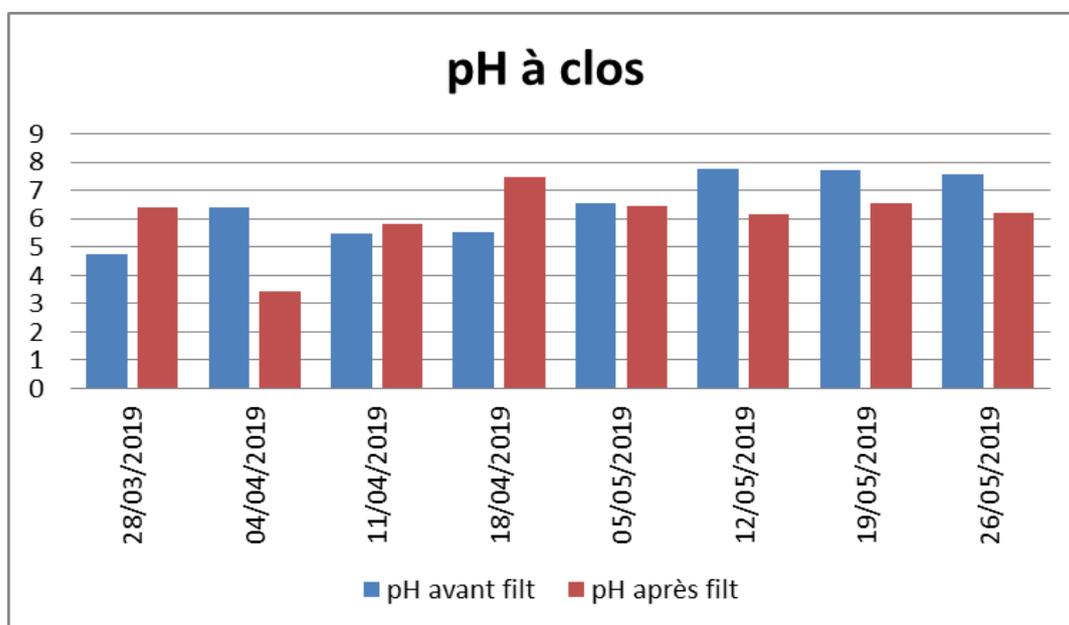


Figure 32 : pH des échantillons avant et après filtration à clos.

D'après le diagramme ci-avant, on constate un dépôt totalement acide durant la période humide, qui se remarque après filtration, qui est peut-être dû à la présence d'agents acidifiants (désodorisant, de cosmétique et/ou du CO₂ dégagé par les travailleurs et les plantes) qui se concentrent dans la chambre sous l'effet de la diminution de la température durant cette période, dont une petite étude nous a permis de le confirmer. Durant la période sèche nous remarquons la stabilité et la neutralité du dépôt avec une légère diminution après filtration ce qui nous permet de distinguer l'aspect acide de la partie soluble à l'exception du 1^{er} prélèvement ou il n'y a pas de grande variation du pH avant et après filtration. En comparant les valeurs du pH de la partie soluble durant les deux périodes, on constate qu'ils

sont presque stables à cause de la concentration des agents acidifiants solubles dans l'eau qui est presque constante. Donc on peut conclure l'absence de la relation entre l'acidité de la partie soluble et la nature des particules collectées et entrainement d'un autre agent qui peut être lié à l'espace clos et ces composants.

N.B : Le potentiel d'hydrogène de l'eau distillée utiliser dans ce travail est de (5,30).

5.2.2.3. Eaux de pluies :

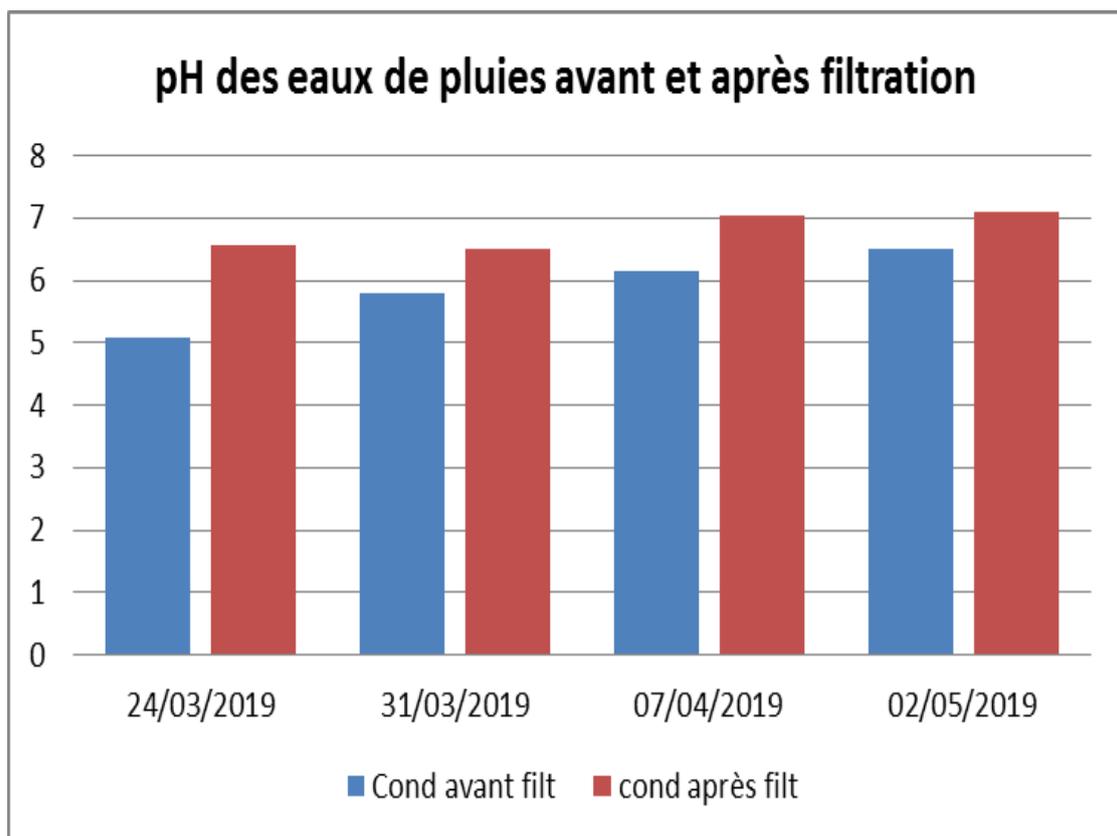


Figure 33 : pH des eaux de pluies avant et après filtration.

D'après le diagramme du pH, on remarque une augmentation des valeurs de 5,09 jusqu'à 6,51 dont l'aspect acide apparaît clairement (pluie acide), après filtration le pH augmente et tend vers la neutralité dans les deux derniers échantillons qui est du à la diminution de la concentration en espèces acidifiantes dans la partie soluble.

5.2.3. Masse de dépôt :

5.2.3.1. Masse dépôt total (soluble insoluble) :

Les histogrammes ci-après nous donnent les valeurs des parties solubles et insolubles contenues dans chaque prélèvement :

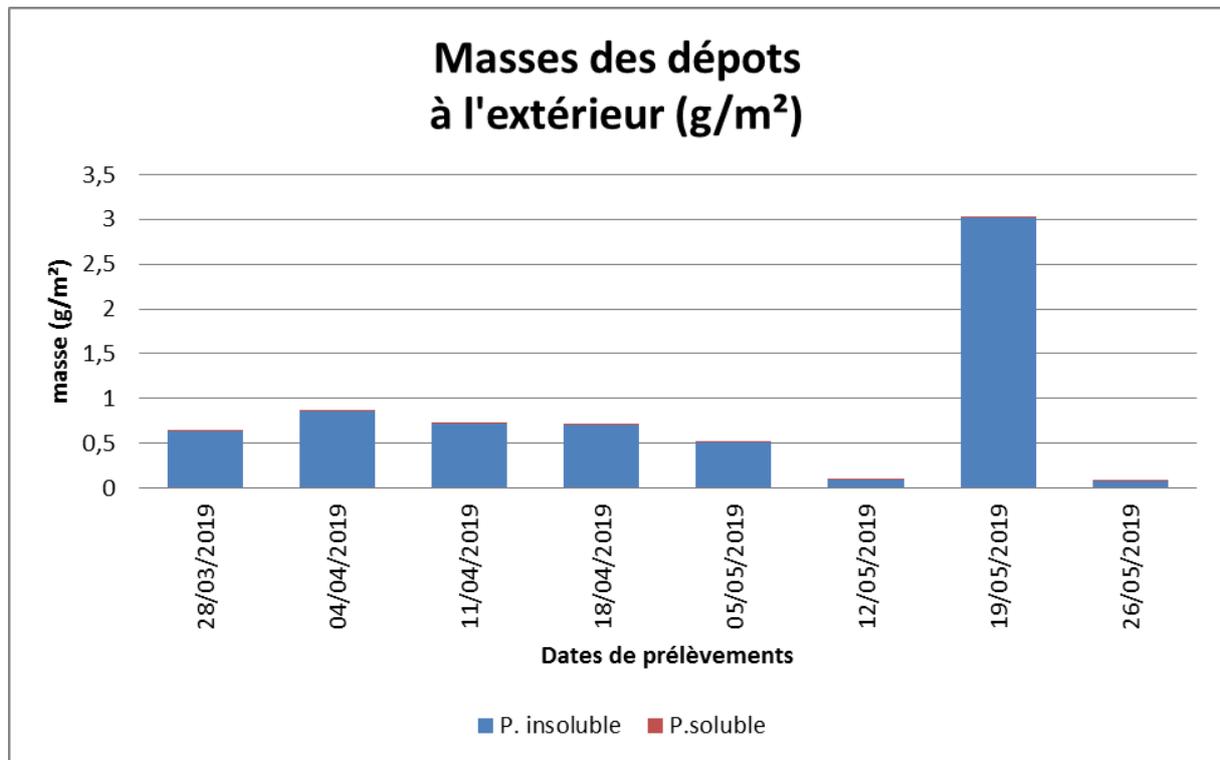


Figure 34 : Masse des dépôts soluble et insoluble à l'extérieur.

