

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
Université A. MIRA – Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques de
l'Environnement
Filière : Santé et Environnement
Option : Environnement et Santé Publique



Réf :

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Thème

Evaluation des risques pour la santé humaine des
gaz d'échappement du trafic routier : Cas d'étude
centre-ville de Bejaia

Soutenu le : **22 Juin 2017**

Présenté par :

M^{elle} AMICHI Sara & M^{elle} KERSANI Kamilia

Devant le jury composé de :

M. ALKAMA .R	PR	Président
M. LAISSAOUI .M	MAA	Examineur
M. KHEMMOUDJ .K	MCB	Promoteur

Année universitaire : 2016 / 2017.

Remerciements

Louange a **ALLAH**, le tout puissant qui a fait que ce travail soit réalisé.

On tient tout d'abord à remercier chaleureusement nos familles, et tout particulièrement nos parents, qui par leur éducation, leurs encouragements et leurs soutiens, nous ont donné les moyens d'en arriver là.

On remercie vivement notre promoteur, **M. KHEMMOUDJ. K.** pour son suivi, son encadrement et ses conseils.

On tient également à exprimer notre gratitude à **M. ALKAMA . R** pour son aide qui nous a été précieuse.

Nous tenons à remercier le **Dr. AISSAT**, pour son accueil, ses conseils Et ses orientations.

Le **Dr. SI HADJ**, pour le temps qu'elle nous a accordé, et ses conseils

Le **Dr. BOUZIDA** ainsi que le **Dr. HAKEM** pour l'aide qu'elles nous ont fourni et leur gentillesse.

Nos sincères remerciements aux membres du jury :

M. ALKAMA R, de nous avoir fait l'honneur de présider ce jury

M. LAISSAOUI M, d'avoir accepté de juger ce travail et

Donner de son temps pour l'évaluer.

A l'ensemble des enseignants de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, pour tout ce qu'ils nous ont inculqué tout au long de notre cursus.

On espère avoir exprimé par ces quelques mots, notre gratitude envers tout ceux qui de près ou de loin, ont contribué à l'accomplissement de ce travail.

MERCI

Dédicaces

Je dédie ce mémoire :

A mon père "que dieu l'accueille dans son vaste paradis"

A ma très chère mère, à qui je souhaite une longue et heureuse vie

Et que je remercie infiniment pour son amour, son soutien, et ces sacrifices.

A Mon grand frère et ma grande sœur chéris

AMINE et IMENE

Que vos vies soient remplies de Joie et de gaieté.

Les mots ne pourront suffire pour vous exprimer, mon amour et ma gratitude.

A mes adorables neveu et nièce

DIDOU et NOUSSA

Que dieu vous protège, et vous offre une vie prospère.

A mes grands parents

A mes oncles et à ma tante, ainsi qu'à tous mes cousins et cousines.

A ma chère amie NASRA

qui a toujours été là pour moi quand il le fallait

'Loin des yeux mais jamais loin du cœur'

A toutes celles et ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin, à achever ce travail

Et que je n'ai pas cité,

Sachez que je vous en serai éternellement reconnaissante

*A ma binôme, et à toute la promotion Environnement et Santé Publique
(2016-2017)*

A mes enseignants, pour tout ce qu'ils ont su me transmettre.

SARA

Dédicaces

À mes 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.

A ma sœur D'YHIA et mon frère FERHAT

A mes grands-parents maternels et ma grand-mère paternelle

À tous mes oncles et tantes

A tous mes cousins et cousines que j'adore

A mes amis (es) qui ont toujours été présents afin de m'apporter tout leur support et leur soutien tout au long de mon parcours

A ma chère binôme SARA et sa famille

A tous ceux qui m'ont toujours soutenue

Sans oublier tous mes camarades de promotion

Je termine par une de mes citations préférée « Quand il y a la soif d'apprendre tout vient à point à qui sait attendre »

Kamilia

Sommaire

SOMMAIRE

Remerciements

Dédicaces

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

INTRODUCTION ----- 01

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

I.1. L'atmosphère terrestre ----- 03

I.2. La pollution atmosphérique ----- 03

I.3. Classification des polluants atmosphériques ----- 04

I.4. Les sources de pollution atmosphérique ----- 04

I.4.1. D'origines naturelles ----- 04

I.4.2. D'origine agricole ----- 04

I.4.3. D'origine industrielles ----- 04

I.4.4. D'origine domestiques ----- 04

I.5. La pollution d'origine automobile ----- 05

I.5.1. Origine des polluants automobiles ----- 07

I.5.2. Polluants issus des gaz d'échappement ----- 08

I.6. Durée de vie des polluants dans l'atmosphère ----- 09

I.7. La dispersion des polluants ----- 09

SOMMAIRE

I.8. Effets des polluants atmosphériques d'origine automobile sur la santé humaine	11
I.8.1. Effets Sur système respiratoire	11
I.8.2. Effets Sur le système cardio -vasculaire	13
I.8.3. Effets cancérogènes	13
I.8.3.1. Effets des gaz d'échappement des moteurs essence	13
I.8.3.2. Effets des gaz d'échappement des moteurs diesel	13
I.9. Le cadre réglementaire	14
I.9.1. Normes et seuils de la qualité de l'air fixés par l'OMS	14
I.9.2. Normes et seuils de la qualité de l'air en Algérie	14

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

II.1. Objectifs de l'étude	16
II.2. Critères de choix des polluants mesurés	16
II.3. Critères de choix de la zone d'étude	16
II.4. Localisation et caractéristiques de la zone d'étude	16
II.4.1. Situation géographique	16
II.4.2. Situation démographique	17
II.4.3. Climat	17
II.5. Mesure de la pollution / Choix des sites	18
II.6. Description du détecteur multi gaz	19
II.7. Procédure d'échantillonnage	22
II.8. Présentation du logiciel Surfer	23
II.9. Etude épidémiologique	24

SOMMAIRE

II.9.1. Objectif de l'étude	24
II.9.2. Recueil des données sanitaires	24

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

PARTIE 1 : Résultats et discussions des campagnes de mesures

III.1.1. Caractéristiques du parc automobile de la ville Bejaia	26
III.1.2. Variation journalière des taux des polluants mesurés	27
III.1.3. Distribution des concentrations en (CO, NO et SO₂), dans la zone d'étude	29
III.1.3.1. Carte des Iso-concentrations du « CO »	29
III.1.3.2. Carte des Iso-concentrations du « NO »	29
III.1.3.3. Carte des Iso-Concentrations du « SO₂ »	30
III.1.4. Evolution hebdomadaire de la pollution à Daouadji	31
III.1.4.1. Evolution journalière de la concentration du « CO »	32
III.1.4.2. Corrélation entre le nombre de véhicules et la concentration du « CO » dans l'air	33
III.1.5. Influence de la température, sur la concentration du « CO » dans l'air	34

PARTIE 2 : Résultats et discussions de l'étude épidémiologique

III.2.1. Répartition démographique	35
III.2.1.1. Selon la tranche d'âge	35

SOMMAIRE

III.2.1.2. Selon le sexe -----	36
III.2.2. Répartition temporelle -----	39
III.2.2.1. Répartition Annuelle-----	39
III.2.2.2. Répartition mensuelle -----	40
III.2.2.3. Répartition saisonnière -----	41
III.2.3. Impact de la pollution due au trafic routier sur la santé humaine -	41
III.2.3.1. Corrélation entre le nombre d'hospitalisations pour Asthme, BPCO et Cancer des poumons ; Et la variation de la concentration du « CO » -----	42
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS -----	44

Glossaire

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Liste des Abréviations

Liste des abréviations

ATS	American Thoracic Society
BPCO	Bronchopneumopathie Chronique Obstructive
CH4	Méthane
CHU	Centre Hospitalo-Universitaire
CIRC	Centre International de Recherche contre le Cancer
CLA	Couche Limite atmosphérique
CO	Monoxyde de Carbone
CO2	Dioxyde de Carbone
Conf	Confiance
COPD	Chronic obstructive pulmonary disease
COV	Composés Organiques Volatils
CSHPF	Conseil supérieur d'hygiène publique de France
DCW	Direction du Commerce de la Wilaya de Bejaïa
DGPS	Differential Global Positioning System
DRAG	Direction de la Réglementation et de l'Admission Générale
DPSB	Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaire
FNORS	Fédération Nationale des Observations de Santé
GED	Gaz d'Echappement Diesel
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HC	Hydrocarbures
H2S	Sulfure d'Hydrogène

Liste des abréviations

INRS	Institut National de la Recherche Scientifique
Int	Intervalle
INVS	Institut de Veille Sanitaire
IR	Infrarouge
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light Emitting Diode
MNT	Modèle Numérique de Terrain
NO_x	Oxydes d'Azote
NO₂	Dioxyde d'Azote
Obs	Observé
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
O₃	Ozone
PM	Particulate Matter
PM₁	Particules dont le diamètre est inférieur à 1 micromètre.
PM_{2.5}	Particules dont le diamètre est inférieur à 2,5 micromètres
PM₁₀	Particules dont le diamètre est inférieur à 10 micromètres
PUAM	Portail de l'Université Abderrahmane Mira.
R²	Coefficient de Correlation de Pearson.
Sétra	Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements
SO₂	Dioxyde de Soufre
TSP	Total Suspended Particulate Matter

