

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE SAAD DAHLAB -BLIDA 1-



FACULTE DE MEDECINE
DEPARTEMENT DE PHARMACIE



EXPOSITION AU POLLUANTS VOLATILS
DOSAGE DU PLOMB PLASMATIQUE 'SAA-FOUR'
REALISATION DE CHIMIE DES URINES
DANS UNE POPULATION DE CHAUFFEURS

Thèse d'exercice de fin d'études
Présentée en vue de l'obtention du Diplôme de Docteur en Pharmacie.
Session Juin 2020

Présenté par :

- GAMOUDA Hadjer.
- FERRADJI Ikram.
- HAZOUT Imene.

Devant le jury :

- Présidente : Dr. BENAZIZ.W
Maître de conférence en pharmacie Galénique.
- Examinatrice : Dr. BENGUERGOURA.H
Maître de conférence en Chimie.
- Promoteur : Dr. MAMMERIK
Pharmacien Maître assistant en Toxicologie.

EXCUSEZ-MOI

Dr. H. BENGUERGOURA

Remerciements :

Nous tenons tout d'abord à remercier **Dieu** le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et le savoir d'accomplir ce modeste travail.

Nos sincères remerciements à notre encadreur **Dr. MAMMERI Khaled**, pour ses précieux conseils et son aide Durant toute la période du travail, et sa patience malgré cette période de confinement, qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port.

Nos remerciements s'étendent également aux membres de jury, **Dr. BENAZIZ.W** et **Dr. Benguergoura**, pour nous avoir honorés en acceptant d'examiner notre thèse et bien vouloir l'enrichir par leurs connaissances.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous nos professeurs et le personnel administratif de la faculté de médecine, pour leurs efforts consentis, qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.

Sans oublier le personnel de l'annexe Naftal (carburant Dar el Beida, Alger), pour leur collaboration.

Enfin, on remercie tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

A MES TRES CHERS PARENTS

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez. Puisse

Dieu, vous accorde santé, bonheur et longue vie

A MES CHERS FRERES

Mon frère aîné **ISAAK**, mon soutien dans la vie , mon aide dans les moments difficiles et ma fièreté .

Mon frère **Abd Salem**, le benjamin de la famille, je lui souhaite d'avoir son baccalauréat et une vie pleine de bonheur et de succès .

Que Dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.

A MES DEUX GRANDS MERES CHERIES

Qui m'ont accompagné par leurs prières, leurs douceurs, puisse Dieu leurs prête longue vie et bcp de santé et de bonheur.

A TOUTES MA GRANDE FAMILLE

Qui m'accompagne toujours par les encouragement et leurs soutiens.

A MES CHERES AMIES

IKRAM et **IMENE**, mes camarade de ce chemin , qui était la au bon et mauvais moment, je vous souhaite succes et Bonheur

Djamila , **Sarah**, **Kkhansaa**, **Yasmina**, **Nabila** et tous mes amis de promos, je vous souhaite une bonne continuation.

A TOUS CEUX QUE J'AI OMIS DE CITER.

Gamouda Hadjer

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mon très cher père, Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorde santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

A ma très chère mère Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorde santé, bonheur et protège de tout mal.

A mes très chères sœurs, Nassima, Sihem, Rofaida pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études, Puisse Dieu vous garde, éclaire votre route et vous aide à réaliser à votre tour vos vœux les plus chers.

A mes très chères nièces, Ghofrane et Nour je vous souhaite une vie heureuse pleine de joie et de bonheur et de succès.

A ma très chère Imène, à ma meilleure, celle qui n'a pas cessé de m'encourager, soutenir et conseiller, que Dieu te garde, te protège et t'offre la chance et le bonheur.

A mes chères merveilles, Ahlem, Ikram, Bouchra, Zineb, Ibtissem, Farah qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagnaient durant mon chemin merci pour tous les moments passés avec vous et ceux à venir .

A mes amis de travail, Hadjer, Ikram qui m'ont accompagnaient durant mon chemin d'études supérieures , je vous souhaite une bonne continuation.

HAZOUT Imene

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverai jamais à exprimer mon amour sincère.

❖ A MA TRES CHÈRE MÈRE : **KHELIL-CHERFI rachida**

Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, tu as toujours été présente à mes côtés pour me consoler quand il fallait. En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour toi, reçois ce travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime. Puisse le tout puissant te donner santé, bonheur longue vie, quiétude de l'esprit et te protège de tout mal.

❖ A MON TRÈS CHER PÈRE : **FERRADJI nasr-eddine** (*NACER* comme j'adore vous appeler)

Autant de phrases et d'expressions aussi éloquentes soit-elles ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance. Tu as su m'inculquer le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie. Tes conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Ta patience sans fin, ta compréhension et ton encouragement sont pour moi le soutien indispensable que tu as toujours su m'apporter. Je te dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester ta fierté et ne jamais te décevoir. que Dieu le tout puissant te préserve, t'accorde santé, bonheur, quiétude de l'esprit et te protège de tout mal.

❖ A MA TRES CHERE SŒUR **Isma** et son mari **Nadhir** , ainsi leurs enfants.

Qui n'ont cessée de me conseiller, encourager et me soutenir tout au long de mes études. Que dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

❖ A MON ADORABLE FRERE **Nassim** .

A tous les moments d'enfance passés avec toi mon frère, en gage de ma profonde estime pour l'aide que tu m'as apporté. Tu m'as soutenu, réconforté et encouragé. Puissent nos liens fraternels se consolider et se pérenniser encore plus.

❖ A MON ANGE **RYADH** .

Mon petit, tu es la source de ma joie, de mon bonheur. Tu es un ange mon chéri, que dieu te protège et te garde en bonne santé pour nous, je t'aime.

❖ A TOUTE MA FAMILLE (maternelle et paternelle)

Aucun langage ne saurait exprimer mon respect et ma considération pour votre soutien et encouragement. Que dieu le tout puissant vous garde et vous procure santé et bonheur.

❖ A MES AMIES **Hadjer** et **Imene**

Grace à votre soutien et patience que ce travail a vu le jour, je vous remercie et je vous souhaite tout le bonheur du monde et pleins de réussite.

FERRADJI ikram

Table des matières

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES.....	XII
LISTE DES TABLEAUX.....	XII
LISTE DES ABREVIATIONS.....	XIII
INTRODUCTION GENERALE.....	I

PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE I :GENERALITES

I.1. HISTORIQUE.....	3
I.2. DEFINITION DU CARBURANT.....	7
I.3. TYPES DU CARBURANT.....	7
I.3.1. Essence.....	7
I.3.1.1. Différents types d'essences.....	8
I.3.1.1.a. Essence normale.....	8
I.3.1.1.b. Supercarburant.....	8
I.3.1.1.c. Essence sans plomb.....	8
I.3.2. Gaz de pétrole liquéfié.....	9
I.3.3. Diesel.....	10
I.3.4. Kérosène.....	11
I.4. LA CONSOMMATION DES CARBURANTS EN ALGERIE.....	11

CHAPITRE II : DONNEES TOXICOLOGIQUES

II.1. POLLUANTS VOLATILS DES GAZ D'ECHAPPEMENT.....	15
---	----

Table des matières

II.2. SOURCE D'EXPOSITIONS LIES AUX POLLUANTS DES CARBURANTS.....	16
II.2.1. Exposition lié au gazd'échappement.....	16
II.2.1.a. Exposition de la population générale.....	16
II.2.1.b. Exposition professionnelle	16
II.2.2. Exposition liée à la manipulation.....	17
II.3. LES PRINCIPAUX POLLUANTS PRESENT DANS LES GAZ D'ECHAPPEMENT.....	19
II.3.1. Dioxyde de soufre.....	20
II.3.1.a. Propriétés physico chimiques	20
II.3.1.b. Toxicocinétique.....	21
II.3.1.c. Symptomatologie :	21
II.3.2. Dérivés azotés :.....	23
II.3.2.a. Propriétés physico chimiques	23
II.3.2.b. Toxicocinétique.....	24
II.3.2.c. Symptomatologie	24
II.3.3. Plomb	26
II.3.3.a. Propriétés physico chimiques.....	26
II.3.3.b. Toxicocinétique.....	27
II.3.3.c. Symptomatologie	28
II.3.4. Benzène –toluène –Ethylbenzène –xylène : BTEX.....	31
II.3.4.1. Propriétés physico-chimiques des BTEX.....	32
II.3.4.2. Benzène :.....	32
II.3.4.2.a. Toxicocinétique.....	32
II.3.4.2 .b. Symptomatologie :.....	33
II.3.4.3. Toluène	34
II.3.4.3.a. Toxicocinétique :.....	34
II.3.4.3.b. Symptomatologie :.....	34
II.3.4.4. Ethylbenzène.....	35
II.3.4.4.a. Toxicocinétique :.....	35
II.3.4.4.b. Symptomatologie :.....	35
II.3.4.5 .Xylène.....	36

Table des matières

II.3.4.5.a. Toxicocinétique.....	36
II.3.4.5.b. Symptomatologie.....	36

CHAPITRE III: SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION AUX POLLUANTS VOLATILS

III.1. SURVEILLANCE BIOLOGIQUE.....	39
III.1.1. Plomb.....	40
III.1.1.1.prélèvement	40
III.1.1.2.biomarqueurs	40
III.1.1.3.interférence	42
III.1.2.BTEX.....	43
III.1.2.1.benzène	43
III.1.2.1.1. Prélèvement.....	43
III.1.2.1.2.biomarqueurs.....	43
III.1.2.1.3.interférence.....	44
III.1.2.2.Toluène	45
III.1.2.2.1.biomarqueurs.....	45
III.1.2.2.2.interférence.....	45
III.1.2.3.Ethylbenzène.....	46
III.1.2.3.1.biomarqueurs.....	46
III.1.2.3.2.interférence.....	46
III.1.2.4.Xylène.....	47
III.1.2.4.1.biomarqueurs.....	47
III.1.2.4.2.interférence.....	47
III.2. SURVEILLANCE ATMOSPHERIQUE.....	48
III.2.1. Méthodes de prélèvement.....	48
III.2.1.1. Prélèvement actif.....	48
III.2.1.1.a. Dispositifs de prélèvement actif.....	49
III.2.1.2. Prélèvement passif.....	53
III.2.1.2.a. Dispositifs de prélèvement passif.....	53

Table des matières

III.2.1.3. Paramètres agissant sur l'échantillonnage	55
III.2.2. Méthodes d'analyses.....	56
III.2.2.1. plomb.....	56
III.2.2.1.a. Analyse.....	56
III.2.2.1.b. Valeurs réglementaires.....	56
III.2.2.2. BTEX.....	57
III.2.2.2.a. Analyse.....	57
III.2.2.2.b. Valeurs réglementaires.....	57
III.2.2.3. Oxydes d'Azotes(NOx).....	59
III.2.2.3.a. Analyse.....	59
III.2.2.3.b. Valeurs réglementaires.....	59
III.2.2.4. Dioxyde de soufre(SO ₂).....	61
III.2.2.4.a. Analyse.....	61
III.2.2.4.b. Valeurs réglementaires.....	61
III.3. PREVENTION.....	63
III.3.1. Population professionnelle.....	63
III.3.1.1. Surveillance médicale de la population exposée	63
III.3.1.2. Mesures de prévention collective.....	63
III.3.1.3. Mesures de Prévention individuelle.....	64
III.3.2. Population générale.....	64

Table des matières

PARTIE PRATIQUE

I. INTRODUCTION.....	65
II. OBJECTIFS D'ETUDE.....	65
III. MATERIELS ET METHODES.....	66
III.1. Population d'étude.....	66
III.2. Matériels et moyens.....	66
III.2.1. Fiche de renseignement.....	66
III.2.2. Prélèvement.....	66
III.2.3. Minéralisation.....	67
III.2.4. Matériels.....	67
IV.1. RESULTATS.....	68
IV.2. ANALYSE DES RESULTATS.....	69
IV.2.1. Description de la population.....	69
IV.2.2. Analyse des résultats des dosages.....	73
V. DISCUSSION.....	76

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXE

ANNEXE I : METHODES D'ANALYSES

1. SPECTROSCOPIE D'ABSORPTION ATOMIQUE	78
1.1. Spectroscopie d'absorption atomique par flamme (SAAF).....	78

Table des matières

1.2. Spectroscopie d'absorption atomique en four graphite (SAAFG).....	79
1.3. Spectroscopie d'émission avec plasma à couplage inductif (ICP).....	80
2. FLUORESCENCE X.....	80
3. CHIMILUMINESCENCE.....	81
4. METHODES CHROMATOGRAPHIQUES.....	82
4.1.Chromatographie en phase gazeuse.....	82
4.1.1. Principe.....	82
4.1.2. Appareillages.....	84
4.1.2.1. Le gaz vecteur.....	84
4.1.2.2. Injecteur.....	85
4.1.2.3. Colonne.....	85
4.1.2.4. Détecteur.....	86
4.2.Chromatographie liquide à haute performance.....	87

ANNEXE II : DIRECTIVE EUROPEENNE 98/70

1. ARTICLE 3 DE LA DIRECTIVE DU 13 OCTOBRE 1998.....	88
2. ARTICLE 4 DE LA DIRECTIVE DU 13 OCTOBRE 1998.....	88
3. ARTICLE 6 DE LA DIRECTIVE DU 13 OCTOBRE 1998.....	88

ANNEXE III : FICHES TECHNIQUES DES CARBURANTS ALGERIE ET FRANCE

Liste des figures

LISTE DES FIGURES

Figure	Désignation	Page
Figure N°1:	Exemple de composition d'une essence européenne.....	7
Figure N°2:	Nombre de Voiture GPL en 2017.....	9
Figure N°3:	Exemple de composition d'un gazole européen.....	10
Figure N°4:	Evolution de la consommation nationale des carburants terre.....	12
Figure N°5:	Consommation des carburants terre par secteur d'activité en 2016.	14
Figure N°6:	Répartition sectorielle des émissions de polluants atmosphériques en 2012 en région de Bruxelles-capitale.	15
Figure N°7:	Prévalence d'exposition aux carburants et solvants pétroliers vie professionnelle entière.	17
Figure N°8:	Prévalence d'exposition aux carburants et solvants pétroliers vie professionnelle entière selon la profession-Homme.	18
Figure N°9:	répartition des émissions de SO ₂ en France par secteur d'activité en 2002.	20
Figure N°10:	Schema métabolique du SO ₂	21
Figure N°11:	Effets de diverses teneurs en SO ₂	22
Figure N°12:	répartition des émissions de NO _x par secteur d'activité en France 2002.	23
Figure N°13:	Modèle simplifié du métabolisme du plomb chez l'humain.....	28
Figure N°14:	effet du plomb chez l'enfant et l'adulte.....	30
Figure N°15:	répartition des émissions de COV par secteur d'activité en France en 2002.	31

Liste des figures

Figure N°16:	exemple de répartition en masse des BTEX dans l'essence.....	31
Figure N°17:	Structures chimiques des biomarqueurs du benzène.....	44
Figure N°18:	Structures chimiques des biomarqueurs du toluène.....	45
Figure N°19:	Pompe à air.....	49
Figure N°20:	Montage pour la vérification du débit de prélèvement d'une cassette fermée.	50
Figure N°21:	Montage de cassette fermée sur un individu.....	51
Figure N°22:	Cassette fermée.....	51
Figure N°23:	Prélèvement actif par pompage dans un tube adsorbant.....	52
Figure N°24:	Tube adsorbant.....	52
Figure N°25:	Badge G.A.B.I.E® (Gas Adsorbent Badges for Individual Exposure	54
Figure N°26:	Badge Gabie.....	54
Figure N°27:	Badge Gillian.....	54
Figure N°28:	Badge perkin Elmer.....	54
Figure N°29:	Tube Radiello™.....	55
Figure N°30:	SAA-FOUR.....	67
Figure N°31:	Représentation de la population en fonction de l'âge.....	69
Figure N°32:	Représentation de la population en fonction de la durée d'exercice dans le poste.	70
Figure N°33:	Représentation de la population en fonction de leur établissement....	71
Figure N°34:	Représentation de la population selon la notion de tabagisme.....	72
Figure N°35:	Représentation de la population en fonction de la plombémie.....	73

Liste des figures

Figure N°36:	Représentation de la moyenne de la plombémie selon l'établissement.	74
Figure N°37:	Représentation de la moyenne de plombémie des fumeurs et des non fumeurs.	74
Figure N°38:	Représentation des moyennes des GR.....	75
Figure N°39:	Représentation des moyennes de HB.....	75

Liste des tableaux

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Désignation	Page
Tableau N°1 :	Evolution de la consommation nationale des carburants terre 2010-2016.....	11
Tableau N°2 :	Le cumul des ventes des carburants sur les cinq premiers mois de l'année 2016.....	13
Tableau N°3 :	l'évolution des niveaux de pollution observée les dernières années et la situation de chaque polluants vis-à-vis du respect de réglementation en 2009.....	19
Tableau N°4 :	toxicité du mélange de BTEX sur l'homme	37
Tableau N°5 :	Relation entre la vitesse d'élimination des biomarqueurs et le moment de prélèvement dans le cadre de la surveillance biologique des travailleurs exposés.....	39
Tableau N°6 :	Valeur seuil d'exposition aux mélanges BTEXs.....	47
Tableau N°7 :	Valeur limite d'exposition professionnelle au plomb.....	56
Tableau N°8 :	Valeurs moyenne et valeurs limites d'exposition aux BTEX.....	57
Tableau N°9 :	Valeur limites d'exposition au Benzène.....	58
Tableau N°10 :	Recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé pour les BTEX	58
Tableau N°11 :	Valeur limite d'exposition aux oxydes d'azote.....	60
Tableau N°12 :	Valeurs limites d'exposition au dioxyde de soufre.....	62
Tableau N°13 :	Les résultats des dosages.....	68
Tableau N°14 :	Répartition de la population en fonction de l'âge.....	69
Tableau N°15 :	Répartition de la population en fonction de la durée d'exercice dans le poste	70

Liste des tableaux

Tableau N°16 :	Répartition de la population en fonction de leur établissement.....	71
Tableau N°17 :	Répartition de la population selon la notion de tabagisme.....	72
Tableau N°18 :	Répartition de la population en fonction de la plombémie.....	73
Tableau N°19 :	comparaison des moyennes des différents paramètres de l'hémogramme avec les valeurs normales.	75

Liste des abréviations

LISTE DES ABREVIATIONS

ACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

ADN : Acide Désoxyribonucléique.

ALA : Acide delta-AminoLévilinique.

ALA D: Acide delta-AminoLéviliniqueDéshydratase.

APS : Algérie Presse Service.

ARH : Autorité de Régulation des Hydrocarbures.

BAL: British Anti Lewisite

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylène.

C : Carbone.

CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer.

CITEPA : centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique.

Cm² : centimètre carré.

CNRSF : centre national de la recherche scientifique en France.

CO : monoxyde de carbone.

CO₂ : dioxyde de carbone.

COV : composés organiques volatils.

CPG : Chromatographie en phase gazeuse.

CSR : code de sécurité routière du Québec.

CSTIT : La Commission de la Sécurité au Travail et de l'Indemnisation des Travailleurs.

DGS : Sous-direction de la gestion.

DSST : Direction de la Santé et de la Sécurité au Travail

E : Energie.

ESMAP: Energy Sector Management Assistance Programme.

FAAS : Spectrométrie d'absorption atomique à atomisation par flamme.

FID : Détecteur à ionisation de flamme.

FMP : Fiche résumé médico-professionnelle

FNS : Formule numération sanguine.

g /j : gramme par jour.

Liste des abréviations

g/dl : gramme par décilitre.

g/l : gramme par litre.

GC-MS : La chromatographie gazeuse couplé à la spectrométrie de masse.

GPL : Gaz de Pétrole Liquifier.

GPL/c : Gaz de Pétrole Liquéfier /carburant.

H : constante de planck.

HAM :Hydrocarburearomatiquemonocyclique.

HAP :Hydrocarburearomatiquepolycyclique.

HPLC : Chromatographie en phase liquide haute performance.

HPLC-UV:Chromatographie en phase liquide haute performance couplé a la détection ultra violet.

ICP : Spectrométrie d'émission avec plasma à couplage inductif.

ICP-MS : Spectrométrie d'émission avec plasma à couplage inductif couplé à la spectrométrie de masse.

IgG :immunoglobulines G.

INRS InstitutNational de Rechercheet de Sécurité.

Insee :Institut national de la statistique et des études économiques.

IO : indice d'octane.

IRSST : Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail.

L/min : litre par minute.

LPG :LiquedfiedPetroleum Gaz.

mg/m³ : milligramme par mètre cube.

ml/min : millilitre par minute.

mm³ : millimètre cube.

moy : moyenne.

MSD : Détecteur à spectrométrie de masse.

n.d : non date.

N₂ : diazote.

nm : nanomètre.

NO : monoxyde d'azote.

Liste des abréviations

NO₂ : dioxyde d'azote ou peroxyde d'azote.

NO₂* : dioxyde d'azote a l'état excité.

NO_x : oxydes d'azotes.

O₃ : Ozone

OIT : Organisation Internationale du Travail.

OMS : organisation mondiale de la santé.

ONS : office national des statistiques.

p.e : par exemple.

Pb : plomb

Pbs : plomb sanguin.

Pds : poids.

PM : Particulate Matter (Matieres Particulaires)

ppb : Partie Par billion (milliard).

PPE :ProtoPorphyrine Erythrocytaire.

ppm : partie par million.

PPZ :ProtoPorphyrine-Zinc.

PTE : plomb-tétraéthyle.

PTM :plombtétraméthyle.

RAS : Rien A Signaler

SAA : Spectrométrie d'absorption atomique.

SAA-ET : Spectrométrie d'absorption atomique ElectroThermique.

SAA-GF : Spectrométrie d'absorption atomique par four graphite.

SO₂ : dioxyde de soufre.

SO₂* : dioxyde de soufre a l'état excité.

S-PM : S-phénylmercapturique.

t,t-MA : l'Acide t,t'muconique.

TLV :thresholdlimit value.

ug/m³ : microgramme par mètre cube.

ul : microlitre.

UNI : Union Nationale des Investisseurs.

Liste des abréviations

VLEP : Valeur Limite d'Exposition Professionnelle.

VME : Valeur Moyenne d'Exposition.

% : pour cent.

v : Fréquence.

ΔE : différence d'énergie.

°C : degré Celsius.

INTRODUCTION

Introduction générale

La pollution de l'air est devenue une problématique majeure de nos sociétés modernes. Elle a un impact considérable sur la santé des êtres humains.

Une des sources importante de pollution est la combustion de manière générale et la combustion de l'essence de manière spécifique, qui génère plusieurs polluants comme les oxydes d'azote, le dioxyde de soufre, le monoxyde de carbone, et les COV, parmi eux les BTEX, ainsi les métaux lourds comme le plomb (Pb).

Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC), a d'ailleurs classé certains polluants des gaz d'échappement comme cancérogènes. (Groupe 2B). (Ministère des solidarités et de la santé, 2019)

En Algérie, le nombre total de voitures ne cesse d'augmenter, il est estimé par l'Office national des statistiques (ONS) à 6,4 millions de véhicules à la fin de l'année 2018, contre plus de 5,7 millions en 2015 soit une hausse de 11%. Devant cette remarquable augmentation, l'Algérie continue de commercialiser l'essence à 0.4 g de plomb par litre, et 5% de benzène. (ONS, 2019)

Donc, la population, en générale, est en exposition quotidienne aux polluants volatils émis par les gaz d'échappement, parmi eux le plomb, et certains professionnels sont fortement exposés, pendant leurs heures de travail, à cette pollution.

Confronté à cette importante exposition, peu d'études ont été réalisées, en Algérie, pour évaluer les taux de la plombémie chez notre population.

Notre travail s'inscrit dans le cadre de la surveillance biotoxicologique, de l'exposition aux émissions des gaz d'échappements, chez une population de travailleurs (chauffeurs qui exercent dans des établissements à caractères administratifs).

Avant cette pandémie, notre objectif principal c'était de réaliser une évaluation au sein d'une population plus importante, pour avoir des résultats soutenus et valider par les tests statistiques.

Introduction générale

Ce travail est composé de deux parties :

Partie théorique : Répartie en trois chapitres :

Le premier chapitre fait le point sur l'histoire, la définition, les types du carburant et sa consommation en Algérie.

Le deuxième chapitre englobe les polluants volatils des carburants et leurs sources d'exposition ainsi les données toxicologiques et physico-chimiques des principaux polluants.

Le troisième chapitre s'intéresse à la surveillance biologique et atmosphérique des principaux polluants.

Partie pratique:

Traitera la réalisation de dosages biotoxique du plomb plasmatique, FNS et chimie urinaires pour une population de chauffeurs.

L'objectif principal de ce travail est l'évaluation biotoxique du marqueur le plus fiable qui est la plombémie, chez des chauffeurs qui sont exposés au gaz d'échappement en permanence, source principale du plomb dans l'air, et en plus d'une évaluation biologique (FNS, chimie des urines).

L'objectif secondaire est de mettre en évidence l'impact de certains facteurs (l'âge, l'ancienneté dans le poste, type du carburant utilisé.)

Remarque : notre travail s'articule sur l'étude des principaux polluants des gaz d'échappement notamment: le plomb, BTEX, NOx, SO2...

PARTIE

THEORIQUE

CHAPITRE I :

GENERALITES

I.1.HISTORIQUE :

Le mot « carburant » vient du latin carbo, ce qui signifie « charbon ». Le tout premier carburant date de 1804. Il alimentait les locomotives. Il s'agissait tout simplement d'eau chaude. Mais assez vite, l'eau est remplacée par le charbon. (Douaud et Girard, 1992)

Ce dernier, est à son tour remplacé par les produits pétroliers.

Couramment utilisés, professionnellement et dans la vie quotidienne, le carburant est une source d'énergie mécanique et joue un rôle important dans l'économie. Ils sont, en majorité, obtenus à partir de la transformation du pétrole et ils sont utilisés dans plusieurs domaines. (INRS, 2006)

Passant par une Première révolution industrielle, qui concerne essentiellement le Royaume-Uni dans la deuxième moitié du XVIIIème siècle. Elle a été permise grâce aux profits tirés de l'agriculture et du commerce et repose sur le charbon, la machine à vapeur mise au point par James Watt en 1769. Cette révolution s'étend à d'autres pays beaucoup plus tardivement, au milieu du XIXème siècle. (Djibré et Gaillard, 2006)

Et puis y'a eu une deuxième révolution industrielle vers 1880, repose sur des nouvelles sources d'énergie : le pétrole et l'électricité. (Djibré et Gaillard, 2006)

Suite à l'extraction pour la première fois du pétrole par forage le 27 août 1859 par l'Américain Edwin L. Drake, à une profondeur d'une vingtaine de mètres, à Titusville, en Pennsylvanie, le pétrole supplantant très vite les sources d'énergies de l'époque. Le pétrole était certes connu depuis l'Antiquité, mais c'est la découverte de Drake qui marque le début de son exploitation industrielle. C'est également à Titusville que la première raffinerie des États-Unis voit le jour. (Lavoisy, n.d.)

C'est aussi l'époque du développement de l'automobile, de la chimie et des machines-outils. Ou il y'a eu en 1862 l'invention du moteur à explosion et l'utilisation de la gazoline (gazole de l'époque) qui a permis quelques années plus tard a Rudolf Diesel de créer le moteur a diesel dans les années 1890. (Elichegaray, Bouallala& Maitre, 2009).

Entre 1850 et 1940, l'Europe puis d'autres pays comme les Etats-Unis et le Japon connaissent une formidable croissance économique grâce à l'industrialisation de leur économie. (Djibré et Gaillard, 2006)

En outre, l'apparition des premières voitures à essence était en 1930, par le français Eugène Houdry qui a mis au point le procédé du craquage catalytique, qui permet de transformer des distillats lourds (gazole) en essence. (Giraud, 1987)

C'est à partir de cette époque, que le carburant alimente la majorité des moteurs des automobiles dans le domaine du transport, mais suite à l'essor de cette industrialisation et au 19^e siècle, la pollution a pris de l'ampleur, en conséquence de l'accumulation de très grandes quantités d'éléments toxiques, les smogs (de l'anglais smoke, fumée et fog, brouillard) qui polluent les villes britanniques de cette époque sont emblématiques de ce phénomène. (Elichegaray, Bouallala et Maitre, 2009).

Selon les travaux du centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique (CITEPA), montrent que c'est au cours de la période 1960-1990 que les émissions des principaux polluants de l'air (dioxyde de soufre, oxydes d'azote, particules en suspension, monoxyde de carbone, métaux, etc.) ont en France atteint les valeurs les plus importantes, depuis cette période, les rejets sont en diminution constante. (Elichegaray, Bouallala & Maitre, 2009).

Il faut dire que les sources de polluants de l'air sont nombreuses et variées et ne sont pas aisément quantifiables, notamment lorsqu'elles sont diffuses ou fugaces. (Elichegaray, Bouallala & Maitre, 2009).

Parmi les causes de ces polluants on trouve les additifs à fort pouvoir antidétonant ajoutés au carburant, pour éviter que le mélange air-essence n'explose trop tôt. Cette caractéristique est symbolisée par « l'indice d'octane ». Donc, L'indice d'octane est une unité de mesure de l'auto allumage d'un carburant utilisé dans un moteur. (Dawei, 2018)

Le pouvoir antidétonant d'une essence est donc défini par son indice d'octane encore noté I.O. Plus IO est élevé, plus le carburant a du mal à s'auto allumer.