D'après l'histogramme ci-dessus, on remarque que la masse de la partie insoluble ($0,08\text{g/m}^2 < m_{p,ins} < 3,014\text{g/m}^2$) est plus importante que la masse de la partie soluble ($0,0007\text{g/m}^2 < m_{p,s} < 0,01\text{g/m}^2$), et que le dépôt durant la période humide est plus important que celui enregistré durant la période sèche. Durant la première période, on remarque la relation directe entre le taux de précipitations et la masse du dépôt. Aussi, on a un enregistrement d'un dépôt important à l'avant dernier prélèvement (19/05/2019) de la saison sèche qui est dû aux vents de sables qu'on a enregistré entre le 12 à 19 Mai 2019 c'est-à-dire avant le 7^{ème} prélèvement, qui favorise le dépôt d'une très grande quantité de poussières.

5.2.3.2. Masse dépôt à clos :

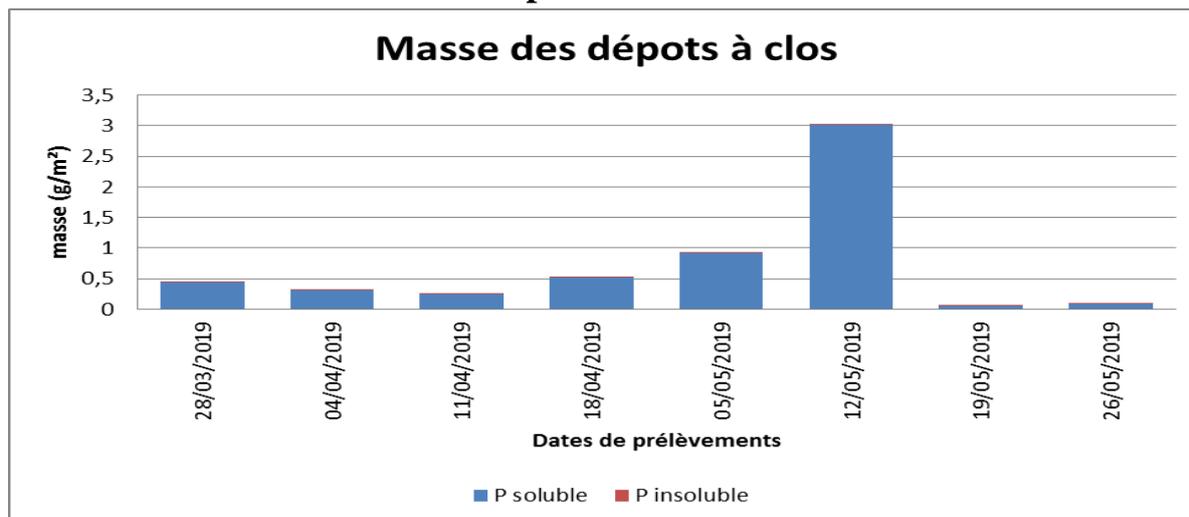


Figure 35 : Masse des dépôts soluble et insoluble à clos.

Selon les résultats obtenus nous avons enregistré une petite quantité du dépôt qui ne dépasse pas 1g sauf dans le cas de l'échantillon du 12/05/2019. Quant à la masse de la partie soluble, elle est négligeable (elle à l'ordre de mg) par rapport à celle de la partie insoluble.

Nous remarquons une proportionnalité inverse entre les masses du dépôt total à l'extérieur et celui à l'intérieur (figure35). Durant la période humide, lorsque le dépôt à l'extérieur diminue celui à clos augmente et le contraire. Les valeurs du dépôt total à l'extérieur sont presque proches au double de celles enregistrées à l'intérieur ($m_{d,t} \approx 2m_{d,clos}$), à partir du cinquième prélèvement (la période sèche), on constate que le dépôt à clos est plus important que celui à l'extérieur à l'exception du dépôt du 19/05/2019 avec un pic de 3,0147g/m².

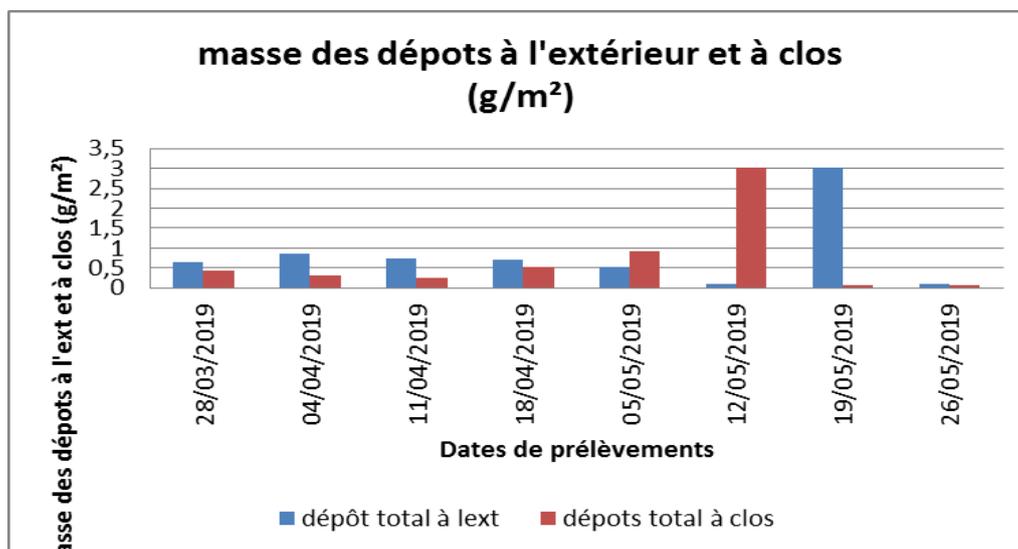


Figure 36 : Masse des dépôts à l'extérieur et à clos.

5.2.3.3. Evolution de la masse des dépôts :



Figure 37 : Dépôt insoluble.

5.2.4. Masse dépôt total (sec et humide) :

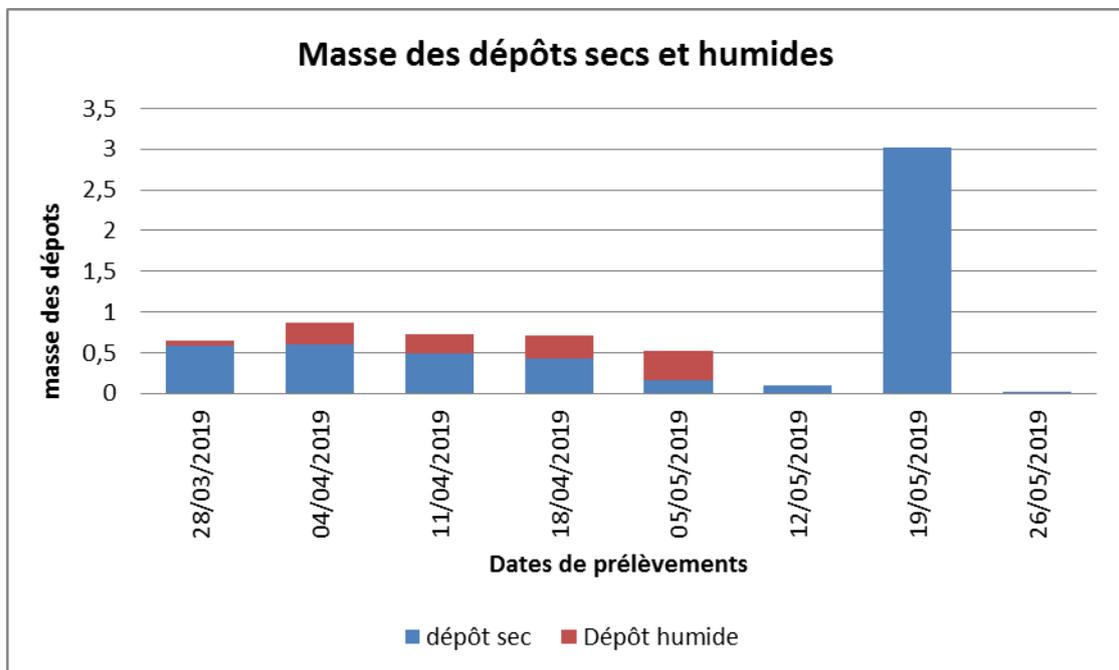


Figure 38 : Masse des dépôts sec et humide.

Selon l’histogramme obtenu ci-dessus, le dépôt total et le dépôt sec diminuent durant la première période, et ne dépassent pas 1g de masse, tandis que le dépôt humide varie légèrement entre 0,2382g et 0,2831g, sauf dans le cas du premier prélèvement où on a

enregistré un dépôt humide et sec inférieurs à ceux du deuxième prélèvement. Les valeurs du dépôt humide représentent presque la moitié du dépôt sec et le tiers du dépôt total. Cela explique l'importance du dépôt humide par son effet de lessivage atmosphérique en continu (en fonction de l'émission continue des particules) durant cette période d'étude et remettre le reste des particules dans l'air vers le sol.

La deuxième période commence par un phénomène pluvieux intense de courte durée et faible quantité mais avec une masse maximale et supérieure à celui du dépôt sec ($M_{d, humide} = 2M_{d, sec}$ et $M_{d, humide} = M_{d, total} / 3$). Concernant le reste de la période, on enregistre un dépôt sec très faible (0,0912g, 0,0086g) en absence du dépôt humide.

A cela nous remarquons un évènement exceptionnel décrit par un vent de sable provoquant un soulèvement de poussières correspondant au 7^{ème} prélèvement (19/05/2019) conduisant à une augmentation significative des dépôts secs dans l'échantillon prélevé après cet évènement (3,0249g).



Figure 39 : Dépôt humide.

Quant au tableau ci-dessous, il nous informe de la quantité en retombées durant les deux périodes d'étude.

Tableau 10 : Masse des dépôts

Prélèvement	A l'extérieur			Dépôt total à clos
	Masse du dépôt Total (g/m ²)	Humide	Masse du dépôt Sec	
1	0,6407	0,061	0,5797	0,4699
2	0,8681	0,2654	0,6027	0,32334
3	0,7242	0,2382	0,4860	0,2514
4	0,7082	0,2831	0,4251	0,5263
5	0,5168	0,3521	0,1647	0,9225
6	0,0912	0	0,0912	3,0151
7	3,0249	0	3,0249	0,06075
8	0,0086	0	0,0086	0,08407
Dépôt (Séjour)	0,8228	0,2399	0,7168	0,7163
Dépôt (journalier)	0,1175	0,0342	0,1024	0,1023
Dépôt (annuel)	42,887	12,483	37,376	37,349

Nous observons une quantité assez importante de dépôt qui est due à la position de l'école paramédicale à proximité de la route RN4 et à la forte résuspension que la circulation dans cette zone provoque et par la direction des vents fort (Nord-Ouest) ainsi que les précipitations qui jouent le rôle du lessivage atmosphérique.