Liste des abréviations

UV Ultra Violet

WHO World Health Organization

Liste des Tableaux

Liste des tableaux

Tableau. I : Origines des polluants selon le type de moteur. -----	07
Tableau. II : Composition des gaz d'échappement des véhicules routiers. -----	08
Tableau. III : Durée de vie des principaux polluants atmosphériques. -----	09
Tableau. IV : Valeurs recommandées par l'OMS, pour les principaux polluants. -----	14
Tableau, V : Seuil d'alerte des principaux polluants. -----	15
Tableau. VI : Evolution annuelle, du nombre de véhicules à Bejaia, selon le type de carburant de 1999 à 2007. -----	Annexe 1
Tableau. VII : Distribution du parc automobile de la wilaya de Bejaia par catégorie de véhicule. -----	26
Tableau. VIII : Moyennes des concentrations du (CO, NO et SO ₂) en ppm, et paramètres météorologiques enregistrés lors de la première campagne de mesures. -----	Annexe 1
Tableau. IX : Nombre de véhicules recensés au niveau des huit sites, lors de la première campagne de mesures. -----	Annexe 1
Tableau. X : Valeurs maximales du (CO, NO et SO ₂) en ppm, enregistrées au niveau de chaque site, lors de la première série de prélèvements. -----	Annexe 1
Tableau. XI : Variation de la concentration du CO (ppm), enregistrée le 15 Mai 2017, à Daouadji. -----	Annexe 1
Tableau. XII : Variation journalière de la concentration moyenne du CO (ppm), en fonction du nombre de véhicules, lors de la campagne de mesures à Daouadji. -----	Annexe 1
Tableau. XIII : Variation de la concentration moyenne du CO (ppm), en fonction de la température. -----	Annexe 1
Tableau. XIV : Répartition du nombre d'hospitalisations pour Asthme, BPCO et Cancer des poumons, enregistrées à l'hôpital Frantz Fanon durant la période d'étude, selon la tranche. -----	Annexe 1

Liste des tableaux

Tableau. XV : Taux de morbidité enregistrés au niveau du service de pneumo-phtisiologie, selon le type de pathologie et selon le sexe, durant la période d'étude. -----**Annexe 1**

Tableau. XVI : Evolution du taux de morbidité d'asthme, enregistré à l'EPSP d'Iheddaden durant la période d'étude, selon le sexe. -----**Annexe 1**

Tableau. XVII : Nombre d'hospitalisations pour cause d'Asthme, de BPCO et de Cancer des poumons, au service de pneumo-phtisiologie de l'hôpital Frantz Fanon, selon l'année. -
-----**Annexe 1**

Tableau. XVIII : Répartition mensuelle du nombre d'hospitalisations pour Asthme, BPCO et Cancer des poumons enregistrées à l'hôpital Frantz Fanon, durant la période d'étude. ----
-----**Annexe 1**

Tableau. XIX : Répartition saisonnière, du nombre d'hospitalisations pour Asthme, BPCO et Cancer des poumons, enregistrées à l'hôpital Frantz Fanon, durant la période d'étude. ---
-----**Annexe 1**

Liste des Figures

Liste des figures

Figure N°1 : Les différentes couches de l'atmosphère terrestre -----	03
Figure N°2 : Structure élémentaire d'une particule de combustion Diesel -----	06
Figure N°3 : Phénomène de retombée en panache -----	10
Figure N°4 : Appareil respiratoire et pénétration des particules -----	12
Figure N°5 : Distribution des communes de la wilaya de Bejaia -----	17
Figure N°6 : Localisation des sites de prélèvements des gaz (CO, No et SO2)-----	19
Figure N°7 : Détecteur multigaz IBRID MX6 -----	19
Figure N°8 : Aperçu du détecteur multi gaz IBRID MX6 -----	20
Figure N°9 : Lecture de l'écran d'affichage pour la détection de gaz -----	21
Figure N°10 : Organigramme du menu de démarrage rapide -----	22
Figure N°11 : Carte de la ville de Bejaia -----	24
Figure N°12 : Evolution annuelle du parc automobile de Bejaïa, de 1999 à 2016 -----	27
Figure N°13 : Variation journalière des concentrations moyennes de « CO, NO et SO2 » en ppm, lors de la première série de mesures effectuée dans les huit sites -----	27
Figure N°14 : Moyennes des véhicules recensés dans les huit sites, durant la période d'étude -----	28
Figure N°15 : Carte des iso-concentrations du « CO » en ppm, dans la ville de Bejaïa-----	29
Figure N°16 : Carte des iso-concentrations du « NO » en ppm, dans la ville de Bejaïa -----	30
Figure N°17 : Carte des iso-concentrations du « SO2 » en ppm, dans la ville de Bejaïa -----	30
Figure N°18 : Evolution hebdomadaire de la concentration des trois polluants mesurés en ppm, à Daouadji, selon les horaires de prélèvements -----	31

Liste des figures

Figure N°19 : Variation journalière de la concentration du CO en ppm, à Daouadji -----	32
Figure N°20 : Evolution de la concentration du « CO » en ppm, selon le nombre de voitures -----	33
Figure N°21 : Evolution journalière de la concentration du « CO », selon la température ---	34
Figure N°22 : Répartition du nombre d'hospitalisations pour Asthme, BPCO et Cancer des poumons, selon la tranche d'âge -----	35
Figure N°23 : Taux de morbidité enregistrés au niveau du service de pneumo-phtisiologie, selon le type de pathologie et selon le sexe, durant la période d'étude -----	36
Figure N°24 : Evolution du taux de morbidité d'asthme, enregistré à l'EPSP d'Iheddaden durant la période d'étude, selon le sexe-----	37
Figure N°25 : Taux de consultations en pneumologie pédiatrique pour cause d'asthme, enregistrés à l'EPSP d'Iheddaden, durant la période d'étude -----	38
Figure N°26 : Nombre d'hospitalisations pour cause d'Asthme, de BPCO et de Cancer des poumons, au service de pneumo-phtisiologie de l'hôpital Frantz Fanon, selon l'année et le sexe -----	39
Figure N°27 : Répartition mensuelle du nombre d'hospitalisations pour Asthme, BPCO et Cancer des poumons enregistrées à l'hôpital Frantz Fanon, durant la période d'étude -----	40
Figure N°28 : Répartition saisonnière, du nombre d'hospitalisations pour Asthme, BPCO et Cancer des poumons, enregistrées à l'hôpital Frantz Fanon, durant la période d'étude -----	41
Figure N°29 : Variations saisonnières des concentrations des trois polluants (CO, SO ₂ et NO) en ppm, dans la ville de Bejaia -----	42
Figure N°30 : Répartition annuelle du nombre d'hospitalisations pour Asthme, BPCO et Cancer des poumons enregistrées à l'hôpital Frantz Fanon, durant l'année 2016-----	43

Introduction

L'air est constitué de différents gaz tels que le dioxygène et le diazote, qui représentent en moyenne environ 99 % de sa composition. Il peut également contenir des substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger l'environnement et la santé humaine, Ceci se traduit par la notion de pollution atmosphérique.

Depuis plusieurs années la population urbaine dans certaines zones des territoires ne cesse d'augmenter et mène à des problèmes de pollution de l'air. Les sources potentielles de cette pollution sont de deux types : Naturels et anthropiques. On peut citer parmi ces sources : les animaux domestiques, les produits de nettoyage, la fumée de tabac, les procédés de combustion, le chauffage...etc (**Billionnet, 2012**).

Une grande partie de cette pollution dans les villes est due au trafic routier. La contribution de ce dernier est susceptible d'augmenter encore, car plus de 70% de la population mondiale en 2050 habitera dans les villes (**Masoud, 2014**).

La question du trafic routier constitue un véritable enjeu sanitaire pour la plupart des grandes agglomérations (**Host, 2012**), car même si les polluants sont souvent invisibles, ils peuvent néanmoins avoir des effets sur notre santé, en particulier sur les poumons, le cœur et d'autres organes (**Ouchiha and Yahiaoui, 2008**).

Des études ont montré un lien entre la santé humaine et la présence de ces polluants dans l'atmosphère (**FNORS, 2008 ; Kulkarni, et al., 2008 ; Anderson, 2009 ; Monk, et al., 2009**). Les effets sanitaires de la pollution atmosphérique urbaine sont bien admis (**Brunekreef and Sunyer, 2003**) car d'importantes populations sont exposées aux gaz d'échappement au quotidien, soit de par leur travail, soit par l'air ambiant (**OMS, 2012**).

Au cours de ces dix dernières années, un nombre important d'études épidémiologiques ont été réalisées au niveau mondial, et ont permis de mettre en évidence des liens entre d'une part, le fait de résider à proximité du trafic et/ou d'être plus exposés aux polluants liés au trafic à son domicile et d'autre part, une atteinte du système respiratoire (asthme, altération de la fonction respiratoire...) ou cardio-vasculaire (infarctus du myocarde, troubles du rythme cardiaque...). Celle-ci peut se traduire par de simples symptômes ou bien des événements plus graves, tels qu'une hospitalisation, voire la survenue du décès (**Brugge et al., 2007**). D'autres atteintes telles que les cancers (**Nyberg et al., 2000**) ont également fait l'objet d'une analyse (**Wilhelm et al., 2003 ; Slama et al., 2007**).

En Algérie, la principale source de polluants atmosphériques urbains est constituée par les transports (**Zenata, 2008**). La documentation reste pauvre en ce qui concerne la pollution due au trafic routier ; il s'agira plus de pollution atmosphérique en général.

Dans le cas de la ville de Bejaia, on citera les seuls travaux réalisés au cours de ces quinze dernières années et qui sont ceux de : **Slimani et Ait idir (2004)**, **ALKAMA and al (2006 , 2008)**, **Ouchiha et Yahiaoui (2008)** ; Et **Benaissa (2010, 2016)**. Et c'est ce qui a en partie susciter notre intérêt pour réaliser ce travail.

L'objectif principal de la présente étude est d'identifier les spécificités de la pollution de proximité liée au trafic routier, en particulier en termes d'expositions, d'effets sanitaires et de populations à risque, afin d'en tirer des renseignements quant à la situation. Et cela en étudiant la corrélation entre la présence des gaz d'échappement du trafic dans le centre-ville, leurs concentrations et la prévalence de certaines pathologies respiratoires.