Il est donc préférable d'utiliser un carburant avec un indice d'octane élevé, c'est pour cela que des additifs ont été ajoutés à l'essence seule (ordinaire), pour permettre cette augmentation. On parle alors de supercarburant. (Grossetête et Bessy, 1996)

Ces additifs ont vu le jour en 1919 aux États-Unis grâce aux études réalisées par Thomas Midgley junior, il découvre le plomb-tétraéthyle (PTE), depuis, différentes préparations du PTE sont décrites et à partir de 1960, le plomb-tétraméthyle est aussi utilisé souvent en mélange avec le plomb-tétraéthyle. (Bouguerra 1984)

Les alkyles de plomb furent les premiers additifs utilisés, pour deux raisons: ils servent à lubrifier les soupapes des moteurs et surtout a un rôle d'antidétonant qui permettaient un bon indice d'octane, mais qui avaient le gros inconvénient de produire comme résultat de la combustion, des oxydes de plomb qui se retrouvaient dans les aliments, dans l'air et dans l'eau. (Dawei, 2018)

Les États-Unis sont les premiers à avoir interdit le plomb dans l'essence, en 1975. On observera que le choix initial des États-Unis en 1975 n'est pas directement lié aux pollutions atmosphériques par le plomb. Les préoccupations liées à la pollution de l'essence ont démarré dans les années 70 avec les oxydes d'azote (NOx) résultant de la combustion dans le moteur de l'oxygène et de l'azote. La solution passait par le pot catalytique qui permet de décomposer les NOx. (Miquel 2001)

C'est en 1974, que General Motors avait inventé ce système de dépollution. Ce dernier tient son nom de la catalyse (un phénomène qui favorise ou accélère une réaction chimique). En effet, les moteurs sont censés brûler l'essence, mais cette combustion n'est pas optimale, donc le pot catalytique transforme ces éléments toxiques imbrûlés (monoxyde de carbone CO, oxydes d'azote NOx ...) des gaz d'échappement en vapeur d'eau, azote (N₂) et dioxyde de carbone (CO₂) inoffensifs pour la santé, même si ce dernier contribue à l'effet de serre (qui cause un changement de la composition de l'atmosphère, en augmentant sa capacité à retenir la chaleur). Globalement, ce système a diminué par trois les émissions de monoxyde de carbone, d'oxydes d'azote et d'hydrocarbures imbrûlés des voitures (si on ne considère pas les gaz à effet de serre). (Miquel 2001)

Après quelques années d'utilisation du pot catalytique, des analyses ont montré que le plomb est un poison pour ce système, il encrassait ses alvéoles et détruisait les pots catalytiques. C'est seulement à ce moment que l'essence au plomb fut interdite. (Deluzarche, 2005)

Ce n'est donc que lors du remplacement progressif du super par de l'essence sans plomb que l'on a pu généraliser le pot catalytique, qui sont devenu obligatoire suite à la directive de 1991 pour toutes les véhicules neufs à partir du 1er janvier 1993 (1997 pour les véhicules diesel). (Deluzarche, 2005)

La mesure s'impose, mais beaucoup plus tard, en Europe, qui devient à partir du milieu des années 80 le premier responsable des émissions de plomb dans l'atmosphère. Cette diminution prend d'abord la voie d'une réduction du pourcentage de plomb incorporé dans l'essence, grâce aux progrès des carburants et des moteurs (du maximum, dans les années 1960, qui était de 1,3 g de plomb par litre, on est passé à 0,63 g/l en 1970, puis à 0,15 g/l en 1995. La réduction passe ensuite par les mesures de prohibition, par une directive européenne (directives auto oil 98/69 et 98/70 qui interdit l'essence plombée) et une norme fixée par les industriels. (Miquel 2001)

La commercialisation de l'essence sans plomb débute en France en 1990. La substitution totale est décidée par l'arrêté du 23 décembre 1999 et est appliquée en métropole depuis le 2 janvier 2000. Cette substitution est aujourd'hui totale et les nouveaux moteurs fonctionnent avec des indices d'octane peu élevés. Ainsi, depuis cette année, plus aucune pompe ne devait distribuer de l'essence plombée dans l'Union Européenne. (Miquel 2001)

D'autres composés ont pris le relais, comme par exemple le Benzène, qui en terme d'effets sur la santé n'est guère mieux que le plomb, avec son caractère cancérigène, qui ne semble effectivement plus contesté et dont la teneur dans les essences a d'ailleurs été fixée à 5% par la directive communautaire du 20 mars 1985 relative à la teneur en plomb de l'essence, transcrite en droit français par l'arrêté du 29 octobre 1987. (Sergent 1994)

Mais compte tenu de la forte toxicité de ce dernier, sa teneur a été légalement limitée à 1% depuis les années 2000. Cela a été possible notamment grâce aux progrès de raffinage, permettant d'augmenter l'indice d'octane. (Piloret, Dananche, Luce & Fevotte, 2007)

Dans le même souci de lutter contre la pollution, les États-Unis, dans les années 90, ajoutent à l'essence sans plomb, un autre agent antidétonant, le MTBE (méthyl tertio butylether), composé à base de carbone et d'hydrogène. Ses effets sur la santé sont moins connus, L'ajout du MTBE sera finalement interdit quelques années plus tard, en réponse aux problématiques d'environnement et de santé. (Miquel 2001)

Pour les moteurs anciens, qui fonctionnaient avec de l'essence plombée, sont eux aussi alimentés par une essence sans plomb, mais « additivée » par du potassium (essence dite « supercarburant sans plomb »). Ici le rôle du potassium, qui est utilisé comme additif, n'est pas d'assurer l'indice d'octane mais de remplacer certaines propriétés du plomb comme la lubrification. (Miquel 2001)

L'Algérie est encore l'un des rares pays à commercialiser l'essence au plomb .En dépit de ses effets nocifs sur la santé, l'essence avec plomb continue à être utilisée en Algérie. Pourtant, la distribution et la commercialisation de l'essence sans plomb a débuté en 1999, par la conversion d'une première tranche de 48 stations-service, dans le but de suivre la démarche des pays européens, mais jusqu'à aujourd'hui l'Algérie continue de commercialiser l'essence au plomb. (Maiche, 2014)

Cela peut être expliqué par la nature du parc automobile national qui compte 1 538 154 (ONS) de véhicules fabriqués avant janvier 1987 et qui ne sont pas adaptés à l'essence sans plomb. Les additifs au plomb présentent l'avantage de protéger les moteurs de ces véhicules. Une véritable problématique quand on sait que plus de 50% des véhicules en Algérie ont plus de 20 ans d'âge. (Maiche, 2014)

Face à cette situation les pouvoirs publics voulaient mettre en œuvre une réglementation stricte, destinée à accélérer le retrait de la circulation des vieilles voitures. Mais cette décision a été marquée par beaucoup d'hésitations de la part des décideurs, pour des considérations d'ordre social. Pour l'heure, l'avenir de l'essence au plomb en Algérie demeure inconnu. (Maiche, 2014)

I.2. DEFINITION DU CARBURANT :

Le carburant c'est un mélange de substances dont la combustion permet le fonctionnement des moteurs thermiques. L'énergie chimique contenue dans le carburant est donc destinée à être convertie en énergie mécanique. Plusieurs produits pétroliers sont utilisés comme carburant dans de nombreux moteurs comme l'essence, le gazole, GPL et kérosène. (Demirdjian, 2006)

I.3. TYPES DU CARBURANT :

IL existe différents types de carburants sur le marché automobile : Essence, diesel, GPL, kérosène Si tous ces carburants ont pour point commun leur origine fossile – le pétrole brut –, ils ont quelques différences de composition. (Guibet, 1999)

I.3. 1. Essence :

L'essence est un carburant d'origine fossile, issue de la distillation du pétrole. Avant la combustion, l'essence est un mélange très volatile d'hydrocarbures naturels légers (entre 4 et 10 atomes de carbone) et d'autres substances chimiques organiques dérivées du pétrole brut. (Guibet, 1999)

Les producteurs ajoutent d'autres substances chimiques, appelés additifs à l'essence pour améliorer l'indice d'octane, accroître le rendement de la combustion et protéger les composants du moteur et de l'échappement. (Guibet, 1999)

L'essence contient ordinairement plus de 150 substances chimiques, dont la teneur exacte dépend de facteurs comme l'emplacement géographique, la saison, la catégorie de qualité de l'essence ou l'indice d'octane, la source de pétrole brut et le producteur. (Canada.gov, 2017)

L'essence se présente sous une couleur jaune très pale voir transparente. Elle est par ailleurs fortement odorante, facilement inflammable et très volatile. Elle est utilisée comme carburant dans les moteurs thermiques ou moteur à explosion à allumage commandé. (Colombano et al, 2014)

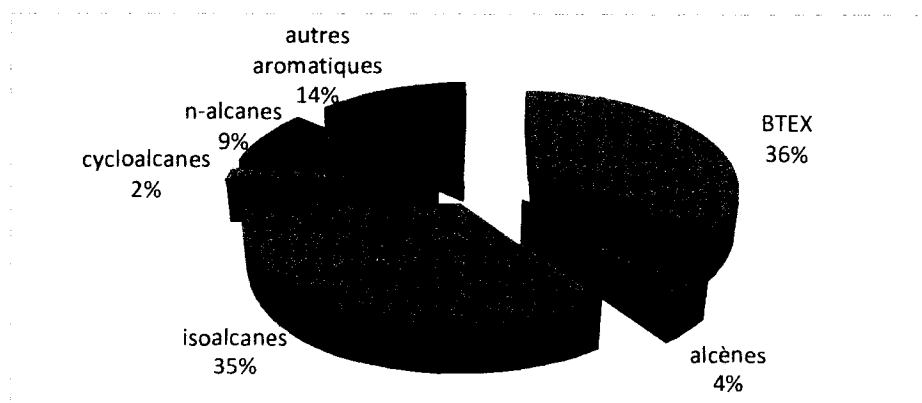


Figure N°1 : Exemple de composition d'une essence européenne (Marchal et al, 2003)

I.3. 1. 1. Différents types d'essences :

Les essences se répartissent en classes bien distinctes, selon les types de moteurs qu'elles alimentent. Ceux-ci présentent généralement des propriétés physiques semblables, mais diffèrent par leurs indices d'octane. On distingue trois types principaux d'essences carburant : l'essence ordinaire, le super carburant et l'essence sans plomb. (Guibet, 1999)

I.3. 1. 1. a. Essence normale :

Elle est composée essentiellement d'un mélange d'hydrocarbures de structures variées (paraffiniques, oléfiniques, naphthéniques, aromatiques (4% de benzène)), auquel est ajouté entre autres un dope antidétonant à base de plomb à 0.4g/L, et avec un taux de soufre fixé à un max de 0.01%Pds. L'efficacité de la combustion est caractérisée par l'indice d'octane situé entre 89 et 92. (Husson, 2013)

Nombre d'octane utilisé en Algérie est le 89. (Voir annexe III)

I.3. 1. 1. b. Supercarburant :

Il est de même nature que l'essence ordinaire, mais obtenu par un procédé de raffinage spécial afin d'améliorer l'indice d'octane qui est de 97 à 99, un IO élevé d'où son nom « supercarburant », celui utilisé en Algérie a un IO de 96. (Pilorget, Dananché, Luce et Févotte, 2007)

Sa composition diffère de l'essence ordinaire par la teneur en benzène plus élevée (4 à 6 %) due à la diminution du taux de plomb qui est inférieur à 0.4g /l. (Pilorget, Dananché, Luce et Févotte, 2007)

L'essence normale et le supercarburant ne sont plus commercialisés en Europe suite à la directive 98/70 mentionnée précédemment.

I.3. 1. 1. c. Essence sans plomb :

L'essence sans plomb est principalement un mélange d'hydrocarbures et de composés oxygénés. Le plomb n'est pas totalement éliminé de la composition, mais sa teneur est fixée à un maximum de 0.005g /L en Europe, une valeur très faible qu'ils l'ont considéré sans plomb, et à un maximum de 0.013g/L en Algérie. (Maiche, 2014)

Les autres additifs utilisés sont le MTBE (methyltertiobutylether), additif le plus employé, et le benzène, ajouté en vue d'améliorer l'indice d'octane. Compte tenu de la forte toxicité de ce dernier, sa teneur est légalement limitée à 1 % depuis 2000 en Europe et elle reste fixée à 5% pour l'Algérie. (Pilorget, Dananché, Luce et Févotte, 2007)

L'indice d'octane du sans plomb varie entre 85 et 95 selon la teneur en additifs qui ne doivent pas dépasser la limite maximale. (Voir annexe III)

I.3. 2. Gaz de pétrole liquéfié : GPL

Le GPL est un mélange d'hydrocarbures gazeux, provenant du traitement de gaz naturel (60%) et du raffinage du pétrole (40%). Ce mélange est constitué de deux gaz, le propane et le butane. Il est employé comme biocarburant dans les moteurs à combustion interne des véhicules. (Euromaster, 2019)

Bien que le GPL soit simplement désigné sous le nom de gaz, il s'agit en réalité d'un liquide. En effet, le mélange propane-butane a été comprimé de sorte qu'il occupe environ 274 fois moins de place que la normale, ce qui le transforme en un état liquide. À titre de comparaison, le GPL est comprimé 100 fois plus que l'air pressurisé dans un pneumatique de véhicule. (Euromaster, 2019)

Ce biocarburant a subi de nombreux revers et a été boudé pendant de longues années en raison de certaines restrictions. Mais depuis peu, avec la volonté des pouvoirs publics de trouver des énergies alternatives au pétrole afin de réduire la pollution et les problèmes de santé, le GPL revient à nouveau sur l'échiquier automobile et de nombreux constructeurs proposent désormais des modèles alimentés par ce type de carburant (Citroën, Dacia, Fiat...). (Euromaster, 2019)

En 2017, le GPL représentait en France 0,2 % du marché des carburants, contre 0.006% en 2016. (Euromaster, 2019)

En Algérie de 2015 à 2016 y'a eu une augmentation d'utilisation du GPL de 0.2% (Ministère de L'énergie- ARH, 2017)

Le GPL (Sirghaz®) est un carburant 100% Made in Algeria, alors que la majorité de l'essence est importée de l'étranger. L'Algérie importe 1 milliard de dollars d'essence chaque année (statistiques 2016). Le GPL évite donc des importations inutiles. (GPL Algérie, 2019)

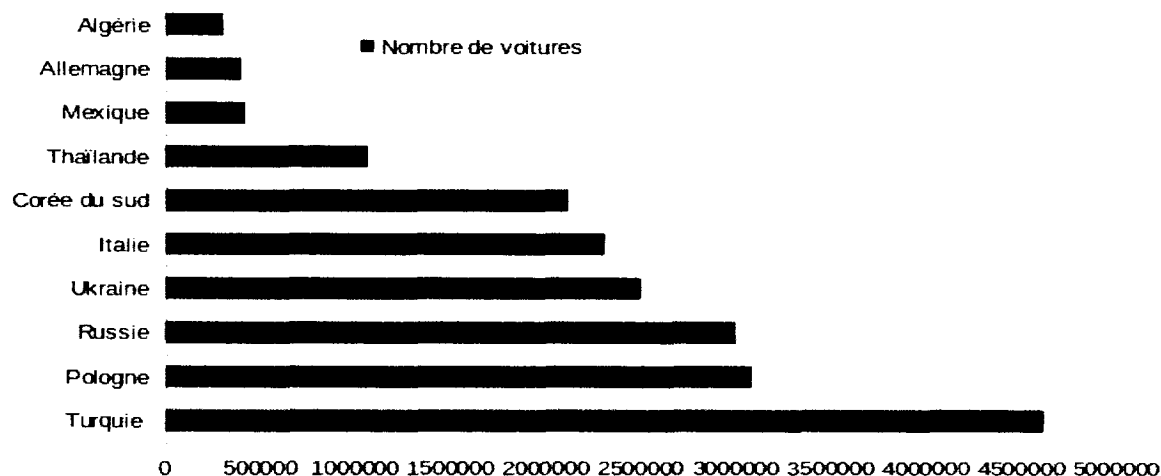


Figure N°2 : Nombre de Voiture GPL en 2017 (World LPG Association 2019)

Le GPL est très répandu dans le monde, et l'Algérie est plutôt loin dans le classement :

L'Algérie comptera plus de 490.000 véhicules roulant au gaz de pétrole liquéfié carburant (GPLc) à la fin de 2019. (Algérie Presse Service, 2019)

I.3. 3. Diesel :

Le diesel ou gazole est également issu du raffinage de pétrole brut. Pendant ce processus, différents hydrocarbures sont isolés, entre 2000 à 4000 hydrocarbures différents, dont le nombre d'atomes de carbone varie entre 11 et 25. Le gazole est donc plus lourd que l'essence et est composé de produits moins volatils. Une fois la distillation du pétrole effectuée, le gazole subit des traitements supplémentaires pour répondre aux réglementations en vigueur :

Élimination du soufre contenu dans le produit, réduction des particules polluantes, amélioration de l'indice de cétane influant sur l'auto-inflammation du moteur, car contrairement aux moteurs à essence, le carburant diesel doit s'enflammer facilement pour que le moteur fonctionne de manière optimale, cette aptitude à l'allumage est définie par l'indice de cétane. Par l'adjonction de divers additifs, on va augmenter cet indice et optimiser les caractéristiques de qualité de ce carburant. Pour parfaire sa composition, le diesel peut se voir ajouter différents additifs de performance comme l'additif détergent, anti-mousse ou encore anti-corrosion. (Colombano et al, 2014)

Le diesel est un liquide incolore ou légèrement jaune qui présente une odeur de pétrole. Il est très largement utilisé comme carburant automobile des moteurs à allumage par compression. (Colombano et al, 2014)

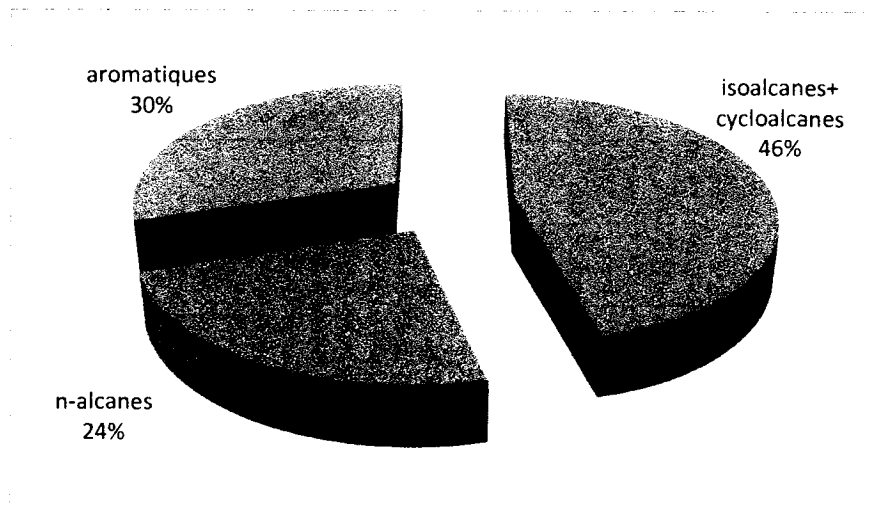


Figure N°3 : Exemple de composition d'un gazole européen (Marchal et al, 2003)

I.3. 4. Kérosène :

Le kérosène est un mélange complexe d'hydrocarbures obtenus par distillation du pétrole brut. Ces hydrocarbures ont un nombre de carbone compris majoritairement entre 9 et 16 (C9 et C16), donc il est plus proche du gazole que de l'essence dans sa composition. Le kérosène est un liquide blanc ou légèrement jaune qui présente une légère odeur de pétrole. (Colombano et al, 2014)

Par le passé, ce produit servait à l'éclairage et au chauffage, ce qui est encore le cas dans plusieurs pays en voie de développement. Aujourd'hui, le kérosène est avant tout utilisé en tant que carburant dans l'aviation. Il est privilégié par l'aviation car il ne gèle qu'à partir de -47°C . (Colombano et al, 2014)

I.3.4. LA CONSOMMATION DES CARBURANTS EN ALGERIE :

La consommation nationale des carburants terre a connu un rythme de croissance élevé. Elle est passée de 0,6 million de tonnes en 1964 à 5,9 millions de tonnes en 1999 et 11,3 millions de tonnes en 2010 pour atteindre 14,9 millions de tonnes en 2016. Cette hausse est due à :

- La croissance soutenue de l'activité économique, notamment dans les secteurs industriels et des transports,
- L'amélioration des revenus des ménages induisant une croissance du parc automobile national,
- Les niveaux des prix relativement bas des carburants. (Ministère de l'énergie– ARH, 2017)

Tableau N°1 : Evolution de la consommation nationale des carburants terre 2010-2016 (Unité : million de tonnes) (Ministère de l'énergie, ARH, 2017)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Taux de croissance annuel moyen
Gas-oil	8 221	8 810	9 440	9 764	9 978	10 616	10 323	3,9%
Essences	2 697	3 028	3 415	3 826	4 124	4 428	4 269	8%
GPL-c	0 347	0 349	0 343	0 333	0 311	0 291	0 352	0,2%

Sur la période 2010-2016, le taux de croissance annuel moyen de la consommation des carburants a atteint 4,8%. Le gas-oil a enregistré une croissance moyenne annuelle de 3,9 %, les essences 8% et le GPL-c 0,2%. (Ministère de l'énergie– ARH, 2017)

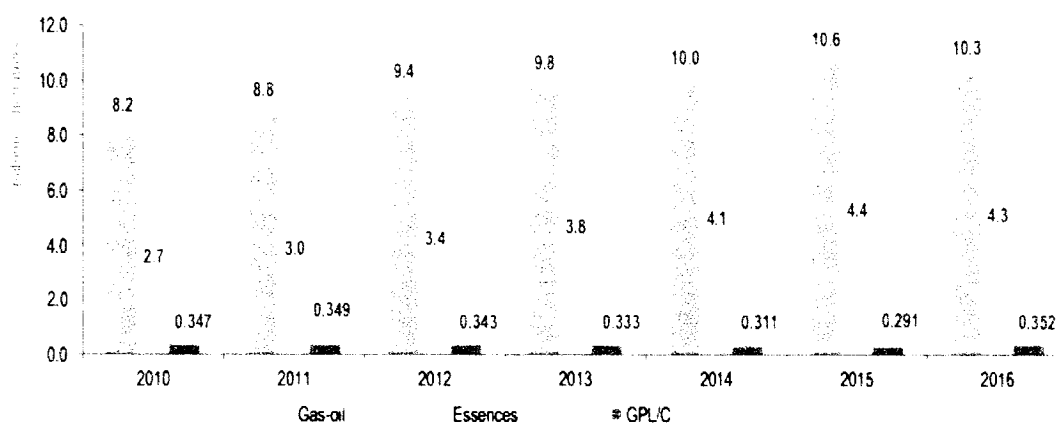


Figure N°4 : Evolution de la consommation nationale des carburants terre (Unité : million de tonnes) (Ministère de l'énergie, ARH, 2017)

Avec un volume de 352 000 tonnes, la consommation nationale du GPL-c a connu une hausse de +21% en 2016 contre une baisse de -6,4 % en 2015. L'engouement vers l'utilisation du GPL-c'est dû au maintien de son prix constant (9 DA/litre) depuis l'année 2005, induisant ainsi un écart important du prix par rapport aux essences. (Ministère de l'énergie– ARH, 2017)

Tableau N°2 : Le cumul des ventes des carburants sur les cinq premiers mois de l'année 2016 (les chiffres entre parenthèses sont ceux de la même période de 2015) (Union Nationale des Investisseurs « UNI » APS, 2016)

Produits	Quantité (tonnes)	Evolution
Essence Normale	453.179 (460.707)	-2%
Essence supe	661.452 (744.710)	-11%
Essence sans plomb	524.223 (474.458)	11%
Total Essence	1.638.855 (1.681.890)	-2%
Gasoil	4.042.252 (3.997.885)	2%
Total Carburants	5.681.106 (5.679.773)	0,3%
GPL/C	118.905 (104.207)	14%

D'après tableau on remarque :

- La consommation de l'essence sans plomb a augmenté de 11%.
- En somme, les ventes cumulées de ces trois catégories d'essence se sont réduites de 2%.
- Pour le gasoil, la consommation a grimpé de 2% entre les deux périodes de comparaison.
- Les quantités de GPL/C commercialisées durant la période allant de janvier à mai 2016 ont connu une hausse de 14% (UNI et APS, 2016)

Selon les responsables de Naftal, l'augmentation des quantités commercialisées en GPL/C est imputable à l'augmentation des prix des autres carburants dans le cadre de la loi de finances 2016, à la hausse du nombre de conversions de véhicules vers ce carburant propre, à l'ouverture de nouveaux centres de conversion en parallèle de la mise en place des nouveaux points de vente dédiés exclusivement à la commercialisation du GPL/C. (UNI et APS, 2016)

Quant à la croissance des ventes de l'essence sans plomb, elle s'explique principalement par le rajeunissement du parc automobile national qui s'est traduit par une certaine hausse du nombre des véhicules haut de gamme dont les propriétaires optent pour ce type de carburant. (UNI et APS, 2016)

La consommation des carburants en Algérie est classée selon l'ordre décroissant suivant : Le gasoil, super, essence sans plomb, l'essence normale et en dernière position le GPL/c, qui malgré l'augmentation de son utilisation, reste le carburant le moins consommé. (UNI et APS, 2016)

Part du secteur des transports : la consommation des carburants terre dans le secteur des transports représente 85% de la consommation totale des carburants en Algérie (près de 12,4 millions de tonnes). (Ministère de l'énergie- ARH, 2016)

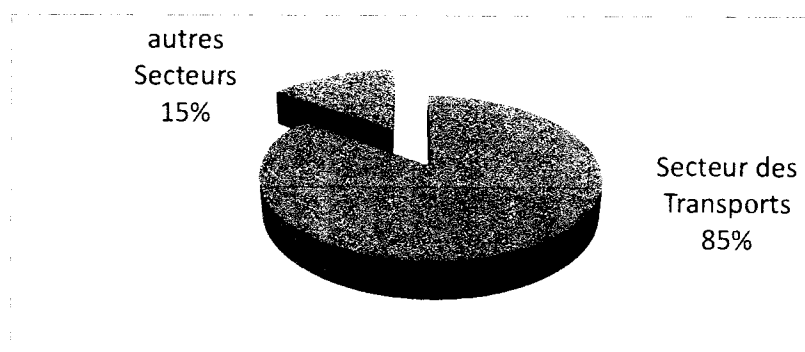


Figure N°5 : Consommation des carburants terre par secteur d'activité en 2016 (Ministère de l'énergie - ARH, 2016)

Le parc automobile Algérien : Le parc automobile de l'Algérie comptait plus de 6,4 millions de véhicules à fin 2018, avec 255.538 véhicules neufs, contre plus de 6,1 millions de voitures en 2017, soit une hausse annuelle de plus de 4%, indiquent les données de l'Office national des statistiques (ONS). (UNI et APS, 2020)

Avec une moyenne d'un véhicule pour 7 personnes et un parc automobile âgé entre 10 et 20 ans, la quantité de particules fines générées par ces moteurs fatigués est simplement inimaginable et effroyable. Les effets sur la santé humaine, notamment celle des enfants, ne sont plus à prouver. (Bersali, 2017)

CHAPITRE II :
DONNEES
TOXICOLOGIQUES

II.1. POLLUANTS VOLATILS DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT :

La grande majorité des polluants, gaz ou particules proviennent de l'utilisation des combustibles fossiles (essence et diesel) qui, à eux seuls, comblent environ 80 % des besoins énergétiques mondiaux. Ces combustibles sont surtout utilisés pour le transport, qui demeure l'un des sources les plus importantes de polluants volatils. (Younessi, 2015)

Les gaz d'échappement des moteurs sont un mélange complexe de centaines de substances chimiques, sous forme gazeuse ou particulaire. Les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone, dioxyde de soufre sont les principaux gaz. À eux s'ajoutent d'autres polluants chimiques comme les métaux lourds (pb) et les composés organiques volatils (COV) qui comprennent des produits nocifs tels le benzène et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). (CITEPA, 2015)

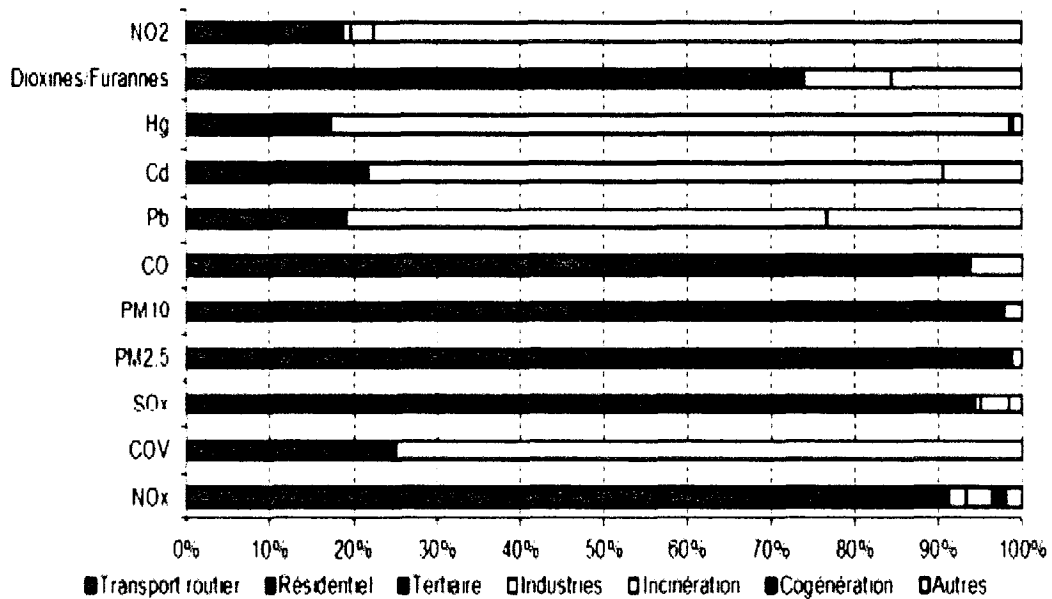


Figure N°6 : répartition sectorielle des émissions de polluants atmosphériques en 2012 en région de Bruxelles-capitale (IBGE, 2014)

II.2. SOURCE D'EXPOSITIONS LIES AUX POLLUANTS DES CARBURANTS :

II.2.1. Exposition lié au gaz d'échappement :

II.2.1.a. Exposition de la population générale :

La provenance et la concentration des polluants varient d'un endroit à l'autre en fonction de la densité de la population, du nombre des véhicules, de leurs anciennetés et type de moteur, des normes environnementales en vigueur, etc. Dans un même quartier et selon l'heure ou la saison, on peut aussi observer des différences importantes. Ainsi, les taux de pollution sont souvent plus élevés aux abords des grandes artères routières, ou des industries. Entre autres le contenu exact des gaz d'échappement en polluants dépend, de la formulation de l'essence qui est brûlée, des caractéristiques mécaniques du moteur, du poids et de la vitesse du véhicule ainsi que des caractéristiques de conduite du conducteur. Bon nombre des effets nocifs observés après une exposition au carburant sont causés par certaines substances chimiques spécifiques, comme le benzène et le plomb. (Brunekreef et Holgate, 2002)

II.2.1.b Exposition professionnelle :

Il existe des situations professionnelles entraînant des expositions aux fumées d'échappement et autres polluants, avec des risques de toxicité d'autant plus significatifs que la durée d'exposition est longue et répétée. (INRS, 2019)

Principales situations professionnelles entraînant des expositions aux gaz d'échappement

- Salariés travaillant dans des espaces confinés (les plus exposés) : utilisateurs d'engins à moteurs pour la réalisation de travaux souterrains, conducteurs de chariots automoteurs passant un temps notable à l'intérieur d'entrepôts...
- Travailleurs chargés de l'entretien ou du contrôle technique des véhicules à moteur.
- Conducteurs d'engins (chantiers, industrie extractive...), de tracteurs agricoles, de poids lourds ou même de véhicules légers.
- Personnel travaillant à proximité de ces véhicules et engins (travail sur la voie publique, dans les cabines de péage ou les parkings).
- Utilisateurs de petits moteurs à essence (petits groupes électrogènes, disquieuses, tronçonneuses...), exposés à des gaz d'échappement.
- Utilisateurs d'engins (chariots automoteurs...) équipés de moteurs à gaz dans des locaux mal ventilés.
- Mécanicien.
- Certains professionnels comme les policiers, les livreurs, et chauffeurs (taxis, transports en commun, poids lourd) (INRS, 2019)

II.2.2. Exposition liée à la manipulation :

Il existe d'autres situations professionnelles entraînant des expositions aux risques de nombreux produits toxiques par contact cutané (huiles, carburants, solvants...).