Nous préciserons l'absence du dépôt humide dans les prélèvements à clos d'où la masse du dépôt total sera égale à celle du dépôt sec qui a une valeur proche à celle enregistrée à l'extérieur ce qui montre l'importance du transfert direct de la pollution vers l'espace clos et par conséquent l'exposition directe des personnes .

5.3. Analyse SAA :

5.3.1. Dépôt total :

5.3.1.1. Le plomb :

Les résultats de l'analyse ont été portés dans l'histogramme ci-dessous :

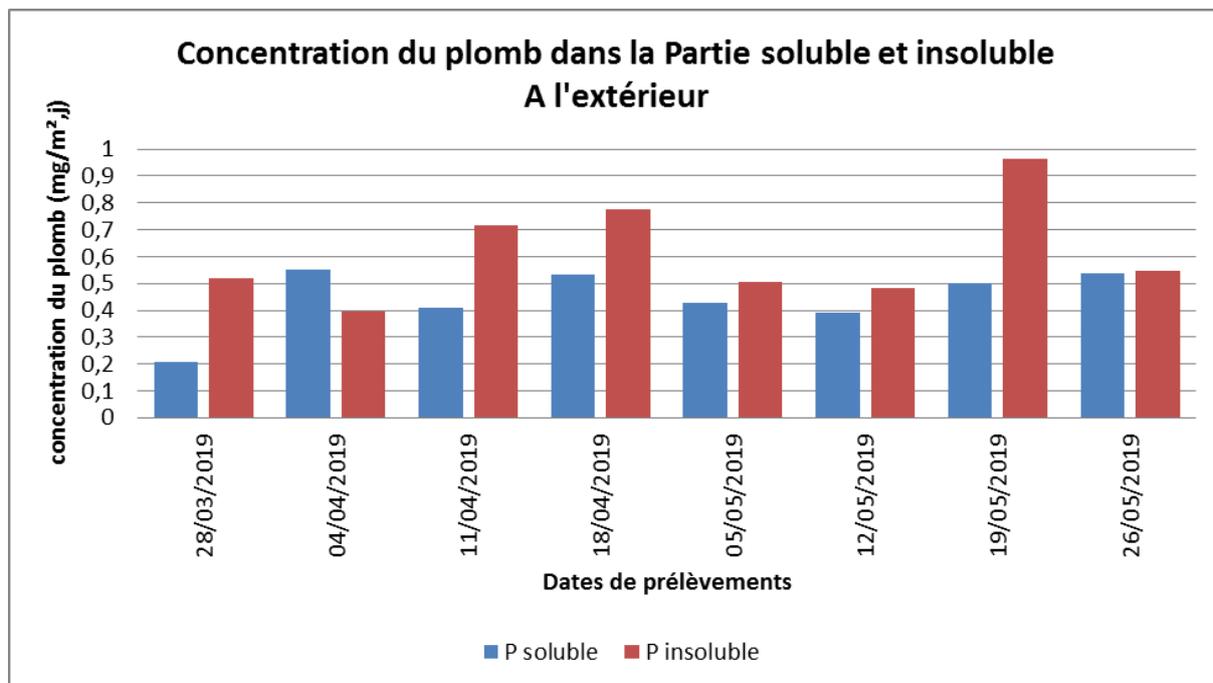


Figure 40 : Concentration du plomb dans la Partie soluble et insoluble à l'extérieur.

Selon les résultats obtenus et présent dans l'histogramme ci-dessus nous constatons que le plomb est présent majoritairement dans la partie insoluble d'où nous pouvons conclure qu'il se trouve à l'état particulaire (méthyltétra de plomb), et une exception enregistré le 04/04/201) présent à l'état soluble dû à l'acidité.

Une grande quantité de plomb à été remarquée dans le prélèvement du 19/05/2019 qui a été marquée par un vent de sable d'où une resuspension des particules provoquant une augmentation de cette dite concentration.

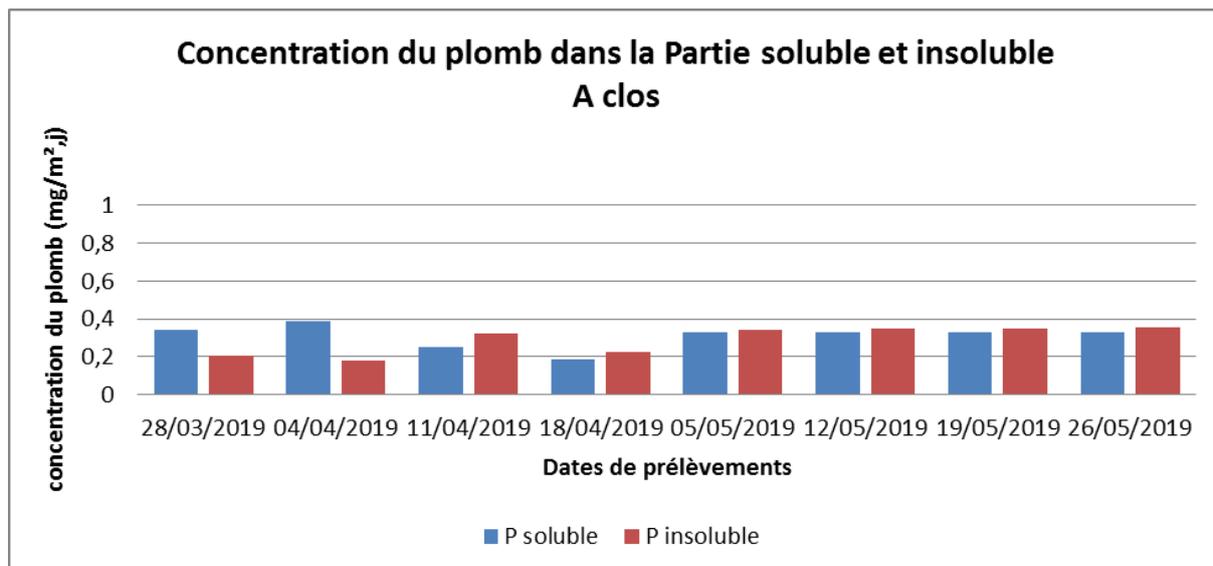


Figure 41 : Concentration du plomb dans la Partie soluble et insoluble à clos.

D'après nos résultats nous remarquons que durant les deux premiers prélèvements la présence de plomb dans la partie soluble est supérieure à celle de la partie insoluble et inversement durant les deux derniers prélèvements de la période humide.

Concernant la période sèche nous distinguons que les masses dans la partie soluble est sensiblement égale à celle dans la partie insoluble et une certaine stabilité est constatée durant toute cette période avec 0,3539 mg/m² comme maximum et 0,3225 mg/m² comme minimum.

Selon le journal officiel Algérien N°4 1993, les normes de plomb dans l'atmosphère ont été fixées à 1 mg/m², par cette base nous pouvons conclure à des concentrations assez importantes de plomb notamment celui du 11, 18/04/2019 et aussi le 19 et 26/05/2019.

Concernant les prélèvements à l'extérieur contrairement à celui à l'intérieur dont la quantité est moins importante mais assez présente dont le maximum enregistré est celui du 04/04/2019 avec une concentration de 0,3893 mg/m².

5.3.1.2. Cadmium :

Après analyse de nos échantillons, nous avons constaté que la présence du cadmium est indéterminée c'est-à-dire à l'état de trace, seul le prélèvement effectué le 05/05/2019 présente une quantité significative de la masse du cadmium qui s'élève à 0,05714286mg/m² à l'extérieur et une valeur de 0,20714286 mg/m² enregistré le 28/03/2019 et 0,03214286 enregistré le 05/05/2019 identifiées dans la période sèche. (Voir annexe)

5.3.1.3. Nickel :

D'après les résultats obtenus après l'analyse SAA de la masse du Nickel dans nos échantillons, nous avons enregistré une toute petite quantité c'est-à-dire à l'état de trace du nickel enregistré le 0,00107143 mg/m² et une totale absence de nickel dans les prélèvements à clos. (Voir annexe)

5.3.1.4. Cuivre :

Les résultats de l'analyse de la SAA des échantillons collectés à l'extérieur ont été portés dans l'histogramme ci-dessous :

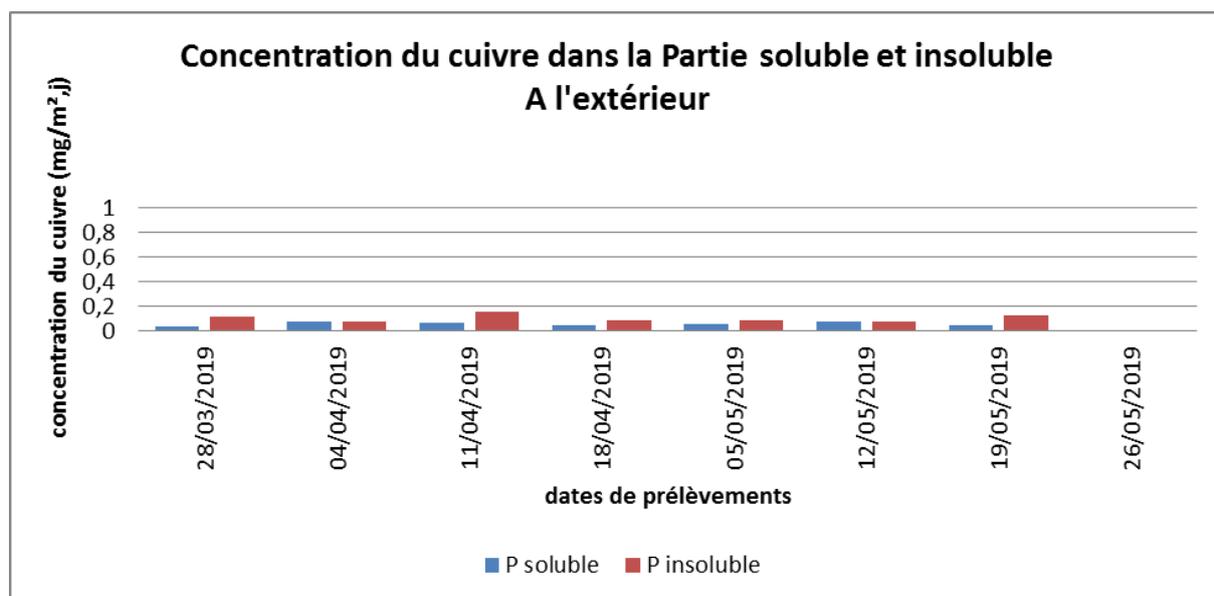


Figure 42 : Concentration du cuivre dans la Partie soluble et insoluble à l'extérieur.