Notre travail est axé sur le plan qui suit :

- Dans le premier chapitre nous avons réalisé une étude bibliographique où on a défini l'atmosphère et la pollution atmosphérique et cité les principales sources de cette dernière. La source automobile étant l'objet de notre étude, a été quant à elle plus détaillée.
- Le second chapitre est consacré aux matériels et méthodes entrepris pour aboutir aux données nécessaires et leur traitement. (Matériel de mesures de polluants, étude épidémiologique, logiciel de cartographie...etc.).
- Le troisième chapitre présentera les résultats obtenus ainsi que les discussions.
- Nous terminerons enfin avec une conclusion générale et quelques recommandations.

CHAPITRE I
Synthèse Bibliographique
Sur La Pollution
Atmosphérique

I.1. L'atmosphère terrestre :

Selon **Anthony Ung (2003)**, l'atmosphère terrestre est composée de différentes couches superposées. Depuis le sol, on distingue la troposphère, la stratosphère, la mésosphère, suivie de la thermosphère (**Figure N°1**). On divise les basses couches atmosphériques (altitude inférieure à 10 km) en deux parties distinctes et qui sont :

- **la couche libre** : elle représente la partie supérieure de la troposphère.
- **la couche limite atmosphérique (CLA)** : C'est la partie proche de la surface terrestre.

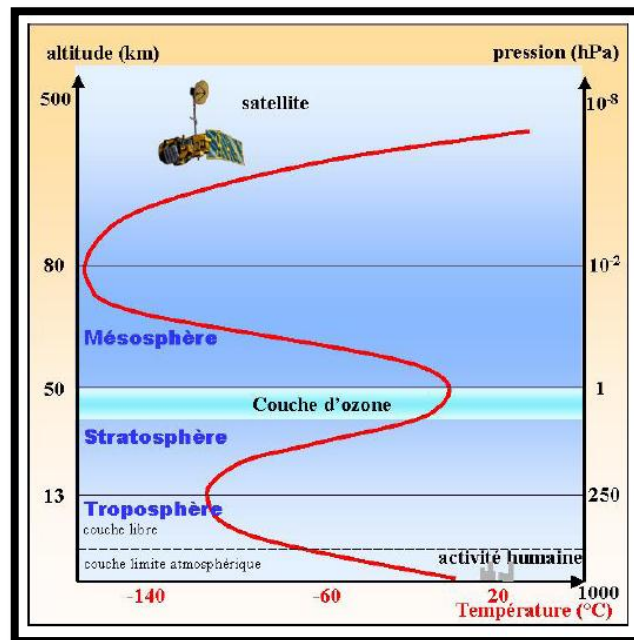


Figure N°1 : Les différentes couches de l'atmosphère terrestre (**Aouragh, 2015**).

L'air, principalement concentré dans la troposphère, est composé essentiellement d'azote et d'oxygène. L'air propre et sec est constitué de 78 % d'azote, 21 % d'oxygène, 1 % d'argon, 0,33 % de dioxyde de carbone, de vapeur d'eau et d'aérosols.

I.2. La pollution atmosphérique :

La pollution atmosphérique peut être définie par la présence de polluants (gazeux ou particules) dans l'atmosphère, pouvant provoquer des effets nocifs sur l'environnement et la santé (**Arquès, 1998**)

I.3. Classification des polluants atmosphériques :

Hache (2014), stipule que les polluants peuvent être classés dans trois groupes différents : les polluants de sources primaires, les polluants de sources secondaires, et les particules en suspension.

- ❖ **Les polluants primaires** : Sont les polluants qui proviennent directement d'une source polluante identifiée. (**Al barakeh, 2012**)
- ❖ **Les polluants secondaires** : Ils sont issus de la transformation des polluants primaires sous l'action des rayons solaires et de la chaleur (**Zenata, 2008**).
- ❖ **Les particules en suspension** : **Beltrando (2014)**, stipule que les particules totales en suspension (TSP), correspondent à l'ensemble de celles qui flottent dans l'air. Ces dernières ont souvent un diamètre de moins de 40 µm. On peut en distinguer trois (03) types : Les PM10 (grossières), les PM2.5 (fines), et les PM1 (ultrafines).

I.4. Les sources de pollution atmosphérique

D'après **Vendel (2011)**, les sources de pollution sont soit d'origine naturelle, soit d'origine anthropique et peuvent être : Accidentels (émissions instantanées), ou Chroniques (émissions répétées de petites quantités).

Les principales sources de pollution atmosphérique sont les suivantes :

I.4.1. D'origine naturelle :

Les éruptions volcaniques, les décompositions Organiques et les feux de forêts. On peut aussi citer les végétaux, dont le cycle de vie produit de nombreux composés toxiques (H₂S, CH₄, COV) ou allergisants tel que le pollen.

I.4.2. D'origine agricole :

les matières organiques, les engrais et les pesticides.

I.4.3. D'origine industrielle :

Les centrales thermiques, les industries chimique, pétrolière, métallurgique et les incinérateurs des déchets industriels et ménagers.

I.4.4. D'origine domestique :

Le chauffage des logements ou des bureaux, la combustion de combustibles fossiles (tel que le charbon), les poussières, les métaux lourds.

I.5. La pollution d'origine automobile :

La quantité de polluants émise par un véhicule au cours d'une unité d'utilisation (le kilomètre ou la seconde) sont appelées « émissions unitaires » (**Sétra, 2009**). Ces émissions, selon **Benaïssa (2016)**, sont la résultante de toute une série de variables, ces variables sont appelées « facteurs », et sont :

❖ Facteurs liés au type de Véhicule :

Selon le carburant utilisé on distingue les Véhicules à Moteur à essence et les véhicules à moteur diesel

• Moteur à Essence :

Un mélange gazeux et homogène d'air et d'essence est introduit dans le cylindre, puis comprimé, la bougie fournit l'étincelle ce qui conduit à l'explosion du mélange (**Fintz, 2014**).

Dans ces types de moteur, les particules ont trois origines distinctes : le plomb des carburants plombés, les sulfates issus du soufre des carburants et la suie. Avec les carburants plombés, les émissions particulaires, qui sont de l'ordre de 100 à 150 mg/km pour une essence à 0,15 g/L de plomb, contiennent 25 à 60 % de leur masse sous forme de plomb. Ce type de particules (**Figure N°2**), se forme par condensation des sels de plomb émis à l'échappement ; on observe ainsi que les véhicules à essence plombée et non plombée émettent respectivement 6 et 20 fois moins de particules que les véhicules Diesel correspondants (**Masclet, 2005**).

• Moteur Diesel :

A l'inverse de l'essence, il ne se produit pas d'explosion du mélange, mais seulement une combustion. Le moteur adapte la quantité de carburant à injecter sous forme d'un brouillard de fines gouttelettes. C'est la compression du mélange air/gasoil qui va permettre l'auto-inflammation. Or, cette inflammation ne se produit que dans les zones où les conditions de concentration, de pression et de température sont optimales. Ailleurs, des zones trop « riches en carburant » entraîneront une combustion incomplète par manque d'oxygène et favoriseront le rejet de particules (**Figure N°2**) et d'oxydes d'azote. (**Fintz, 2014**)

Parmi les différents types d'automobiles, ce sont les véhicules Diesel qui gagnent du terrain grâce à leur robustesse, leur longévité, leur fiabilité et surtout pour leur bon rendement énergétique. Cependant le Diesel a des inconvénients qui consistent en l'émission des particules (suie, hydrocarbures imbrûlés) et des oxydes d'azotes NOx. (**Resitoglu et al, 2015**).

Le diesel contient 10 fois plus de soufre que l'essence et émet 50 fois plus de particules. Cependant, il émet moins d'oxyde de carbone et d'hydrocarbures qui sont des polluants atmosphériques importants (EPA, 2002).

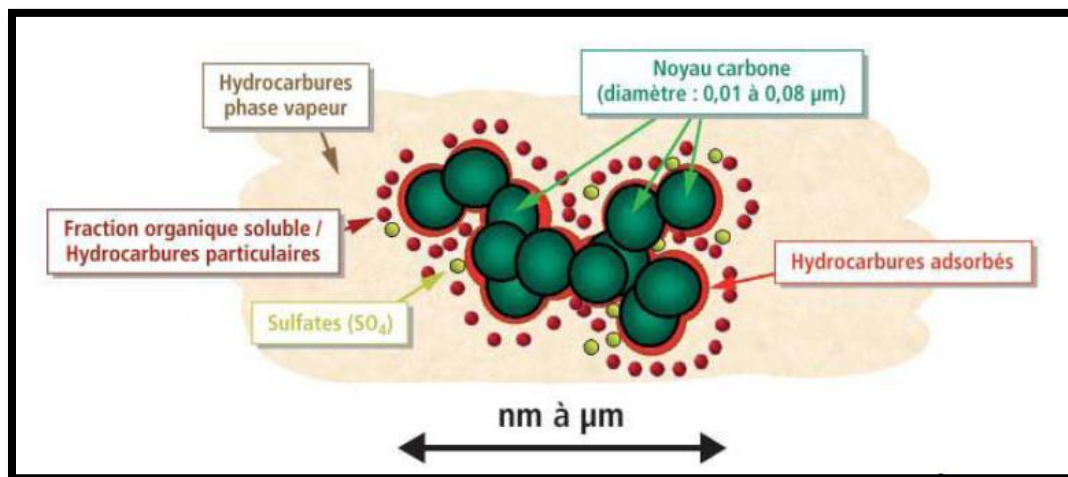


Figure N°2 : Structure élémentaire d'une particule de combustion Diesel (Barbusse et Plassat, 2005)

❖ Facteurs liés au conducteur :

La vitesse d'un véhicule a des incidences importantes sur l'environnement car elle est étroitement corrélée avec les émissions de gaz à effet de serre, les polluants locaux et l'augmentation de la consommation de carburant.