Principales situations professionnelles entraînant des expositions liées à la manipulation

- l'employé de station-service (Opérateur de station-service – Pompiste – Hôte de caisse en station-service) s'occupe de la distribution des carburants. Il dépose les carburants, surveille les pistes, les entretient, et encaisse. Il peut également procéder à quelques opérations de petite mécanique (niveaux, changement de pneumatiques ...). (FMP-CISME, 2012).
- les garagistes professionnels de la réparation automobile. (mécanicien, carrossier) (INRS, 2008)

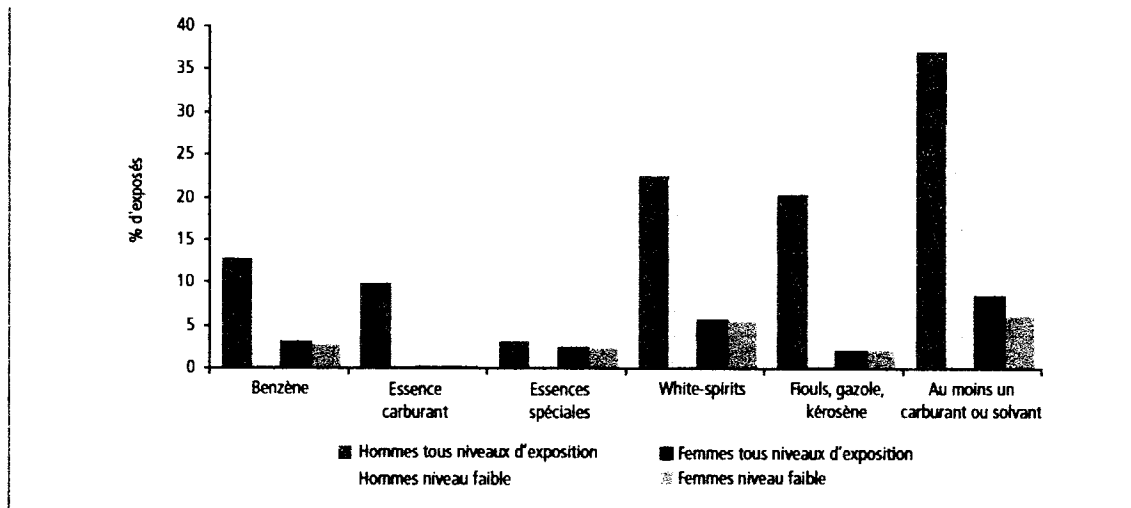


Figure N°7 : Prévalence d'exposition aux carburants et solvants pétroliers vie professionnelle entière (Dananché et al, 2007)

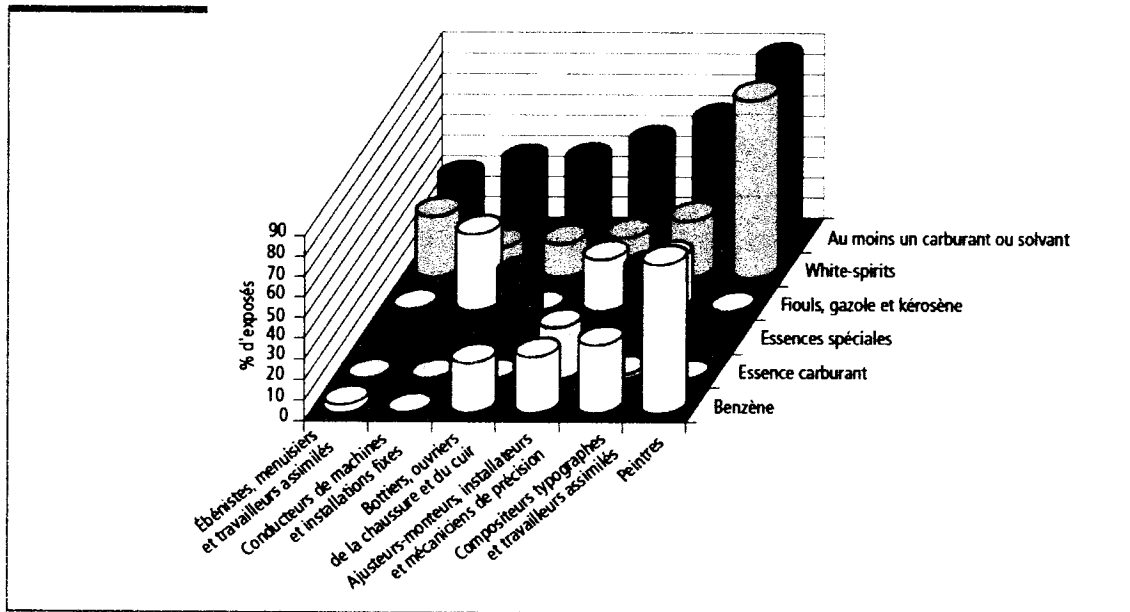


Figure N°8 :Prévalence d'exposition aux carburants et solvants pétroliers vie professionnelle entière selon la profession-Homme. (Dananché et al, 2007)

II. 3. LES PRINCIPAUX POLLUANTS PRESENT DANS LES GAZ D'ÉCHAPPEMENT :

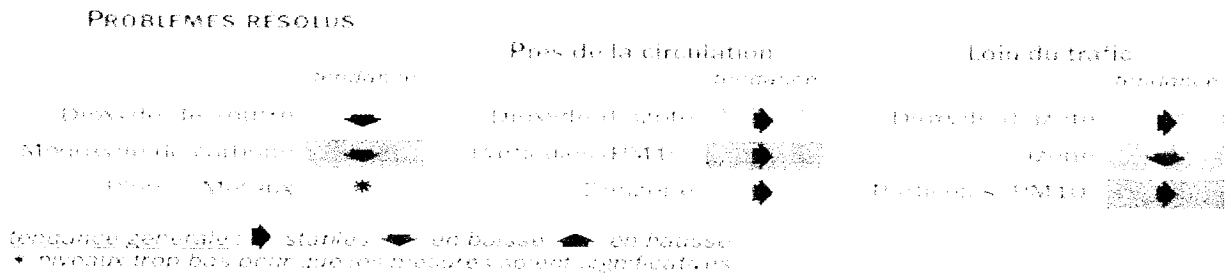
On entend par pollution automobile la contamination de l'atmosphère liée à la circulation routière provoquée principalement par la combustion de combustibles fossiles (en particulier de pétrole sous forme d'essence et de gazole) Les polluants émis correspondent aux constituants des carburants (hydrocarbures), aux additifs ou impuretés qu'ils contiennent (plomb dans le supercarburant ou soufre dans le gazole) et aux produits de combustion (monoxyde de carbone, hydrocarbures imbrûlés, oxydes d'azote et suies). (Magdelaine, 2000)

Les polluants primaires sont directement issus des sources de pollution principalement de gaz d'échappement, il s'agit de :

- Des oxydes de carbone.
- Des oxydes de soufre.
- Des oxydes d'azote.
- Des hydrocarbures légers.
- Des composés organiques volatils (COV).
- Des particules.
- Des métaux (plomb, mercure, cadmium...). (Airparif 2010)

Ces polluants sont en abaissement constant en Europe surtout le plomb après l'an 2000 par rapport à leurs évolutions inconnues en Algérie.

Tableau N°3 : Représente l'évolution des niveaux de pollution observée les dernières années et la situation de chaque polluants vis-à-vis du respect de réglementation en 2009 FRANCE (airparif, 2010)



II.3.1. Dioxyde de soufre :

Son origine est liée à la présence de soufre, impureté qui est contenue dans presque tous les combustibles fossiles, notamment le fuel et le charbon, leur combustion oxydant le soufre en oxyde de soufre.

Les principales sources de ce gaz sont les centrales thermiques, les centres de production de chauffage, et les grosses installations de combustion de l'industrie.

Les secteurs tertiaire et résidentiel (chauffage individuel ou collectif) constituent le deuxième type d'émetteur, alors que les transports ne représentent qu'une faible part des émissions totales.

Ainsi, les émissions de dioxyde de soufre sont surtout concentrées en période de chauffe hivernale avec le chauffage au fioul. (Magdelaine, 2000)

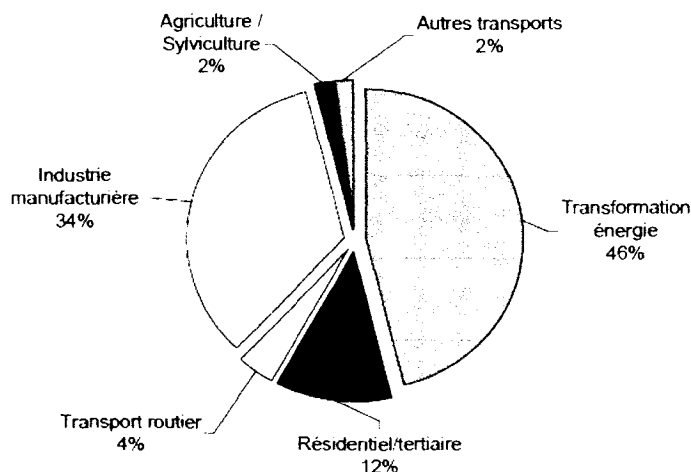


Figure N°9 : Répartition des émissions de SO₂ en France par secteur d'activité en 2002 (CITEPA, 2004)

II.3.1.a. Propriétés physicochimiques :

Le dioxyde de soufre est un gaz incolore, plus lourd que l'air, d'odeur piquante très irritante et perceptible dès 1,1 ppm, très soluble dans l'eau et soluble dans un grand nombre de composés : alcools, acides acétique et sulfurique, éther éthylique, acétone, toluène... (INRS, 2006)

À température ordinaire et en l'absence d'humidité, le dioxyde de soufre est un gaz relativement peu réactif et très stable. De nombreux oxydants réagissent violemment sur le dioxyde de soufre. (INRS, 2006)

Les métaux et alliages usuels (en particulier : fer, acier, plomb, aluminium, cuivre et nickel et leurs alliages...) ne sont pas attaqués par le dioxyde de soufre sec ; le zinc et les métaux alcalins le sont par contre facilement. En présence d'humidité ou à température inférieure à la température de rosée, le produit devient très corrosif. (INRS, 2006)

II.3.1.b. Toxicocinétique :

Chez l'homme, la principale voie d'exposition au SO₂ est l'inhalation. C'est un gaz très soluble dans l'eau qui est rapidement absorbé par les muqueuses des voies respiratoires supérieures. Le nez absorbe la majorité du SO₂ inhalé. La respiration par la bouche augmente sensiblement la quantité de SO₂ atteignant les poumons. (INERIS, 2011)

Le SO₂ se dissocie rapidement dans l'eau pour former des ions hydrogène, sulfite et bisulfite. Ces deux derniers entraînent des dommages cellulaires en interagissant avec d'autres molécules. De plus, l'ion bisulfure est un puissant broncho spastique. (INERIS, 2011)

Le SO₂ absorbé passe dans le sang pour être distribué dans tout l'organisme. Les sulfites réagissent avec les protéines plasmatiques pour former des S-sulfonates et peuvent aussi réagir avec l'ADN. La détoxification a lieu essentiellement au niveau hépatique par oxydation en sulfates (via l'enzyme sulfite oxydase), éliminés dans les urines. (INERIS, 2011)

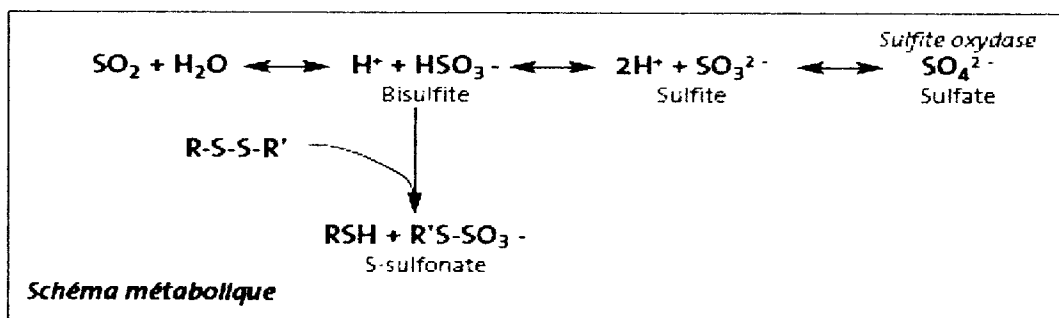


Figure N°10 : schéma métabolique du SO₂ (INRS, 2006)

II.3.1.c. Symptomatologie :

Le dioxyde de soufre est un irritant des muqueuses, de la peau et des voies respiratoires supérieures (toux, dysphées, etc.). Il agit en synergie avec d'autres substances, les particules fines notamment. Comme tous les polluants, ses effets sont amplifiés par le tabagisme. (Atmo, 2017)

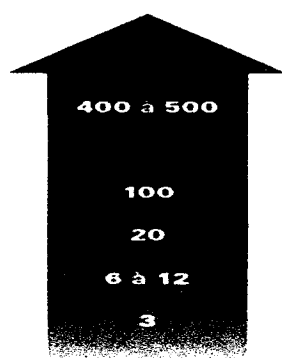
Le mélange acido-particulaire peut, en fonction des concentrations, provoquer des crises chez les asthmatiques, accentuer les gênes respiratoires chez les sujets sensibles et surtout altérer la fonction respiratoire chez l'enfant (baisse de capacité respiratoire, toux). (Atmo 2017)

L'exposition prolongée (pollution atmosphérique, exposition professionnelle) augmente l'incidence de pharyngite et de bronchite chronique. Celle-ci peut s'accompagner d'emphysème et d'une altération de la fonction pulmonaire en cas d'exposition importante et prolongée. Les effets pulmonaires sont augmentés par la présence de particules respirables, le tabagisme et l'effort physique. L'inhalation peut aggraver un asthme préexistant et les maladies pulmonaires inflammatoires ou fibrosantes. (INRS, 2006)

De nombreuses études épidémiologiques ont démontré que l'exposition au dioxyde de soufre, à des concentrations normalement présentes dans l'industrie ou dans certaines agglomérations, peut engendrer ou exacerber des affections respiratoires (toux chronique, dyspnée) et entraîner une augmentation du taux de mortalité par maladie respiratoire ou cardiovasculaire (maladie ischémique). (INRS, 2006)

Effets de diverses teneurs en SO₂

Teneurs en dioxyde de soufre
(exprimé en ppm)



État de santé et effets sur l'homme

- ▶ Concentration dangereuse qui peut causer un œdème des poumons et de la glotte, puis la mort après une exposition prolongée
- ▶ Exposition maximale pour une période de 30 minutes
- ▶ Irritation des yeux
- ▶ Irritation du nez et de la gorge
- ▶ L'odeur devient facilement détectable

Figure N°11 : Effets de diverses teneurs en SO₂. (Gazdetectorg, 2006).

Effet sur la santé du dioxyde de soufre (SO₂)

Figure N°11 : Effets de diverses teneurs en SO₂. (Gazdetectorg, 2006).

II.3.2. Dérivés azotés :

Le terme « oxydes d'azote » désigne le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Les sources principales sont les véhicules et les installations de combustion. (Atmos, 2017)

Le dioxyde d'azote (NO₂) est émis lors des phénomènes de combustion, principalement par combinaison de l'azote et de l'oxygène de l'air.

Le pot catalytique a permis depuis 1993, une diminution des émissions des véhicules à essence, mais l'effet reste encore peu perceptible compte tenu de la forte augmentation du trafic et de la durée de renouvellement du parc automobile. De plus, les véhicules diesel, en forte progression ces dernières années, rejettent davantage de NO_x. (Atmos, 2017)

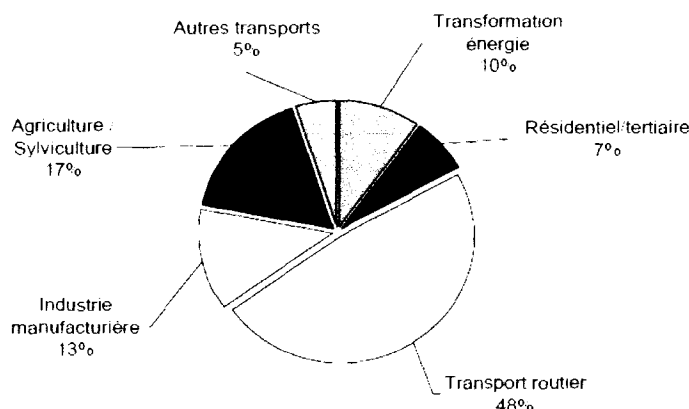


Figure N°12 : répartition des émissions de NO_x par secteur d'activité en France 2002. (CITEPA, 2004)

II.3.2.a. Propriétés physicochimiques :

Le monoxyde d'azote est un gaz incolore à température ordinaire, d'odeur douceâtre ou piquante, perceptible dès 0,3 ppm, peu soluble dans l'eau.

Le monoxyde d'azote est un composé instable qui, à température ordinaire, se combine avec l'oxygène atmosphérique en formant du dioxyde d'azote. A température élevée, il agit comme oxydant sur un grand nombre de produits ; à des températures plus basses au contraire, il peut jouer le rôle de réducteur. (INRS, 2006)

Le peroxyde d'azote ne se présente pas comme une espèce moléculaire pure. À des températures inférieures à - 11 °C, il est polymérisé en dimère N₂O₄ ; au fur et à mesure que la température augmente, le dimère se dissocie en monomère NO₂. La proportion des deux produits en présence est fonction de la température. Le peroxyde d'azote à température ordinaire est un liquide très volatil jaune brun ou un gaz rouge brun, plus lourd que l'air, d'odeur très irritante, perceptible dès 0,11 ppm, soluble dans l'eau. (INRS, 2006)

Dans les conditions normales, le peroxyde d'azote est un composé stable. Il ne se décompose qu'à partir de 160 °C avec formation de monoxyde d'azote et d'oxygène. Il réagit lentement avec l'eau en donnant de l'acide nitreux HNO_2 et de l'acide nitrique HNO_3 . De très nombreux composés peuvent réagir de manière explosive avec lui : hydrocarbures liquides, nitrobenzène... (INRS, 2006)

Les métaux usuels ne sont pas attaqués par les oxydes d'azote rigoureusement anhydres et sous atmosphère inerte, exception faite du cuivre et de ses alliages pour le peroxyde d'azote. En présence d'humidité par contre, ces produits sont très agressifs vis-à-vis de nombreux métaux dès la température ordinaire. (INRS, 2006)

II.3.2.b. Toxicocinétique :

Les oxydes d'azote pénètrent dans l'organisme essentiellement par inhalation, mais les passages transcutané et au cours de contacts oculaires sont possibles. Le monoxyde d'azote, peu soluble dans l'eau, pénètre dans la circulation sanguine au niveau des alvéoles alors que le peroxyde d'azote, plus soluble, est absorbé à tous les niveaux du tractus respiratoire. Chez l'homme l'absorption de peroxyde d'azote est de 81-90 % pendant une respiration normale et 90 % pendant une respiration forcée. (INRS, 2006)

Le monoxyde d'azote pénètre dans la circulation sous forme non transformée. In vitro, il se lie à l'hémoglobine pour former de la nitrosylhémoglobine qui se transforme en méthémoglobine en présence d'oxygène. Après absorption, le peroxyde d'azote est hydrolysé en acide nitrique puis transformé en ions nitrites avant de pénétrer dans la circulation sanguine ; après arrêt de l'exposition, le taux sanguin de ces ions diminue rapidement. Les nitrites réagissent avec l'hémoglobine pour former la nitrosylhémoglobine dont le taux est en relation linéaire avec l'exposition. (INRS, 2006)

La majeure partie des nitrates est excrétée dans l'urine par les reins. Les nitrates sanguins restants sont excrétés soit dans la cavité buccale par la salive, où ils sont convertis en nitrites par les bactéries, atteignent l'estomac, y sont transformés en azote gazeux et disparaissent, soit dans l'intestin où ils sont transformés par les bactéries intestinales en ammoniac excrété dans les fèces, soit à travers les parois intestinales et excrété dans l'urine après métabolisation en urée. (INRS, 2006)

II.3.2.c. Symptomatologie :

Le mécanisme exact de la toxicité pulmonaire du peroxyde d'azote n'est pas connu. Cependant, l'hypothèse d'un effet direct par oxydation des lipides et des protéines membranaires a été postulée ; l'inflammation pulmonaire est en effet diminuée après ingestion d'antioxydants (vitamines C et E). (INRS, 2006)

En raison d'éventuelles réactions de nitrosation, on peut envisager, en présence d'amines et dans certaines conditions, la possibilité de la formation de nitrosamines. Certaines nitrosamines sont inactives mais la majorité d'entre elles peut donner, après transformation, des métabolites alkylants susceptibles d'effets génotoxiques, tératogènes ou cancérogènes. (INRS, 2006)

L'inhalation de fortes concentrations peut provoquer une forte irritation des voies aériennes et entraîner des lésions broncho pulmonaires parfois mortelles ou laissant des séquelles. Lors d'expositions répétées à de faibles concentrations, on peut observer un emphysème pulmonaire et une sensibilité accrue aux infections respiratoires. On ne dispose pas de donnée sur d'éventuels effets cancérogènes ou sur la fonction de reproduction. (INRS, 2006)

L'intoxication chronique, avec des troubles irritatifs oculaires et respiratoires, est discutée. Cependant, il semble que l'exposition prolongée à une concentration insuffisante pour induire un œdème pulmonaire puisse favoriser le développement d'emphysème. L'exposition prolongée à de faibles concentrations (0,5 à 3,5 ppm) semble favoriser le développement d'infections pulmonaires. Cette diminution de la résistance aux infections pourrait s'expliquer par une réduction des IgG observée chez des travailleurs exposés au NO₂. (INRS, 2006)

II.3.3. Plomb :

L'utilisation de l'essence au plomb a plus de répercussions sur l'organisme humain qu'aucune autre source polluante, notamment en raison de la nature dispersive de ses résidus de combustion. Quand l'essence au plomb est brûlée, des particules extrêmement fines décomposées du plomb sont émises dans l'air, où elles peuvent rester en suspension pendant des semaines. Ces particules peuvent être déplacées sur des distances considérables et sont très facilement absorbées par le corps humain à travers les poumons. (ESMAP, 2003)

Il existe majoritairement sous forme inorganique, par opposition à sa forme organique. (INERIS, 2016)

Les deux seuls composées organique du plomb correspondant, encore actuellement, à une utilisation industrielle importante sont le plomb tetraméthyle (PTM) et le plomb tetraéthyle (PTE). Le plomb est uni par des liaisons de covalence extrêmement solide aux carbones des groupements méthyle ou éthyle. De ce fait il n'est pas ionisé et ne réagit pas avec les réactifs chimiques habituels du plomb minéral (sulfure, sulfate, dithiosone) et notamment avec les antidotes chimiques (BAL, chélateurs). L'accumulation dans une même molécule de plusieurs restes organiques (méthyle, éthyle) lui confère une liposolubilité qui va lui imposer une toxicocinétique différente de celle des composées minérales du plomb et conditionner, notamment, son affinité particulière et sa grande toxicité pour le système nerveux. (Boudene, 1990)

II.3.3.a. Propriétés physico-chimiques :

Le plomb naturel est rarement disponible à l'état pur dans son environnement. Ce minéral est extrait d'autres minerais. Son nom est tiré du terme latin • plumbum. (semmlali et al. 2004)

Ce métal résistant -à la couleur grise bleuâtre- possède une demi-vie géochimique de 7 siècles (être dégradé et dispersé qu'après plusieurs siècles). Ce qui en fait un métal très stable, il s'oxyde très lentement. Par ailleurs, en prenant à la surface une couleur blanche. En dépit du fait que le plomb est toxique et écotoxique. Il est doté quand même d'une propriété malléable : ce qui facilite sa manipulation. Son nom est tiré du terme latin • plumbum Son numéro atomique est le 82 et son symbole le Pb. (Semmlali et al. (2004))

II.3.3.b. Toxicocinétique :

L'organisme humain peut absorber le plomb par les voies respiratoires, les voies digestives ou par la peau.

- **Voies respiratoires** : C'est habituellement la principale voie d'absorption de source professionnelle et le plomb inhalé peut être absorbé jusqu'à 30 à 50 % selon la grosseur des particules, leur solubilité, le volume respiratoire et les variations physiologiques d'un individu à un autre. Par exemple, une personne dont le nez serait bouché et qui respirerait uniquement par la bouche verrait augmenter la quantité inhalée, et donc absorbée. C'est aussi le cas d'un fumeur dont la clairance mucociliaire est diminuée, ce qui favorise une plus grande rétention du contaminant dans les poumons. Il ne s'agit là que de quelques exemples des nombreux facteurs pouvant expliquer la différence de plombémie chez deux individus exposés à la même concentration de plomb dans l'air ambiant. (IRSST ,2003)
- **Voies digestives** : Chez l'adulte, de 5 à 15 % du plomb ingéré est absorbé au niveau gastro-intestinal. Chez l'enfant, la quantité de plomb absorbé peut atteindre 50 %. On sait en outre qu'un régime pauvre en calcium, en fer ou en phosphore favorisera l'absorption du plomb au niveau de l'intestin. (IRSST ,2003)
- **Peau** : L'absorption par la peau de composés inorganiques et de certains composés organiques du plomb est négligeable. Il reste que certains composés organiques pénètrent dans l'organisme par la peau, notamment le tétraéthyle et le tétraméthyle de plomb. De plus, si la peau présente des blessures, telles des coupures, des abrasions et des ulcérations, il y a lieu de prendre les mesures préventives appropriées. (IRSST ,2003)

-Plus de 90 % du plomb absorbé circule dans le sang lié aux érythrocytes et peut traverser la barrière placentaire aussi bien que la barrière hématoencéphalique. Comme on peut le voir dans la (figure n°13), une partie du plomb est par la suite déposée dans les tissus mous et osseux, et une autre partie est excrétée avec les selles, l'urine, la sueur et les téguments (cheveux et ongles). Lorsque les échanges entre les différents compartiments sont à l'état d'équilibre, 90 % de la charge corporelle se trouve dans les os et sur tout dans les os longs. Certains facteurs prédisposent à la libération du plomb à partir des os. C'est le cas notamment des infections aiguës ou chroniques, de l'acidose postopératoire, de l'alcoolisme, des fractures, de certains médicaments et de la grossesse ou de l'allaitement. Avec l'âge, chez les gens ayant une charge corporelle importante, la déminéralisation des os peut constituer une source importante d'exposition au plomb associée à des effets cardiovasculaires et à des troubles cognitifs. (IRSST ,2003)

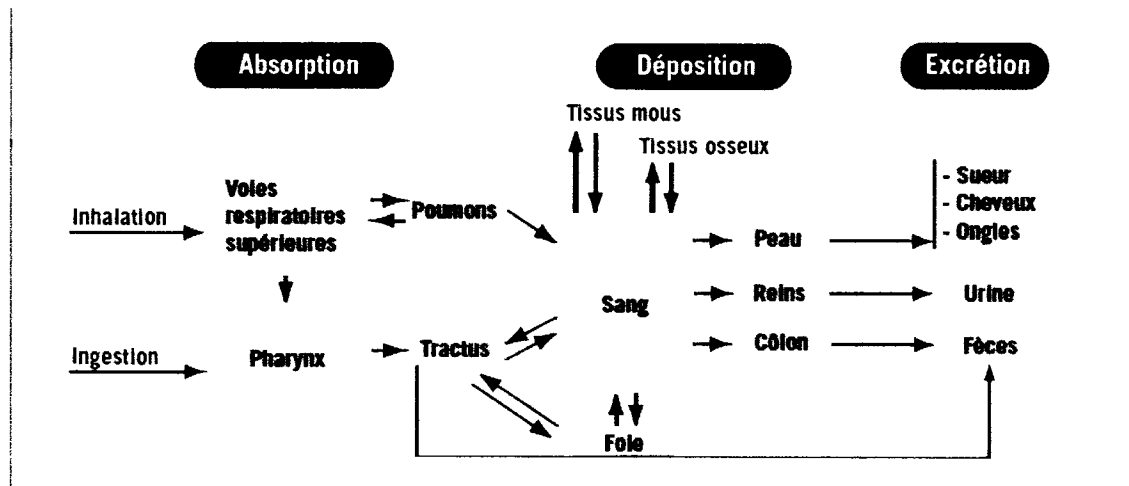


Figure N°13 : modèle simplifié du métabolisme du plomb chez l'humain. (IRSST ,2003)

II.3.3.c. Symptomatologie :

Lorsque l'intoxication est légère, les symptômes permettent rarement de conduire au diagnostic de saturnisme. C'est pourquoi il est nécessaire d'évaluer l'exposition dans les situations à risque par dosages dans l'atmosphère. Un suivi biologique des travailleurs est notamment nécessaire par le dosage de la plombémie. Selon taux de plomb dans l'organisme, les effets suivants apparaissent :

- **Syndrome abdominal :** Dans sa forme typique, c'est la colique saturnine : douleurs abdominales intenses associées à une constipation opiniâtre et, parfois, à des vomissements, sans fièvre, sans contracture abdominale, sans chute tensionnelle, sans signe radiographique de pneumopéritoine ou d'occlusion. (DGS,2002)
- **Effet sur système nerveux :** troubles de l'humeur et de la mémoire, détérioration des capacités intellectuelles, atteinte des nerfs moteurs périphériques. (Désamiantage, 2018)
- **Atteintes rénales :** Le plomb peut produire deux types d'atteinte rénale :
 - Une tubulopathie proximale qui s'observe en cas de contamination importante correspondant à une plombémie dépassant généralement 700 µg/L ; elle se traduit par une fuite de protéines de faibles poids moléculaires (b-microglobuline, retinol-binding protein, a-1-microglobuline, etc.) ; chez l'enfant, se trouve parfois réalisé un véritable syndrome de Toni-Debré-Fanconiavec, outre la protéinurie, une aminoacidurie, une glycosurie, une hypercalciurie et une hyperphosphaturie ; l'atteinte tubulaire guérit à l'arrêt de l'exposition .
 - Une atteinte rénale tardive, qui s'observe après 10 à 30 ans d'exposition. C'est une insuffisance rénale modérée due à des lésions glomérulaires et tubulointerstitielles sans caractère spécifique ; elle est définitive. (DGS, 2002)

➤ **Effets hématologiques**

- **Troubles de la synthèse de l'hème** : Le plomb interfère avec la synthèse de l'hème en inhibant la déshydratase de l'acide delta-aminolévulinique (ALAD), l'hème synthétase et, à un moindre degré, la coproporphyrinogène décarboxylase. L'ALAD est très précocement inhibée : la diminution de son activité est déjà décelable alors que la plombémie est inférieure à 100 µg/L. L'accumulation de l'acide delta-aminolévulinique (ALA), résultant de l'inhibition de l'ALAD, n'est perceptible que lorsque l'enzyme est inhibée à 80 p. 100, ce qui correspond à une plombémie d'environ 350-400 µg/L. L'élévation de la concentration intra érythrocytaire de la protoporphyrine libre (ou de la protoporphyrine-zinc) est due à l'inhibition de l'hème synthétase ; elle devient détectable, lorsque la plombémie dépasse 200-250 µg/L. Lorsque la plombémie atteint 800 µg/L, les protoporphyrines intra-érythrocytaires ne s'élèvent plus. La coproporphyrinurie s'élève lorsque la plombémie dépasse 400 µg/L. (DGS, 2002)
 - **Anémie** : L'anémie de l'intoxication saturnine résulte non seulement d'une inhibition de la synthèse de l'hème, mais encore : d'une toxicité membranaire directe et d'une déplétion en glutathion des hématies, entraînant une hyperhémolyse ; d'une inhibition de la synthèse de la globine, du transport du fer et de la production d'érythropoïétine. L'anémie est le fait des formes graves ou d'une carence martiale associée. Elle est généralement modérée, typiquement normochrome, normocytaire, sidéroblastique et discrètement hypersidérémique. (DGS, 2002)
 - **hématies à granulations basophiles** : Ce sont des hématies immatures. Les granulations sont constituées de résidus d'ARN ribosomal qui s'agglomèrent en mottes après coloration basique. Elles résultent de l'inhibition de la pyrimidine-5'-nucléotidase érythrocytaire. (DGS, 2002)
- **Autres** : cardiovasculaire, hépatiques, endocriniens, perte auditive, insomnie, hypertension artérielle, hyperuricémie... (DIDF, 2018)
- **Effet sur la reproduction** :
- Chez la femme : effets sur la grossesse (avortement, accouchement prématuré...)
 - Chez l'homme : altération de la production des spermatozoïdes. (DIDF 2018)
- **Effet sur les enfants** : Les enfants sont particulièrement sensibles à l'intoxication par le plomb. Celle-ci peut se traduire par des effets sur le système nerveux central, d'autant plus importants que le sujet est jeune, avec des signes cliniques pouvant être graves (coma convulsif, troubles du comportement, retard mental...). Une mère ayant une forte quantité de plomb dans son organisme va en transmettre à son enfant durant la grossesse. Et ensuite par le biais de l'allaitement, ce qui peut entraîner un retard du développement psychomoteur et mental de l'enfant. (DIDF, 2018)

- **effet cancérigène** : Le potentiel cancérigène du plomb est source de débats. Les rares études de cas sont insuffisantes pour emporter la conviction d'un rôle causal direct du plomb dans la genèse de certains cancers chez l'homme. Aucune méta-analyse des études épidémiologiques n'a pu conclure de façon définitive sur la cancérogénicité du plomb pour l'homme. (DIDF, 2018)

Cependant, le plomb a des effets si divers et complexes au niveau moléculaire qu'il est difficile de l'exclure a priori de tout soupçon de participation à un ou des effets cancérigènes. (DIDF, 2018)

Enfant	Concentration du plomb (Pb) ⁴ dans le sang en µg/L (µmol/L)	Adulte
Décès	1500 (7,24)	
	1000 (4,83)	Encephalopathie
Encephalopathie Atteinte rénale Anémie franche		- Anémie franche
		- Diminution de l'espérance de vie
		- Effets sur la fonction reproductrice de la femme
Colique	500 (2,41)	■ Synthèse de l'hémoglobine
		- Symptômes subnéphrétiques francs
■ Synthèse de l'hémoglobine	400 (1,93)	■ Vitesse de conduction nerveuse
■ Métabolisme de la vitamine D	300 (1,45)	- Altération de la fonction testiculaire
■ Vitesse de la conduction nerveuse		- Néphropathie chronique
■ Protoporphyrine érythrocytaire		■ ALA urinaire et coproporphyrine
■ Métabolisme de la vitamine D	200 (0,97)	- Pression systolique (hommes blancs de 40 à 59 ans)
		- ■ Audition
Trouble de développement (■ Q.I., ■ audition, ■ croissance)	100 (0,48)	■ Protoporphyrine érythrocytaire (homme)
Traverse la barrière placentaire		■ Protoporphyrine érythrocytaire (femme)
		- ■ Hypertension?
		- Inhibition de ALA-D
■ Augmente la fonction		
■ Diminue la fonction		

4. Le plus bas niveau où des effets sont observables.
5. L'Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) américaine mentionne qu'il n'y a peut être pas de seuil pour cet effet.