D'après l'histogramme, on constate que le cuivre est plus présent dans la partie insoluble que celle soluble d'où il se dépose plus sous forme particulaire et une petite stabilité concernant le 4^{ème}, 5^{ème} et 6^{ème} prélèvement.

Durant le prélèvement du 26/05/2019 une quantité extrêmement petite de cuivre a été remarquée d'où en trace.

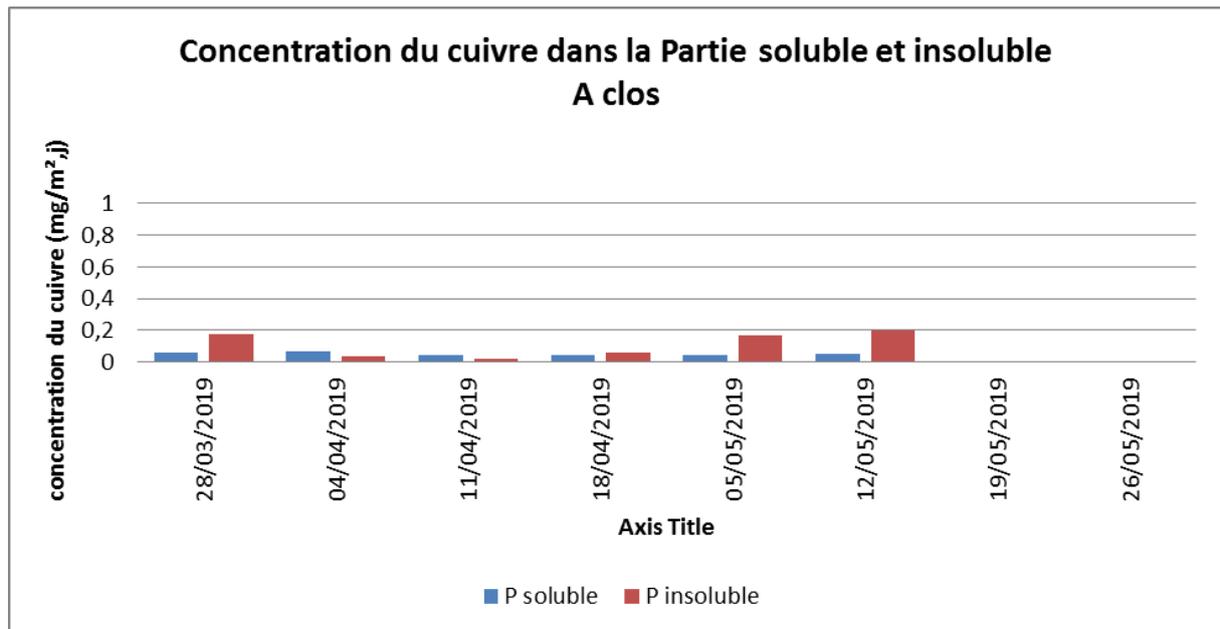


Figure 43 : Concentration du cuivre dans la Partie soluble et insoluble à l'extérieur.

Nous remarquons que le dépôt clos durant la période humide est plus important que celui durant la période sèche.

Vis-à-vis des prélèvements à clos, nous observons des quantités moins importantes que celles à l'extérieur, de ce fait la présence de cuivre a été déterminé dans l'espace clos.

Concernant le cuivre selon le journal officiel algérien N°4 1993 le seuil de tolérance au cuivre a été fixé à 3 mg/m² de ce fait nous pouvons remarquer concernant les prélèvements à l'extérieur des concentrations assez faible en cuivre qui ne dépassent pas 0,1571 mg/m² du 11/04/2019 du (26/05/2019).

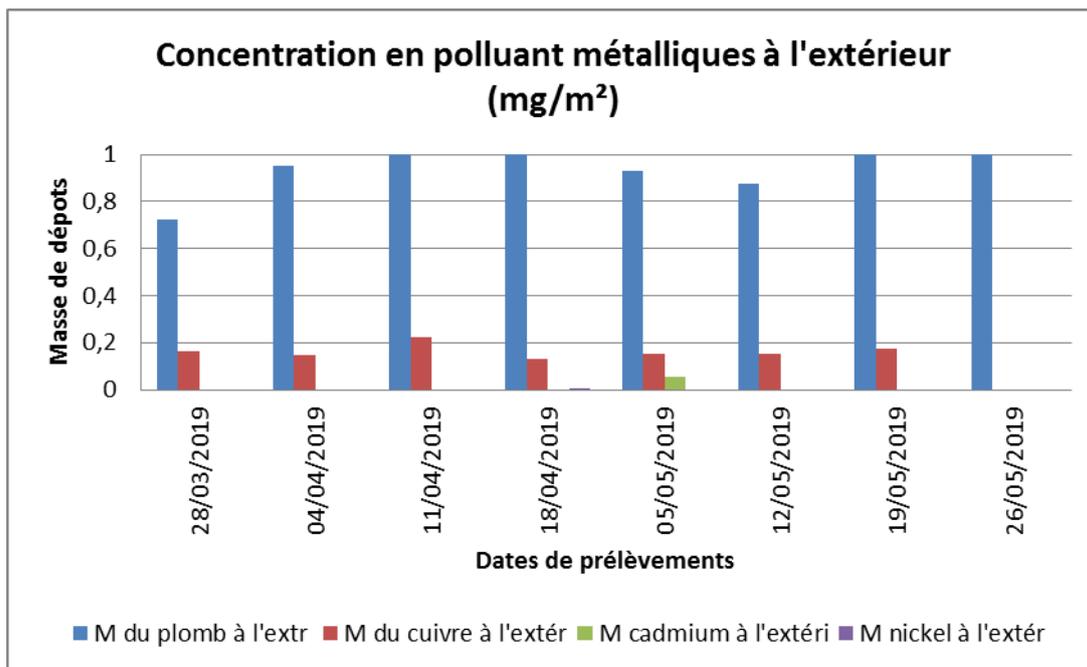


Figure 44 : Masse des polluants à l'extérieur

A l'extérieur nous pouvons conclure que la masse de plomb est la plus dominante par rapport aux autres polluant métalliques analysés, elle dépasse de loin durant toutes notre étude d'où $m_{Ni} < m_{Cd} < m_{Cu} < m_{Pb}$ cette supériorité de la masse du plomb est due à la présence de celui-ci dans les carburants des véhicules. La quantité de nickel est presque indéterminée par rapport aux autres polluants métalliques.

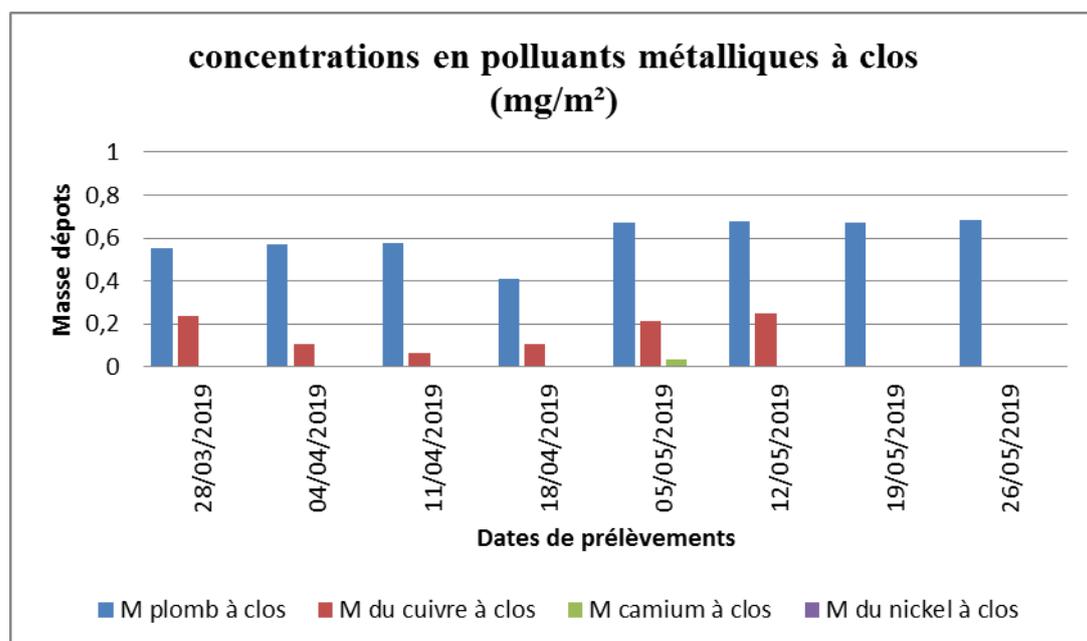


Figure 45 : Masse des polluants à clos.

Similairement à celui des prélèvements à l'extérieur, la masse de plomb domine aussi dans les prélèvements à clos mais à des proportions presque proches à celui de l'extérieur, et une présence en trace du cadmium, du cuivre et du nickel pendant les dates du 19 et 26/05/2019.

5.3.2. Dépôt humide

L'analyse SAA de nos échantillons a donné les résultats suivants :

Tableau 11 : Résultats SAA, concentration et absorbance du plomb

Date	Résultats analyse mg/l		Concentration (mg/m ²)	
	P soluble	P insoluble	P soluble	P insoluble
1	Indéterminé	0,02	Indéterminé	0,5
2	Indéterminé	0,01	indéterminé	0,25
3	0,004	0,01	0,1	0.25
4	Indéterminé	0,03	indéterminé	0,75
Total	0,004	0,007	0,1	1,75

Tableau 12 : Résultats SAA, concentration et absorbance du Cadmium

Date	Résultats analyse mg/l		Concentration (mg/m ²)	
	P soluble	P insoluble	P soluble	P insoluble
1	0,003	0,021	0,075	0,525
2	indéterminé	0.001	indéterminé	0,025
3	0,006	0,104	0,15	0,79
4	indéterminé	0,006	indéterminé	0,15
Total	0,009	0	0,225	1,49

Tableau 13 : Résultats SAA, concentration et absorbance du Nickel.