L'augmentation des vitesses de circulation accroît les émissions de polluants en particulier les oxydes d'azote. Le trafic autoroutier est ainsi à l'origine d'une grosse partie des émissions de dioxyde d'azote (INRS, 2005).

❖ Facteurs liés aux conditions de circulation :

Les émissions varient selon les conditions de circulation : Urbain lent, urbain fluide, route, autoroute... etc. En effet, les phases d'accélération et de la décélération et la durée des arrêts (moteur au ralenti) ont un grand effet sur les niveaux d'émissions (Sétra, 2009). Ainsi, les plus basses vitesses doivent être considérées comme représentatives d'une circulation urbaine caractérisée par de nombreux arrêts ("stop and go"), alors que les cycles à haute vitesse traduisent une circulation plus fluide (Benaïssa, 2016).

❖ Facteurs liés à la route :

La route sur laquelle se déplace un véhicule influence elle aussi les émissions de ce dernier. La pente qui va souvent de pair avec les hautes altitudes, aggrave le niveau

d'émission des véhicules car elle oblige le moteur à développer plus de consommation et à rejeter plus de polluants. **(Benaïssa, 2016)**

❖ **Facteurs climatiques :**

Les émissions sont plus importantes lors du démarrage à froid (quand le moteur n'a pas atteint 70°C) et avec une température ambiante basse, le temps de chauffe est plus long.

La température ambiante joue donc un rôle puisqu'elle conditionne la durée qu'il faudra au moteur pour atteindre la température de fonctionnement.

Indirectement, l'ensoleillement et le vent constituent deux autres paramètres influençant les émissions : le vent en ralentissant ou en facilitant le déplacement des véhicules et les rayonnements UV sont des déclencheurs de la chimie atmosphérique à l'origine de la formation de polluants secondaires **(Sétra, 2009)**.

I.5.1. Origine des polluants automobiles

Dans le tableau, ci-dessous sont mentionnées les différentes origines de polluants automobiles en fonction du type de moteur.

Tableau. I : Origines des polluants selon le type de moteur **(Vincent, 2002)**

Moteur à Essence	Moteur Diesel
<ul style="list-style-type: none">- Gaz d'échappement- Gaz de respiration du carter- Ventilation des hydrocarbures présents dans le réservoir- Rejet d'hydrocarbures par le carburateur	<ul style="list-style-type: none">- Gaz d'échappement

Dans notre étude, nous nous intéresserons uniquement aux polluants issus des gaz d'échappement.

❖ **Gaz d'échappement**

Les gaz d'échappement constituent la source principale de pollution. Ils sont à l'origine de la majorité des hydrocarbures émis par l'automobile et de la totalité des autres polluants (Vincent, 2002).

I.5.2. Polluants issus des gaz d'échappement :

Les principaux polluants atmosphériques émis par les véhicules selon Auburtin et compagnie (1996), sont :

- Le dioxyde de carbone (CO₂) : produit par l'oxydation du carbone des carburants
- Le monoxyde de carbone (CO) : provenant d'une combustion incomplète du carburant
- Les oxydes d'azote (NO_x) : formés à haute température par oxydation de l'azote de l'air
- Les particules : résultant de combustion incomplète (notamment par les véhicules diesel) du carburant-lubrifiant.
- Les composés organiques volatils (COV) : comprenant des hydrocarbures (notamment le benzène et le toluène) et des composés oxygénés (aldéhydes, acides, cétones...etc.).
- Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) : tels que le benzo (a) pyrène, le benzo (k) fluoranthène...etc, se retrouvent à la surface des particules et dans la phase gazeuse.
- Le dioxyde de soufre (SO₂) : formé à partir du soufre contenu dans le gazole
- Les métaux (plomb notamment) : présents initialement dans les huiles et les carburants.

Ces polluants constituent la majeure partie de la composition des principaux gaz d'échappement des véhicules routiers (Tableau. II).

Tableau. II : Composition des gaz d'échappement des véhicules routiers (Boussouara,2010)

Polluant (% de	Moteur essence			Moteur Diesel		
	max.	min.	moyenne	max.	min.	moyenne
CO ₂	15,0	2,7	9,0	13,8	0,7	9,0
CO	13,5	0,2	4,0	7,6		0,1
O ₂	17,4	0	4,0	20	0,5	9,0
H ₂	5,8	0	2,0	2,5	0	0,03
HC	4,0	0	0,5	0,5	0	0,02
Aldéhydes	0,03	0	0,004	0,0037	0	0,002
NO _x	0,20	0	0,06	0,15	0	0,04
SO ₂	0,008	0	0,006	0,03	0,01	0,02

I.6. Durée de vie des polluants dans l'atmosphère :

Vincent (2002), stipule que la durée de vie des polluants dans l'atmosphère est très variable. Elle dépend des propriétés physico-chimiques des polluants, mais aussi de la météorologie. Les durées de vie des principaux polluants sont représentées dans le (Tableau. III) ci-dessous :

Tableau. III : Durée de vie des principaux polluants atmosphériques (Vincent, 2002)

Polluants	Durée de vie
Ozone (O ₃)	Quelques heures
NO _x	1,5 jour
Dioxyde de soufre (SO ₂)	5 jours
Particules PM ₁₀	Quelques semaines

I.7. La dispersion des polluants :

La dispersion atmosphérique désigne la disparition des polluants de l'atmosphère (Belfarhi, 2011). Les polluants émis se déplacent et se diluent provoquant ainsi une diminution de leur teneur initiale. La qualité de l'air en milieu urbain est déterminée par plusieurs facteurs (Quénel et al, 2003) qui sont : les pluies, le vent, la température et le rayonnement, l'humidité et la topographie locale.

➤ Les pluies :

D'après Les Belfarhi (2011), les pluies contribuent à la diminution des polluants par deux mécanismes le rain-out et le wash-out.

- Le rain-out représente l'incorporation des gaz dans le nuage, C'est le cas par exemple des gaz solubles qui se dissolvent dans les gouttes d'eau des nuages « incorporation ». En tombant la pluie entraînent mécaniquement vers le sol les polluants.
- Le mécanisme wash-out représente le lessivage des particules sous le nuage ; la chute d'une goutte d'eau abat les particules qui se trouvent entre la base du nuage et le sol.

➤ **Le vent :**

Le vent est un facteur essentiel pour la dispersion des polluants dans l'atmosphère. Il intervient tant par sa direction, pour orienter les panaches de fumées que par sa vitesse pour diluer et entraîner la dispersion plus ou moins rapide des émissions de polluants. (**Ait idir and Slimani, 2004**)

Le vent a une grande importance dans la diffusion des polluants atmosphériques. Ainsi, avec un vent de force moyenne et de mauvaises conditions de rejet des effluents (cheminée trop basse, vitesse d'éjection des gaz insuffisante, etc.), il peut se produire un phénomène de retombée en panache vers le sol (**Beral-Guyonnet, 1996**), ce phénomène est représenté dans la (**Figure N°3**) qui suit :

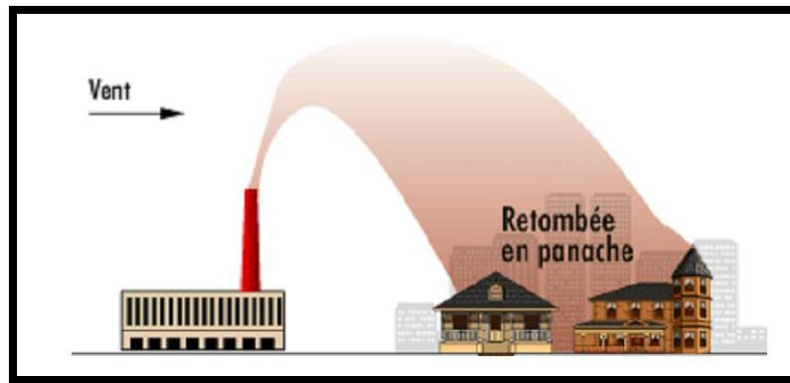


Figure N°3 : Phénomène de retombée en panache (Aouragh, 2015)

➤ **La température et le rayonnement :**

La température agit sur la vitesse de déplacement et de réaction entre les différentes molécules des polluants, et cela en diminuant la volatilité de certains gaz dans des conditions de basses températures, tandis que les conditions inverses (Forte chaleur), combinée au rayonnement du soleil sont favorables à la formation photochimique de polluants secondaires. Ainsi, plus la température est élevée, plus les molécules se déplacent rapidement et plus il y'aura de chances que des réactions se produisent ; et vice versa (**Abderrahim, 2005**).

➤ **L'humidité :**

L'humidité joue un rôle primordial lors des processus de dépollution de l'air par l'action des précipitations. Néanmoins, l'humidité en relation avec la nébulosité joue aussi un rôle en réduisant le rayonnement solaire et limite ainsi les processus photochimiques (**Aouragh, 2015**).

➤ **La topographie locale :**

D'une manière générale, la topographie, les obstacles naturels, les constructions ou les phénomènes de brise de terre et de mer sont des éléments qui modifient la circulation des vents.

En ville, la configuration « encaissée » des bâtiments, l'étroitesse des rues et un vent réduit peuvent contribuer à la concentration des polluants atmosphériques près du sol. C'est également le cas pour les parkings souterrains et les tunnels. (Aouragh, 2015)

I.8. Effets des polluants atmosphériques d'origine automobile sur la santé humaine :

Selon Souf (1999). Les polluants agissent sur la santé soit directement lorsque nous les respirons soit indirectement par la modification de notre environnement (effet de serre, ozone stratosphérique, retombées acides...etc.). Ces effets sont de deux types : Effets aigus (à court terme) et effets chroniques (à long terme).