Figure N°14 : effet du plomb chez l'enfant et l'adulte (IRSST ,2003)

II.3.4. Benzène –toluène –Ethylbenzène –xylène : (BTEX)

Le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes, regroupés sous le terme BTEX font partie d'un groupe particulier de COVs : les COVs mono-aromatiques. Les BTEX sont plus précisément des hydrocarbures aromatiques. Ils ont été regroupés sous l'appellation BTEX en raison de leur tendance à se trouver collectivement dans les sites de contamination. Prenons l'exemple de l'une de leur source, le trafic routier. En effet, ce mélange est élaboré dans les raffineries de pétrole pour fabriquer les carburants des véhicules essence où l'on retrouve du benzène. Le toluène est ajouté aux carburants pour améliorer leurs propriétés antidétonantes et les Xylènes sont émis par les véhicules automobiles à la suite d'une réaction à l'intérieur du moteur. (Cicolella, 2008)

Parmi eux le benzène est le plus important et le plus dangereux pour la santé humaine. D'où la nécessité de limiter sa teneur dans le supercarburant sans plomb à 1% depuis janvier 2000. (ACGIH, 2003)

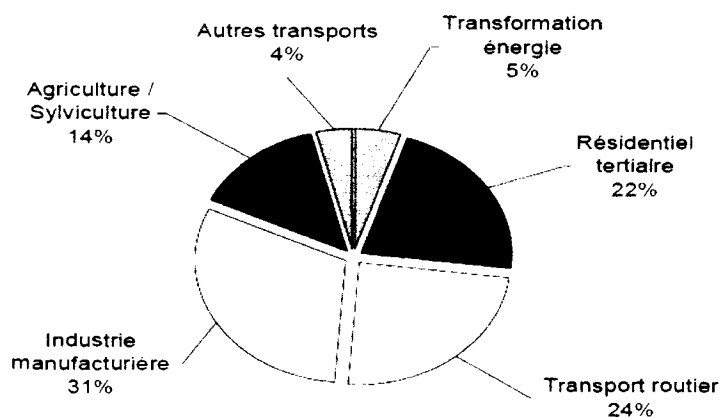


Figure N°15 : répartition des émissions de COV par secteur d'activité en France en 2002 (CITEPA, 2004)

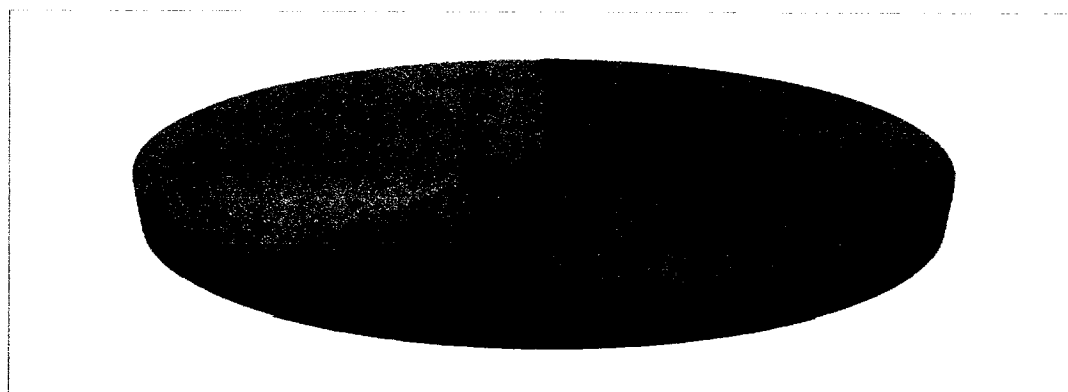


Figure N°16 : Exemple de répartition en masse des BTEX dans l'essence (Ata mitra & Roy, 2011)

II.3.4.1 .Propriétés physico-chimiques des BTEX :

Les BTEX sont, à température ambiante, des liquides incolores, à forte odeur aromatique, moins dense que l'eau dans laquelle ils sont pratiquement insolubles. Ils sont miscibles à la plupart des solvants organiques. (Gayral, 2017)

Le toluène est un excellent solvant pour un grand nombre de substances naturelles ou de synthèse (huiles, graisses, résines) (Gayral, 2017)

Dans les conditions normales d'emploi, les xylènes sont des produits stables. Ils réagissent avec de nombreux composés et constituent d'ailleurs des matières premières importantes en synthèse organique. (Gayral, 2017)

II.3.4.2. Benzène :

Le benzène (C₆H₆) fait partie de la famille des HAM (hydrocarbures aromatiques monocycliques). C'est un solvant liquide volatil présent dans l'essence et utilisé dans l'industrie chimique. Il est également généré par la combustion incomplète de l'essence dans les moteurs. Le transport routier, émissions des moteurs en marche et émissions évaporatoires de l'essence et ça constitue la source principale des émissions de benzène à l'air libre. (IBGE, 2014)

II.3.4.2.a. Toxicocinétique :

Le benzène pénètre principalement par voie pulmonaire avec un stockage variant de 30 à 80% de la quantité inhalée, la voie orale et cutanée sont exceptionnelles et ne concerne que des cas particuliers (ingestion massive ou contacte prolongé au benzène). (Bismuth ;2000)

Le benzène absorbé est transporté par le sang, fixé aux protéines plasmatiques et aux hématies. Du fait de sa lipophilie il se distribue rapidement dans les organes riches en lipides tel que le foie, le système nerveux, la moelle osseuse et les glandes surrénales. Il est métabolisé dans le foie, la première réaction, catalysée par le système du cytochrome P450 (CYP2E1), conduit à la formation d'époxybenzène intermédiaire électrophile très réactif, très instable, qui pourra se fixer sur les macromolécules cellulaires (protéines, ADN) pour donner des adduits, ou conduire à la formation d'autres dérivés phénoliques qui sont transformés ensuite en sulfo et glucurono conjugués, puis être éliminés par voie urinaire. C'est la formation in situ des phénols qui serait responsable de la toxicité du benzène. (INRS, 2018).

Après inhalation, ingestion ou application cutanée, le benzène se retrouve principalement tel quel dans l'air expiré et sous forme métabolisée dans les urines. (INRS ,2018)

II.3.4.2.b. Symptomatologie :

Le benzène partage la toxicité aiguë de tous les solvants hydrocarbonés.

Les intoxications aiguës au benzène sont rares et surtout accidentelles, elles peuvent produire par suite de manipulation ou emplois industriels défectueux. (Hegazy, 2014).

Les expositions au benzène, quel que soit leur niveau et leur durée, comportent des risques toxiques du fait que le benzène est cancérigène. L'OMS estime qu'il n'y a pas de seuil sous lequel le benzène ne constitue pas un risque pour la santé. (Géradine, 2014).

- **Toxicité non hématologique:** L'inhalation de benzène provoque :

Des troubles neuropsychiques regroupés sous le terme «syndrome psycho-organique» : irritabilité, diminution des capacités d'attention et de mémorisation, syndrome dépressif et troubles du sommeil.

Des troubles digestifs, tels que nausées, vomissements, épi gastralgies.

Par contact cutané, le benzène entraîne des irritations locales. (Schindhelm;2009)

- **Maladies cardiovasculaire :** Les travailleurs exposés aux vapeurs de benzène surtout ceux de l'essence, ont prouvés une élévation significative de la MPO (myéloperoxydase) qui est l'un des biomarqueurs les plus prometteurs du stress oxydatif pour les cardiologues cliniciens (Schindhelm; 2009)
- **Atteinte des tissus hématopoïétiques :** Elle est dominante avec pancytopénie. Elle est spécifique de l'intoxication chronique au benzène, Elle serait liée à la formation de métabolites intermédiaires réactifs formés lors de l'oxydation en phénols et responsables d'effets de toxicité directe : aplasie médullaire, leucémie. (INRS, 2018)

NB : La pancytopénie est la diminution de tous les éléments figurés du sang : globules rouges, globules blancs et plaquettes. (INRS, 2019)

- **Effet cancérigène confirmé :** le CIRC classe le benzène classe parmi les cancérogènes avérés pour l'homme (groupe 1) sur la base de leucémies observées dans des études épidémiologiques, pour deux formes de leucémies à évolution rapide : la leucémie myéloïde aigue et la leucémie non lymphocytaire. (INRS, 2019)
- **Effet génotoxique :** In vitro le benzène n'est pas mutagène sur les bactéries. Mais in vivo on relève des aberrations chromosomiques sur les lymphocytes des populations exposées. (INRS, 2019)

II.3.4. 3. Toluène :

Il s'agit d'un composé aromatique monocyclique c'est un constituant naturel du pétrole, tout le toluène présent dans l'essence provient du procédé normal de raffinage du pétrole. (Echeverria; 1989)

II.3.4.3.a. Toxicocinétique :

Le toluène est rapidement et efficacement absorbé à travers les poumons (environ 50 à 30 %) (Low et coll., 1988) et une grande partie du toluène inhalé peut atteindre le cerveau avant d'être détoxifiée par le foie ; (Sato, 1988). L'absorption à partir des voies gastro-intestinales est plus lente et moins efficace. (Pyko et Vapatalo, 1977).

Initialement, le toluène se répartit dans les tissus hautement vascularisés et riches en lipides comme le cerveau, les reins et le foie, mais il s'accumule principalement dans les tissus adipeux. (Sato, 1988).

Environ 20 % de la dose absorbée est expirée telle quelle par les poumons. Le reste est métabolisé principalement par oxydation en alcool benzylique, lequel est oxydé par la suite en benzaldéhyde et en acide benzoïque. La majeure partie de l'acide benzoïque est conjuguée avec de la glycine pour former de l'acide hippurique avant son excrétion dans l'urine (Ogata et al, 1970).

II.3.4.3.b. Symptomatologie :

La toxicité aiguë du toluène inhalé ou ingéré est relativement faible.

L'exposition répétée au toluène provoque :

- des signes neurologiques centraux (psycho-syndrome organique, altération de l'audition et de la vision des couleurs).
- Des atteintes hépatiques et rénales ont également été rapportées.
- irritation des voies respiratoires.
- Une dermatose chronique peut être observée en cas de contact répété.
- il n'y a pas de donnée suffisante sur un effet cancérogène du toluène chez l'Homme.
- Une augmentation du nombre de fausses-couches et une foetotoxicité ont été décrites. (Lauwerys ;2007) .

II.3.4.4. Ethylbenzène :

L'éthylbenzène est utilisé dans les carburants : ainsi, l'essence sans plomb peut renfermer de 1,8 à 4,7 % d'éthylbenzène. Il est naturellement présent dans le pétrole brut. (USEPA, 1994)

II.3.4.4.a. Toxicocinétique :

L'éthylbenzène est bien absorbé par inhalation et par voie cutanée. Par voie cutanée, l'éthylbenzène est mal absorbé sous forme vapeur, contrairement à la forme liquide. (USEPA, 1994)

Chez l'homme Aucune donnée concernant la distribution de l'éthylbenzène n'est disponible, quelle que soit la voie d'absorption. Toutefois, des études ont suggéré une répartition similaire à celle observée chez le rat (après exposition par inhalation, l'éthylbenzène se distribue dans tout l'organisme, les quantités les plus importantes étant situées au niveau du foie, du tractus gastro-intestinal et de la carcasse. Un taux plus faible est mesuré dans le tissu adipeux. (USEPA, 1994)

L'éthylbenzène, en présence de mono-oxygénases à cytochrome P450, subit d'abord une oxydation progressive de sa chaîne latérale puis des conjugaisons menant à un grand nombre de métabolites. (USEPA, 1994)

L'excrétion majeure est urinaire, sous forme d'acides mandélique et phénylglyoxylique (USEPA, 1994)

II.3.4.4.b. Symptomatologie :

L'éthylbenzène a une faible toxicité aiguë.

L'inhalation répétée de concentrations supérieures à 100 ppm entraîne une asthénie, des céphalées et une irritation des yeux et des voies respiratoires. Des anomalies neurologiques fonctionnelles (syndrome psycho-organique) ont été mises en évidence chez des salariés exposés à des mélanges de solvants aromatiques dont l'éthylbenzène. (ATSDR, 2010)

Les contacts cutanés sont à l'origine d'une dermatose liée à une action sur la couche lipidique ; elle se traduit par une peau sèche et craquelée. Dans certaines études, des perturbations hématologiques (leucopénie, lymphopénie) ainsi que des désordres hépatiques sont mentionnés. (ATSDR, 2010)

- pas d'effet génotoxique.
- pas d'effet cancérogène.
- pas d'effet sur la reproduction. (ATSDR, 2010)

II.3.4.5 .Xylène :

Les xylènes, comme le toluène, sont des homologues supérieurs du benzène dont les propriétés physicochimiques sont proches, mais qui présentent cependant des différences essentielles de métabolisme et de toxicité. (INRS, 2016).

II.3.4.5.a. Toxicocinétique :

Par voie pulmonaire, passées les 10 premières minutes d'exposition, la quantité de xylènes absorbée correspond à environ 65 % de la quantité. Les xylènes liquides sont absorbés par la peau l'absorption gastro-intestinale n'a pas été étudiée ; elle est probablement élevée. (INRS, 2016).

L'équilibre de distribution entre le sang et les tissus est atteint en 6 heures. L'exercice physique modifie la distribution tissulaire Lors d'une exposition de plusieurs jours consécutifs, il existe une accumulation des xylènes dans l'organisme. (INRS, 2016)

Chez l'homme, environ 95 % de la quantité de xylènes absorbée sont oxydés dans le foie. La majeure partie est transformée, par oxydation d'un groupe méthyle, en acides méthylbenzoïques qui sont conjugués à la glycine pour former les acides méthylhippuriques. À la différence du benzène, seule une faible quantité subit une oxydation nucléaire : les xylénols représentent moins de 2 % des xylènes métabolisés. (INRS, 2016)

Le facteur limitant du métabolisme est la capacité de conjugaison des acides méthylbenzoïques à la glycine. (INRS, 2016).

La voie d'élimination principale est rénale. Environ 90 à 95 % des xylènes absorbés sont éliminés dans les urines, dans les 24 heures, sous forme d'acides méthylhippuriques. (INRS, 2016)

II.3.4.5.b .Symptomatologie :

La toxicité aiguë des xylènes est commune à celle de la plupart des hydrocarbures liquides. (INRS, 2016).

La voie respiratoire est la principale voie d'intoxication en milieu professionnel. De façon générale, la toxicité à terme est modérée. Les quelques manifestations décrites relèvent essentiellement d'observations isolées. Les xylènes n'entraînent en général pas d'effet spécifique les distinguant des autres solvants. (INRS, 2016)

Le syndrome psycho-organique, à un stade réversible ou irréversible, est l'effet toxique chronique majeur des xylènes. Les xylènes ne sont pas hématotoxiques, les observations anciennes rapportant des effets hématologiques et médullaires lors d'expositions au xylène étaient probablement dues à une contamination du produit technique par du benzène. (INRS, 2016)

Les xylènes ont une action desséchante et dégraissante sur la peau en contact et sont responsables de dermatoses d'irritation chroniques (peau sèche et squameuse), ils ne sont pas allergisants à l'état pur. (INRS 2016)

- Pas d'effet génotoxique.
- Pas d'effet cancérigène.
- Effet suspect sur la reproduction (INRS 2016).

Tableau N°4 : toxicité du mélange de BTEX sur l'homme (INERIS, 2014)

Polluants	Voies d'exposition	Organes cibles principal	Organes cibles Il aire	cancérogénicité
Benzène	Pulmonaire Cutané Digestive	Système hématopoïétique	Système nerveux central Système immunitaire Cœur	+
Toluène	Pulmonaire Cutané Digestif	Système nerveux central	Foi, rein Poumon	-
Ethylbenzène	Pulmonaire Cutané Digestif	Foie et rein	Peau	-
Xylène	Pulmonaire Cutané Digestive	Système nerveux central peau	poumon Rate rein	-

CHRYSTIE B. III

CURFELLMAN

DISNEY PRODUCTION

III. SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION AUX POLLUANTS VOLATILS :

La surveillance biologique, ou biomonitoring, est une démarche visant à prévenir, et à évaluer les risques pour la santé d'individus exposés, professionnellement ou non, à des substances toxiques présentes dans l'environnement. (Foa&Alessio, 2005)

La surveillance de l'exposition étant actuellement la plus répandue en toxicology. Elle implique le dosage dans les fluides biologiques de paramètres dont la majorité sont des biomarqueurs de dose interne. Ces indicateurs biologiques sont en général dosés dans le sang et l'urine. Les résultats des dosages sont interprétés par rapport à des valeurs de références adaptées, soit aux populations professionnellement exposées, soit à la population générale. (Haufroid, 2003)

Cette interprétation n'est pas toujours aisée, de même que le choix du biomarqueur d'exposition approprié. (Haufroid, 2003)

Malgré ses nombreux avantages, le biomonitoring présente quelques limites qui le rendent complémentaire à une autre démarche de prévention de la santé, la surveillance de l'air ambiant (la surveillance atmosphérique). (Lauwerys, 2007)

Afin d'illustrer la surveillance biologique de l'exposition aux gaz d'échappement, ainsi la surveillance atmosphérique, plusieurs exemples de substances toxiques et leurs biomarqueurs associés sont passés en revue : comme le plomb, les BTEX (benzène, toluène, ethylbenzène, xylène), dioxyde de soufre (SO₂) et oxyde d'azote (NO_x). (Lauwerys, 2007)

Surveillance de l'exposition aux polluants volatils

III. 1. SURVEILLANCE BIOLOGIQUE :

Le choix du milieu biologique et du moment de prélèvement dépendent des caractéristiques cinétiques du contaminant : voie d'absorption, distribution dans les différents compartiments de l'organisme, accumulation éventuelle, métabolisation et élimination. (Foa et al, 2005)

Dans le cadre de la surveillance biologique de l'exposition des travailleurs exposés, plusieurs moments de prélèvement peuvent être envisagés en fonction de la demi-vie d'élimination du biomarqueur à mesurer (tableau 1). (Brondeau,1997)

Tableau N°5. Relations entre la vitesse d'élimination des biomarqueurs et le moment de prélèvement dans le cadre de la surveillance biologique des travailleurs exposés.
(Weber, 2003)

	Biomarqueurs éliminés rapidement	Biomarqueurs éliminés lentement	Biomarqueurs éliminés très lentement
Demi-vie	< 5 heures	> 5 heures	>>> 5 heures
Accumulation	-	+	+++
Moments du prélèvement	Avant le poste : <i>après 2 heures sans exposition</i> Pendant le poste Fin du poste : <i>pendant les 2 dernières heures du poste</i>	Au début de la semaine de travail : <i>après 2 jours sans exposition</i> A la fin de la semaine de travail : <i>après 4 ou 5 jours d'exposition</i>	A n'importe quel moment : <i>après quelques semaines d'exposition</i>

« - » : absence d'accumulation ; « + » : accumulation modérée ; « +++ » : accumulation majeure.

III.1.1. Plomb :

III.1.1.1. Prélèvement :

Le dosage du plomb ou de ses composés s'effectue dans le sang ou les urines par SAA-ET ou ICP-SM.

Pour la population professionnellement exposées, le prélèvement se fait en début de poste dans la journée et indifféremment dans la semaine. (Commission de toxicovigilance, 1993)

III.1.1.2. Biomarqueurs :

- **La plombémie (sur sang total) Pbs :**

Le meilleur indicateur de l'exposition au plomb est la Pbs. En pratique, détermine l'urgence d'une intervention médicale ou apprécier l'efficacité de la prise en charge. (Garnier et al, 2000)

C'est une mesure ponctuelle témoignant de l'exposition récente, elle ne mesure pas la charge en plomb de l'organisme (puisque la plombémie ne représente que 1 % de la charge corporelle). (Garnier et al, 2000)

A distance de tout contact avec le plomb, elle sous-estime le pool de plomb ; dans les jours qui suivent une contamination massive, elle le surévalue. Elle s'élève dès le début de l'exposition (J1), elle varie en fonction des pics d'exposition pour atteindre un état d'équilibre trois mois après le début de l'exposition (quand cette dernière est stable). (Commission de toxicovigilance, 1993)

- ✓ **Chez la population générale :** on considère qu'il y a contamination par le plomb, lorsque la Pbs est au moins égale à 100 ppb (=100 ug/L).
 - Chez les individus qui n'ont pas d'exposition spécifique au plomb, la Pbs est inférieure à 100 ppb.
 - la Pbs d'un nouveau-né qui n'a pas eu d'exposition prénatale spécifique au plomb est comprise entre 30 et 50 ppb. (Harvey, 2002; Satcher, 1997)
- ✓ **chez la population professionnelle :** La valeur limite biologique réglementaire (VLB réglementaire) Plomb sanguin = 180 ppb (moment de prélèvement indifférent).
 - Un suivi individuel renforcé des travailleurs est assuré si une plombémie supérieure à 200 ppb de sang pour les hommes ou 100 ppb de sang pour les femmes est mesurée chez un travailleur.
 - Pour les travailleurs exposés au plomb et à ses composés, les valeurs limites biologiques à ne pas dépasser sont fixées à 400 ppb (400ug/L) de sang pour les hommes et 300 µg/L de sang pour les femmes". (INRS, 2003)

Surveillance de l'exposition aux polluants volatils

- **Plomburie spontanée :**

La plomburie spontanée est un médiocre indicateur de l'exposition au plomb et de sa dose interne. (Lauwerys et Hoet, 2001)

- **Plomburie provoquée :**

La plomburie provoquée est un bon indicateur de la dose interne de plomb. Elle en reflète le pool biologiquement actif. Elle permet d'identifier les individus qui peuvent bénéficier d'un traitement chélateur. (Roper, 1991)

Mais elle entraîne une rapide redistribution du plomb qui pourrait aggraver ou faire apparaître des complications neurologiques et rénales de l'intoxication,

Cet examen complémentaire ne pouvant être effectué que dans des centres médicaux spécialisés. (Roper ; 1991)

- **La concentration osseuse du plomb :**

Mesurée, in vivo, par fluorescence X est un excellent indicateur de la dose interne de plomb ; mesurée dans l'os compact (zone médiane du tibia, par exemple), c'est un indicateur de la charge corporelle totale de plomb. Les mesurages entraînent une irradiation inférieure à celle d'un examen radiographique classique. Cependant, cette technique appartient encore au domaine de la recherche. (Garnier et al, 2000)

- **Autres biomarqueurs (effet précoce) :**

Le plomb inhibe plusieurs des enzymes intervenant dans la synthèse de l'hème, en particulier la déshydratase de l'acide delta-aminolévulinique (ALA), l'hème synthétase et à un moindre degré, la coproporphyrinogène décarboxylase, entraînant une élévation de la concentration urinaire de l'ALA et de la coproporphyrine et de la concentration érythrocytaire de protoporphyrine et de son chélate de zinc, la protoporphyrine-zinc (ZPP). (Garnier et al, 2000.)

- **La protoporphyrine érythrocytaire (PPE) ou sa fraction liée au zinc (PPZ) :**

Sont des indicateurs de l'exposition des mois précédents (95 % des protoporphyrines sont liées au zinc). La PPZ est l'indicateur à utiliser de préférence à la PEP, car il est plus facile et moins coûteux à mesurer.

Le principal inconvénient pratique de cet indicateur est l'interférence avec la carence martiale qui augmente la PPZ. Le déficit en fer est rare dans la population d'adultes masculins qui constitue l'essentiel de la population de travailleurs exposés au plomb. (Garnier et al, 2000)

- **L'ALA urinaire**

Est le témoin des effets sur l'organisme après une exposition récente : c'est un bon test en milieu professionnel en cas de forte exposition brève ou accidentelle. (Garnier et al, 2000)

- **L'ALA-déshydratase (ALAD)**

Cet indicateur n'est plus recommandable, au moins pour un dépistage, un diagnostic ou un suivi individuel et de routine. (INSERM, 1999)

- **Les dérivés organiques du plomb**

Leur dosage sanguin n'est pas un bon indicateur parcontre, le dosage du plomb urinaire est le paramètre le mieux corrélé à l'exposition au plomb tétraméthyle et tétraéthyle. Au-delà de 200 µg/L de plomb urinaire, des signes d'intoxications apparaissent. . (Garnier et al, 2000.

III.1.1.3. Interférences

La mesure de la Plombémie est techniquement délicate. Pour que le résultat obtenu soit interprétable, il est impératif que le prélèvement soit réalisé dans des conditions prévenant tout risque de contamination externe et que le dosage soit effectué par un laboratoire expérimenté et participant à des contrôles de qualité. (Roper, 1991)

Le tabagisme actif et passif est capable d'augmenter la plombémie par la contamination main-bouche. (Roper, 1991)

Le prélèvement d'ALA urinaire est sensible à la lumière.

Une carence en fer, une anémie hémolytique ou un trouble du métabolisme de l'hémoglobine et des porphyrines peuvent entraîner une augmentation de la PPZ. Si l'analyse de la PPZ est faite par héματο-fluorométrie, un résultat élevé de carboxyhémoglobine entraîne une sous-estimation de la PPZ. (Roper, 1991)

III.1.2. BTEX (Benzene , Toluene , Ethylbenzene, Xylene):

III.1.2.1. Benzene :

III.1.2.1.1. Prelevement :

Le benzène est dosé dans : le sang et l'urine par chromatographie gazeuse couplée, soit à un détecteur à ionisation de flamme (GC-FID), soit à un spectromètre de masse (GCMS).

Le prélèvement doit être effectué le plus rapidement possible après l'exposition. Dans le cas des populations professionnellement exposées, il est effectué en fin de poste. (Mosqueron ; 2004)

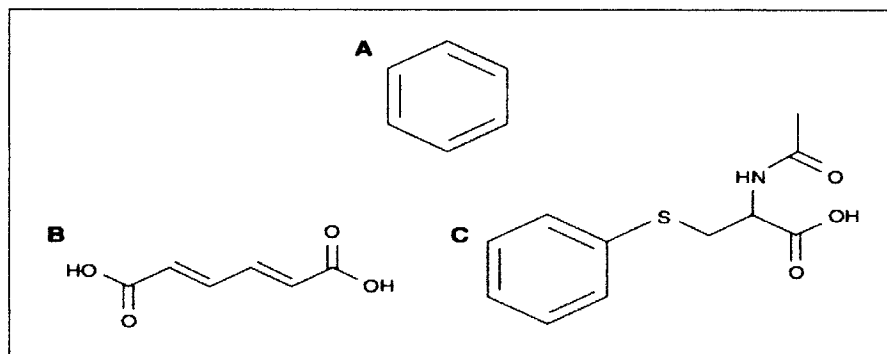
III.1.2.1.2. Biomarqueurs :

La concentration du benzène est un biomarqueur spécifique, plus sensible dans les urines (<0,1 ppm de benzène) que dans le sang et bien corrélé avec les concentrations atmosphériques.

Certains de ses métabolites sont aussi dosés dans les urines pour évaluer l'exposition professionnelle : l'acide trans,trans-muconique et l'acide S-phénylmercapturique (S-PM), dans ce cas. (Ladji et al, 2014)

- **L'acide t,t-muconique** : représente 1 à 2 % des métabolites urinaires du benzène, c'est un indicateur sensible ($\geq 0,1$ ppm de benzène) et très spécifique.
- **L'acide S-PM** : représente moins de 1 % des métabolites urinaires du benzène, c'est un indicateur plus spécifique et plus sensible (<0,1 ppm de benzène) que l'acide t,t-muconique.
- **Autres métabolites** : le phénol, le catéchol et l'hydroquinol. Ces indicateurs ont été abandonnés notamment en raison de leur manque de sensibilité (>10 ppm de benzène (Ladji et al, 2014)

Le biomarqueur le plus sensible de l'exposition au benzène reste le dosage du benzène dans les urines. (Ministère de l'écologie et du développement durable, 2004)



A : benzène ; B : acide 2trans,4trans-muconique ; C : acide Sphénylmercapturique
Figure N° 17 : Structures chimiques des biomarqueurs du benzène. (Lauwerys, 2007)

III.1.2.1.3. Interférences :

Le tabagisme interfère de manière non négligeable avec sa concentration qui serait 5 à 8 fois supérieure chez le fumeur. (Bismuth, 2000).

Le sorbitol (largement utilisé dans l'industrie alimentaire) et l'acide sorbique (additif alimentaire, conservateur de produits cosmétiques et pharmaceutiques), métabolisés en t,t-MA, peuvent interférer avec ce dosage en augmentant les taux de t,t-MA urinaire.

Il faut également se méfier des contaminations lors du dosage du benzène urinaire et sanguin. (Mosqueron, 2004)

III.1.2.2. Toluène :

Le toluène est dosé dans l'urine et le sang par GC-FID ou GC-MS. Dans le cas des populations professionnellement exposées. (Ukai et al 2007).

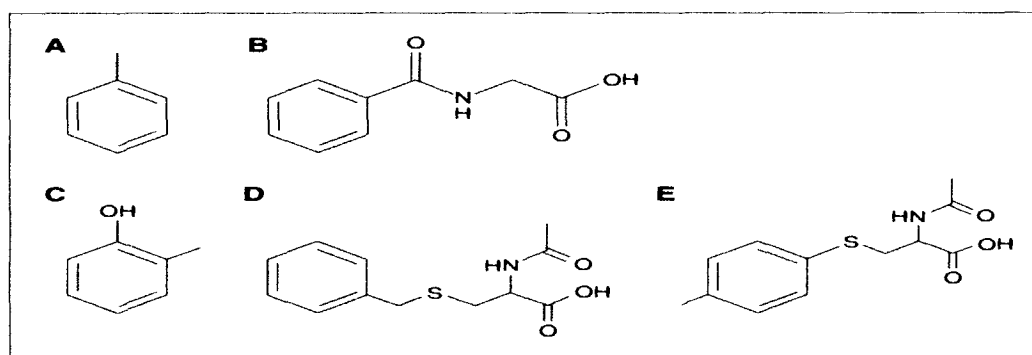
III.1.2.2.1. Biomarqueurs :

Le toluène est un biomarqueur très sensible (<2 ppm de toluène) et spécifique. Sa concentration sanguine est l'indicateur le mieux corrélé avec sa concentration atmosphérique, mais le prélèvement urinaire est préféré pour son caractère moins invasif et aussi parce que le toluène urinaire est détectable plus longtemps après l'arrêt de l'exposition. (Mosqueron et al, 2004)

- **L'acide hippurique** : est le métabolite urinaire majeur du toluène (90 %) et le plus utilisé pour la surveillance de l'exposition professionnelle à cet hydrocarbure. Il manque cependant de sensibilité (>50 ppm de toluène) et de spécificité car De nombreux médicaments et aliments contiennent des benzoates métabolisés en acide hippurique et il est aussi le métabolite d'autres solvants tels que le styrène. (Ukai et al 2007).
- **L'ortho crésol** : provient de l'oxydation du toluène ? Il est moins sensible (>10 ppm de toluène) que le toluène sanguin et urinaire. Parce qu'il est présent de façon non négligeable dans la fumée de cigarette. (Ukai et al 2007).
- **Les acides Sbenzoylmercapturique et S-p-toluylmercapturique** : sont des métabolites urinaires mineurs du toluène. Ce sont des biomarqueurs spécifiques et sensibles du toluène (<10 ppm), bien corrélés avec celui-ci mais encore peu documentés à l'heure actuelle. (Ukai et al 2007).