Date	Résultats analyse mg/l		Concentration (mg/m ²)	
	P soluble	P insoluble	P soluble	P insoluble
1	Indéterminé	0.017	indéterminé	0,425
2	0,007	Indéterminé	0,175	Indéterminé
3	0,011	Indéterminé	0,275	Indéterminé
4	Indéterminé	0.046	indéterminé	0,625
Total	0,018	0,063	0,45	1,05

A partir de ces tableau nous pouvons confirmer l'existence du dépôt des métaux par voie humide est assez importante notamment celui du plomb, du cadmium et la présence d'une toute petite quantité de nickel malgré les faibles quantités de précipitations dont ils se trouvent sous forme particulière que la forme dissoute. La présence de ces éléments peut être expliquée par le rattachement de ceux-ci à des particules (wash-out) ou sous forme organique pouvant être lessivées par la pluie.

A précise qu'aucune norme n'a été fixée à nos jours de la présence de ces éléments dans les eaux de pluies.

Partie 2 : Réalisation de l'enquête épidémiologique.

Les organismes internationaux en santé considèrent comme acceptable un niveau sanguin de plomb inférieur à 0,48 $\mu\text{mol/l}$ (10 $\mu\text{g/dl}$) (ATSDR 2007; OMS 1995; CDC 1991). Cette valeur de référence dans le sang vise à protéger la population générale des effets néfastes du plomb sur la santé et tout particulièrement les jeunes enfants. Cette valeur seuil est cependant de plus en plus contestée par les experts. Ces derniers croient qu'une révision du seuil d'intervention pour le plomb s'impose à la lumière des études récentes sur le sujet qui suggèrent des effets sur la santé en deçà de 0,48 $\mu\text{mol/l}$ (10 $\mu\text{g/dl}$) (Marc Rhainds et al, 2006-2007).

Les résultats obtenus de l'analyse SAA des prélèvements sanguin ont été consignés dans le tableau suivant :

Tableau 14 : Concentration de plomb dans le sang des individus.

Individus	Concentration de plomb dans le sang ($\mu\text{g/l}$)	Concentration de plomb dans le sang ($\mu\text{mol/l}$)
1	119	0,5743
2	45	0.2172
3	3,3	0.0159
4	48,5	0.2341
5	Indéterminé	Indéterminé
6	3,61	0,1743
7	29,3	0,1415
8	Indéterminé	Indéterminé
9	Indéterminé	Indéterminé
10	41,0	0,1980
11	1,5	0,0072
12	1,1	0 ,0053
13	1,4	0,00675
14	Indéterminé	Indéterminé
15	Indéterminé	Indéterminé

NB : indéterminé : présence en quantité extrêmement faible.

Tableau 15 : Taux de participation des donneurs éligibles à l'étude (n = 15) obtenu selon les questionnaires auto-administrés.

Caractéristiques (nombre éligibles)	Participants à l'étude (sans plombémie)		Participants à l'étude avec résultat de plombémie	
	n	% des éligibles	n	% des éligibles
Total (15)	n=5	33,33	n=10	66,66
Sexe				
Hommes (n=5)	0	0	5	100
Femmes (n=10)	5	50	5	50
Age				
✓ Moins de 20 ans(n=0)	0	0	0	0
✓ 20 à 29 ans(n=10)	5	50	5	50
✓ 30 à 49 ans (n=4)	0	0	4	100
✓ 50 ans et plus(n=1)	0	0	1	100
Région socio sanitaire de résidence				
• Khemis (n=13)	3	23,07	10	76,92
• Ain defla (n=0)	0	0	0	0
• Miliana (n=1)	1	100	0	0
• Boumedfa (n=0)	0	0	0	0
• Sidi Lakhdar (n=0)	0	0	0	0
• Autre (n=1)	1	100	0	0
Habitation				
• Zone rurale (n=8)	4	50	4	50
• Zone urbaine (n=7)	1	14,28	6	85,71
Etat de santé				
• Fatigue musculaire (n=1)	0	0	0	0
• Migraine tout le temps (n=5)	1	20	2	40
• Dépression de temps en temps (n=2)	1	20	1	20
• Perte d'appétit (n=9)	1	11,11	2	22,22
• Douleur abdominale (n=5)	2	40	3	60
• Problème auditif (n=3)	0	0	2	66,66
• Anémie (n=1)	0	0	1	100
Fumeur (n=3)	0	0	3	100
Non-fumeur (n=12)	5	41,66	7	58,33

La figure 8 du chapitre 2 nous permet de confirmer la présence de plomb dans le sang dont les résultats de nos analyses ont été consignés dans le tableau 14 ci-dessus. Nous pouvons constater la présence d'une concentration assez importante de plomb dans le sang de certains donneurs notamment celui du premier qui dépasse les 100µg/l.

Le tableau 15 résume le pourcentage de risque de plombémie et les facteurs qui en résultent. Malgré le nombre limité des échantillons, on a pu détecter la concentration en plomb dans 10 parmi 15 des donneurs soit 66.66%. Parmi les facteurs les plus en vus sont : le tabac (100%), l'âge (plus de 30 ans), les hommes sont plus susceptibles d'avoir la plombémie que les femmes, l'habitation près de la source émettrice avec un pourcentage de 85.71%.

D'après les résultats on constate la liaison entre les douleurs abdominales avec la migraine et l'intoxication en plomb, un seul cas d'anémie a été enregistré et qu'il est directement lié à la concentration en plomb dans le sang (100µg/l). La perte d'appétit et la dépression n'ont presque pas de liaison directe avec cette intoxication.

Parmi les individus étudiés, un cas assez préoccupant présentant une concentration en plomb de 119 µg/l, et manifestant les facteurs suivants :

- âgé plus de 30 ans ;
- homme ;
- problème auditif ;
- douleurs abdominales ;
- fumeur ou ex-fumeur ;
- migraine ;
- anémie.

Cette analyse des données nous montre l'état de santé de notre population étudiée qui représentent une intoxication en plomb significative.

Conclusion Générale

Ce modeste travail nous a permis d'identifier le niveau d'une pollution d'origine routière par la détermination du taux de dépôt des retombées totales sèches et humides à proximité de la route nationale 4 (RN4) plus précisément à l'école para médicale durant la période deux période différente, une première humide (21/03/2019 au 18/04/2019) et une période sèche (29/04/2019 au 26/05/2019), à l'extérieur et à clos par l'analyse SAA des polluants métalliques notamment le plomb, le cadmium, le cuivre et le nickel, dans les échantillons atmosphériques et du plomb sanguins en vue de confirmer une intoxication au plomb dite plombémie.

Les résultats obtenus par l'analyse nous a permis d'une part de préciser que les concentrations en plomb et en cuivre étaient plus importantes que celles des autres polluants métalliques et aussi que ceux-ci se trouvent dans la partie insoluble ce qui confirme leurs formes particulières, se trouvant aussi en proportion plus faible dans la partie soluble obtenu après filtration, la présence de cadmium et de nickel en trace moins importante avec de faibles concentrations nous permet d'avoir une idée sur le bon état du trafic routier (l'âge et la nouvelle technologie) et celui de la chaussé qu'on qualifieraient d'inoffensifs pour la santé et d'autre part nous a permis aussi d'affirmer avec certitude que la partie soluble est chargée de polluants ioniques et neutres ou basiques tandis que la partie insoluble est chargée de polluants non ioniques et acides .

Les paramètres météorologiques influent sur le dépôt des polluants par différentes façon. L'humidité, les précipitations et les vents faibles ont un effet direct sur le dépôt par contre la température et les vents forts influents sur le transport des particules atmosphériques.

Les valeurs du dépôt total à l'extérieur et du dépôt à clos montrent l'impact direct de ce type de pollution au point d'émission, l'aération de cette espace évite l'accumulation des polluants d'une part et d'autre part favorise la prolifération de ceux-ci et par conséquent la contamination du personnel.

Les teneurs en polluants dans les différents dépôts dépassent les normes fixées et montrent le niveau de la pollution dans la zone d'étude dont on a enregistré une pollution locale durant toutes les périodes d'études et une pollution régionale pour le cas du prélèvement du 19/05/2019.

Conclusion Générale et Perspectives

On conclue aussi que la relation entre la consommation du carburant et le niveau de la pollution, dont on enregistre des taux maximums de gasoils malgré l'accroissement de la consommation des carburants propres tels que les GPL et essences sans plomb.

La mesure de la concentration de plomb dans le sang demeure l'indicateur le plus fiable pour dépister un niveau de plombémie supérieur à 0,15 $\mu\text{mol/l}$ chez les donneurs de sang.

L'information issue de la présente étude semble indiquer que l'âge et le sexe des donneurs de sang sont des déterminants importants pour évaluer le risque d'une plombémie et saturnisme supérieure à 0,15 $\mu\text{mol/l}$. Ces facteurs pourraient être utilisés, par exemple, dans le cadre d'un système de gestion du sang pour sélectionner les dons de sang à faible teneur en plomb inférieur à cette valeur.

Le tabac, l'exposition prolongée aux polluants émis par le trafic routier ou un secteur de travail dont l'utilisation du plomb dans certains matériaux (pile, batterie...), sont des facteurs pouvant conduire à une plombémie.

Les différents paramètres de l'état de santé des personnes étudiées dans notre enquête, nous permet d'exiger de mettre en considération ce type d'anémie dans les diagnostics médicaux et la classée avec les maladies chroniques.

Enfin, notre étude nous a permis d'évaluer l'impact du transport routier sur la qualité de l'air urbain et sur la santé publique de la ville de Khemis Miliana, qui s'insère dans une perspective d'établir un équilibre entre la mobilité du transport urbain et le taux de pollution engendrée.

En finalité nous pouvons conclure que cette étude résume plus un état de santé de nos donneurs.

Perspective

Pour faire face à ce genre de problèmes, plusieurs dispositions peuvent être prises. Au niveau local, un certain nombre d'aménagements sont nécessaires en matière de gestion de la circulation automobile, en particulier aux endroits des points noirs les plus significatifs, une meilleure signalisation et un stationnement réglementé s'avèrent nécessaires, une nouvelle réflexion sur les plans de transport et de circulation serait une priorité pour les collectivités locales, l'utilisation du transport en commun, tout en améliorant leur qualité de service, le

Conclusion Générale et Perspectives

contrôle et la régulation des transports en commun, l'encouragement du covoiturage, l'amélioration et l'extension de l'infrastructure routière, la conception de piste cyclable pour inciter à pratiquer le vélo, opter pour le tramway dans le but de diminuer le phénomène de congestion et du stationnement anarchique et un encouragement et mesures incitatives de l'emploi de carburants moins polluants GPL, GNV, seraient nécessaires pour faire face.