- ❖ **Les effets à court terme :** Regroupent les manifestations cliniques, fonctionnelles ou biologiques survenant dans des délais brefs (quelques jours, semaines) après l'exposition à la pollution atmosphérique (INVS, 2008).
- ❖ **Effets à long terme :** Peuvent survenir après une exposition chronique (plusieurs mois ou années) à la pollution atmosphérique et qui peuvent induire une surmortalité et une réduction de l'espérance de vie (El Yamani, 2006).

Les polluants cités ci-dessous, font partie de ceux dont les teneurs sont les plus importantes et dont les effets sur les systèmes respiratoire et cardiovasculaire sont les mieux connus.

I.8.1. Effets Sur système respiratoire :

Certains polluants, comme le SO₂, sont fortement solubles dans l'eau, ils sont donc rapidement absorbés dans les voies respiratoires hautes (muqueuses du nez et de l'oropharynx) (Figure N°4), mais une petite fraction peut néanmoins se fixer sur des particules fines inhalées et atteindre les voies respiratoires inférieures. Chez l'homme, la réponse à une exposition expérimentale au SO₂ à des concentrations relativement élevées se manifeste en quelques minutes, par l'apparition de symptômes tels que la toux et des sifflements, ces troubles étant aggravés par l'exercice physique (Auburtin et al 1996).

Le NO₂ est un gaz peu soluble qui peut donc atteindre les bronchioles et les alvéoles (**Figure N°4**). Il possède des propriétés oxydantes et irritantes qui augmentent la fréquence et la gravité des crises chez les asthmatiques, et favorise les infections pulmonaires chez les enfants. Cependant, les résultats des expérimentations humaines indiquent une relative résistance de l'appareil respiratoire à des concentrations faibles (**WHO, 1997**).

Les particules fines ont une toxicité liée à leur composition chimique (donc à leur origine), mais surtout à leur taille qui détermine leur capacité de pénétrer plus ou moins loin dans l'arbre bronchique. Plus elles sont fines, plus elles restent longtemps en suspension dans l'air et plus leur temps de séjour dans les poumons est long.

D'un diamètre supérieur à 10 µm, elles sont filtrées par le nez et sont dégluties ; de 3 à 10 µm, Elles se déposent principalement dans la trachée et les bronches (**Figure N°4**) ; les particules de moins de 3 µm atteignent en grand nombre les alvéoles pulmonaires (**Figure N°4**) où se font les échanges gazeux avec le sang (**Wilson et Spengler, 1996**).

Quant à l'ozone, qui parvient aussi dans les étages profonds des voies respiratoires, les altérations biologiques observées chez l'homme sont dues à sa capacité d'oxyder diverses molécules biologiques (**CSHPF, 1996 ; ATS, 1996 ; WHO, 1997**).

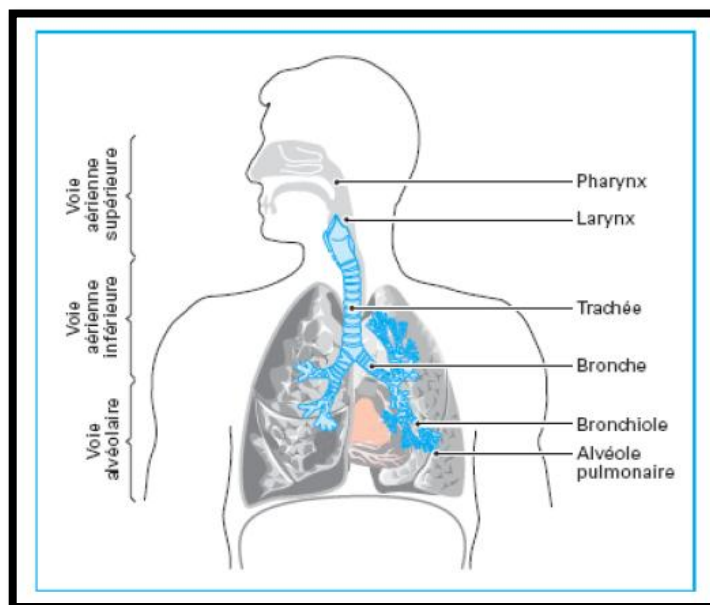


Figure N°4 : Appareil respiratoire et pénétration des particules (**Cosseron, 2012**).

I.8.2. Effets Sur le système cardio -vasculaire :

Les phénomènes inflammatoires qui se produisent dans les poumons ont aussi des répercussions indirectes sur le système cardio-vasculaire.

Les réactions à certains polluants réduisent la capacité de l'hémoglobine à transporter l'oxygène et à le livrer aux tissus périphériques. C'est le cas du CO qui en s'associant à l'hémoglobine forme un complexe « la carboxyhémoglobine » inapte à transporter l'oxygène (CSHPF, 1996 ; ATS, 1996 ; OMS, 1997).

- Il existe une association positive entre les niveaux de CO et les hospitalisations pour insuffisance cardiaque congestive chez les personnes de plus de 65 ans, association d'autant plus importante que la température est basse (Morris et Naumova, 1998).

Une telle association semble également être observée dans les admissions hospitalières pour asthme chez les personnes de moins de 65 ans (Burnett et al, 1997).

- Par ailleurs, des travaux toxicologiques récents montrent, chez l'homme comme chez l'animal, que les phénomènes inflammatoires induits par certains polluants atmosphériques (particules) pourraient aussi augmenter la viscosité du sang, accroissant ainsi le risque d'infarctus, et entraîner une modification de la fréquence cardiaque (Peters et al, 1999, 2000).

I.8.3. Effets cancérogènes :

I.8.3.1. Effets des gaz d'échappement des moteurs essence :

Dans les cellules mammifères, les extraits des gaz d'échappement des moteurs essence altèrent l'expression des gènes impliqués dans l'inflammation, le métabolisme des xénobiotiques, la progression tumorale et le cycle cellulaire. Il a donc été conclu à l'existence d'une « indication forte » de mécanisme génotoxique pour la cancérogénicité des solvants organiques extraits des particules issues des gaz d'échappement de moteurs essence (CIRC,2012).

I.8.3.2. Effets des gaz d'échappement des moteurs diesel :

D'après les données probantes suffisantes d'un lien de causalité entre l'exposition aux gaz d'échappement diesel (GED), et le cancer du poumon dans des études réalisées en milieu professionnel, les données concordantes issues d'études toxicologiques démontrant la mutagénicité et la génotoxicité des GED, et le fait que les GED contiennent des substances

cancérogènes pour l'humain connues, il a été conclu que les données probantes sont suffisantes pour établir un lien de causalité entre l'exposition aux GED et le cancer du poumon (Santé Canada, 2016).

I.9. Le cadre réglementaire :

I.9.1. Normes et seuils de la qualité de l'air fixés par l'OMS :

L'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS), a fixé des valeurs limites, dans le but de limiter les teneurs des substances toxiques présentes dans l'environnement atmosphérique, et à garantir ainsi la protection des citoyens. Dans le tableau ci-dessous sont citées les valeurs recommandées, pour les principaux polluants (OMS, 2016).

Tableau. IV : Valeurs recommandées par l'OMS, pour les principaux polluants (OMS, 2016).

Polluants	Valeurs limites recommandées
Particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM₁₀)	50 µg/m ³ en moyenne journalière 20 µg/m ³ en moyenne annuelle
Particules de diamètre inférieur à 2,5 µm (PM_{2.5})	25 µg/m ³ en moyenne journalière 10 µg/m ³ en moyenne annuelle
Ozone (O₃)	100 µg/m ³ en moyenne sur 8 heures
Dioxyde d'azote (NO₂)	40 µg/m ³ en moyenne annuelle 200 µg/m ³ en moyenne horaire
Dioxyde de soufre (SO₂)	20 µg/m ³ en moyenne journalière 500 µg/m ³ en moyenne sur 10 minutes

I.9.2. Normes et seuils de la qualité de l'air en Algérie :

Selon Zenata (2008), les ordonnances en matière de qualité de l'air sont définies par chaque pays individuellement, et tendent à fixer des seuils de pollution au-delà desquels une politique active de réduction de cette pollution doit être appliquée. Ces seuils sont définis en limite de concentration « dose limite d'exposition » et sont fixés pour, les oxydes d'azote

(NO_x = NO + NO₂), le dioxyde de soufre SO₂, le monoxyde de carbone CO, l'ozone O₃ et les particules en suspension (PM₁₀)

En Algérie, les seuils d'alerte à partir desquels une exposition de courte durée pourrait entraîner un risque élevé pour la santé des populations et pour l'environnement, sont représentés pour les principaux polluants dans le tableau qui suit :

Tableau, V : Seuil d'alerte des principaux polluants (Journal Officiel, 2006)

Polluants	Seuils d'alerte
Dioxyde d'azote	600µg/m³
Dioxyde de soufre	600µg/m³
Ozone	360µg/ m³

CHAPITRE II
Matériel
Et
Méthodes

II.1. Objectifs de l'étude :

Dans le but d'évaluer l'impact de la pollution atmosphérique due au trafic routier, et plus précisément celle due aux gaz d'échappement, sur la santé humaine, et en absence de stations de mesures et d'enregistrement de la qualité de l'air à Bejaïa. Nous avons dû effectuer une série de prélèvements de gaz, et recenser le nombre de véhicules passants, et cela dans plusieurs sites du centre-ville de Bejaia. On a également réalisé une étude épidémiologique sur trois (03) pathologies respiratoires, dites liées à la pollution atmosphérique, dont l'intérêt sera d'établir un lien, entre ces pathologies et l'exposition des individus atteints de ces dernières, aux gaz d'échappement du trafic routier.