Le tabac n'interfère significativement qu'en cas de faible exposition au toluène (<2 ppm).

(Angerer et al, 1998)



A : toluène ; B : acide benzoylaminoacétique ; C : 2-méthylphénol ;

D : acide Sbenzoylmercapturique ; E : S-p-toluylmercapturique.

Figure N°18 : Structures chimiques des biomarqueurs du toluène. (Angerer et al 1998)

III.1.2.3. Ethylbenzene :

L'ethylbenzene est dosé dans le sang et l'urine par HPLC-UV CPG-FID. Dans le cas des populations professionnellement exposées. (USEPA, 2000)

III.1.2.3.1. Biomarqueurs :

Le dosage de l'éthylbenzène dans le sang (sur sang total) immédiatement en fin de poste de travail, n'est pas spécifique dans la mesure où des concentrations d'éthylbenzène sanguin peuvent être retrouvées après une exposition à certains solvants aromatiques ou à des produits domestiques. (USEPA, 2000)

- **Les concentrations d'acide mandélique urinaire** : Ce dosage n'est cependant pas spécifique car l'acide mandélique est un métabolite commun à d'autres solvants (styrène, oxyde de styrène...).

C'est le dosage combiné des **acides mandélique et phénylglyoxylique** urinaires en fin de poste et fin de semaine de travail, qui est le plus souvent recommandé. (USEPA, 2000)

- **Le dosage de l'acide phénylglyoxylique urinaire seul** : pourrait être proposé mais il existe moins de données sur le sujet ; sa cinétique d'élimination est plus variable.
- **Les dosages des 2- et 4-éthylphénols dans les urines** : de fin de poste sont assez spécifiques et seraient bien corrélés à l'intensité de l'exposition. (USEPA, 2000)

III.1.2.3.2. Interférences :

La co-exposition à d'autres solvants (xylènes, toluène, alcool éthylique) qui inhibent le métabolisme de l'éthylbenzène, peut entraîner une diminution de la quantité de métabolites formés et en retarder l'excrétion. (INRS ,2016)

En particulier, en cas d'exposition concomitante aux xylènes, très fréquente, l'excrétion d'acide mandélique n'est plus corrélée à l'exposition et ce marqueur n'est plus utilisable pour estimer l'exposition. (INRS ,2016)

On évitera toute consommation d'alcool le jour du prélèvement. L'ajustement à la créatinine est souhaitable pour l'acide mandélique + l'acide phénylglyoxylique urinaires. (INRS ,2016)

Surveillance de l'exposition aux polluants volatils

III.1.2.4. Xylène :

Afin d'effectuer la surveillance biologique, le xylène est dosé dans le sang et l'urine par CPG-HS-trap-SM ou CPG-HS-SM. Dans le cas des populations professionnellement exposées. (INRS, 2016)

III.1.2.4.1. Biomarqueurs :

Le dosage des xylènes sanguins, est le reflet de l'exposition récente.

- Ce dosage est spécifique mais soumis à de grandes variations individuelles, il n'apporte pas de réels avantages par rapport aux dosages des acides méthylhippuriques urinaires et pose le problème de la cinétique d'élimination rapide. (INRS, 2016)

Le dosage des xylènes urinaires en fin de poste a été proposé pour la surveillance biologique ; il a pour avantage de ne pas être influencé par l'exposition à l'alcool.

- **Les acides méthylhippuriques urinaires (ou acides toluriques) :** en fin de poste de travail sont des indicateurs spécifiques, témoins de l'exposition du jour même, bien corrélés à l'intensité de l'exposition. (INRS, 2016)

III.1.2.4.2. Interférences :

Des médicaments (comme le phénobarbital) ou une consommation chronique d'alcool peuvent induire le métabolisme des xylènes (avec augmentation des métabolites urinaires) ; l'aspirine (> 1g/j.) baisse l'excrétion urinaire des acides méthylhippuriques.

Une consommation d'alcool précédant (dans les 4 heures) l'exposition ou concomitante à celle-ci inhibent le métabolisme des xylènes. (INRS,2016)

Tableau N°6 : Valeur seuil d'exposition aux mélanges BTEX dans le sang. (INERIS, 1997)

Valeur seuil	Court terme		Long terme	
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppb	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppb
Benzène	30	10	2	2
Toluène	1500	400	300	80
Ethylbenzène	2000	460	250	60
Xylènes	20000	4610	200	50

III. 2. SURVEILLANCE ATMOSPHERIQUE :

III.2.1. Méthodes de prélèvement :

L'évaluation d'un contaminant de l'air nécessite un système permettant de recueillir un volume donné d'air, un milieu collecteur et une méthode d'analyse. Il comprend généralement les composantes suivantes : pompe, tube, ensemble cassette-filtre, cyclone, etc. (voir figure N°20) (IRSST 2012)

Les prélèvements peuvent être réalisés :

- Soit en individuel pour caractériser l'exposition du personnel
- Soit à poste fixe pour obtenir une mesure d'ambiance. (Gace, 1991)

Afin de pouvoir réaliser des prélèvements individuels, les systèmes de prélèvement utilisés pour caractériser les expositions professionnelles doivent présenter les caractéristiques suivantes :

- Etre autonome sur 8 heures (durée moyenne d'un poste de travail)
- Etre robuste et peu encombrant
- Etre portable et léger. (Gace, 1991)

III.2.1.1. Prélèvement actif :

Il est réalisé grâce à une pompe qui aspire l'air, il est essentiel de noter que seul le prélèvement actif convient pour réaliser des mesures de courte durée de 15min à 8h (exposition aiguë ou pic d'émissions). (Debuy et al ;2009)

Le prélèvement est réalisé par pompage d'un volume d'air à échantillonner à travers un tube garni d'un support adsorbant.

Le débit de pompage doit être choisi en fonction, non seulement, de la durée du prélèvement pour respecter les volumes de prélèvement recommandés, mais aussi en tenant compte de la présence d'autres polluants pouvant s'adsorber sur le support. En effet, pour une durée de prélèvement identique, il faudra prélever à plus bas débit si le polluant recherché est présent dans un mélange s'adsorbant aussi sur le charbon actif par exemple.(Debuy et al ; 2009)

Alors en fonction du polluant recherché on varie 3 paramètres :

- Variation du support.
- Variation du débit.
- Variation du volume prélevé. (Debuy et al ; 2009)

III.2.1.1.a. Dispositifs de prélèvement actif :

- **Pompes d'échantillonnage** : c'est le dispositif le plus couramment utilisé en hygiène du travail pour prélever un volume connu d'air dans le but de déterminer la concentration de contaminants présents. Les plus utilisées sont les pompes personnelles à haut, à bas et à très haut débit.

Les pompes personnelles d'échantillonnage se disposent d'une autonomie de fonctionnement grâce à des batteries rechargeables assurant un échantillonnage d'au moins 8 heures consécutives sur la période de travail. Elle a un débit constant, le réglage se fait souvent dans le labo au débit souhaité (un débit entre 0.7 et 2L/min). (IRSST ; 2012)

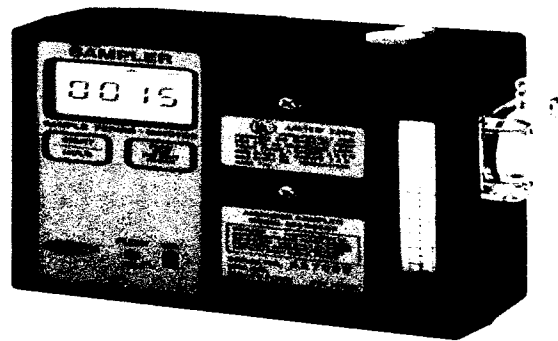


Figure N°19 : pompe à air (Van Den Berg, 2015)

Surveillance de l'exposition aux polluants volatils

- **La cassette fermée** : est une porte filtre d'un orifice de captage de diamètre nominal égal à 4mm et est utilisée pour le prélèvement individuel des aérosols, avec un débit de 2,0L/min, pour des durées d'échantillonnage d'environ 8heures idéalement.

Les particules collectées sur le filtre et celles captée dans la cassette constituent l'échantillon qui sera ensuite analysé en vue de déterminer la concentration moyenne en polluants dans l'air. (INRS ; 2015)

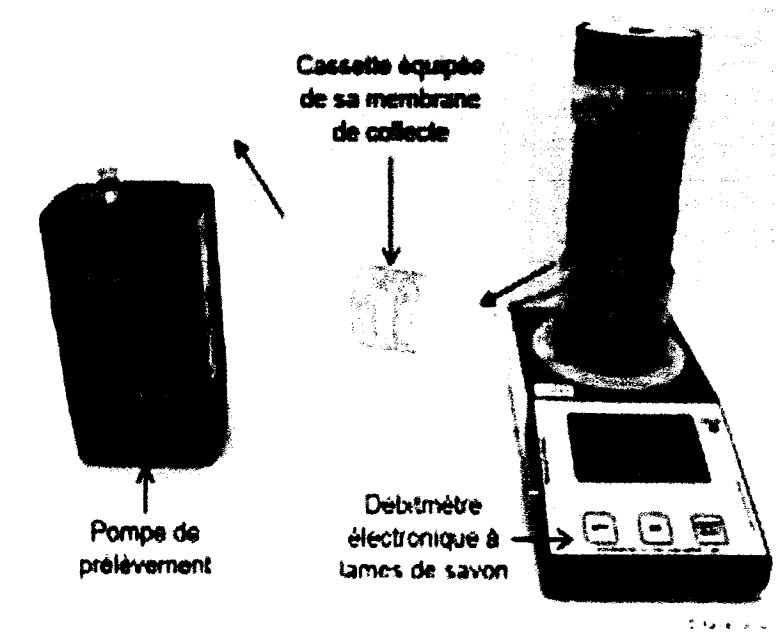
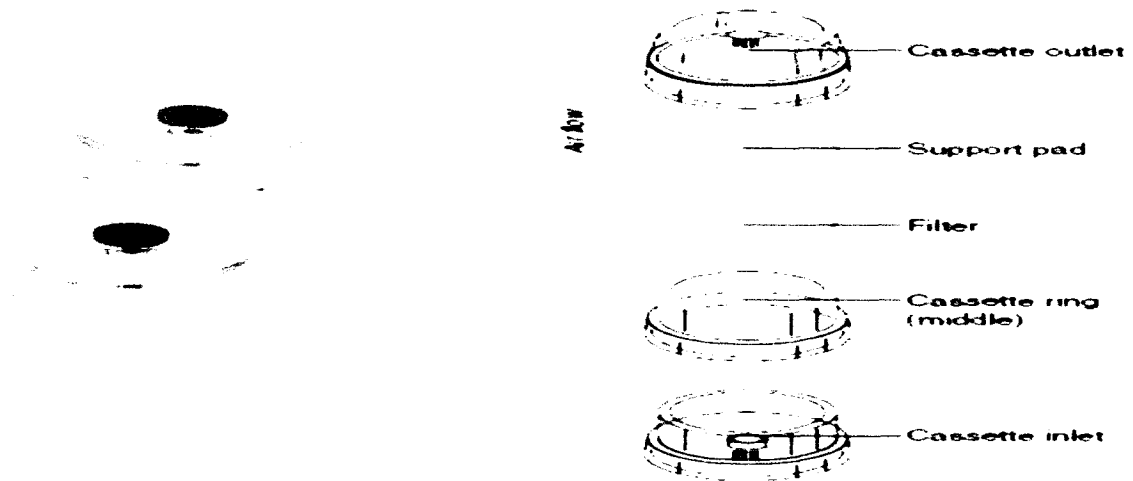


Figure N°20 : montage pour la vérification du débit de prélèvement d'une cassette fermée

(INRS 2015)



Figure N°21 : montage de cassette fermé sur un individu (INRS 2015)



FigureN°22 : cassette fermée (Van Den Berg, 2015)

Surveillance de l'exposition aux polluants volatils

- **Tube adsorbant** : Les tubes adsorbants sont utilisés pour prélever des échantillons sous forme de gaz et de vapeurs tels que les vapeurs de solvants, certains gaz et acides.

Ce sont des tubes de verre contenant deux sections d'adsorbant, Ces tubes peuvent contenir du charbon actif, du gel de silice ou certains polymères.

L'analyse individuelle de chacune des sections permet de vérifier l'efficacité d'adsorption du milieu collecteur. On considère l'échantillonnage comme acceptable si moins de 10% du produit se retrouve dans la seconde section. Si plus de 25% du produit s'y retrouve, il y a probablement eu une perte et les résultats expriment alors une concentration minimale.

Cette règle peut toutefois varier lorsque plus d'une substance pénètre dans le tube, favorisant ainsi un phénomène de compétition pour les sites d'adsorption.

Le prélèvement est réalisé par pompage de l'air à échantillonner à travers un tube contenant un ou plusieurs adsorbants. (IRSST 2005)

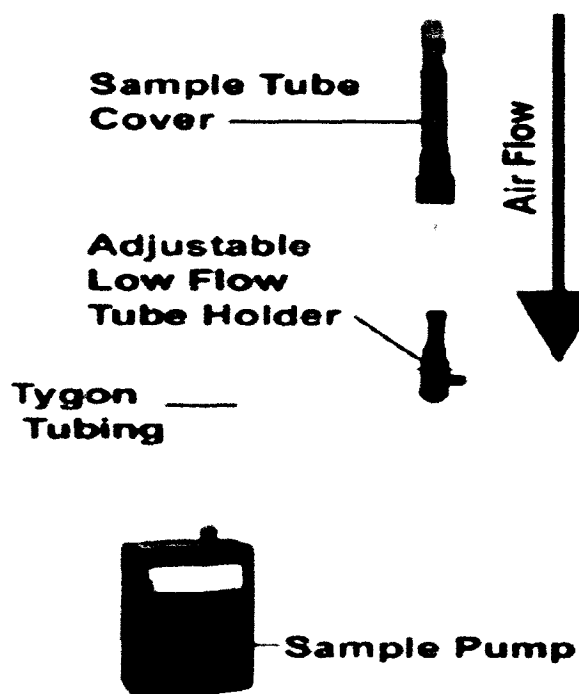


Figure N°23 : prélèvement actif par pompage dans un tube adsorbant.(Van Den Berg 2015)

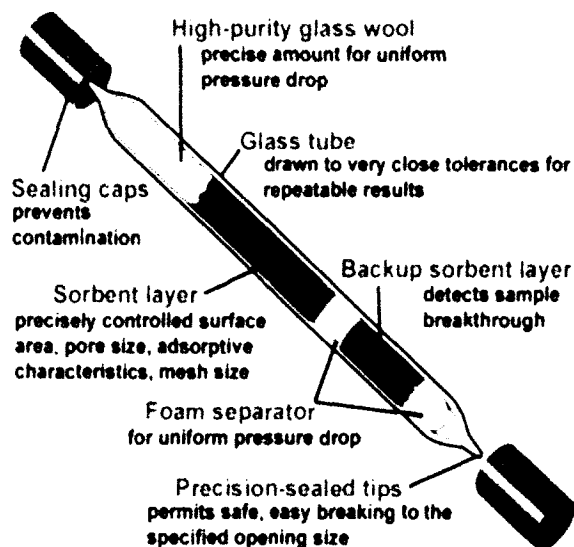


Figure N°24 : tube adsorbant (Van Den Berg 2015)

III.2.1.2. Prélèvement passif :

Se font à l'aide de tubes dans lequel l'air à analyser est récolté. Il peut être utilisé pour déterminer les concentrations moyennes d'exposition des opérateurs, mais ne convient pas au suivi de variations instantanées ou de courtes durées de la concentration.

Il est de plus en plus utilisé en hygiène professionnelle pour son ergonomie, qui assure un échantillonnage représentatif de l'exposition des travailleurs. Cette solution offre également l'avantage de s'affranchir de tout matériel de prélèvement et son utilisation facile et rapide le rend ainsi utilisable par du personnel non spécialisé (médecins de travail).

Il est réalisé sur des tubes passifs posés ou suspendus à l'endroit du prélèvement (par exemple sur un opérateur). Durée du prélèvement : 8 heures à 14 jours. (Debuy ,2009)

III.2.1.2.a. Dispositifs de prélèvement passifs :

Il existe plusieurs types de dispositifs de prélèvement passifs, variant par leur taille, leur géométrie, la nature du support adsorbant.

On distingue deux types de tubes principaux :

- ✓ à diffusion axiale : badges, tubes Palmer ;
- ✓ à diffusion radiale : tubes de type Radiello™.(INRS 2015)

- **Tubes à diffusion axiale :**

L'échantillonnage des composés sur tubes axiaux se fait selon un axe perpendiculaire à la surface de piégeage. Ces tubes possèdent donc une surface de diffusion relativement petite.

Les tubes axiaux sont généralement utilisés pour de longues durées d'exposition, de quelques jours à plusieurs semaines, en raison du faible débit d'échantillonnage.

En revanche, du fait de leur plus faible surface de contact avec l'échantillon gazeux, les tubes sont moins sensibles à l'influence perturbatrice de l'écoulement d'air. (Tuduri et Fanlo, 2002)

Comme exemple d'un tube à diffusion axiale c'est **les badges**, ils sont légers, peu encombrants et se portent près de la zone respiratoire des personnes exposées. Ils présentent une surface de collecte (7,07 cm²) plus importante que celle des tubes. Ils sont donc préférentiellement utilisés sur des courtes durées de prélèvement, de quelques minutes à 8 h, ce qui en fait un outil privilégié pour les mesures en ambiances de travail. L'adsorbant utilisé est du charbon actif, les limites de détection sont de l'ordre de quelques µg.m⁻³.

Surveillance de l'exposition aux polluants volatils

Pour limiter l'influence perturbatrice des mouvements d'air au contact du badge, la zone de diffusion intègre généralement des matériaux poreux (mousse d'atténuation des effets du vent). (Tuduri et Fanlo, 2002)

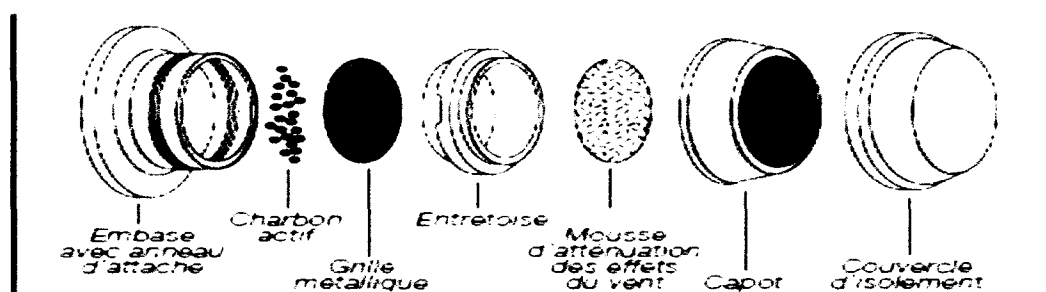


Figure N°25 : Badge G.A.B.I.E.® (Gas Adsorbent Badges for Individual Exposure) (Tuduri et Fanlo, 2002)

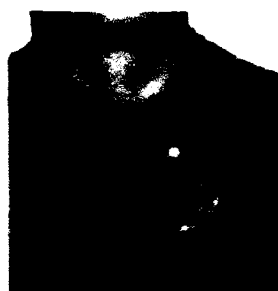


Figure N°26 : badge Gabie (Van Den Berg, 2015)

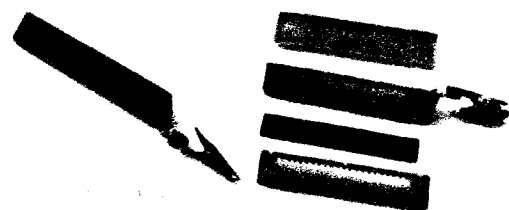


Figure N°27 : badge Gillian (INRS, 2015)

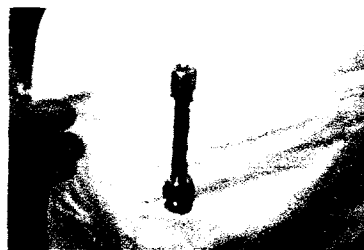
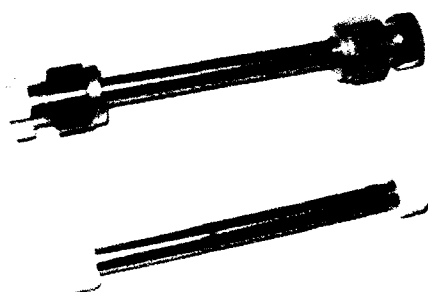


Figure N°28 : Badge perkin Elmer (INRS 2015)

Surveillance de l'exposition aux polluants volatils

- **Tube à diffusion radiale** : L'échantillonnage se fait sur toute la circonférence du tube et sur toute sa longueur pour améliorer la sensibilité par rapport au tube à diffusion axiale. Cette catégorie d'échantillonneurs est notamment représentée par les tubes Radiello™ (voir figure N°29)

Les débits d'échantillonnage obtenus sont plus élevés (plusieurs dizaines de $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$) que ceux des échantillonneurs axiaux. Il peut donc être utilisé sur des durées d'exposition variant de 15min à 30jours. (Tuduri et Fanlo, 2002)

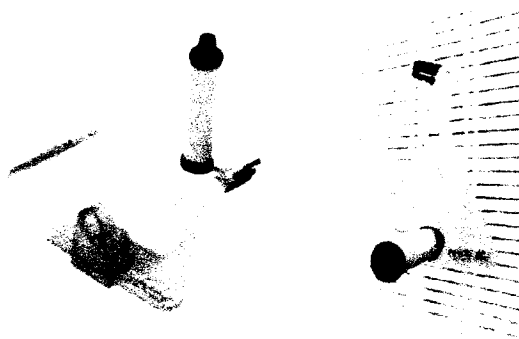


Figure N°29 : Tube Radiello™ (Tuduri et Fanlo, 2002)

III.2.1.3. Paramètres agissant sur l'échantillonnage :

La caractéristique principale des échantillonneurs est le débit de prélèvement, qui varie avec :

- la nature du composé et de l'adsorbant
- la température ambiante lors du prélèvement
- la concentration et le temps d'échantillonnage. (Tuduri et Fanlo, 2002)

Surveillance de l'exposition aux polluants volatils

III.2.2. Méthodes d'analyses :

III.2.2.1. Plomb :

Pour la détection du plomb dans l'air d'un lieu de travail, l'échantillonnage se fait habituellement au moyen d'une pompe d'échantillonnage (voir figure N°19)

La méthode d'échantillonnage de base (le nombre d'échantillons, la durée de l'échantillonnage, etc.) dépend de la nature du travail. (CSTIT, 2017).

III.2.2.1.a. L'analyse :

Le plomb dans l'air est mesuré à partir de la phase particulaire à l'aide de méthodes élémentaires telles que la fluorescence X, la spectrométrie d'Absorption Atomique (SAA) ou encore l'ICP/MS. (INRS, 2014).

III.2.2.1.b. Valeurs réglementaires :

- **Hygiène professionnelle** : Le Code du travail fixe pour le plomb et ses composés une valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) réglementaire contraignante de 0,5 mg/m (article R. 4412-149 du Code du travail), à ne pas dépasser en moyenne sur 8 heures dans l'atmosphère des lieux de travail.

Le respect de cette valeur limite d'exposition professionnelle doit être considéré comme un objectif minimal de prévention. L'exposition des travailleurs doit être réduite au niveau le plus bas techniquement possible. (INRS, 2014)

- **Air ambiant** :

Tableau N°7 : valeur limite d'exposition professionnelle au plomb
(Source : Atmo-France 2020)

Décret 2010-1250 du 21 octobre 2010	
Plomb - Pb	
Valeur limite*	0,5 µg/m ³ (moy. annuelle)
Objectif de qualité*	0,25 µg/m ³ (moy. annuelle)

Surveillance de l'exposition aux polluants volatils

III.2.2.2. BTEX :

La détection des BTEX dans l'air se fait généralement à l'aide d'un tube adsorbant contenu du charbon actif, il est considéré comme étant le meilleur adsorbant disponible pour le piégeage des BTEX. (Debuy, 2009)

III.2.2.2.a. L'analyse :

La faible concentration des BTEX à l'air ambiant (typiquement moins de 100 µg/m³ pour les teneurs les plus élevées) impose une étape de préconcentration avant l'analyse. Elle est réalisée à froid sur un piège, en général rempli d'un ou de plusieurs adsorbants.

La séparation est réalisée par le passage des BTEX préconcentrés sur une colonne d'un chromatographe en phase gazeuse.

La détection est réalisée soit par un détecteur à ionisation de flamme (FID), soit par spectromètre de masse (MS). (Debuy, 2009)

III.2.2.2.b. Valeurs réglementaires :

- Hygiène professionnelle :

Tableau N°8 : Valeurs moyenne et valeurs limites d'exposition aux BTEX

(JCGM, 2012)

Substance	Valeur moyenne d'exposition – VME (8 heures)	Valeur limite d'exposition – VLE (15 min)
Benzène	3.25 mg/m ³	-
Toluène	375 mg/m ³	550 mg/m ³
Ethylbenzene	435 mg/m ³	-
Xylène	435 mg/m ³	650 mg/m ³

Surveillance de l'exposition aux polluants volatils

- Air ambiant :**

Tableau N°9: Valeur limites d'exposition au Benzène
(Atmo-France 2020)

Décret 2010-1250 du 21 octobre 2010	
Benzène – C₆H₆	
Valeur limite (protection de la santé)	5 µg/m ³ (moy. annuelle)
Objectif de qualité	2 µg/m ³ (moy. annuelle)

Tableau N°10: Recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé
pour les BTEX (µg/m³)

Substance	24 heures	Semaine	Année
Benzène	120	-	-
Toluène	-	260	-
Ethylbenzène	-	-	22000
Xylène	4800	-	-

Remarque :

Lorsque la source de pollution est le trafic automobile, les concentrations de xylènes et d'éthylbenzène, se trouvent dans de l'air récemment pollué à des concentrations proches ou légèrement inférieures à celle du benzène.

m-xylène > (o+p) xylène > toluène > benzène

De ce fait, près des sources, les rapports du type benzène/toluène seront donnés par la source elle-même (composition des carburants, profils des gaz d'échappement etc.).

Loin des sources ou lorsque la masse d'air vieillit, les rapports de concentrations sont modifiés, le benzène prenant plus d'importance par rapport aux autres composés. (Seiyama, 1988)

III.2.2.3. Oxydes d'azotes NOX :

Le prélèvement du monoxyde et/ou du dioxyde d'azote, se fait sur un ensemble constitué des trois tubes suivants en série :

- Le premier tube contenant du tamis moléculaire imprégné de tri-éthanolamine pour collecter NO₂.
- le second contenant un réactif oxydant pour convertir NO en NO₂.
- et le troisième contenant également du tamis moléculaire imprégné de tri-éthanolamine pour collecter NO₂ résultant de cette oxydation.

Les résultats du dosage effectué sur le 1er tube permettent de connaître la concentration en dioxyde d'azote dans l'air, ceux du 3eme tube la concentration en monoxyde d'azote dans l'air. (INRS, 2006)

III.2.2.3.a. L'analyse :

Le dosage est réalisé par chimiluminescence :

Mesure du NO (monoxyde d'azote) : Un échantillon est mis en présence d'ozone, afin d'oxyder le NO en NO₂ (dioxyde d'azote) à l'état excité (noté NO₂*).

Ce NO₂* va, en revenant à l'état fondamental, émettre un rayonnement infrarouge, comme l'indique la réaction suivante : $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2 + \text{hv}$.

L'analyseur mesure ce rayonnement, proportionnel à la quantité de NO présent dans l'échantillon. L'énergie produite par la réaction est mesurée par des photodétecteurs.

Mesure des NOX (oxydes d'azote) et du NO₂ : Le NO₂ est réduit en NO sur un four à molybdène, avant de réaliser la même mesure que précédemment. On obtient donc la mesure des NOX (NO+NO₂).

La mesure du NO₂ est calculée, par différence entre les concentrations de NOx et de NO. (Airmaraix, 2018)

III.2.2.3.b. Valeurs réglementaires :

- **Hygiène professionnelle :**

-Monoxyde d'azote : VME : 25 ppm ou 30 mg/m³.

-Dioxyde d'azote : VLE : 3 ppm ou 6 mg/m³. (Bisson, et al, 2011)

Surveillance de l'exposition aux polluants volatils

- Air ambiant :

Tableau N°11 : Valeur limite d'exposition aux oxydes d'azote

(Source : Atmo-France 2020)

Décret 2010-1250 du 21 octobre 2010	
Dioxyde d'azote (NO₂)	
Seuil d'information et de recommandation	200 µg/m ³ pour la valeur moyenne sur 1 heure
Seuil d'alerte	400 µg/m ³ pour la valeur horaire sur 3 heures consécutives (ou 200 µg/m ³ si le seuil d'information déclenché la veille et le jour même et si risque de dépassement pour le lendemain)
Valeurs limite	99,8 % des moyennes horaires doivent être inférieures à 200 µg/m ³ 40 µg/m ³ (moy. annuelle)
Oxydes d'azote (NO_x)	
Valeur limite	30 µg eq NO ₂ /m ³ (moy. annuelle) - protection de la végétation

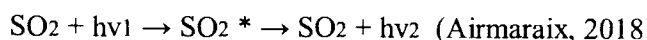
III.2.2.4. Dioxyde de soufre (SO₂) :

L'air ambiant est aspiré dans l'appareil de mesure à travers un filtre et passe ensuite par un dispositif qui élimine les hydrocarbures avant d'entrer dans une chambre de réaction pour l'analyse. (Airmaraix, 2018)

III.2.2.4.a. L'analyse :

Dosage par fluorescence : l'échantillon d'air est éclairé par une lampe à ultraviolet (longueur d'onde : 214 nm). Le SO₂ (dioxyde de soufre) passe à l'état excité (SO₂^{*}) en absorbant une partie du rayonnement, et en revenant à l'état fondamental, émet un rayonnement de fluorescence à une longueur d'onde différente.

L'analyseur mesure la quantité de rayonnement de fluorescence qui est proportionnel à la concentration de SO₂. Le phénomène est décrit par l'équation suivante :



III.2.2.4.b. Valeurs réglementaires :

- **Hygiène professionnelle** : Les valeurs utilisées en milieu de travail :
 - VME : 2 ppm ou 5 mg/m³.
 - VLE : 5 ppm ou 10 mg/m³ Indices. (INRS, 2016)

Surveillance de l'exposition aux polluants volatils

- Air a ambiant :

Tableau N°12 : Valeurs limites d'exposition au dioxyde de soufre
(Source : Atmo-France 2020)

Décret 2010-1250 du 21 octobre 2010	
Dioxyde de soufre	
Seuil d'information et de recommandation	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la valeur moyenne sur 1 heure
Seuil d'alerte	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la valeur horaire sur 3 heures consécutives
Valeurs limite	99,7 % des moyennes horaires doivent être inférieures à 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 99,2 % des moyennes journalières doivent être inférieures à 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3 dépassements autorisés par an)

III.3. PREVENTION :

III.3.1. Population professionnelle :

En cas d'exposition des travailleurs aux polluants en suspension dans l'air, il convient d'adopter certaines mesures et pratiques pour réduire cette exposition le plus possible.

Pour avoir la certitude que ces mesures donnent les résultats escomptés, il importe toutefois d'en évaluer périodiquement l'efficacité, de procéder systématiquement à la collecte, à l'analyse et à l'évaluation de données sur la santé des travailleurs, afin de repérer des cas isolés ou récurrents, voire des tendances. (INRS, 2016)

III.3.1.1. Surveillance médicale de la population exposée :

- un examen médical avant l'embauche et avant l'affectation à un poste ;
- des examens médicaux périodiques ;
- des analyses médicales ;
- la sensibilisation aux questions d'hygiène et de santé.
- la consignation des données relatives aux points qui précèdent.
- le déclenchement de la prise de mesures correctives lorsqu'il y a lieu ;
- la biosurveillance périodique de chaque travailleur

Seul un médecin devrait décider si l'état de santé d'un travailleur lui permet ou non de supporter une exposition aux polluants, avec ou sans limitations. Pareillement, un médecin devrait décider au cas par cas de la fréquence requise des interventions de biosurveillance.