Cependant, une étude approfondie serait nécessaire pour déterminer la dispersion et le temps de séjour des polluants par rapport à l'ensemble de la ville, afin d'établir les cartographies appropriée et confirmé l'état épidémique de cette maladie pour réduire les possibilités d'intoxications et la prise en charge des personnes contaminées pour éviter l'atteinte de la gravité de la situation (différent types de cancers).

Des critères objectifs devront être développés dans le futur pour guider la décision quant à la pertinence ou non d'inclure les agents chimiques à l'intérieur des mesures de dépistage des produits sanguins. Ces critères devraient s'inspirer du modèle de gestion du sang mis en place pour le dépistage des agents infectieux. À titre d'exemple, cette liste de critères pourrait inclure une bonne connaissance de la toxicocinétique de l'agent notamment le plomb, la persistance du contaminant dans l'organisme, la disponibilité d'un test de dépistage fiable, les coûts du test, les évidences scientifiques quant aux effets documentés sur la santé chez les humains, la gravité des effets sur la santé, la prévalence du contaminant dans la population, l'importance relative du trafic routier comme source d'exposition par rapport aux autres sources, et la présence de groupes vulnérables. L'expérience acquise avec le plomb devrait permettre de tracer la voie sur la nécessité d'accroître les études concernant ce type de pollution et son effet sur la santé humaine.

Il est clair, à la lumière des évidences scientifiques disponibles à ce jour, que tous les moyens raisonnables doivent être déployés pour limiter l'exposition de la population au plomb, et en particulier celle des jeunes enfants.

Référence bibliographique

(**A.AvilaGalarza. 1996**).Diffusion de polluants atmosphériques dans une zone à topographie complexe,Thèse, Université Paris XII, France, 1996

(**Al barakeh, Z. 2012**). Suivi de pollution atmosphérique par système multi-capteurs–méthode mixte de classification et de détermination d’indice de pollution. Thèse doctorat, université de saint Etienne, France, 2012

(**Anderson, H.R. 2009**).Air pollution and mortality: A history. Atmospheric environment, Vol. 43, No. 1, 2009, p. 142 - 152.

(**Anthony-ung. 2003**). Cartographie de la pollution atmosphérique en milieu urbain à l’aide de données multi-sources, thèse de doctorat, Université Paris 7 – Denis Diderot, France, 2003

(**Aouragh, 2015**) : L. Aouragh, Etude de la Qualité de l’Air Urbain au Niveau de la Ville de Batna : Cas du Transport Routier, thèse de doctorat, Université Batna, Algérie, 2015

(**Arnaud Catherine, 2008**),Méthodologiegénérale de la recherche épidémiologique ; lesenquêtes épidémiologiques, ups-tls, Toulouse : Faculté de Médecine de Toulouse Purpan et Toulouse Rangueil, 2008 ,9p

(**Bastarache E, 2003**), « Le chrome et ses composés : Substitutions de matériaux céramiques complexes. Smart Conseil », Québec, Canada.

(**Bliefert, 2011**).Bliefert, chimie de l’environnement, 2^{ème} Edition française, Allemagne, 2011

(**Carole Delmas-Garbas, 2000**). Influence des conditions physico-chimiques sur la mobilité du plomb et du zinc dans un sol et un sédiment en domaine routier, Thèse de doctorat, Université de PAU at des pays de L4ADOUR, France, 2000

(**CETE Nord Picardie, 2004**). Comparaison de méthodes d’analyse des traces métalliques (ETM) et des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sur les sols et les végétaux, rapport d’étude de Certu, France, 2004

(**CITEPA. 2001a**). Rapport : « Inventaire des émissions de polluants dans l’atmosphère en

(**CITEPA. 2004**). Centre Interprofessionnel Technique D’étude de la Pollution Atmosphérique, Calcul des émissions dans l’air-principes méthodologiques généraux-

Méthodologie-Emissions, 24 p. Document interne accessible sur le site internet www.citepa.org.

(CITEPA. 2011b). Rapport : Emissions dans l'air en France métropolitaine des particules en suspension (PM).

(Cox, R.A.;Derwent, R.G.1981). Gas kinetics and energy transfer, Specialist Periodical Reports Chem. Soc., 4, p. 189.

(Degobert, P. 1995). Automobile et pollution. Paris: Editions Technip. 516. ISBN 2-7108-0628-2.

(Emery, J. 2012).La qualité de l'air liée au transport routier en milieu urbain: Analyse des concentrations en oxydes d'azote sur l'agglomération dijonnaise, mémoire pour l'obtention du Master 2 Transport, Mobilité-Environnement, Climat, université de Bourgogne, France, 2012

(Flanquart, M., Anicia, L. 2000). Evaluation du risque sanitaire dû à la pollution lié au trafic routier en milieu urbain, projet cindynique.

(François, S. 2004). Méthodologie d'établissement de cadastres d'émissions à l'échelle régionale: Application au cadastre Escompte et à son extension à la région PACA, Thèse de l'université Louis Pasteur-Strasbourg 1- France, 2004

(Frere et al., 2005), Les pollutions atmosphériques urbaines de proximité à l'heure du développement durable. Développement durable et territoire, Dossier 4 : La ville et l'enjeu du Développement Durable, 2005.

(Joumard r &al. 1999). Influence du cycle de conduite sur les émissions unitaires de polluants des voitures particulières.

(joumard, 2003). Les enjeux de la pollution de l'air de transport, Avignon, France, 2003.

(Koffi.B, 2002). Que sait-on de la pollution photochimique urbaine?: La Documentation Française, 2002. 101 p. ISBN: 2110049693.

(Kulkarni.N. and Grigg.J.2008). Effect of air pollution on children -Conference Symposium: socialpaediatrics. - Elsevier, pp. 238-243.

(LouadahHadjila, 2016) : Louadah Hadjila, Mesure et estimation de la pollution d'origine automobile dans la ville de Bejaia,Mémoire de Fin de Cycle En vue de l'obtention du diplôme master, Université A. MIRA – Bejaia ; 2016

(Mallet, V. 2005). « Estimation de l'incertitude et prévision d'ensemble avec un modèle de chimie transport-Application à la simulation numérique de la qualité de l'air ». Thèse de doctorat. Ecole des ponts Paris Tec. France, 2005

(Marc Rhainds et al, 2006-2007), Étude de la prévalence de la plombémie chez les donneurs de sang au Québec, Rapport de recherche, Québec, ISBN, 2006-2007, 1478p.

(Mokhtar.A, 2010) : Etude de la mobilité du plomb et du zinc en fonction des paramètres physico-chimiques d'un sol en milieu routier, thèse de doctorat, université d'Oran, Algérie, 2010

(Monk. P.S, 2009). Atmospheric composition change - global and regional air quality, Atmospheric environment Vol.43, p. 5268-5350.

(Pagotto, 1999) : C.Pagotto, étude sur l'émission dans les eaux et dans les sols des éléments traces métalliques et des hydrocarbures en domaine routier, thèse de doctorat, université de Poitiers, France, 1999

(Ponche.J.L, 2003). Modélisation de la qualité de l'air troposphérique: cinétique de transferts hétérogènes, inventaires spatialisés d'émissions atmosphériques et modélisation à méso-échelle. Mémoire d'habilitation à diriger des Recherches. Université Louis Pasteur de Strasbourg ,France, 2003

(Ramadef . 2000). Dictionnaire Encyclopédique des polluants. Science

(Sportisse. B, 2008). Pollution atmosphérique: Des processus à la modélisation. Springer-Verlag France. Paris, 2008. 345 p. (Ingénierie et développement durable). ISBN: 978-2-287-74961-2.

(Who R.O, for E., 2000). Air Quality Guidelines for Europe: Seconde Edition Copenhagen : World Health Organization : Regional Office for Europe, 2000. (Who regional publications. European series; No. 91)

(Who, 2003). Health Aspects of Air Pollution with particulate matter, Ozone and Nitrogen dioxyde.

B. LOMBI , WENZEL W.W., ADRIANO D.C. Arsenic-contaminated soils: I. risk assessment, chap 33, in Remediation engineering of contaminated soils, D.L. Wise, D.J. Trantolo, E.J. Cichon, H.I. Inyang and U. Stottmeister editors, Dekker, New York, 2000, P: 715-738.

Brunekreef, B et J. Sunyer, 2003, Asthma, rhinitis and air pollution: is traffic to blame?.Eur. Respir. J., 2003; 21: 913-5. International. Paris, 402.

Nicolas. P, (1996). Ville Transports et Environnement, Contributions relatives des paramètres du trafic routier affectant la pollution sonore et atmosphérique en milieu urbain, thèse de doctorat, université Lumière Lyon 2, France, 1996.

Rahal Farid, 2015. Modélisation de la pollution atmosphérique. Le cas de la région d'Alger, Thèse de doctorat, université d'Oran Mohamed Boudiaf, Algérie, 2015

Rapport d'information n° 261 (2000-2001) de M. Gérard MIQUEL et plusieurs de ses collègues, fait au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scient. tech., déposé le 5 avril 2001
Rapport d'information n° 261 (2000-2001) de M. Gérard MIQUEL et plusieurs de ses collègues, fait au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scient. tech., déposé le 5 avril 2001

(Royal comission on environmental pollution) Transport and the environment. Eighteen report, Londres, 1994

Annexes

Avant Filtration		
Prélèvement A l'extérieur	Cond (µS)	pH
28-03-2019	79,2	6,11
04-04-2019	69,5	6,40
11-04-2019	98,5	7,61
18-04-2019	78,7	6,57
05-05-2019	85,2	8,35
12-05-2019	47,2	8,55
19-05-2019	96,2	8,47
26-05-2019	64	8,26

Prélèvement A clos	Cond (µS)	pH
28-03-2019	16,82	4,74
04-04-2019	12,40	6,40
11-04-2019	6,30	5,47
18-04-2019	9,45	5,53
05-05-2019	8,46	6,54
12-05-2019	8,77	7,76
19-05-2019	19,90	7,72
26-05-2019	7,35	7,57

Tableau 16: Paramètres physico-chimiques des échantillons avant filtration.