II.2. Critères de choix des polluants mesurés :

Selon **Ait Idir et Slimani (2004)**, Les polluants mesurés doivent répondre aux principaux critères suivant :

- Etre mesurables ;
- Etre caractéristiques de certaines sources d'émission ;
- Avoir des effets nocifs connus ;

II.3. Critères de choix de la zone d'étude :

Le choix de la zone d'étude a été déterminé en fonction des conditions qui suivent :

- La possibilité d'échantillonnage pour mesurer la pollution résultante du trafic routier.
- Le taux de morbidité pour cause de pathologies respiratoires.

Caractérisé par un fort trafic routier et un nombre de véhicules en hausse permanente, le centre-ville de Bejaia, a été retenu comme zone d'étude.

II.4. Localisation et caractéristiques de la zone d'étude :

II.4.1. Situation géographique :

La ville de Bejaia est l'une des 52 communes (**Figure N° 5**) de la wilaya de Bejaia, située au nord du pays, sur la côte méditerranéenne, la wilaya de Bejaïa est divisée en 19 daïras. S'étendant sur une superficie de 3 268 Km², Elle est délimitée à l'ouest par les wilayas de Tizi Ouzou et Bouira, au sud par Bouira et Bordj Bou Arreridj, à l'est par Sétif et Jijel et au nord par la mer méditerranée (**Adjtoutah et Mabed, 2016**).

Le réseau routier est l'un des plus denses du pays avec notamment 3 934 km de routes nationales, 412 km de chemins de wilaya, 3 228 km de chemins communaux et une pénétrante autoroutière de 100 km en cours de réalisation, reliant la wilaya à l'autoroute Est-Ouest (Abid, 2015).

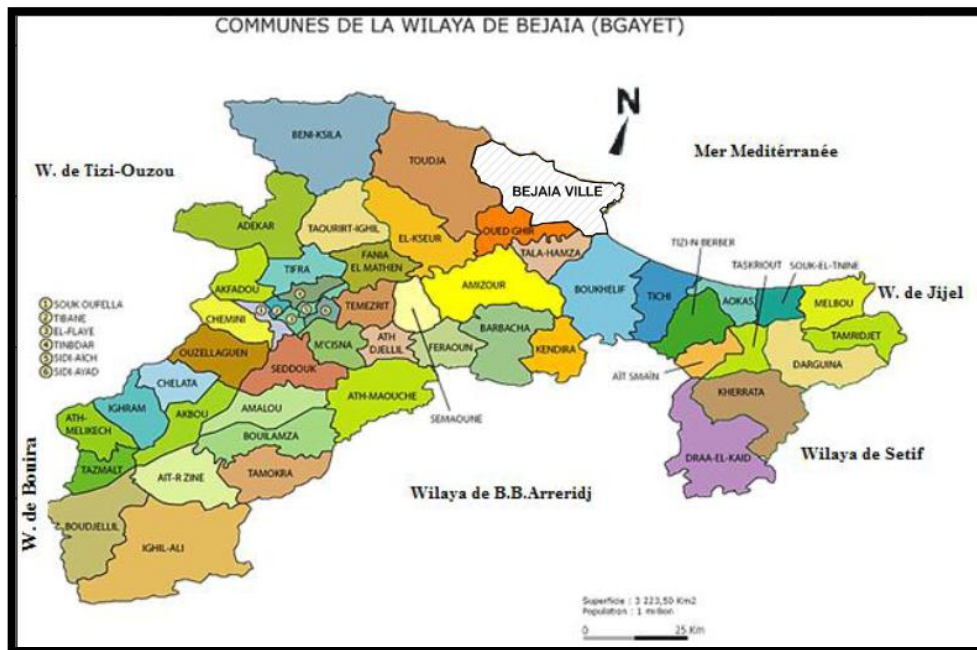


Figure N°5 : Distribution des communes de la wilaya de Bejaia (DCW, 2013)

II.4.2. Situation démographique :

La population totale de la wilaya a été estimée à 965 150 habitants en fin 2016, avec un taux de population vivant en agglomération (chefs-lieux et agglomérations secondaires) représentée à lui seul, 87,6 % (DPSB, 2015).

II.4.3. Climat :

Comme toutes les régions du littoral algérien, la wilaya de Béjaïa bénéficie d'un climat tempéré avec un hiver doux caractéristique des zones méditerranéennes et une température moyenne de 15 °C. La période estivale, rafraîchie par les vents marins, présente une température moyenne de 25 °C.

Sur les hauteurs, le climat est beaucoup plus rude, avec parfois des températures négatives et une neige abondante l'hiver et des étés chauds. Dans la vallée de la Soummam,

couloir de passage du sirocco la pluviométrie est de l'ordre de 1 200 mm/an. Elle est parmi les régions les plus arrosées d'Algérie. **(DPSB, 2015)**.

La région de Bejaïa reçoit dans la majorité du temps des vents modérés qui soufflent du nord-est vers le sud-ouest. Il est à noter que des vents assez forts soufflent durant certaines journées entre janvier et avril. Le sirocco, vent chaud et sec, se manifeste en moyenne pendant 20 à 27 jours par an, notamment au cours des mois de juillet et d'août et quelque fois même durant le printemps entre avril et juin.

II.5. Mesure de la pollution / Choix des sites :

Comme dans la majorité des villes algériennes, la pollution atmosphérique à Bejaïa est issue à 95% du trafic automobile **(Kerbachi et al, 2009)**.

En absence de station de mesure de la qualité de l'air dans cette région, les mesures de la pollution due au trafic routier, ont été réalisées à l'aide du détecteur multi gaz IBRID MX6 **(Figure N°6)**, pour trois (03) polluants : le monoxyde de carbone (CO), le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde de soufre (SO₂). On a effectué des prélèvements au niveau de plusieurs sites dans le centre-ville de Bejaïa, et qui ont été choisis en fonction du niveau de trafic routier et celui de leur fréquentation, Les sites retenus sont caractérisés d'une circulation intense et d'un nombre considérable de population exposée ; et sont :

- ❖ Le pont de l'université Abderrahmane Mira (P.U.A.M)
- ❖ Roussel (Arrêt de bus)
- ❖ Stade de l'unité maghrébine (Arrêt de bus)
- ❖ Aamriw (Feu rouge)
- ❖ Chreâa (Bloc des enseignants)
- ❖ EDIMCO (Arrêt de bus)
- ❖ Les 300 Lgts d'Iheddaden (Feu rouge)
- ❖ Daouadji (Rondpoint)

Ces derniers sont représentés dans la (**Figure N°6**), ci-dessous :

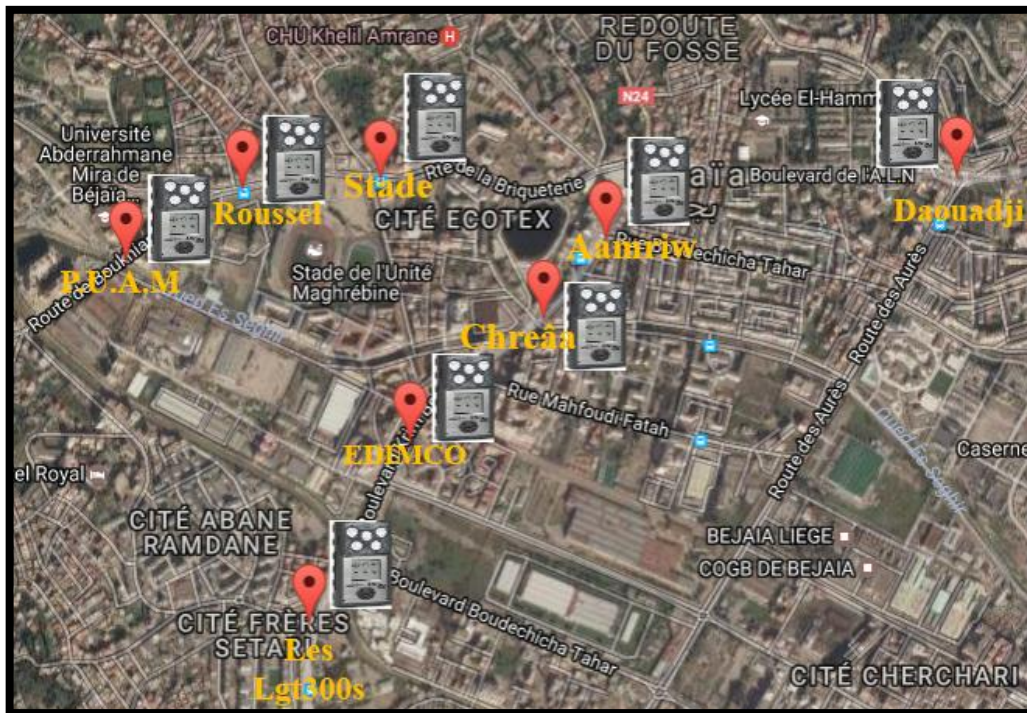


Figure N°6 : Localisation des sites de prélèvements des gaz (CO, No et SO₂) (Google, 2017)


II.6. Description du détecteur multi gaz :

Le détecteur multi gaz MX6 illustré dans la **Figure N°7**, est un appareil portable, il est alimenté par une batterie alcaline ou une batterie rechargeable lithium-ion.



Figure N°7 : Détecteur multigaz IBRID MX6. (Industrial Scientific Corporation, 2015)

L'appareil est doté d'un écran LCD à affichage couleur haute résolution, l'interface utilisateur (**Figure N°8**) est à base de menus, et contient :

- Le bouton de navigation 
- L'indicateur sonore
- L'alarme visuelle.