Toute personne chez qui l'on constate des signes ou des symptômes d'intoxication devrait être éloignée de la source d'exposition. (DSST, 2011)

III.3.1.2. Mesures de prévention collective :

- Evaluation des risques (fiche d'entreprise du médecin du travail, document unique de l'employeur); étiquetage, fiches de données et de sécurité des produits...
- Prévention commune aux agents chimiques dangereux (art 4412-1 à 4412-57 du CT)
- Respect de la VLEP contraignante (0,10mg/m³ pour le Pb) .Le respect de la VLEP est un objectif minimal pour l'employeur avec contrôle au moins 1 fois/an par un organisme accrédité et lors de tout changement susceptible d'avoir des conséquences sur l'exposition des salariés. Tout dépassement de la VLEP contraignante doit entraîner un arrêt de travail aux postes concernés.
- Substitution par un produit moins dangereux, travail en vase clos, ventilation générale des locaux, captage au plus près de la source d'émission,

Surveillance de l'exposition aux polluants volatils

- Décontamination du matériel.
- Information, formation des salariés, rédaction de notice de poste. (INRS 2013)

III.3.1.3. Mesures de prévention individuelle :

- port de vêtements de travail, gants, lunettes.
- Mesures d'hygiène : ne pas manger, boire, fumer et mâcher de la gomme. Après le travail, avant chaque repas et avant chaque pause (toilette, boisson ou cigarette), nettoyer avec du savon toutes les parties du corps non protégées, se rincer la bouche, se brosser les mains et surtout les ongles. En fin de journée, prendre une douche. (INRS 2013)

III.3.2. Population générale :

Bien qu'il ne soit probablement pas possible d'éviter complètement l'exposition aux polluants atmosphériques émis par le trafic routier, on peut tout de même faire beaucoup afin de renforcer les défenses du corps humain, comme un régime alimentaire riche en fruits, noix et légumes enrichira également vos réserves corporelles d'antioxydants – ce qui fournit la protection par excellence aux structures cellulaires contre les attaques des radicaux libres qui déclenchent l'inflammation et les dommages cellulaires. (Kazak et al, 2010)

On peut également augmenter l'arsenal d'antioxydants en prenant des suppléments de vitamine C et de magnésium. Ces deux nutriments possèdent tous les deux de puissantes propriétés anti-inflammatoires et antioxydants, en plus de soutenir le corps dans sa lutte contre les toxines environnementales et de l'aider à se détoxifier et à se purifier efficacement. (Kazak et al, 2010)

La vitamine C est considérée comme permettant de gérer les symptômes de l'asthme, de la respiration sifflante, de la bronchite ainsi que d'une variété d'autres maladies respiratoires. De plus, la vitamine C a fait l'objet d'études exhaustives « depuis les années 1970 en tant que traitement pour les patients atteints de cancer », selon le National Cancer Institute, et présente un potentiel prometteur en tant que thérapie intégrative pour le traitement et la gestion de plusieurs types de cancer. (Kazak et al, 2010)

**PARTIE
PRATIQUE**

OBJECTIFS D'ETUDE

I. INTRODUCTION :

Plusieurs polluants sont émis dans notre atmosphère par différents secteurs, auxquels tout un chacun est exposé, population général et professionnel. Grande majorité de ces polluants:CO;CO₂; SO₂;NO₂;Pb ; COV ... proviennent du trafic routier, chose qui est alarmante vu le parc automobile Algérien, qui ne cesse d'augmenter, environ 6.418.212 véhicule en 2018.

Parmi les polluants cités ci dessus on a choisi le plomb, le principal métal émis à 95% par les gaz d'échappement des véhicules utilisant l'essence plombée. Ce métal néfaste qui a été interdit dans les pays européen depuis l'an 2000, reste encore utilisé en Algérie.

Devant l'absence de toute étude antérieure portant sur le dosage du plomb dans le sang, en Algérie, nous avons, dans le cadre de bien savoir, l'impact des émissions du carburants sur la santé de la population professionnelle, effectuer un dosage du plomb sanguin chez des chauffeurs, qui sont forcément exposés.

II. OBJECTIF D'ETUDE :

Le marqueur le plus fiable de la surveillance bio toxicologique de l'exposition au plomb c'est bien la plombémie sanguine (Pbs).

Notre objectif principal est l'évaluation de l'exposition professionnelle au plomb chez une population de chauffeurs, en se basant principalement sur le marqueur biotoxicologique le plus fiable, en occurrence la plombémie, ainsi une évaluation clinique (visite médicale) et biologique (numération de la formule sanguine et chimie des urines)

L'objectif secondaire de notre travail, c'est de mettre en évidence l'impacte de certains facteurs (l'âge, l'ancienneté dans le poste, type du carburant utilisé...).

**MATERIELS ET
METHODES**

III.MATERIELS ET METHODES :

III.1 POPULATION D'ETUDE :

La population étudiée est composée de 09 chauffeurs: 7 chauffeurs à Bouira et 2 à Blida, les premiers exercent à 30km de la Wilaya, les 2 derniers exercent dans un établissement qui se trouve sur la route de Chiffa.

Ce sont des employés d'un établissement étatique Algérien.

Ces chauffeurs conduisent généralement sur de longue distance. Le type du carburant utilisé est le diesel et l'essence super.

Remarque : avant cette pandémie notre objectif principal était de travailler sur une population plus importante, pour qu'elle soit représentative.

III.2 MATERIELS ET MOYENS

III.2.1 Fiche de renseignement

Elle a été remplie par le médecin de l'établissement, qui s'occupe de la surveillance médicale des employés.

Les informations étaient :

- Age.
- Durée d'exercice dans l'établissement.
- Notion de tabagisme.
- les antécédents pathologiques.

NB : toute la population a bénéficié d'un examen médical.

III.2.2 Prélèvement :

Le prélèvement a été fait au mois d'Avril, en début de post (08 :15), sang total sur tube EDTA sous vide (pour éviter toute sorte de contamination).

Les prélèvements ont été réalisés au niveau des infirmeries de chaque établissement concerné.

III.2.3 Minéralisation :

A été faite avec de l'acide nitrique, sur un échantillon de 0.2 ml de plasma ou des urines, 0.4 ml d'acide nitrique a été ajouté.

L'ensemble est placé dans une étuve à 60°C pendant 10h, l'extrait obtenu est complété à 5 ml avec de l'eau distillée.

III.2.4 Matériels :

- **Spectromètre d'Absorption Atomique (SAA) :**

C'est un Automate qui est utilisé pour la détermination de la concentration d'un élément dans un échantillon, par mesure de l'absorption d'un rayonnement électromagnétique par la vapeur atomique de l'élément générée à partir de l'échantillon. La mesure est effectuée à la longueur d'onde de l'une des raies d'absorption (de résonance) de l'élément concerné. La quantité de rayonnement absorbée est, selon la loi de Lambert-beer, proportionnelle à la concentration de l'élément.

Dans notre travail l'élément à doser est le plomb sanguin par Spectromètre d'absorption atomique (Four à graphite AA-6900 Shimadzu), piloté par un micro-ordinateur équipé d'un correcteur de fond non spécifique de lampe à cathode creuse HCL de plomb.



FIGURE N°30: SAA-four

**RESULTATS ET
ANALYSES**

IV.1. RESULTATS:

Le tableau ci-dessous représente des informations contenues dans le questionnaire ainsi que les valeurs des différents dosages réalisés chez la population de notre étude.
Tableau N°13 : Les résultats des dosages.

Questionnaires							Résultats						
Travailleurs	Fonction	Etablissement	Age (Ans)	Durée D'exercice (Ans)	Antécédent Médicaux	Notion De Tabagisme	Plomb sanguin (ppb)	GR 10 ⁶ /m ³	GB 10 ⁶ /m ³	Hb g/dl	HCT %	PLT 10 ³ /m ³	Chimie des urines
							400	5-6	4-10	12-18	35-54	150-400	RAS
1	Chauffeur	Bouira	36	06	RAS	F20C	38.85	4.48	8.21	13.7	42.1	246	RAS
2	Chauffeur	Bouira	29	11	RAS	N-F	32.3	4.58	7.42	13.5	40.0	221	RAS
3	Chauffeur	Bouira	27	08	RAS	N-F	23.85	5.16	7.31	15.9	46.9	175	RAS
4	Chauffeur	Bouira	30	09	RAS	N-F	41.3	4.82	8.01	14.4	43.5	246	RAS
5	Chauffeur	Bouira	32	10	RAS	F20C	22.78	4.62	8.75	14.4	43.6	270	RAS
6	Chauffeur	Bouira	33	05	RAS	N-F	29.87	5.28	7.98	15.3	45.9	257	RAS
7	Chauffeur	Bouira	23	02	RAS	F10C	30.67	4.92	7.78	15.2	45.1	233	RAS
8	Chauffeur	Blida	27	09	RAS	N-F	41.07	4.79	6.25	14.4	45.4	231	RAS
9	Chauffeur	Blida	49	07	RAS	N-F	46.7	5.18	5.22	14.6	46.9	153	RAS

RAS : Rien A Signaler

F : Fumeur

N-F : Non-Fumeur

C : Cigarette

IV.2. ANALYSE DES RESULTATS :

IV.2.1. Description de la population :

➤ Répartition de la population en fonction de l'âge :

Tableau N°14 : Répartition de la population en fonction de l'âge.

Age	Effectif	Pourcentage (%)
[20-29[	3	33
[29-38[	5	56
[38-47[	0	0
[47-56[	1	11
TOTAL	9	100

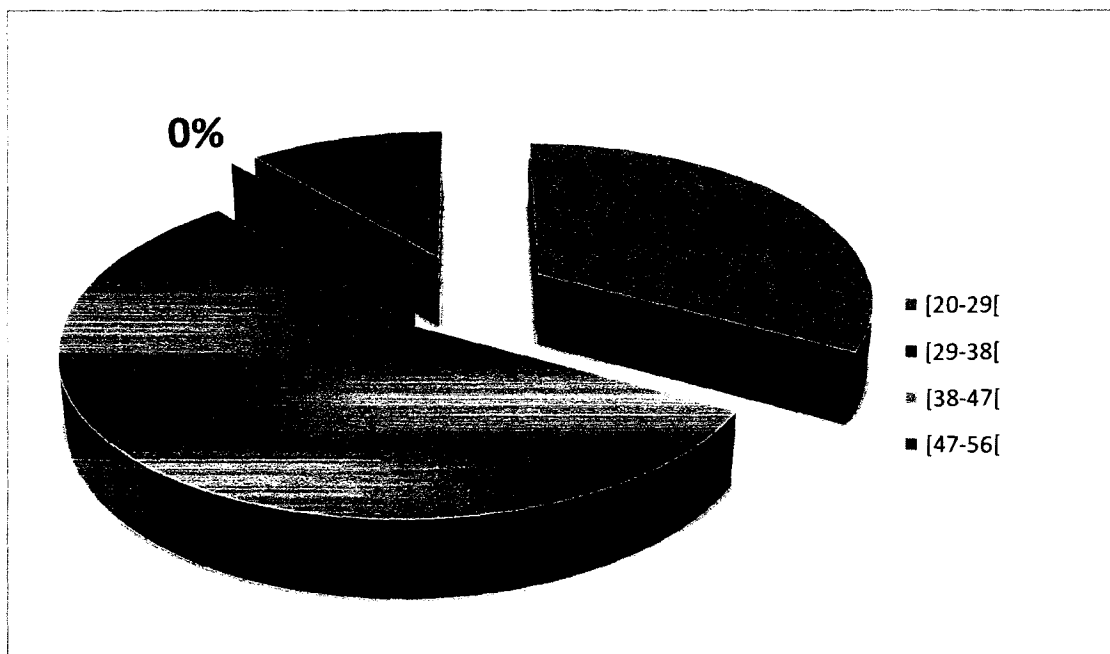


Figure N°31: Représentation de la population en fonction de l'âge.

- L'âge moyen de la population est **33 ans.(± 8)**.
- 89% de la population leur âge se situ entre 20 et 38ans.

Partie pratique

➤ Répartition de la population en fonction de la durée d'exercice dans le poste :

Tableau N°15 : Répartition de la population en fonction de la durée d'exercice dans le poste.

Durée d'exercice	Effectif	Pourcentage (%)
[1-4[	1	11
[4-7[	2	22
[7-10[	4	45
[10-13[	2	22
TOTAL	9	100

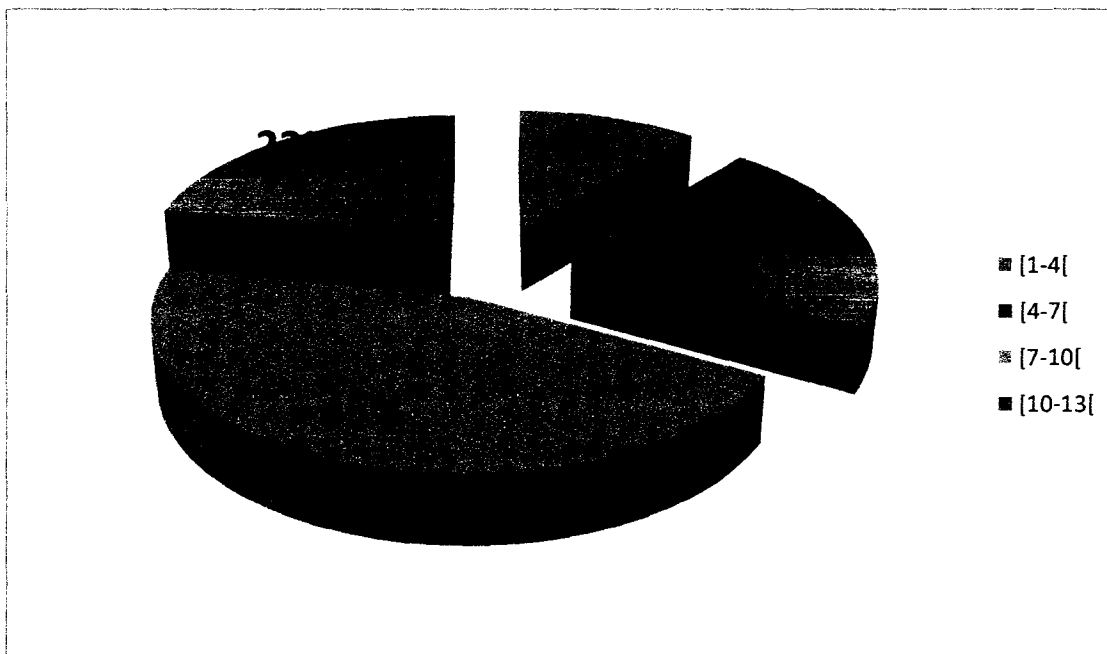


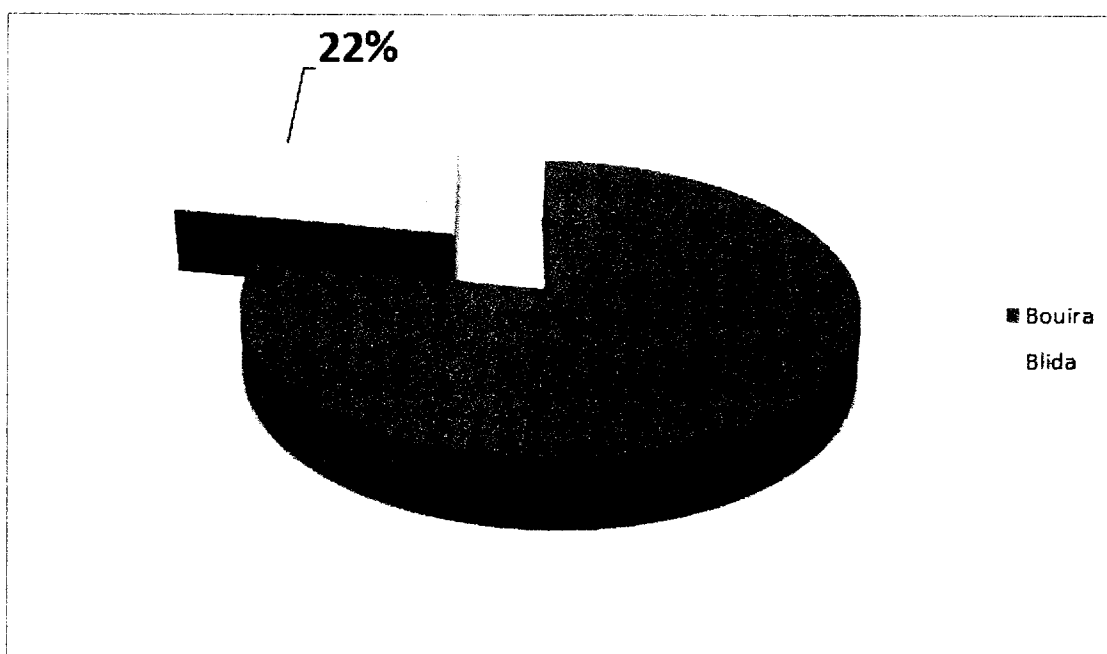
Figure N°32: Représentation de la population en fonction de la durée d'exercice dans le poste

- La moyenne de la durée du travail de toute la population est **8 ans(± 3)**.
- **78%** de la population ont une durée inférieure à 10ans dans le poste.

➤ Répartition de la population selon leur établissement :

Tableau N°16 : Répartition de la population en fonction de leur établissement

Établissement	Effectif	Pourcentage %
Bouira	07	78
Blida	02	22
TOTAL	09	100



FigureN° 33 : Représentation de la population en fonction de leur établissement

- 78% de la population exercent dans l'établissement de Bouira.

➤ Répartition de la population selon la notion de tabagisme :

Tableau N°17: Répartition de la population selon la notion de tabagisme :

Tabagisme	Effectif	Pourcentage(%)
fumeur	03	33
non-fumeur	06	67
TOTAL	09	100

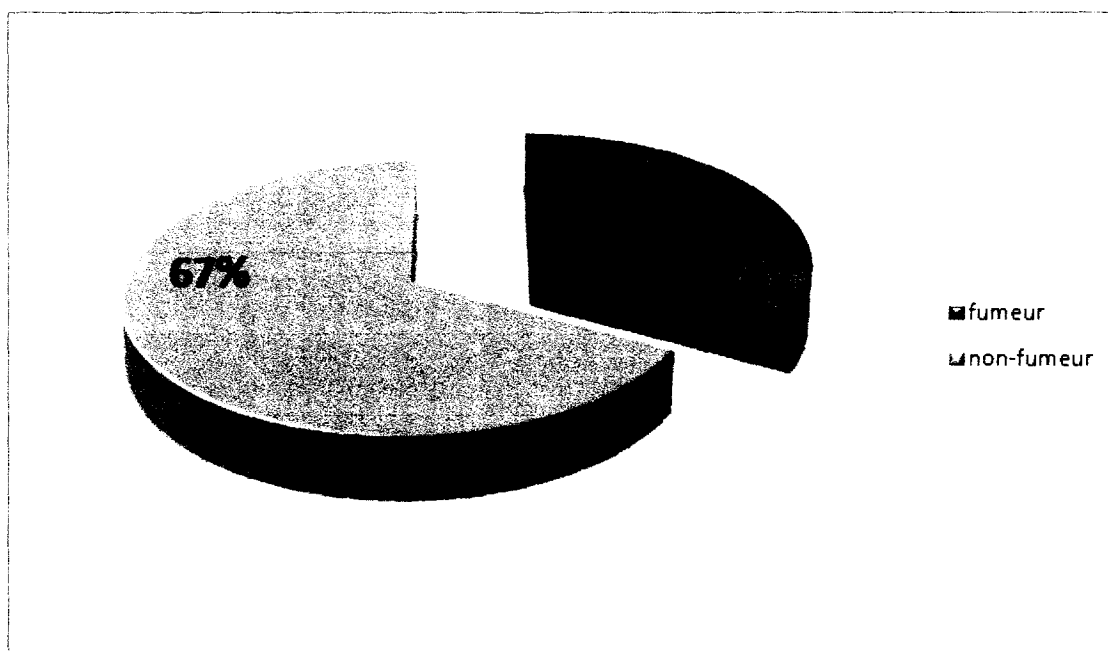


Figure N°34 : Représentation de la population selon la notion de tabagisme

- 67% de la population sont des non-fumeur
- Deux travailleurs Parmi les fumeurs consomment **20 cigarettes** par jour et un seul consomme **10 cigarettes** par jour.

Partie pratique

IV.2.2. Analyse des résultats des dosages :

➤ Plombémie :

Tableau N°18: Répartition de la population en fonction de la plombémie

Plombémie (ppb)	Effectif	Pourcentage (%)
[20-28[	02	23
[28-36[	03	33
[36-44[	03	33
[44-52[	01	11
TOTAL	09	100

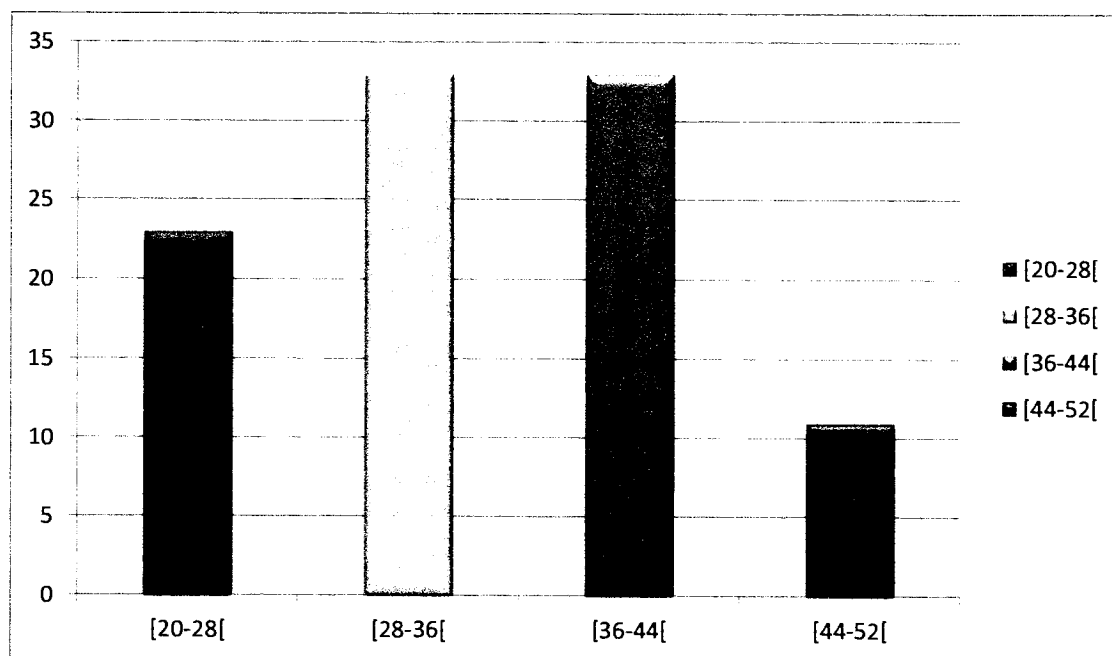


Figure N°35 : Représentation de la population en fonction de la plombémie

- La plombémie moyenne est de **34.67 ppb(± 8)**.
- **89%** de la population ont une plombémie inférieure à **44 ppb**

Partie pratique

- La valeur moyenne chez les chauffeurs qui exercent à Blida est de **43.9 ppb**
- La valeur moyenne chez les chauffeurs qui exercent à Bouira est de **31.4ppb**

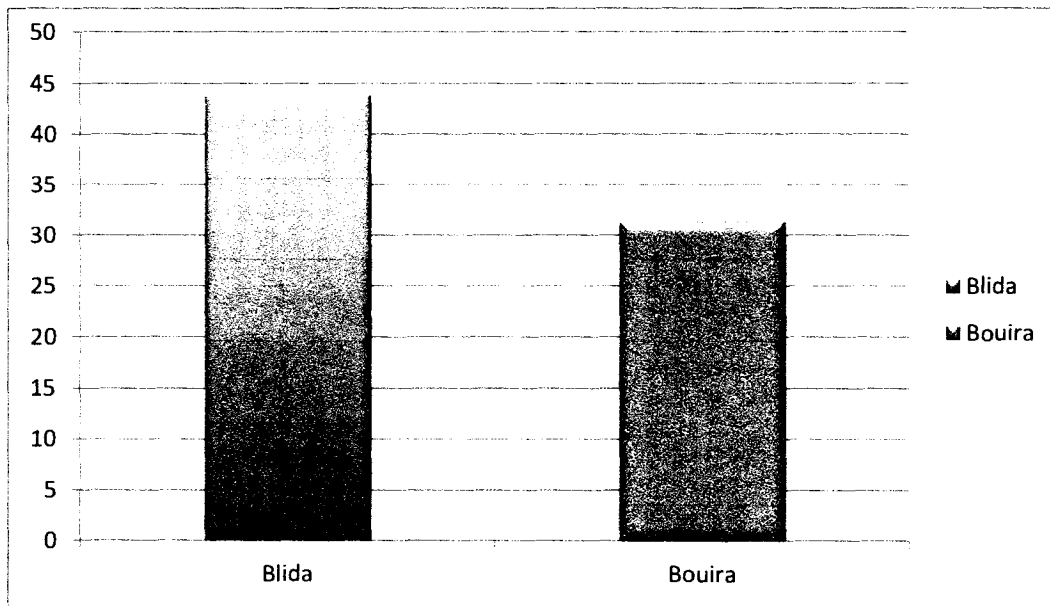


Figure N°36 : Représentation de la moyenne de plombémie selon l'établissement.

- La valeur moyenne pour les fumeurs est de **30.77ppb**
- La valeur moyenne pour les non-fumeurs est de **35.85ppb**

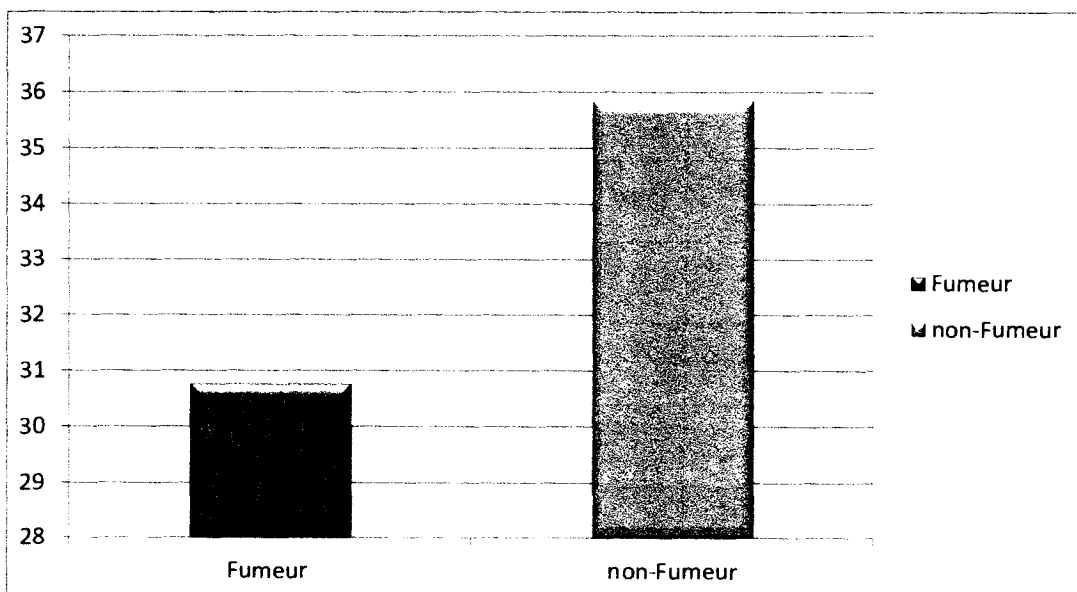


Figure N°37 : Représentation de la moyenne de plombémie des fumeurs et des non-fumeurs

Partie pratique

➤ Formule de la Numération Sanguine FNS :

Tableau N°19 : comparaison des moyennes des différents paramètres de l'hémogramme avec les valeurs normales

Paramètres de l'hémogramme	Moyenne	Valeur normale
GR ($10^6/\text{mm}^3$)	04.87	4-6
GB ($10^6/\text{mm}^3$)	07.43	4-10
Hb (g/dl)	14.60	12-18
HCT (%)	44.38	35-54
Plaquettes ($10^3/\text{mm}^3$)	225.78	150-400

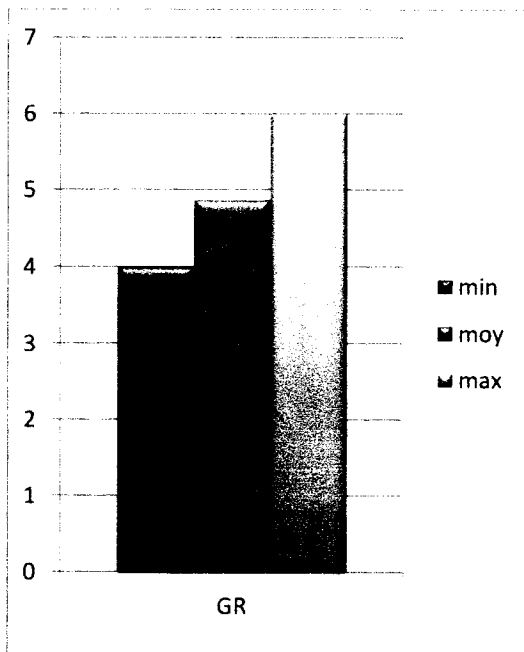


Figure N°38 : Représentation des moyennes des GR

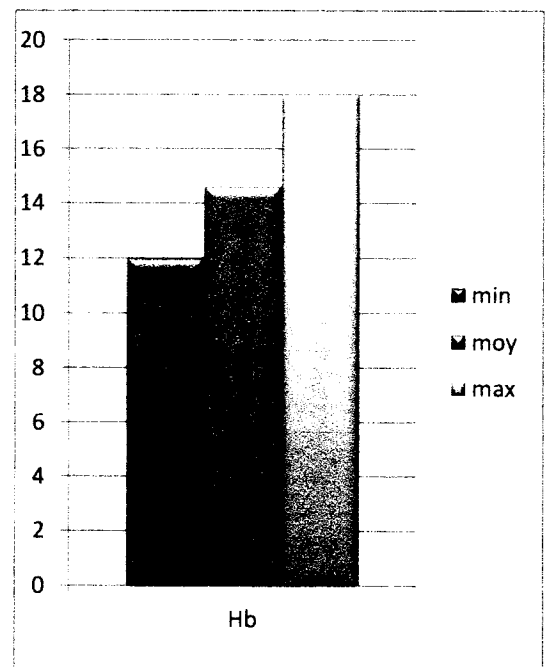


Figure N°39 : Représentation des moyennes de Hb

Les résultats de l'hémogramme obtenu pour chaque travailleur étaient dans les normes :

- Leucopénie : 0%
- Thrombopénie : 0%
- Anémie : 0%
- Polyglobulie : 0%

DISCUSSION

V. DISCUSSION :

La valeur moyenne d'âge est de **33 ans (± 8)**, la population relativement jeunes, dont 89% sont moins de 38ans.

On note que la taille de notre échantillon (**9**) est très réduite, donc notre population d'étude ne peut pas être représentative, c'est juste un sondage.

33% de l'échantillon sont des fumeurs (entre 10 et 20 cigarettes par jour), et **67%** sont des non-fumeurs.

La durée d'exercice dans le poste est de **8 ans(± 3)**, elle est relativement faible.

Cette population a bénéficié d'un examen médicale général et d'une évaluation biologique (numération de la formule sanguine avec équilibre leucocytaire et une chimie urinaire) qui étaient sans anomalies.

La valeur moyenne de la plombémie de l'échantillon **34.67ppb** est nettement inférieur à la norme **400ug/l**.

La valeur moyenne chez les chauffeurs qui exercent à Blida est de **43.9 ppb**

La valeur moyenne chez les chauffeurs qui exercent à Bouira est de **31.4ppb**

La valeur moyenne pour les fumeurs est de **30.77ppb**

La valeur moyenne pour les non-fumeurs est de **35.85ppb**

La valeur maximale est de **46.7 ppb** chez un chauffeur non-fumeur, âgé de 49ans qui exerce dans le poste depuis 7ans à Blida.