Après Filtration		
Prélèvement A l'extérieur	Cond (µS)	pH
28-03-2019	80,3	7,20
04-04-2019	76,8	7,07
11-04-2019	107,8	7,26
18-04-2019	97,2	7,45
05-05-2019	90,7	7,41
12-05-2019	48,3	6,94
19-05-2019	96,8	7,35
26-05-2019	66,5	7,07

Prélèvement A clos	Cond (µS)	pH
28-03-2019	17,22	6,42
04-04-2019	124,8	3,42
11-04-2019	5,57	5,80
18-04-2019	8,87	6
05-05-2019	9,93	6,45
12-05-2019	10,03	6,17
19-05-2019	23,7	6,53
26-05-2019	8,30	6,19

Tableau 17 : Paramètres physico-chimiques des échantillons après filtration.

Eaux de pluie par rapport à la filtration					
Date	Cond (μS)		Ph		Temp ($^{\circ}\text{C}$)
	Avant	Après	Avant	Après	25
19-03-2019	30,7	30,6	5,09	6,55	
21-03-2019	51,5	57,5	5,78	6,50	
31-03-2019	56,8	65	6,15	7,04	
23-04-2019	40,7	25,02	6,51	6,12	
07-04-2019	105,2	134,3	5,79	7,11	

Tableau 18 : Paramètres physico-chimiques des eaux de pluies avant et après filtration.

Plomb

La courbe d'étalonnage de l'analyse SAA est la suivante :

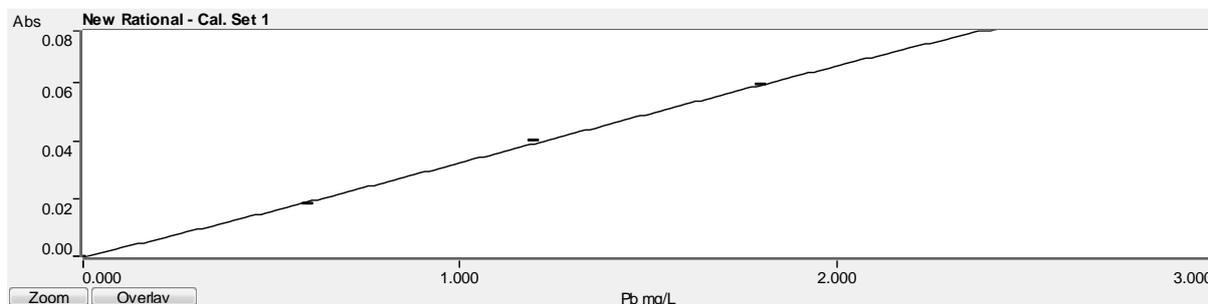


Figure 46: Courbe d'étalonnage du plomb.

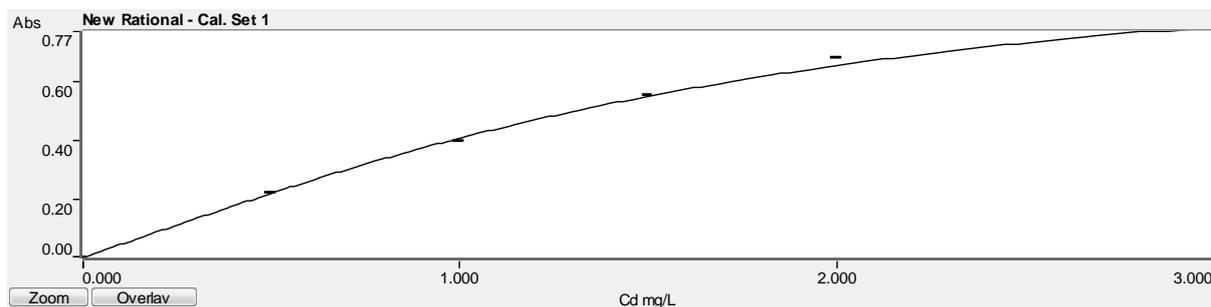
Tableau 19 : Résultats SAA, concentration du plomb dans la partie soluble et insoluble (à l'extérieur).

Dates	Résultats analyse mg/l		Concentration (mg/m ² .j)	
	P. soluble	P. Insoluble	P. soluble	P. Insoluble
28/03/2019	0,0581	0,145	0,2075	0,517857143
04/04/2019	0,155	0,111	0,553571429	0,396428571
11/04/2019	0,114	0,2	0,407142857	0,714285714
18/04/2019	0,149	0,217	0,532142857	0,775
05/05/2019	0,12	0,141	0,428571429	0,503571429
12/05/2019	0,11	0,135	0,392857143	0,482142857
19/05/2019	0,14	0,27	0,5	0,964285714
26/05/2019	0,151	0,153	0,539285714	0,546428571
C. séjour	--	--	24,9275	34,30
C. journalière	--	--	3,56107142	4,9
C. annuelle	--	--	1281,98571	1764

Tableau 20 : Résultats SAA, concentration du plomb dans la partie soluble et insoluble (à clos).

Dates	Résultats analyse mg/l		Concentration (mg/m ² .j)	
	P. soluble	P. Insoluble	P. soluble	P. Insoluble
28/03/2019	0,0959	0,0581	0,3425	0,2075
04/04/2019	0,109	0,0501	0,389285714	0,178928571
11/04/2019	0,0709	0,0898	0,253214286	0,320714286
18/04/2019	0,0519	0,630	0,185357143	0,225
05/05/2019	0,0919	0,0959	0,328214286	0,3425
12/05/2019	0,0927	0,0978	0,331071429	0,349285714
19/05/2019	0,0918	0,097	0,327857143	0,346428571
26/05/2019	0,0931	0,0991	0,3325	0,353928571
C. séjour	--	--	17,3849999	16,269999
C. journalière	--	--	2,48357142	2,324285713
C. annuelle	--	--	894,088713	836,7428567

Le cadmium :



Courbe d'étalonnage du Cadmium.

Figure 47 : Résultats SAA, concentration et absorbance du cadmium dans la partie soluble et insoluble (à l'extérieur).

Dates	Résultats analyse mg/l		Concentration (mg/m ² .j)	
	P. soluble	P. Insoluble	P. soluble	P. Insoluble
28/03/2019	indéterminé	indéterminé	indéterminé	indéterminé
04/04/2019	indéterminé	indéterminé	indéterminé	indéterminé
11/04/2019	indéterminé	indéterminé	indéterminé	indéterminé
18/04/2019	indéterminé	indéterminé	indéterminé	indéterminé
05/05/2019	indéterminé	0,016	indéterminé	0,05714286
12/05/2019	indéterminé	indéterminé	indéterminé	indéterminé
19/05/2019	indéterminé	indéterminé	indéterminé	indéterminé
26/05/2019	indéterminé	indéterminé	indéterminé	indéterminé
C. séjour	--	--	indéterminé	0,4
C. journalière	--	--	indéterminé	0,05714286
C. annuelle	--	--	indéterminé	20,5714296

Figure 48 : Résultats SAA, concentration et absorbance du cadmium dans la partie soluble et insoluble (à clos).

Dates	Résultats analyse mg/l		Concentration (ug/m ² .j)	
	P. soluble	P. Insoluble	P. soluble	P. Insoluble
28/03/2019	indéterminé	0,058	Indéterminé	0,20714286
04/04/2019	indéterminé	Indéterminé	Indéterminé	Indéterminé
11/04/2019	indéterminé	Indéterminé	Indéterminé	Indéterminé
18/04/2019	indéterminé	Indéterminé	Indéterminé	Indéterminé
05/05/2019	indéterminé	0,009	Indéterminé	0,03214286
12/05/2019	indéterminé	Indéterminé	Indéterminé	Indéterminé
19/05/2019	indéterminé	Indéterminé	Indéterminé	Indéterminé
26/05/2019	indéterminé	Indéterminé	Indéterminé	Indéterminé
C. séjour	--	--	Indéterminé	1,67500004
C. journalière	--	--	Indéterminé	0,23928572
C. annuelle	--	--	Indéterminé	86,1428592

Le nickel :

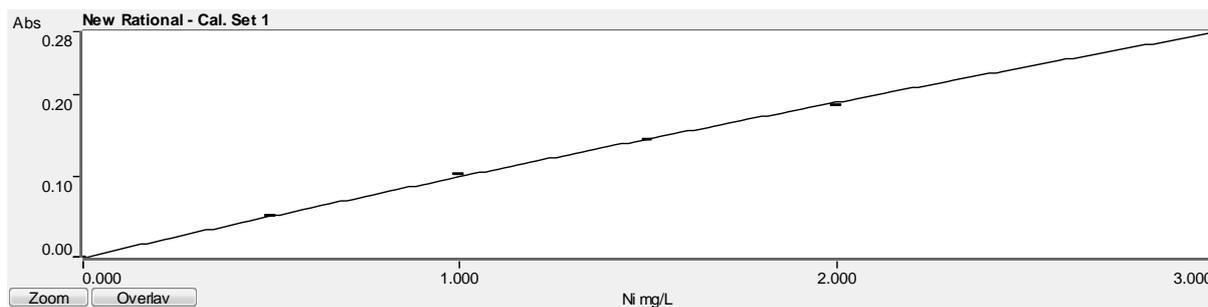


Figure 49 : Courbe d'étalonnage du Nickel.

Tableau 21 : Résultats SAA, concentration et absorbance du Nickel dans la partie soluble et insoluble (à l'extérieur).

Dates	Résultats analyse mg/l		Concentration (mg/m ² .j)	
	P. soluble	P. Insoluble	P. soluble	P. Insoluble
28/03/2019	indéterminé	indéterminé	indéterminé	Indéterminé
04/04/2019	indéterminé	indéterminé	indéterminé	Indéterminé
11/04/2019	indéterminé	indéterminé	indéterminé	Indéterminé
18/04/2019	indéterminé	0,0003	indéterminé	0,00107143
05/05/2019	indéterminé	indéterminé	indéterminé	Indéterminé
12/05/2019	indéterminé	indéterminé	indéterminé	Indéterminé
19/05/2019	indéterminé	indéterminé	indéterminé	Indéterminé
26/05/2019	indéterminé	indéterminé	indéterminé	Indéterminé
C. séjour	--	--	Indéterminé	
C. journalière	--	--	Indéterminé	0,00107143
C. annuelle	--	--	Indéterminé	

Tableau 22 : Résultats SAA, concentration et absorbance du Nickel dans la partie soluble et insoluble (à clos).