Il possède également, deux types d'alarmes : sonore et visuelle (**Figure N°8**), qui se déclenchent lorsque les valeurs de seuils prédéfinis pour les détecteurs sont atteintes ou dépassées. Dans ce cas un signal sonore et lumineux (voyants LED de couleur rouge, situés sur la partie supérieure de l'appareil), seront activés et leurs intensités dépendront des valeurs enregistrées.

Le rétroéclairage LCD clignotera en même temps que les alarmes (sauf si la batterie est faible).

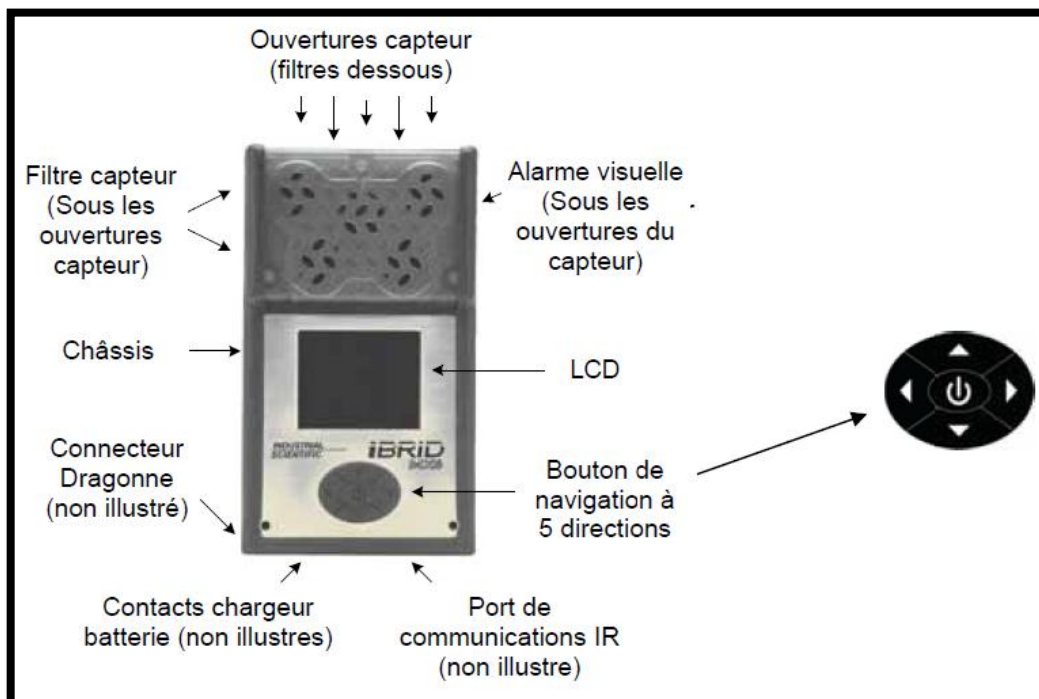



Figure N° 8 : Aperçu du détecteur multi gaz IBRID MX6 (Industrial Scientific Corporation, 2015)

Concernant les données, le détecteur dispose d'une fonction qui permet d'enregistrer de nombreux paramètres à des intervalles réguliers. Ces données sont enregistrées dans une mémoire interne, pour pouvoir les visualiser ultérieurement.

La fonctionnalité d'enregistrement des données enregistre les informations suivantes : Le type de gaz, sa valeur ainsi que la date et l'heure de l'enregistrement.

❖ **Mise en marche du détecteur :**

Pour allumer l'appareil, il suffit d'appuyer longuement (pendant au moins trois (03) secondes), sur la touche  située au milieu du bouton de navigation illustré dans la (Figure N°8), une série d'écrans de démarrage (remise à zéro des capteurs... etc.) (Figure N°10) s'affichera, puis laissera place à l'activation de l'écran d'affichage pour la détection de gaz, comme le montre la (Figure N°9).

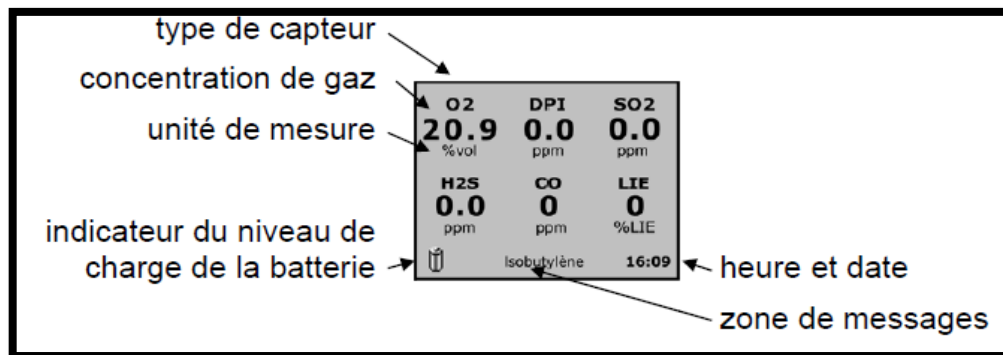



Figure N° 9 : Lecture de l'écran d'affichage pour la détection de gaz (Industrial Scientific Corporation, 2015)

Après utilisation du détecteur, l'éteindre de la même façon, c'est-à-dire maintenir le bouton  enfoncé pendant au moins trois secondes, et ranger l'appareil dans son étui, pour une meilleure protection.

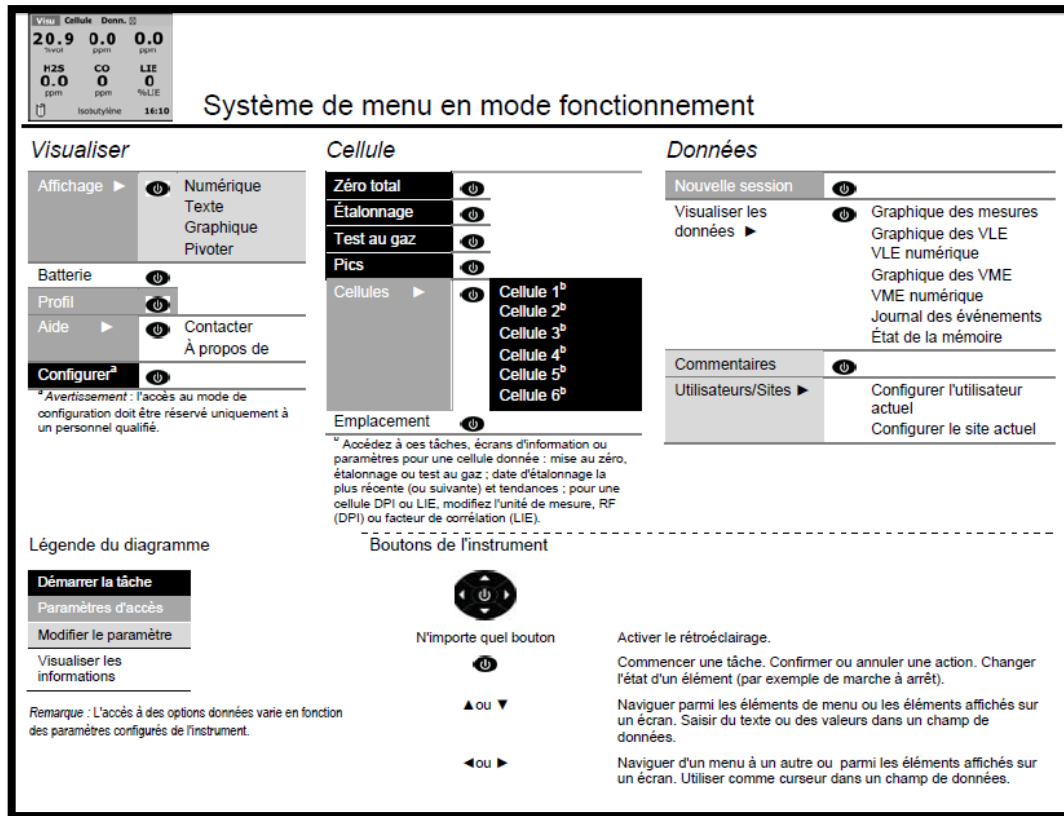


Figure N°10 : Organigramme du menu de démarrage rapide (Industrial Scientific Corporation, 2015)

II.7. Procédure d'échantillonnage :

Les prélèvements ont été réalisés en plaçant le détecteur de gaz IBRID MX6 à deux mètres de la chaussée et à un mètre de hauteur.

Comme nous disposons d'un seul appareil de mesure pour une même période et pour tous les sites, des mesures journalières aléatoires ont été préconisées. On a donc fait une rotation entre les sites, ce qui nous a pris environs sept (07) heures.

Nous avons relevé deux séries de mesures. La première a duré sept (07) jours s'étalant du 18 au 25 Avril 2017. Dans chacun des huit (08) sites, on a relevé des mesures chaque cinq minutes pendant une demie heure, de 10h30 à 17h30.

La deuxième s'est déroulée durant la semaine du dimanche 14 Mai au samedi 20 Mai 2017, pour cette dernière, les mesures ont été prises uniquement au niveau de Daouadji (Figures N° 11), Etant le site le plus pollué de la ville d'après Ait Idir et Slimani, (2004), et d'après nos constatations suite à la réalisation de la première série. Les mesures ont été relevées chaque cinq (05) minutes pendant une demie heure, de 7H30 à 18H.

Les résultats obtenus, ont été traité à l'aide du logiciel XLSTAT, et la cartographie a été réalisé via le logiciel Surfer.