Les résultats de dosage des différents paramètres biologiques qui ont été choisis pour soutenir cette étude ont montré que :

Pour la numération de la formule sanguine, la moyenne du taux d'hémoglobine de toute la population était aux normes **14,6 g/dl**, et la valeur obtenue pour chaque travailleur n'était pas en faveur de perturbation recherchée (anémie normocytaire normochrome).

La même observation a été notée pour le reste des paramètres de l'hémogramme.

Malgré que notre population n'était pas représentative, les résultats obtenus (médicaux et biotoxicologiques) semblent être **rassurant**, cela peut être justifié par le fait que, la population étudié est relativement jeune, la durée d'exercice dans le poste n'est pas assez longue ainsi l'emplacement des établissements de travail hors wilaya (moins de pollution atmosphérique) n'exposent pas les chauffeurs à des taux élevés de plomb. D'autant plus, la rénovation des anciennes canalisations d'eau de robinet qui étaient la source principale de contamination au plomb.

Mais les résultats attendus, pour des chauffeurs qui travaillent dans des sites plus pollués et qui conduisent des véhicules qui roulent avec les différents types d'essences et dont le nombre d'année d'exposition est plus important, peuvent être de loin plus élevés que les résultats de notre étude.

D'où la nécessité de réaliser d'autres études pareilles, sur des populations plus représentatives composées non seulement de chauffeurs mais également de travailleurs dont les conditions d'exercices sont en faveurs d'exposition plus importante au plomb ainsi aux autres toxiques.

Ce genre d'étude ne doit pas être limité à l'exposition professionnelle, mais ça doit toucher la population générale, notamment les sujets les plus vulnérables tels que les sujets âgés, les femmes enceintes et les enfants.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ACGIH, (2003). American Conference of Governmental Industrial Hygienists Threshold limit value time weighted average ACGIH .benzene p24 . ohio,E-U.A.
- Airmaraix. (2018). *Mesurer la qualité de l'AIR - Fabrication des données et contrôle de leur qualité* [Ebook]. Marseille: AtmoSud.
- Airparif(2010). Les différents polluants et leurs évolution. Paris.
- Algérie Presse Service. (2019). *Naftal: l'Algérie comptera plus de 490.000 véhicules roulant au GPLc à fin 2019*.
- Angerer J, Schildbach M, Krämer A. S-p toluylmercapturic acid in the urine of workers exposed to toluene : a new biomarker for toluene exposure. *Arch Toxicol* 1998 ; 72 : 119-23.
- Ata mitra and roy (2011), BTEX: A serious ground-water contaminant. *Research Journal of Environmental Sciences*, 5(5), p.394-398.
- Atmo (2017), polluants surveillé. Paris .
- AtmoFrance. (2020). *Les principaux polluants surveillés*. MTES.
- ATSDR (2010). Agency for Toxic Substances and Disease Registry. "Public Health Statement: Ethylbenzene." Last modified November (2010).
- Bersali, A. (2017). ALGERIE. Pollution automobile : La cote d'alerte. 29 Novembre, *El Watan*.
- Médecine-Sciences, 5ème édition, Paris (2000).
- Bismuth C., Baud F., Conso F, Dally S., Fréjaville J.-P., Garnier R., Jaeger A., Toxicologie clinique. Flammarion Médecine-Sciences, 5ème édition, Paris (2000)
- Bisson, M., Bureau, J., Del Gratta, F., Lefevre, j. &Levilain, A. (2011). *Oxydes D'azote NOx* (2ème éd.). Paris: INERIS.
- Boudene (1990). Récente acquisition sur la toxicité du plomb N85 p62-70.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bouguerra L. (1984). *Un exemple pour illustrer une approche multidisciplinaire de l'enseignement de la chimie*, BUP n°668, p. 165-174.

Brondeau MT, Schneider O. Indicateurs biologiques d'exposition : principes de base et valeurs-guides utilisables en France. Cahiers de notes documentaires - Hygiène et sécurité du travail 1997 ; 169 : 589-96.

Brunekreef B, Holgate ST. Air pollution and health, *Lancet*, 2002 Oct 19;360(9341):1233-42. (Texte complet disponible en s'abonnant gratuitement au site du *Lancet*.)

Canada.gov(2017).Les carburants et la pollution atmosphérique. [En ligne] Disponible à: < <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/sante-environnement-milieu-travail/carburants-pollution-atmospherique.html> > [Accéder 3 Mars 2020].

Cicolella,A Les composés organiques volatils (COV) : définition, classification et propriétés, *Revue des Maladies Respiratoires* Vol 25, N° 2 (2008) pp. 155-163.

CITEPA (2015), Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France (2015).

CITEPA(2004) . Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique. CITEPA/CORALIE/Format Secten février 2004.

Commission de toxicovigilance. Intoxication par le plomb chez l'enfant.Paris Ministère des Affaires sociales, de la Santé et de la Ville.Direction générale de l Santé; 1993 112p.

CSTIT, (2017). La Commission de la sécurité au travail et de l'indemnisation des travailleurs, Travailler avec le plomb, directives. Code de pratique de l'industrie conformément aux paragraphes 18(3) et 18(4) aux Lois sur la sécurité des Territoires du Nord-Ouest et du Nunavut.

Dananché. B, L. Delabre, S. Ducamp, J. Févotte, L. Garras, M. Houot, D. Luce, C .Pilorget . L'Institut de veille sanitaire décembre 2007.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Dawei. (2018). Tout savoir sur les carburateurs & supercarburateurs de motos | Mon Blog de Moto. [En ligne] Disponible à: < <https://www.theopijper.com/carburateurs-supercarburateurs-de-motos/> > [Accéder 10 février 2020].
- Debuy, V, S. Kasprzycki, N. Lépine, S. Bouchet, Principes et techniques pour la détection des gaz, Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs, INERISDRA-08-86244-13727B, (2009).
- Delon, J. (1986). *Approche de la toxicologie des garages*. Comité d'hygiène industrielle.
- Deluzarche, C. (2005). Pourquoi... a-t-on supprimé le plomb dans l'essence? [En ligne] Disponible à: < <http://shorturl.at/ajmX5> > [Accéder 4 March 2020].
- Demirdjian, H. (2006). Les carburants : une source d'énergie chimique. [En ligne] Disponible à: < <http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/les-carburants-une-source-denergie-chimique-1049> > [Accéder 18 January 2020].
- DGS (2002) Sous-direction de la gestion des risques des milieux. Rédaction d'après " Toxicologie clinique.
- DIDF (2020). *Désamiantage Ile de France (DIDF).Risques liées au plomb*.
- Djibré E., Gaillard C. (2006). *Révolution industrielle*. Toulouse.
- Douaud A et Girard C (1992). *Les moteurs et les carburants*.
- DSST, Direction De La Santé Et De La Sécurité Au Travail, 2011. *Directives Concernant L'exposition Au Plomb Sur Les Chantiers De Construction*. Toronto, Canada.: Ministère Du Travail, De La Formation Et Du Développement Des Compétences.
- Echeverria,D 1989., Fine, L., Langolf, G., Schork, A. &Sampaio, Acute neurobehavioural effects of toluene. Br J Ind Med. (1989), n°7, 483-95.
- Elichegaray, C., Bouallala, S., & Maitre, A. (2009). *Revue des maladies respiratoires actualités*. Paris: Elsevier Masson SAS.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ESMAP (2003). ENERGY SECTOR MANAGEMENT ASSISTANCE PROGRAMME 2003
Élimination de l'essence avec plomb dans les pays importateurs de pétrole de l'Afrique sub
saharienne.

Euromaster. (2019). Qu'est-ce que le GPL ?. [En ligne] Disponible à :
<<https://blog.euromaster.fr/lexique-auto/gpl> > [Accéder 14 Février 2020].

FMP-CISME (2012). Fiches Médico-Professionel - Catalogue et Index des Sites Médicaux ;
Fiche Résumé du 20/04/2012 :EMPLOYÉ DE STATION SERVICE. Paris.

Foa V, Alessio L. L'évaluation des risques biologiques. In : Mager
Stellman J, Virot A, eds. *Encyclopédie de sécurité et de santé au travail*.
Genève : Bureau international du travail, 2005 : 27.1-27.5.

Garnier R. Plomb. In: Bismuth C, Baud F, Conso F, Dally S, Fréjaville J, Garnier R, et al.,
editors. Toxicologie clinique. Paris: Flammarion Médecine-sciences; 2000. p. 63 55.

GAYRAL. Maud: Ingénieur Brevet - ICOSA, Paris, France 2017 :BTX : benzène, toluène,
xylènes.

Gazdetectorg ,2006. DIOXYDE DESOUFRE – SO2. VERT SAINT DENIS.

Géraldine Blavier, Debrock.Katrien, Rasolo. harimahefa Michèle, Bouland. Catherine 2014.

GIRAUD, A. (1987). *Geopolitique du petrole et du gaz*. Paris: Editions Technip.

GPL Algérie. (2019). *Le GPL : Sûr Et Made In Algeria*.

Grace R. AMG and M. A. Portnoff. Computational enhancement of MOS gas sensor selectivity,
Sensors and Actuators B, 5: 193–197, (1991).

Grossetête, C., & Bessy, G. (1996). *Physique chimie 2e*. Paris: Belin.

Guibet, J. (1999). *Fuels and engines*. Paris: Éd. TECHNIP.

Harvey B, Koplan J, Jackson R. In: *Managing elevated blood lead levels among young
children: Recommendations from the advisory committee on children lead poisoning*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

prevention. Atlanta: Centers for disease control. US Department of health and human services. Public health service; 2002.p. 128.

Haufroid V. Nouveaux biomarqueurs en toxicologie industrielle. *Ann Toxicol Anal* 2003 ; 15 : 159.

Hegazy, R.M.H.F.M. kamel, Oxidant hepatic &/or haem. Injury on fuel station workers exposed to benzene vapors, Possible protection of antioxidants, *Am. J. Med. Med. Sci.* 4 (2) (2014) 35–46.

Husson, B. (2013). *Etude en réacteur auto-agité par jets gazeux de l'oxydation d'hydrocarbures naphthéniques et aromatiques présents dans les gazoles* (Docteur). L'université de Lorraine.

IBGE, Bruxelles environnement (2014). Inventaire d'émission, soumission 2014 43. Synthèse des émissions de polluants atmosphériques en région de bruxelles-capitale page 2 sur 8.

Collection des fiches documentées, thème air, composés organiques volatils page 14 sur 15- Mai 2014.

INERIS (1997) Loi n° 96-1236 du 30/12/96 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie.

INERIS 2014 - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques 2011.

INERIS,(2016) – DRC-09-103112-08910C Version N°4.1- 2016. *Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques*.

INRS (2003). Plomb et composés (7439-92-1)/ plombémie-Plomb sanguin-Biotox-

INRS (2006). Base de données FICHES TOXICOLOGIQUES n41 et n133 édition N°2006 .

INRS (2006). *Combustibles et carburants pétroliers*. Paris.

INRS (2016). Xylènes Fiche toxicologique n°77, Base de données fiches toxicologiques.

INRS (2018). Benzène M-40. In : *MétoPol. Métrologie des polluants*. INRS, 2018 (www.inrs.fr/metropol/).7.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

INRS, (2008) .Réparation et entretien des véhicules automobiles (2008, 68 pages) ED 755 .

INRS, (2019) 5^{ème} édition Fiche toxicologique n°49 N.

INRS,2019, Benzène Fiche toxicologique n°77, Base de données fiches toxicologiques, INRS, (2019).

INRS. (2006). Oxydes d'azotes. Fiche toxicologique ED133.

INRS. (2013). *Interventions Sur Les Peintures Contenant Du Plomb - Prévention Des Risques Professionnels* (3^{ème}éd.). Paris.

INRS. (2014). *Santé Et Sécurité Au Travail - Prévenir Les Expositions Professionnelles Au Plomb*. Paris.

INRS. (2015). *Prélèvement Des Aérosols Par Cassette Fermée* (pp. 2-5). Métrologie des Polluants. Paris.

INRS. (2016). Valeurs limites d'exposition pour la prévention des risques chimiques. 1^{ère} Édition. Paris.

INRS. (2016). *Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France*. Paris: INRS ED 984.

INSERM. Plomb dans l'environnement. Quels risques pour la santé?. Paris: éditions INSERM; 1999 461p.

IRSST (Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail) (2012). *Guide D'échantillonnage Des Contaminants De L'air En Milieu De Travail*. 8^e édition, version 8.1, mise à jour.

IRSST (Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail) (2005). *Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail*, Québec.

IRSST(2003). *Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail) guide de prévention, exposition au plomb 2eme edition* ISBN – 2-550-42326-7 .Québec.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

JCGM, (2012). Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM) (2012). Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM). 3^{ème} Edition. Bureau international des poids et mesures (BIPM). Sèvres Cedex, France.

Kazaks, A., Uriu-Adams, J., Albertson, T., Shenoy, S., & Stern, J. (2010). Effect of Oral Magnesium Supplementation on Measures of Airway Resistance and Subjective Assessment of Asthma Control and Quality of Life in Men and Women with Mild to Moderate Asthma: A Randomized Placebo Controlled Trial. *Journal Of Asthma*, 47(1), 83-92. doi: 10.3109/02770900903331127

Ladji. R, N. Yassaa, C. Balducci, A. Cecinato, *Atmospheric Pollution and Research* 21, (2014), ISBN : 1819-1832.

Lauwerys R, Hoet P. Industrial chemical exposure. Guidelines for biological monitoring. Boca Raton: Lewis Publishers; 2001 638p.

Lauwerys R. Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles. Paris : Edition Masson, 2007.

Lavoisy, O. PREMIER PUITES DE PÉTROLE. [En ligne] Disponible à : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/premier-puits-de-petrole/>, [Accéder 12 April 2020].

Lethielleux, L., Velly, N., & Ramel, M. (2016). *Gestion des sites et sols pollués - Guide pratique pour la caractérisation des gaz du sol et de l'air intérieur en lien avec une pollution des sols et/ou des eaux souterraines*. INERIS.

Low, L.K., J.R. Meeks et C.R. Mackerer, «Health effects of the alkylbenzenes. I. Toluene», *Toxicol. Ind. Health*, n° 4, 1988, p. 49-75.

Magdelaine. C (2000) - La pollution particulaire au bois de Vincennes : définition, mesure et variations spatiales. Mém : Institut de Géographie de Paris : juin 2000.

Maiche, Z. (2014). Lutte contre la pollution automobile : l'Algérie à la traîne. [En ligne] Disponible à : <<http://autoexpertdz.unblog.fr/2014/06/14/lutte-contre-la-pollution-automobile-lalgerie-a-la-traine>> [Accéder 13 February 2020].

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, Arrêté du 22 juillet 2004 relatif aux indices de la qualité de l'air, [EN LIGNE]

Ministère De L'énergie- Autorité de Régulation des Hydrocarbures. (2017). *Bilan du Marché National des Carburants terre Année 2016*.

Ministère Des Solidarité Et De La Santé. (2019). *Qualité De L'air : Sources De Pollution Et Effets Sur La Santé*. Paris.

Miquel M. G. (2001). *Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé*. L'Office parlementaire d'évaluation des choix scient.

Mosqueron. L, V. Nedellec, Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air a intérieur des bâtiments : Actualisation des données sur la période 2001 -2004, Observatoire de la Qualité de l'Air intérieur (2004), Rapport final (n°2004-10).

Office National Des Statistiques (ONS). (2019). *L'Algérie En Quelques Chiffres - Résultats 2015-2017*. Edition 2018. N°48. Alger.

Ogata, M., K. Tomokuni et Y. Takatsuka, «Urinary excretion of hippuric acid and m- or p-methylhippuric acid in the urine of persons exposed to vapours of toluene and m- or p-xylene as a test of exposure», Br. J. Ind. Med., n° 27, 1970, p. 43-50.

Pilorget, C., Dananché, B., Luce, D., & Févotte, J. (2007). *Éléments techniques sur l'exposition professionnelle aux carburants et solvants pétroliers– Matrice emplois-expositions aux carburants et solvants pétroliers*. Lyon: l'Institut de veille sanitaire (InVS) et l'Umrestte.

Pyko, K., H. Tahtiet Vapatalo, «Toluene concentrations in various tissues of rats after inhalation and oral administration», Arch. Toxicol., n° 38, 1977, p. 169-176.

Roper W, Houk V, Falk H. Preventing lead poisoning in young children. Atlanta: Centers for disease control; 1991 107p.

S. Colombano, Saada A, Victoire E, Guerin V, Zornig C, Amalric L, Blessing M, Widory D, Hube D et Blanc C. Avec la collaboration de Honrado J-C et Gassiat B. (2014) *Nature des produits pétroliers et origine du vieillissement : tentative de l'identification de la source via la*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

prise en compte des impacts et l'analyse de l'âge approximatif des déversements. Rapport final. Rapport BRGM RP-64174-FR, 163 p, 62 fig, 33tabl.

Satcher D, Jackson R, Falk H. *Screening young children for lead poisoning: Guidance for state and local public health officials*. Atlanta:Centers for disease control. US Department of health and human services.Public health service; 1997 121p.

Sato, A., Toxicokinetics of benzene, toluene and xylenes, IARC Sci. Publ. France, vol. 85, ch. 3, 1988, p. 47-64.

Schindhelm,RK L.P. van der Zwan, T. Teerlink, P.G. Scheffer, Myeloperoxidase: a useful biomarker for cardiovascular disease risk stratification? Clin. Chem. 55 (2009) 1462–1470.

Seiyama. T, N. Yamazoe, S. Yamauchi, Chemical Sensor Technology, Vol 1, 2, 3, 4, Elsevier Science Ltd, (1988).

Semlali. RM et al. (2004). *Modeling lead input and output in soils using lead isotopic geochemistry* .*environscitechnol* 38(5)1513-21 .

Sergent M. (1994). *Utilisation des aromatiques dans les carburants*. Journal Officiel Sénat du 09/03/1995 - page 575.

Tuduri, L., &Fanlo, J. (2002). *Analyse de traces de composés organiques volatils dans l'air par microextraction sur phase solide...* Pau: [s.n.].

Ukai H, Kawai T, Inoue O, Maejima Y, Fukui Y, Ohashi F, *et al*. Comparative evaluation of biomarkers of occupational exposure to toluene. *Int Arch Occup Environ Health* 2007 ; 81 : 81-93.).

Union Nationale des Investisseurs UNI, & APS. (2016). *Carburants : La consommation dans une tendance baissière*.

Union Nationale des Investisseurs UNI, & APS. (2020). *Le parc automobile national comptait plus de 6,4 millions de voitures à fin 2018*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

USEPA, (1994) US Environmental Protection Agency. "Chemicals in the environment: toluene."
Last modified August (1994). http://www.epa.gov/chemfact/f_toluen.txt.

USEPA. US.Environmental Protection Agency. "Ethylbenzene." (2000).
<http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/ethylben.html>.

Van Den Berg, M. (2015). *Prélèvement et Analyse d'air - Formation Fedexsol Wépion*.
Presentation.

Weber JP, Bergeret A, Berode M, Droz PO, Gérin M, Goyer N, *et al.* Mesure de l'exposition. In :
Gérin M, Cordier S, Viau C, Quénel P, Dewailly E, eds. *Environnement et santé publique*
Fondements et pratiques. Paris : Edisem - Acton vale, 2003 : 163-202.

Younessi Brahim, (2015). Les maladies respiratoires et cardiovasculaires explosent en Algérie à
cause de la très forte pollution atmosphérique.

ANNEXES

ANNEXE

**ANNEXE I:
METHODES D'ANALYSES**

ANNEXE

1. SPECTROSCOPIE D'ABSORPTION ATOMIQUE :

Cette méthode d'analyse dite élémentaire, permet de doser des éléments chimiques à l'état de traces (en très faible quantité : quelques ppm), contenus dans une solution, et de déterminer les concentrations des espèces présentes. (Laverdière et al 1999)

La spectrométrie d'absorption est basée sur la théorie de la quantification de l'énergie des atomes. En effet un atome qui passe de son état (d'énergie) fondamental à un état excité quelconque absorbe un ou plusieurs photons. La fréquence ν du photon dépend de l'énergie ΔE acquise par l'atome par la relation : $\Delta E = h\nu$ où h est la constante de Planck. (Laverdière et al 1999)

Donc, SAA repose sur le fait que les atomes libres absorbent la lumière, à une longueur d'onde qui est caractéristique de l'élément en cause : dans le cas des atomes de plomb dans leur état fondamental, cette longueur d'onde est égale à 283,3 nm. On peut établir une relation linéaire entre la quantité de lumière absorbée et la concentration de l'analyte présent dans l'échantillon. Pour procéder à un dosage par AAS, il faut tout d'abord que l'échantillon contenant du plomb subisse une atomisation, c'est-à-dire un traitement qui génère, sur le trajet optique de l'instrument, un gaz atomique formé d'atomes dans leur état fondamental. (OMS, 2011)

L'absorption permet de mesurer les concentrations des éléments à doser. La SAA peut être appliquée au dosage d'une trentaine d'éléments, et cela tout aussi bien au niveau des éléments majeurs (0,1 ... 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) que d'éléments en trace ou ultratrace (0,0001 ... 0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). (Dr. Kuske, et Dr. Nicolas n.d)

Avantages et limites de la méthode : Cette méthode est peu chère car elle ne demande pas une technique complexe. Cependant elle reste très quantitative et ne permet pas toujours de connaître les éléments contenus dans l'échantillon. De plus elle nécessite un étalonnage à chaque nouvelle manipulation et demande ainsi beaucoup de temps. (Laverdière et al 1999)

1.1. Spectrométrie d'absorption atomique à atomisation par flamme (FAAS) :

Dans l'absorption atomique avec flamme, on utilise une flamme laminaire : air, acétylène ou protoxyde d'azote-air-acétylène pour l'atomisation. L'échantillon qui contient les éléments métalliques recherchés, est dispersé en nuage de fines gouttelettes dans la flamme. Les métaux ainsi libérés forment un plasma d'atomes libres (figure 1).

L'atomisation du plomb se fait à des températures atteignant les 2600°C. La FAAS a une limite de détection moyenne, mais qui est suffisante dans la plupart des cas. Comme il faut aspirer directement l'échantillon, on a besoin d'au moins 5 ml de produit de digestion pour l'aspiration et l'obtention d'un signal stable pour la mesure. Les dosages par FAAS sont sujets à quelques interférences dues à la diffusion de la lumière et à l'absorption par les molécules des constituants de la matrice, interférences qui peuvent être corrigées de manière satisfaisante par plusieurs procédés. Les spectromètres FAAS, dont l'utilisation demande une certaine qualification, sont très largement disponibles avec ou sans échantillonneur automatique. Le coût d'acquisition initial

ANNEXE

est relativement bas et les produits consommables, comme l'acétylène par exemple, sont assez bon marché. Ce sont des appareils qui ne nécessitent que relativement peu d'entretien et dont le débit peut atteindre plusieurs échantillons par minute. (OMS, 2011)

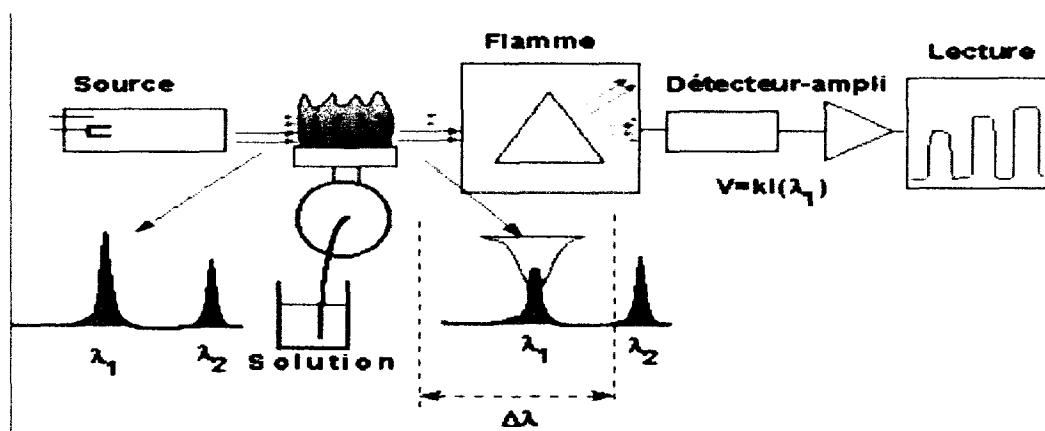


Figure N°1 : Principe de la spectrométrie d'AA. (Laverdière et al 1999)

1.2. Spectrométrie d'absorption atomique en four graphite (GFAAS) :

Dans la GFAAS, on utilise un tube en graphite chauffé électriquement dans lequel on vaporise et atomise l'analyte jusqu'à 3000°C avant détection. Les spectromètres GFAAS ont une limite de détection très basse et ne nécessitent qu'un produit de digestion de très faible volume (environ 20 μ l). Il s'agit donc d'une technique très sensible. On a mis au point des méthodes qui permettent de mesurer des concentrations de moins de 0,1 μ g/dl ; toutefois, dans les conditions habituelles d'utilisation, la limite de détection est de l'ordre de 1 à 2 μ g/dl. Actuellement, la GFAAS est l'une des méthodes les plus couramment utilisées pour déterminer la plombémie.

Lors des dosages par GFAAS, on est fréquemment gêné par des interférences dues à la diffusion de la lumière et à l'absorption par les molécules des constituants de la matrice, mais on peut y remédier de manière satisfaisante en utilisant divers procédés, notamment des modificateurs de matrice. Les spectromètres GFAAS doivent être utilisés par des techniciens de laboratoire qualifiés. Ces spectromètres sont largement disponibles mais ils doivent être dotés d'un échantillonneur automatique pour augmenter la précision et le débit. Ce sont des instruments dont le coût d'acquisition initial est moyen et qui nécessitent un entretien important et des produits consommables dont le coût n'est pas négligeable. Ils ont un débit d'environ un échantillon toutes les 2 à 3 minutes. (OMS 2011)

1.3. Spectrométrie d'émission avec plasma à couplage inductif (ICP)

La spectroscopie de plasma à couplage inductif est une technique qui fait appel aux phénomènes d'émission atomique dont la source d'atomes est un plasma d'argon. A haute température, il se forme au sein de l'argon un mélange d'atomes et de particules chargés suivant un équilibre. Le plasma (un gaz ionisé à très haute température composé d'électrons et d'ions positifs) est produit par voie inductive par une génératrice haute fréquence. Sa température varie entre 6 000 et 8 000°C. Les éléments recherchés sont introduits dans le plasma et transformés en vapeur atomique et éventuellement ionique par excitation lors de leur collision avec les éléments constitutifs du plasma. (Laverdière et al 1999)

Dans ce milieu de très haute énergie, le plomb (comme beaucoup d'autres éléments) émet une lumière de longueur d'onde caractéristique. La quantité de lumière émise peut être mesurée et corrélée avec la concentration du plomb dans l'échantillon. Les spectromètres ICP ont l'avantage de permettre le dosage simultané de plusieurs éléments. La limite de détection est moyenne pour le plomb, mais elle est tout de même suffisante pour que l'on puisse déterminer avec exactitude sa concentration dans une peinture aux teneurs habituellement rencontrées. En ce qui concerne le volume de l'échantillon, les exigences de la méthode sont modérées. Les interférences spectrales sont courantes mais il est possible d'y remédier. Les appareils ICP doivent être utilisés par du personnel de laboratoire qualifié. Le débit est moyen, habituellement d'un échantillon par minute. (OMS, 2011)

Cette technique a un champ d'application plus large que l'absorption atomique sans flamme mais son pouvoir de détection est plus faible. La haute température du plasma permet de limiter les interférences de matrices et de ce fait l'ICP peut être très largement employée pour la recherche des métaux lourds. Tous les spectrophotomètres comportent un système de dispersion de la lumière pour le choix de la longueur d'onde appropriée ainsi qu'un photomultiplicateur pour la mesure de l'intensité reçue. (Laverdière et al 1999)

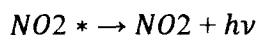
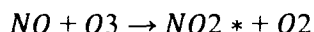
2. Fluorescence x :

La fluorescence X met en œuvre un rayon X incident, d'une longueur d'onde inférieure à 1 nm, et donc de grande énergie, émis par une source radioactive. Le détecteur du rayonnement fluorescent X est en général constitué d'un cristal plan tournant suivi d'un détecteur de photons de type proportionnel ou à scintillation. Grâce à une préparation d'échantillons relativement simple, la fluorescence X est aujourd'hui utilisée dans des applications très diverses. Elle n'est cependant applicable que pour déterminer des éléments entre le bore ($Z=5$) et l'uranium ($Z=92$). En particulier, c'est une technique très utilisée pour l'analyse de métaux lourds, notamment dans les poussières. (OMS, 2011)

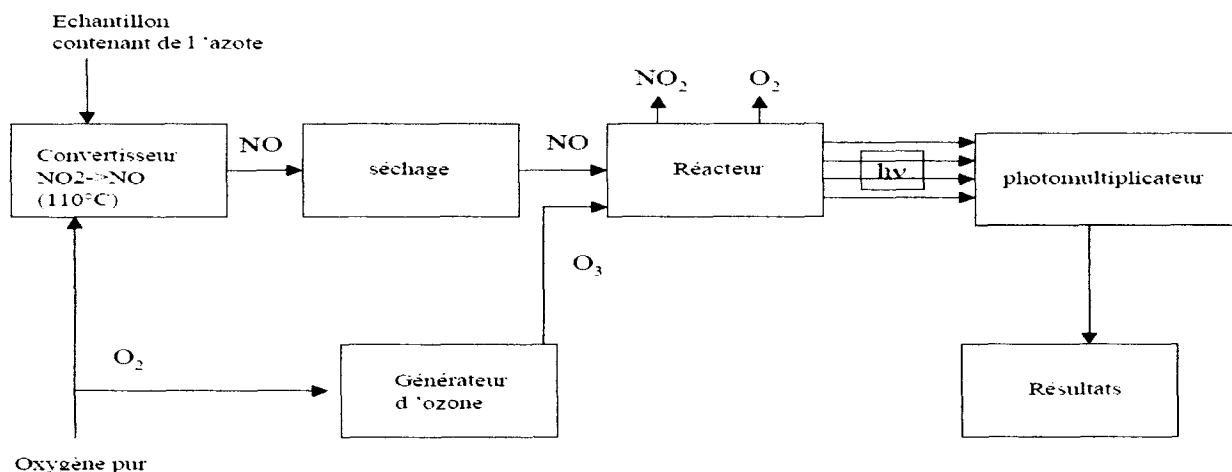
ANNEXE

3. Chimiluminescence :

C'est une méthode automatique fondée sur la réaction en phase gazeuse de l'ozone sur NO sous pression, soit réduite, soit voisine de la pression atmosphérique.



La concentration du dioxyde d'azote est déterminée indirectement en mesurant par photométrie l'intensité de la lumière produite par la réaction de l'ozone sur NO. Le dioxyde est quantitativement réduit en monoxyde au moyen d'un convertisseur avant sa réaction avec l'ozone, ce qui donne une mesure de NO + NO₂. Il suffit ensuite de déduire de ce dernier résultat la teneur en NO pour obtenir teneur en NO₂. Les deux dosages de NO et de NO + NO₂ peuvent se faire en même temps avec un appareil double, ou successivement avec un appareil unique,



pourvu que l'intervalle de temps entre les deux dosages ne dépasse pas deux minutes (OMS, 1976)

Figure N°2 : Schéma de principe d'un analyseur par chimiluminescence pour le dosage du monoxyde d'azote.