Dates	Résultats analyse mg/l		Concentration (mg/m ² .j)	
	P. soluble	P. Insoluble	P. soluble	P. Insoluble
28/03/2019	indéterminé	indéterminé	Indéterminé	Indéterminé
04/04/2019	indéterminé	indéterminé	Indéterminé	Indéterminé
11/04/2019	indéterminé	indéterminé	Indéterminé	Indéterminé
18/04/2019	indéterminé	indéterminé	Indéterminé	indéterminé
05/05/2019	indéterminé	indéterminé	Indéterminé	Indéterminé
12/05/2019	indéterminé	indéterminé	Indéterminé	Indéterminé
19/05/2019	indéterminé	indéterminé	Indéterminé	Indéterminé
26/05/2019	indéterminé	indéterminé	Indéterminé	Indéterminé
C. séjour	--	--	Indéterminé	Indéterminé
C. journalière	--	--	Indéterminé	Indéterminé
C. annuelle	--	--	Indéterminé	Indéterminé

NB : Indéterminé <0

Le cuivre :

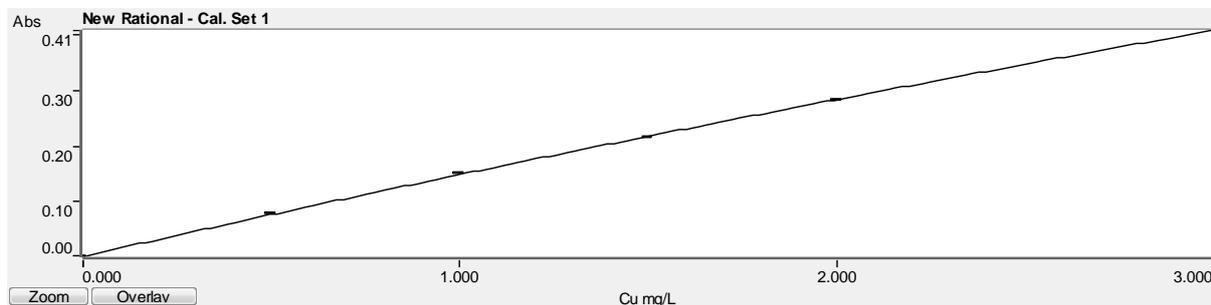


Tableau 23 : Résultats SAA, concentration et absorbance du cuivre dans la partie soluble et insoluble (à l'extérieur).

Dates	Résultats analyse mg/l		Concentration (mg/m ² .j)	
	P. soluble	P. Insoluble	P. soluble	P. Insoluble
28/03/2019	0,011	0,034	0,03928571	0,12142857
04/04/2019	0,02	0,021	0,07142857	0,075
11/04/2019	0,019	0,044	0,06785714	0,15714286
18/04/2019	0,012	0,024	0,04285714	0,08571429
05/05/2019	0,017	0,025	0,06071429	0,08928571
12/05/2019	0,02	0,022	0,07142857	0,07857143
19/05/2019	0,013	0,046	0,04642857	0,12857143
26/05/2019	indéterminé	Indéterminé	indéterminé	Indéterminé
C. séjour	--	--	2,79899984	5,15000003
C. journalière	--	--	0,39985712	0,73571429
C. annuelle	--	--	143,948563	264,855714
			2	4

Tableau 24 : Résultats SAA, concentration et absorbance du cuivre dans la partie soluble et insoluble (à clos).

Dates	Résultats analyse mg/l		Concentration (mg/m ² .j)	
	P. soluble	P. Insoluble	P. soluble	P. Insoluble
28/03/2019	0,016	0,05	0,05714286	0,17857143
04/04/2019	0,019	0,01	0,06785714	0,03571429
11/04/2019	0,012	0,006	0,04285714	0,02142857
18/04/2019	0,012	0,017	0,04285714	0,06071429
05/05/2019	0,013	0,046	0,04642857	0,16428571
12/05/2019	0,014	0,055	0,05	0,19642857
19/05/2019	indéterminé	Indéterminé	Indéterminé	Indéterminé
26/05/2019	indéterminé	Indéterminé	Indéterminé	Indéterminé
C. séjour	--	--	2,149992586	4,60000002
C. journalière	--	--	0,307141798	0,65714286
C. annuelle	--	--	110,5710473	236,57142

Questionnaire

Informations générales

À moins d'indication contraire, veuillez cocher une seule case par question. Si vous éprouvez des difficultés en répondant au questionnaire, vous pouvez demander de l'aide au responsable de la collecte de sang. Ce questionnaire sera traité de façon anonyme et confidentielle.

Sexe

• **HOMME**

• **FEMME**

Quel est le plus haut niveau de scolarité que vous avez complété?

- Études primaires ou études moyennes non complétées
- Études secondaires
- Études universitaires complétées

1. Êtes-vous de Khemis ?

- Oui
⇒ Dans quel quartier?.....
- Non
- Une province d'une région autre que Khemis
 - > Ain Defla
 - > Miliana
 - > Boumedfaa
 - > El Attaf
 - > Sidi Lakhdar
 - > autre

2. Habitez-vous dans une zone :

- **Zone rurale ?**
- **Urbaine ?**

3. Votre âge?

- Moins de 20 ans
- 20 à 29 ans
- 30 à 49 ans
- 50 ans et plus

4. Travaillez-vous dans ce secteur ?

- Oui ⇒ passer à la question 6
- Non ⇒ passer à la question 5

5. Quel est l'âge approximatif de la résidence où vous habitez (logement ou maison)?

- Moins de 10 ans
- 10 à 20 ans
- 20 ans et plus

6. Avez-vous été sur le lieu du travail, à temps complet ou à temps partiel, au cours des douze (12) derniers mois?

– temps complet

⇒ Précisez le *titre d'emploi* : _____

– temps partiel

⇒ précisez la durée :

7. Avez-vous fréquemment senti des :

des fatigues musculaires

des migraines tout le temps

dépansions de temps en temps

votre corps tremble

perte d'appétit

des douleurs abdominales

entendez-vous bien

Anémie

8. Au cours des douze (12) derniers mois, avez-vous pratiqué l'une des activités suivantes

pendant vos périodes de loisirs (Plusieurs réponses possibles)?

Recyclage ou entreposage de vieilles batteries

Réparation de radiateurs

Soudure avec du fil d'étain-plomb (ex. : fabrication de vitraux, pièces électroniques)

Fabrication d'objets en poterie ou en céramique

Fabrication de munitions pour la chasse ou de plombs pour la pêche

Pratique du tir au fusil et à la carabine dans une salle intérieure

Sablage ou décapage de meubles anciens ou de pièces métalliques

Aucune de ces activités

9. avez-vous un plombage dentaire ?

• oui

• non

10. avez-vous placé une dent métallique ?

• oui

• non

11. Quelle catégorie représente le mieux votre consommation de cigarettes?

Non-fumeur

Ex-fumeur depuis un an et plus

Ex-fumeur depuis moins de 12 mois

Fumeur occasionnel

Fumeur régulier *Veillez répondre aux questions a) et b) ci-dessous*

a) Combien de cigarettes fumez-vous par jour?

_____ cigarettes/ jour

b) À quel âge avez-vous commencé à fumer à tous les jours?

_____ ans

10. À quelle fréquence consommez-vous de l'alcool ?

À tous les jours

3 à 6 fois par semaine

1 à 2 fois par semaine

1 à 3 fois par mois Moins d'une fois par mois

Jamais ⇒ *Fin du questionnaire*

12. Nous vous remercions d'avoir pris quelques minutes de votre temps pour remplir ce questionnaire.

استبيان

يرجى من المعني شطب الخانة المناسبة للإجابة. في حال عدم فهم السؤال يرجى طلب المساعدة من القائمين على الحملة و الاستفسار.

لا يؤخذ اسم و لقب المتبرع بعين الاعتبار في هذا الاستبيان و تتم دراسة هذا الأخير دون التطرق لخصوصيات المتبرع.

جنس المتبرع:

أنثى ذكر

ما هو مستواك الدراسي:

ابتدائي أو متوسط

ثانوي

جامعي

1. هل أنت من مدينة خميس مليانة؟

نعم

لا في أي حي؟

لا

من مدينة أخرى في ولاية عين الدفلى:

عين الدفلى

مليانة

العطاف

سيدي لخضر

بومدفع

مدينة أخرى:

2. هل تسكن في:

منطقة ريفية؟ - منطقة حضرية؟

3. ما هو سنك:

• أقل من 20 سنة • بين 20 و 29 سنة • بين 30 و 49 سنة • أكثر من 50 سنة

4. هل تعمل في مدرسة التكوين شبه طبي؟

• نعم (انتقل الى السؤال السادس) • لا (انتقل الى السؤال الخامس)

5. ما هي مدة إقامتك في سكنك الحالي؟

• أقل من 10 سنوات • من 10 إلى 20 سنة • أكثر من 20 سنة

6. ما هي طبيعة دوام عملك خلال 12 شهرا الأخيرة:

• دوام كلي

- حدد

وظيفتك.....

..

• دوام جزئي

- حدد

المدة.....

....

7. هل تعاني من أحد الأعراض التالية و بصفة متكررة:

- وهن أو تعب عضلي

- صداع نصفي أو شقيقة

- نوبات عصبية أو انهيار عصبي

- رجفان في الجسم

- فقدان شهية

- آلام في الصدر

- مشاكل في السمع

8. هل مارست أحد الأعمال المذكورة أسفله في أوقات فراغك؟

- إعادة تدوير البطاريات القديمة أو استعمالها في مجالات أخرى

- إصلاح أجهزة التبريد

- التلحيم باستعمال سلك الرصاص

- الخبز أو صناعة الطين التقليدية

- الصيد باستعمال صنارات تحتوي على الرصاص

- الرماية في الصالات المغلقة

- ترميم أو إعادة هيكلة الأثاث أو النقود المعدنية

- لا شيء من المذكورات

9. هل قمت بحشو في سنك؟

نعم لا

10. هل قمت بوضع سن معدني؟

نعم لا

11. هل تدخن؟

- لا

- انقطعت عن التدخين منذ سنة أو أكثر

- انقطعت عن التدخين منذ أقل من سنة

- تدخن من حين لآخر

- تدخن بصفة منتظمة

- أجب عن السؤالين التاليين:

أ. ما هو عدد السجائر التي تستهلكها في اليوم؟.....

ب. في أي سن بدأت التدخين؟.....

12. هل تستهلك الكحول؟

- كل يوم

- من 3 إلى 6 مرات في الأسبوع

- مرة أو مرتين في الأسبوع

- مرة أو ثلاث مرات في الشهر

– أقل من مرة في الشهر

– لا أستهلك الكحول

"نشكركم على تعاونكم و منحكم من وقتكم و من دمكم للمشاركة في هذه الحملة"