Cette méthode convient assez bien pour mesurer des concentrations assez faibles, allant du ppb à quelques ppm en volume. Elle est par ailleurs très spécifique. La précision des mesures dépend de la maintenance de l'appareil, de la qualité et de la fréquence d'étalonnage des appareils et des conditions d'utilisation. (Dr. Kuske, et Dr Nicolas n.d)

ANNEXE

4. Méthodes Chromatographiques :

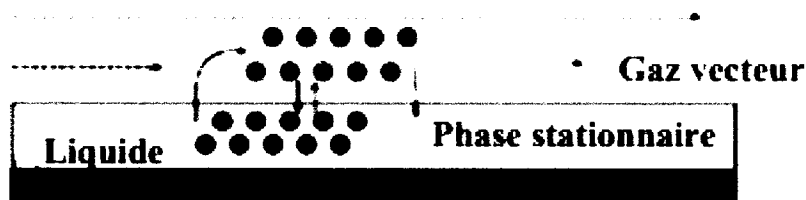
Les méthodes chromatographiques permettent la séparation et l'identification de nombreuses substances par adsorption sur colonne ou sur papier sensible spécial, puis par élution des divers composés au moyen de solvants sélectifs. On peut ainsi séparer les constituants de mélanges complexes sans leur faire subir de modification chimique. Ces méthodes permettent de détecter très rapidement des traces d'ions minéraux ; le gain de temps est considérable par rapport aux autres techniques. La sensibilité de la chromatographie est très grande. De plus, toutes les substances peuvent être dosées. (Cambin.d)

4.1. Chromatographie en phase gazeuse (GPC) :

La chromatographie en phase gazeuse est rapidement devenue l'une des meilleures méthodes analytiques dans le domaine scientifique, autant en recherche que dans le domaine industriel (industrie pharmaceutique, agriculture, environnement, etc.) Cette technique fut découverte en 1952 par James et Martin et a fait des progrès vertigineux, particulièrement grâce à la découverte des détecteurs ultrasensibles. Le seuil de détection de la chromatographie en phase gazeuse, de l'ordre des parties par billions, n'a pas encore été égalé. C'est également le seul type de chromatographie qui utilise un gaz comme phase mobile, ce qui nécessite un appareil spécial, appelé communément le chromatographe à gaz. Dépendant de la phase stationnaire, il est possible d'exploiter les phénomènes d'adsorption ou de partition en chromatographie en phase gazeuse. (Salghi,n .d)

4.1.1. Principe :

La chromatographie est une technique de séparation des différents composés d'un mélange, basée sur leur migration différentielle au travers d'un substrat fixé dans une colonne. Pour ce faire on va utiliser une colonne chromatographique, qui est, de façon simplifiée, un tube contenant une phase fixe (soit un liquide, auquel cas on parlera de chromatographie gaz-liquide ou de partage, soit un solide, auquel cas on parlera de chromatographie gaz-solide ou d'adsorption). Dans ce tube on va faire passer un gaz vecteur dont la fonction est d'entraîner le gaz à analyser dont on introduit une certaine quantité en tête de colonne. (Dr. Kuske, et Dr Nicolas n.d)



ANNEXE

Figure N°3 : Principe d'une colonne de partage. (Dr. Kuske, et Dr. Nicolas n.d)

En maintenant une température minimale convenable, on parvient à volatiliser la totalité des produits (appelés solutés) à l'entrée de la colonne. Ceux-ci sont obligés de parcourir la colonne par la poussée d'un gaz inerte, appelé gaz vecteur, qui constitue la "phase mobile". Alors que la phase mobile tend donc à entraîner les espèces à séparer dans son mouvement, le remplissage de la colonne, constituant la "phase stationnaire", tend à les retarder, d'autant plus fortement que ses interactions avec les solutés sont intenses. Il en résulte que les solutés ont, pour la plupart, des vitesses de déplacement différentes et inférieures à celle de la phase mobile. Ils traverseront donc celle-ci en un temps plus ou moins long, selon leurs interactions propres avec le substrat : c'est l'élution des composés. (Dr. Kuske, et Dr Nicolas n.d)

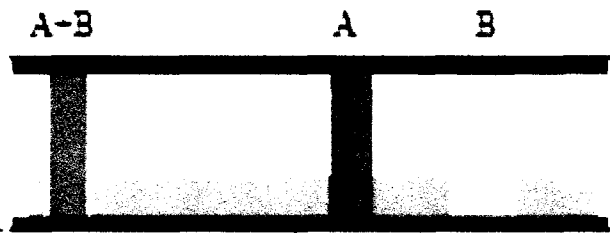


Figure N°4 : Séparation des solutés dans la colonne. (Dr. Kuske, et Dr Nicolas n.d)

A la sortie de la colonne, les composés présents dans le mélange gazeux initial sont donc séparés : chacun d'entre eux ayant parcouru la colonne avec un "temps de rétention" qui lui est propre, et qui peut donc servir à l'identifier et on va obtenir un chromatogramme ayant l'aspect suivant : (IRSST, 2005)

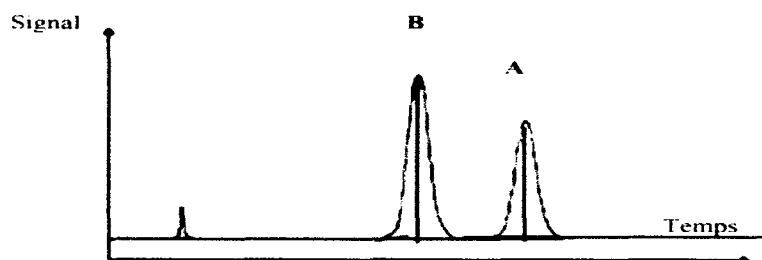


Figure N°5 :Le chromatogramme. (Dr. Kuske, et Dr Nicolas n.d)

Pour atteindre une bonne séparation des différents composés du mélange et donc une bonne détectabilité, on peut diminuer le diamètre des grains de la phase stationnaire des colonnes remplies, ou diminuer le diamètre de la colonne. On utilise ainsi à l'heure actuelle des colonnes capillaires qui permettent une très bonne séparation des pics. (IRSST, 2005)

4.1.2. Appareillage :

Les différentes parties du chromatographe sont les suivantes :

- Une bouteille d'alimentation en gaz vecteur
- Une vanne d'introduction du mélange à analyser
- Une colonne de séparation contenue dans une enceinte à température contrôlée
- Un détecteur en sortie de colonne et un système d'acquisition ou de traitement des résultats. (Wilson n.d)

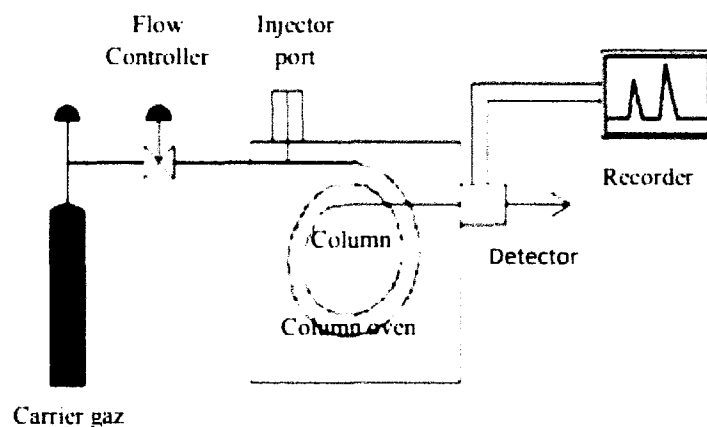


Figure N°6: Schéma de principe du chromatographe en phase gazeuse. (Wilson n.d)

4.1.2.1. Le gaz vecteur :

Le gaz porteur, est la phase mobile, dynamique de la chromatographie en phase gazeuse. C'est dans son flux que l'on injecte le mélange à analyser, et c'est lui qui le véhicule jusqu'au détecteur à travers toute la colonne. Dans la plupart des cas, il doit être inerte vis-à-vis des solutés et de la phase stationnaire. Il y a donc quatre types de gaz utilisés : Hélium, Hydrogène, Azote et Argon. La principale propriété des gaz vecteurs est leur insolubilité dans les liquides. Leur signal électrique n'apparaîtra pas sur le chromatogramme. (Brunetto, 2007)

4.1.2.2. Injecteur :

Le mélange initial peut être sous forme gazeuse, liquide ou même solide, pourvu que, dans ces deux derniers cas, la vaporisation totale soit assurée de façon aussi instantanée que possible. Lorsque le mélange est déjà sous forme gazeuse, il peut être introduit par un système de vannes d'injection ou via une seringue à gaz. Plus fréquemment, le mélange à analyser est sous forme liquide ou en solution dans un solvant. La figure suivante le représente. (Dr. Kuske, et Dr Nicolas n.d)

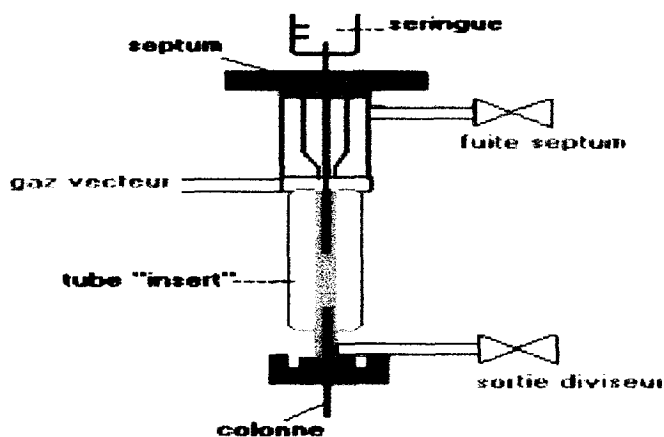


Figure N°7 : L'injecteur diviseur. (Brunetto, 2007)

4.1.2.3. Colonne :

Deux grands types de colonnes sont employés à l'heure actuelle : les colonnes remplies et les colonnes capillaires. Les colonnes remplies, encore utilisées pour l'analyse de gaz, sont généralement constituées d'un tube en métal de diamètre intérieur de 2 à 4 mm et de longueur 1 à 6 m, rempli d'un granulé poreux. Dans les colonnes capillaires, la phase stationnaire est déposée sous la forme d'un film régulier (d'épaisseur α , 1 à 5 μm). Leur diamètre intérieur varie entre 0,05 et 0,06 mm pour une longueur de 10 à 100m. Les principaux avantages de telles colonnes sont : une grande efficacité, un faible débit et une faible capacité d'échantillon. (Brunetto, 2007)

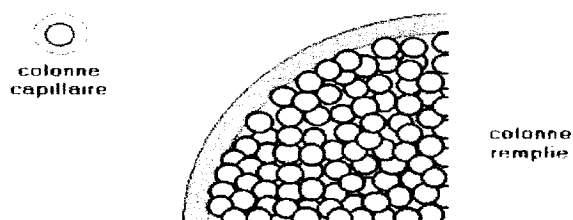


Figure N°8 : Représentation à la même échelle des deux colonnes (capillaire et remplie)
(Brunetto, 2007)

4.1.2.4. Détecteur :

Les effluents sortant à tour de rôle de la colonne doivent être repérés et ce repère transformé en signal électrique que l'on peut enregistrer au cours du temps pour constituer le chromatogramme. C'est la fonction du détecteur. (Dr. Kuske, et Dr Nicolas n.d)

Détecteur à ionisation de flamme FID : il est sensible mais, moins universel, car il ne donne pas de réponse aux composés inorganiques. Son principe est de brûler dans une flamme d'hydrogène les composés élués apportés par le gaz vecteur. Le seuil de détection peut être de l'ordre de 0,1 mg/m³, mais dépend des composés analysés (beaucoup plus élevé pour le formaldéhyde par exemple). Le FID a l'avantage d'être très stable dans le temps et linéaire sur une grande gamme de concentrations, l'identification des produits se faisant par le temps de rétention sur la colonne. (Dr. Kuske, et Dr Nicolas n.d)

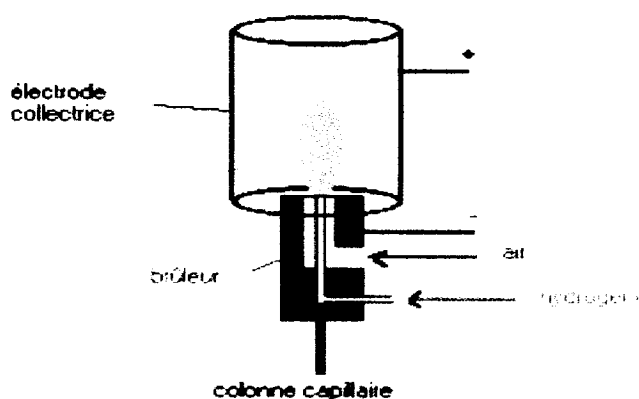


Figure N°9: Détecteur à ionisation de flamme. (Brunetto, 2007)

ANNEXE

Détecteur à spectrométrie de masse (MSD) : Le couplage entre la chromatographie gazeuse et la spectrométrie de masse (GC-MS) est l'un des systèmes les plus adaptés à la séparation et l'identification exhaustive de substances organiques dans des mélanges complexes tels que les pollutions intérieures. En outre, sa sensibilité (mg/m^3) permet la détection de concentrations faibles des composés odorants. Le spectromètre de masse, plus délicat à gérer en termes d'étalonnage, permet l'identification de produits inconnus. (Dr. Kuske, et Dr Nicolas n.d)

4.2. Chromatographie en phase liquide haute performance (HPLC) :

A l'origine, la chromatographie en phase liquide se faisait avec des colonnes en verre. Le liquide traversait la phase stationnaire par gravité ou sous faible pression. Par la suite, pour augmenter le débit, et donc réduire le temps d'analyse, des essais ont été effectués sous pression plus forte. C'est ce que l'on a appelé la Chromatographie Liquide sous Haute Pression (HPLC). Après d'autres modifications (amélioration des colonnes, ...), la technique a atteint un très haut degré de performance et de fiabilité, si bien que le P de Pression est devenu le P de Performance. Aujourd'hui, l'HPLC est la Chromatographie Liquide Haute Performance. (Jean-Louis n.d)

ANNEXE

ANNEXE II :
DIRECTIVE EUROPEENNE 98 /70

ANNEXE

1. ARTICLE 3 DE LA DIRECTIVE DU 13 OCTOBRE 1998 :

Essence

(Directive n° 2009/30/CE du 23 avril 2009, article 1er)

1. Au plus tard le 1er janvier 2000, les États membres interdisent la commercialisation sur leur territoire de l'essence plombée.
2. Les États membres veillent à ce que l'essence ne puisse être mise sur le marché sur leur territoire que si elle est conforme aux spécifications environnementales fixées dans le (tableau 1).

2. ARTICLE 4 DE LA DIRECTIVE DU 13 OCTOBRE 1998

Carburant Diesel

(Directive n° 2009/30/CE du 23 avril 2009, article 1er)

1. Les États membres veillent à ce que les carburants diesel ne puissent être mis sur le marché sur leur territoire que s'ils sont conformes aux spécifications fixées dans le (tableau 2).

3. ARTICLE 6 DE LA DIRECTIVE DU 13 OCTOBRE 1998

Commercialisation De Carburants Ayant Des Spécifications Environnementales Plus Strictes

(Directive n° 2003/17 du 3 mars 2003, article 1er)

1. Par dérogation aux articles 3 (#Article_3), 4 (#Article_4) et 5 (#Article_5), et conformément à l'article 95 paragraphe 10 du traité, un État membre peut prendre des mesures pour exiger que dans des zones spécifiques situées sur son territoire, les carburants ne puissent être commercialisés que s'ils sont conformes à des spécifications environnementales plus strictes que celles prévues par la présente directive, pour l'ensemble ou une partie du parc de véhicules, en vue de protéger dans cet État membre, la santé de la population dans une agglomération déterminée ou l'environnement dans une zone déterminée sensible du point de vue écologique ou environnemental, si la pollution atmosphérique ou des eaux souterraines constitue un problème grave et récurrent pour la santé humaine ou l'environnement ou que l'on peut légitimement s'attendre à ce qu'elle constitue un tel problème.

ANNEXE

Tableau N°1 : Spécifications environnementales applicables aux carburants sur le marché destinés aux véhicules équipés de moteur à allumage commandé.

Type: essence

Paramètre (1)	Unité	Valeurs limites (2)	
		Minimum	Maximum
Indice d'octane recherche		95 (3)	—
Indice d'octane moteur		85	—
Pression de vapeur, période estivale (4)	kPa	—	60,0 (5)
Distillation :			
- pourcentage évaporé à 100 °C	% v/v	46,0	—
- pourcentage évaporé à 150 °C	% v/v	75,0	—
Composition en hydrocarbures :			
- olefines	% v/v	—	18,0
- aromatiques	% v/v	—	35,0
- benzène	% v/v	—	1,0
Teneur en oxygène	% m/m		3,7
Composés oxygénés			
- Méthanol	% v/v		3,0
- Éthanol (des agents stabilisants peuvent être nécessaires)	% v/v		10,0
- Alcool isopropylique	% v/v	—	12,0
- Alcool butylique tertiaire	% v/v	—	15,0
- Alcool isobutylique	% v/v	—	15,0
- Éthers contenant 5 atomes de carbone ou plus par molécule	% v/v	—	22,0
- Autres composés oxygénés (6)	% v/v	—	15,0
Teneur en soufre	mg/kg	—	10,0
Teneur en plomb	g/l	—	0,005

Tableau N°2: Spécifications environnementales applicables aux carburants sur le marché destinés aux véhicules équipés de moteur à allumage par compression

Type : gazole

Paramètre (1)	Unité	Valeurs limites (2)	
		Minimum	Maximum
Valeur du cétane		51,0	—
Densité à 15 °C	kg/m (3)	—	845,0
Distillation :			
- 95 % v/v récupéré à :	°C	—	360,0
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	% m/m	—	8,0
Teneur en soufre	mg/kg	—	10,0
Teneur en EMAG — EN 14078	% v/v	—	7,0 (3)

ANNEXE III:
FICHES TECHNIQUES DES
CARBURANTS ALGERIE ET
FRANCE



Branche Carburants

FICHE TECHNIQUE PRODUIT /
PRODUCT DATA SHEET

ERQ LB 58 01

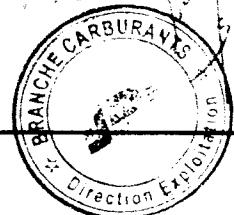
PRODUIT / PRODUCT : ESSENCE NORMALE
(L'essence normale est colorée)

Caractéristiques / Characteristics	Unité / Unit	Limites/ Limit		Typiques /Typical	Méthode d'essai / Test method
		Min	Max		
Densité à 15°C/Relative density at 15°C		0.710	0.765		NA 417
Distillation 10% 50% 95% PF/End point Résidu	°C %vol		70 140 195 205 2		NA 1445
Tension de vapeur Reid/ Reid Vapour Pressure 1/11 au 31/03 1/04 au 31/10	Bar		0.800 0.650		NA 422
Doctor test		Négatif			NA 8115
Teneur en gommes actuelles/Existent Gum	mg/100 ml		10		NA 2654
Nombre d'octane Recherche(ROn)/ Rich Mixture Octane Number		89			NA 2653
Teneur en plomb /Lead content	g/l		0.40		NA 2803
Teneur en soufre /Sulphur Content	%Pds		0.01		NA 11046
Corrosion lame de cuivre / Corrosion Copper Strip			1b		NA 566

Based on NA 8108 specifications .

<p>Nom : BOUYAHIA Prénom : Rheda Fonction : Responsable Laboratoire</p> <p>Date :</p> <p>Visa : Le Coordonnateur des Activités du Laboratoire Central <i>[Signature]</i> R. BOUYAHIA</p>	<p>Nom : CHEBLAL Prénom : Ali Fonction : Responsable Du Groupe Contrôle Qualité Produits et Métrologie</p> <p>Date :</p> <p>Visa : Le Coordonnateur du Groupe Contrôle Qualité Produits et Métrologie <i>[Signature]</i> A. CHEBLAL</p>	<p>Nom : TOUEL Prénom : Lounes Fonction : Directeur Exploitation</p> <p>Date :</p> <p>Visa : <i>[Signature]</i> TOUEL</p>
---	--	--

EDITION : Juillet 2013





Branche Carburants

FICHE TECHNIQUE PRODUIT /
PRODUCT DATA SHEET

ERQ LB 58 01

PRODUIT / PRODUCT : ESSENCE SUPER
(L'ESSENCE SUPER EST INCOLORE)

Caractéristiques / Characteristics	Unité / Unit	Limites/ Limit		Typiques / Typical	Méthode d'essai / Test method
		Min	Max		
Densité à 15°C/Relative density at 15°C		0.730	0.770		NA 417
Distillation					
10%	°C		70		NA 1445
50%			140		
95%			195		
PF/End point			205		
Résidu	%vol		2		
Tension de vapeur Reid/ Reid Vapour Pressure	Bar				NA 422
1/11 au 31/03			0.800		
1/04 au 31/10			0.650		
Doctor test		Négatif			NA 8115
Teneur en gommes actuelles/Existent Gum	mg/100ml		10		NA 2654
Nombre d'octane Recherche(RON)/ Rich Mixture Octane Number		96			NA 2653
Teneur en plomb /Lead content	g/l		0.40		NA 2803
Teneur en soufre /Sulphur Content	%Pds		0.01		NA 11046
Corrosion lame de cuivre / Corrosion Copper Strip			1b		NA 566

Based on NA 8108 specifications .

Nom : BOUYAHIA Prénom : Rheda Fonction : Responsable Laboratoire Date : Visa : Le Coordinateur des Activités du Laboratoire Central R. BOUYAHIA	Nom : CHEBLAL Prénom : Ali Fonction : Responsable Du Groupe Contrôle qualité Produits et Métrieologie Date : Visa : Le Coordinateur du Groupe Contrôle Qualité Produits et Métrieologie A. CHEBLAL	Nom : TOUEL Prénom : Lounes Fonction : Directeur Exploitation Date : Visa :
---	--	--

EDITION : Juillet 2013



FICHE TECHNIQUE PRODUIT /
PRODUCT DATA SHEET

ERQ LB 58 01

Branche Carburants

PRODUIT / PRODUCT : ESSENCE SANS PLOMB

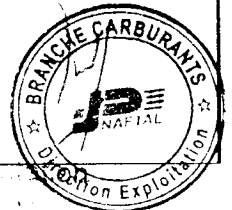
Caractéristiques / Characteristics	Unité / Unit	Limites/ Limit		Typiques / Typical	Méthode d'essai / Test method
		Min	Max		
Nombre d'octane Recherche (RON)/ Rich Mixture Octane Number		95.0			NA 2653
Nombre d'octane Moteur (MON)/ Lean Mixture Motor Method Octane number		85.0			
Teneur en plomb /Lead content	g/l		0.013		NA 11044
Teneur en benzène/Benzene content	%v/v		5.0		NA 11045
Masse volumique à 15°C/Density at 15°C	kg/m ³	725	780		NA 417
Teneur en soufre/Sulphur content	%Pds		0.01		NA 11046
Stabilité à l'oxydation /Oxydation stability	mn	360			NA 8139
Teneur en gommes actuelles/Existent gum	mg/100ml		5		NA 2654
Corrosion lame de cuivre(3h à 50°C) / Corrosion Copper Strip		Classe I			NA 566
Aspect /Appearance		Clair et limpide/Clear and bright			Inspection visuelle/Visual inspection
Distillation					NA 1445
70°C	%v/v	15	47		
100°C		40	70		
180°C		85			
210°C		90			
PF/End point	°C		215		
Résidu	%v/v		2		
Tension de vapeur Reid/ Reid Vapour Pressure	kPa				NA 422
1/11 au 31/03			80		
1/04 au 31/10			65		

Based on NA 11042 specifications

<p>Nom : BOUYAHIA Prénom : Rheda Fonction : Responsable Laboratoire Le Coordonnateur des Activités du Laboratoire Central Date : Visa : R. BOUYAHIA</p>	<p>Nom : CHEBLAL Prénom : Ali Fonction : Responsable Du Groupe Contrôle Qualité Produits et Métrologie. Date : Visa : A. CHEBLAL</p>	<p>Nom : TOUEL Prénom : Lounes Fonction : Directeur Exploitation Date : Visa : TOUEL</p>
--	---	---

EDITION: Juillet 2015

A. CHEBLAL





Branche Carburants

FICHE TECHNIQUE PRODUIT /
PRODUCT DATA SHEET

ERQ LB 58 01

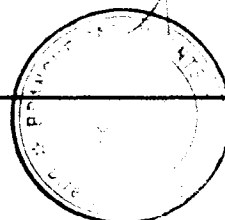
PRODUIT / PRODUCT : GASOIL

Caractéristiques / Characteristics	Unité / Unit	Limites / Limit		Typiques / Typical	Méthode d'essai / Test method
		Min	Max		
Couleur / Colour			2.5		NA 1145
Densité à 15°C / Relative density at 15°C		0.810	0.860		NA 417
Distillation 65% 90% PF/End point	°C	250	350 390		NA 1445
Viscosité à 20°C / Viscosity at 20°C	cSt		9		NA 1443
Teneur en soufre / Sulphur content	% Poids		0.25		NA 2810
Teneur en cendres / Ash content	% Poids	TND			NA 1660
Teneur en eau / Water content	% Vol	TND			NA 421
Point d'éclair / Flash point	°C	55			NA 2658
Point d'écoulement / Pour point	Hiver / Winter : 1/11 au 30/03	°C	-12		NA 2660
	Été / Summer : 1/04 au 30/10	°C	-7		
Indice de cétane / Cetan index		48			NA 8117

Based on NA 8110 specifications

<p>Nom : BOUYAHIA Prénom : Rheda Fonction : Responsable Laboratoire</p> <p>Date :</p> <p>Visa : Le Coordonnateur des Activités du Laboratoire Central R. BOUYAHIA</p>	<p>Nom : CHEBLAL Prénom : Ali Fonction : Responsable DU Groupe Contrôle Qualité Produits et Métrologie</p> <p>Date :</p> <p>Visa : Le Coordonnateur du Groupe Contrôle Qualité Produits et Métrologie A. CHEBLAL</p>	<p>Nom : TOUEL Prénom : Lounes Fonction : Directeur Exploitation</p> <p>Date :</p> <p>Visa :</p>
---	--	---

EDITION : Juillet 2013



CSR 1-3-08
15 Novembre 2016

annule et remplace la feuille
CSR 1-3-07 du 16 Décembre 2013

SPÉCIFICATIONS (cf notas)	DOUANIÈRES	ADMINISTRATIVES	INTERSYNDICALES
RÉFÉRENCES	Loi n° 66-923 du 14/12/66 J.O. du 15/12/66	Arrêté du 01/03/76 J.O. du 31/03/76	Arrêté 26/10/1/2009, 10/12/2010, 19/11/2013, 20/11/2013 J.O. 31/01/2009, 31/12/2010, 04/12/2013
RÉFÉRENCE MÉTHODE D'ESSAI (O)	Décision DGEC du 6/11/2015 J.O. 22/11/2015 Méthodes d'essai relatives aux caractéristiques du SP95 Décision du 19/11/2013 J.O. 04/12/2013 relative aux additifs métalliques		
RÉFÉRENCE NORME AFNOR	Preprend les exigences principales de la NF EN 228 (1)		
DÉFINITION ADMINISTRATIVE	Mélange d'hydrocarbures d'origine minérale ou de synthèse et éventuellement de composés oxygénés organiques destiné à l'alimentation des moteurs thermiques à allumage commandé.		
ASPECT (inspection visuelle)	Clair et limpide		
MASSE VOLUMIQUE à 15 °C (2)	Comprise entre 720,0 et 775,0 kg/m ³		
(NF EN ISO 3675)			
(NF EN ISO 12185)			
CARACTÉRISTIQUES DE VOLATILITÉ (3)			
- PRESSION DE VAPEUR (PVSE) kPa min. - max. (NF EN 13016-1)			
- INDICE DE VOLATILITÉ (VLI) VLI = 10 PVSE + 7E70			
- DISTILLATION (NF EN ISO 3405)	- minimum 90 % à 210 °C (yc pertes) - écart point 5 % - point 90 % supérieure à 60 °C (yc pertes)		
• % Évaporé à 70 °C (E70) % (v/v) min. / max.		46,0 - 71,0	
• % Évaporé à 100 °C (E100) % (v/v) min. / et max.		75,0	
• % Évaporé à 150 °C % (v/v) min.		210	
• Point final de distillation °C max.		2	
• Résidu de distillation % (v/v) max.»			
TENEUR EN SOUFRE (4) (NF EN ISO 20846) / (NF EN ISO 20884)		10,0 mg/kg maximum	
CORROSION À LA LAME DE CUIVRE (3 h à 50 °C) (NF EN ISO 2160)		Cotation classe 1	
TENEUR EN GOMMES ACTUELLES (NF EN ISO 6246)		Maximum 5 mg/100 ml	
CARACTÉRISTIQUES ANTIDÉTONANTES (10)	- supérieur de 4 points au moins au minimum prévu par l'arrêté interministériel fixant les caractéristiques commerciales du carburant dénommé essence (indice d'octane Recherche)		
(Méthode «Recherche» Indice d'Octane RON) (NF EN ISO 5164)	- maximum 95 (méthode moteur)	Méthode «recherche» RON Minimum 95,0	Méthode «recherche» RON Minimum 98,0
(Méthode «Moteur» Indice d'Octane MON) (NF EN ISO 5163)		Méthode «moteur» MON Minimum 85,0	Méthode «moteur» MON Minimum 87,0
TENEUR EN PLOMB (NF EN 237)		Maximum 5,0 mg/l	
TENEUR EN MANGANESE (11) (PR NF EN 16135) / (NF EN 16136)		Maximum 2 mg/l	Maximum 2,0 mg/l
STABILITÉ À L'OXYDATION (NF EN ISO 7536)		Minimum 360 minutes	
TENEUR EN BENZENE (5) (NF EN 238) / (NF EN 12177) / (NF EN ISO 22854)		Maximum 1,00 % (v/v)	
TENEUR EN PHOSPHORE		Aucun composé à base de phosphore ne doit être incorporé	
TENEUR EN HYDROCARBURES DE TYPE : (7)			
Oléfines		Maximum 18,0 % (v/v)	
Aromatiques		Maximum 35,0 % (v/v)	
(NF EN 15553) / (NF EN ISO 22854)			
TENEUR EN OXYGÈNE (6) (NF EN 1601) / (NF EN 13132) (NF EN ISO 22854)		Maximum 2,7 % (m/m)	
TENEUR EN COMPOSÉS OXYGÉNÉS (6bis) (NF EN 1601) / (NF EN 13132)			
(NF EN ISO 22854)		Maximum	
Méthanol (avec agents stabilisants)		3,0 % (v/v)	
Ethanol (avec éventuels agents stabilisants) (8)		5,0 % (v/v)	
Alcool iso-propylique		12,0 % (v/v)	
Alcool iso-butylique		15,0 % (v/v)	
Alcool tert-butylique		15,0 % (v/v)	
Ethers (à 5 atomes de C ou plus par molécule)		22,0 % (v/v)	
Autres composés oxygénés (9)		15,0 % (v/v)	

Notes (O) à (11) : voir au verso

Résumé :

La contamination de l'atmosphère par les polluants volatils, majoritairement le plomb et les BTEX, issues du gaz d'échappement, induit des conséquences non négligeables sur la santé de la population professionnelle.

Notre travail s'inscrit dans le cadre de l'évaluation biotoxécologique (plombémie) et biologique (FNS, chimie des urines) de l'exposition au plomb dans une population de chauffeurs, les résultats obtenus étaient dans les normes.

Mots clés : polluant volatils, plomb, surveillance biotoxécologique.

ملخص:

تلوث الغلاف الجوي بالملوثات المتطايرة، غالبا الرصاص، البنزين، التولوين، إيثيل بنزين و زيلين، المنبعثة من غاز عادم السيارة، لها آثار كبيرة على صحة الفئة المهنية.

يُدرج عملنا ضمن إطار تقييم السموم الحيوية (مستوى رصاص في الدم) والبيولوجي (عد الدم الكامل، كيمياء البول) للتعرض للرصاص في مجموعة من السائقين، فكانت النتائج المتحصل عليها ضمن المعايير.

الكلمات المفتاحية: الملوثات المتطايرة، الرصاص، رصد السموم الحيوية.

Abstract :

Contamination of the atmosphere with volatile pollutants, mainly Lead and BTEX, from exhaust gas, has significant consequences on the health of the professional population.

Our work is part of the biotoxicological (lead level) and biological (CBC, urine chemistry) evaluation of lead exposure in a population of drivers, the results obtained were within standards.

Key words: volatile pollutants, lead, biotoxicological monitoring.