II.8. Présentation du logiciel Surfer :

Selon **Alami, 2011**. Le logiciel Surfer conçu par Golden Software, permet de réaliser des cartes à partir d'un modèle numérique de terrain (MNT) en coordonnées Lambert 93. Le logiciel permet de créer des grilles qui vont interpoler les données irrégulières des points x, y, et z, afin de les ordonner. Ces grilles peuvent être importées depuis plusieurs sources pour produire différents types de cartes, incluant des contours, des vecteurs, des images ainsi que des cartes superficielles. Surfer contient plusieurs options cartographiques qui permettent de produire une carte représentant le mieux possible les données utilisées. La carte peut être améliorée en affichant les points de données, en combinant plusieurs cartes ou en ajoutant des dessins ou des annotations.

La variété de méthodes d'interpolation disponibles permet différentes interprétations des données et de choisir la méthode la plus appropriée aux besoins de l'utilisateur. Les fichiers de grilles eux-mêmes peuvent être édités, combinés, filtrés, coupés et transformés mathématiquement **Baali et al (2012)**.

Le logiciel permet donc, d'après **Alami, 2011** ; de :

- Mettre en forme des fichier Excel
- Afficher des données sous surfer et connaître les outils à disposition
- Créer une grille de données x, y, z
- Créer différents types de cartes et les superposer
- Mettre en forme des cartes
- Réaliser des calculs de volume
- Calculer des longueurs et des surfaces

II.9. ETUDE EPIDEMIOLOGIQUE :

II.9.1. Objectif de l'étude :

Notre objectif est de : Réaliser une étude épidémiologique de type descriptif, sur les pathologies respiratoires ayant un lien direct avec la pollution atmosphérique, ces pathologies sont les suivantes : L' Asthme, la BronchoPneumopathie Chronique Obstructive « BPCO » et le Cancer des poumons.

Ainsi pour sa réalisation, nous avons effectué deux (02) stages, le premier, d'une période de (30) jours et qui s'est déroulé au sein du centre hospitalo-universitaire (CHU) Frantz Fanon, durant la période du 1^{er} au 31 Mars 2017 ; et le second au niveau de l'EPSP d'Iheddaden qui a duré (15) jours, s'étalant du 29 Avril au 13 Mai 2017.

La présente étude prendra en compte le cas du centre-ville de Bejaia (**Figure N°11**)

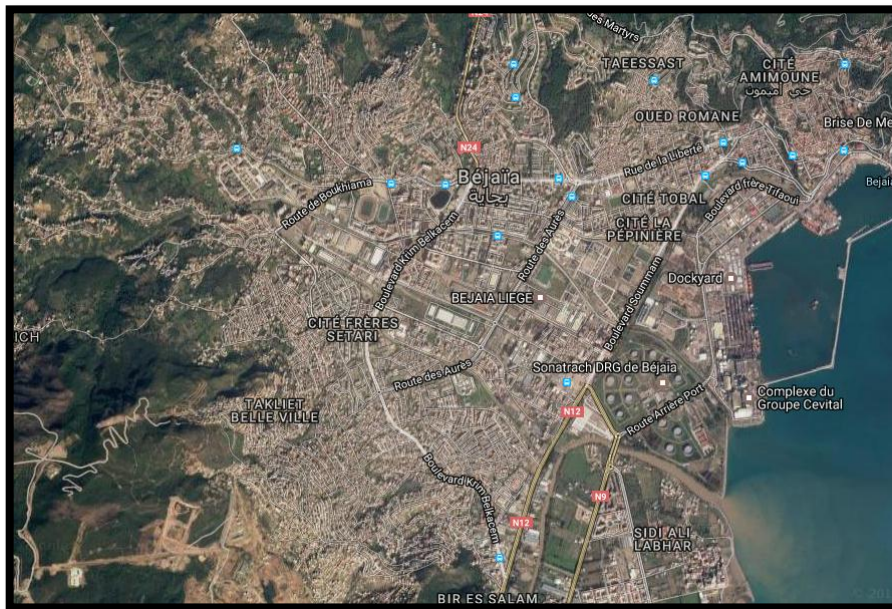


Figure N°11 : Carte de la ville de Bejaia (Google, 2017)

II.9.2. Recueil des données sanitaires :

Les données sanitaires relatives à la population de la zone d'étude ont été recueillies au niveau de deux structures hospitalières. La première étant le service de pneumo phtisiologie du centre hospitalo-universitaire (CHU) Frantz Fanon, pour les données concernant les adultes (Hommes et Femmes). Et la seconde n'est autres que l'EPSP d'Iheddaden, pour les données pédiatriques.

Au CHU les données sont inscrites dans des registres annuels (registres d'hospitalisation) contenant des tableaux où sont mentionnées les informations concernant le patient, et qui sont, par ordre :

L'enregistrement : Où sont mentionnés les numéros de dossiers ainsi que de la fiche navette, nom et prénom du malade, l'âge, le sexe, l'adresse, la date d'hospitalisation (entrée et sortie) et la décision médicale (Nom du médecin et diagnostic).

Pour chaque année, il existe deux (02) registres, dont l'un est consacré exclusivement aux hommes, et l'autre aux femmes.

Nous avons recueilli les données pour une période de 3 ans, s'étalant du 1^{er} Janvier 2014 au 31 Décembre 2016 ; Pour les trois (03) pathologies citées précédemment.

A l'EPSP, nous nous sommes intéressées aux registres des consultations spécialisés (pédiatriques), dans ces registres sont notées toutes les consultations (Cardiologie pédiatrique, urologie, hématologie... etc.). Dans notre cas, on s'est intéressé uniquement à ceux de pneumologie pédiatrique.

❖ **Chez les adultes (Hommes et femmes) :**

Les Informations relevées pour la morbidité sont les suivantes :

- L'adresse (Uniquement de ceux habitants le centre-ville de Bejaia).
- L'âge du malade.
- La date d'admission au service de pneumo phtisiologie.

❖ **Chez les enfants :**

Les données ont été soustraites, des registres de consultations spécialisées, au niveau de l'EPSP d'Iheddaden.

Les informations retenues sont uniquement celles dues à L'asthme. On a donc relevé que les indications suivantes :

- La date de consultation.
- Le sexe.
- L'âge.
- L'adresse (Uniquement de ceux habitants le centre-ville de Bejaia).

CHAPITRE III
Résultats
Et
Discussions

PARTIE 1
Résultats Et
Discussions Des
Compagnes De Mesures

PARTIE I : Résultats et discussions des compagnes de mesures

III.1.1. Caractéristiques du parc automobile de la ville Bejaia :

Depuis les années 1970 la mobilité des personnes et des marchandises a très fortement progressé, tant en Algérie que dans le monde. Phénomène de société lié notamment à l'urbanisation et à l'activité économique, il se manifeste par un accroissement très important de la circulation et du parc automobile (**Auburtin et al, 1991**).

C'est ce que nous avons également constaté concernant la ville de Bejaia où le parc automobile ne cesse d'augmenter.

Les données relatives à ce parc ont été collectées auprès de la Direction de la Réglementation et de l'Administration Générale (DRAG) au siège de la wilaya de Bejaia, où on a remarqué que le taux de motorisation est passé de 111367 à un peu plus de 239672 véhicules en 18 ans. Dont environ 145222 de véhicules touristiques (type 1) représentant 60% du total du parc en mai 2017 (**Tableau. VI, Annexe 1**), 67251 d'utilitaires et 18610 de véhicules de transports. Le tableau, ci-dessous présente la distribution du parc automobile selon les différentes catégories de véhicules.

Tableau. VII : Distribution du parc automobile de la wilaya de Bejaia par catégorie de véhicule (DRAG, 2017)

Catégories de véhicules	Touristiques (1)	Utilitaires (2)	Utilitaires (3)	Transports routiers (4)	Transports routiers (5)	Transports routiers (6)
Nombre de véhicules	145222	15841	51410	5110	5025	8475

❖ Dieselisation du parc automobile :

La progression du parc de véhicules diesel est également importante cause de leurs durées de vie qui est nettement supérieure à celle des modèles à essence.

En 1999 il représentait à Bejaia (**Tableau. VI, Annexe 1**), un pourcentage de 43,9 % du parc (véhicules particuliers et utilitaires confondus), contre 50,2 % en 2016. Les véhicules à essence représentent alors 45,9% du parc. La **figure N°12** qui suit, présente l'évolution du parc automobile dans la ville de Bejaia, de 1999 à 2016.

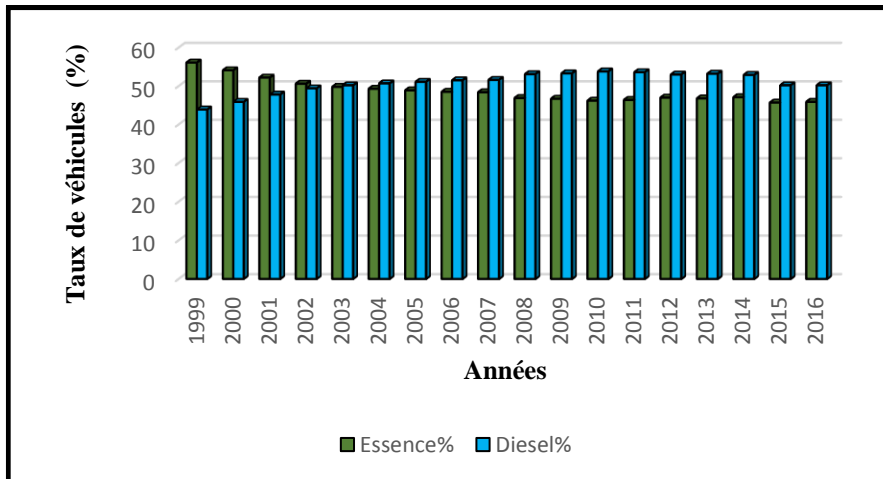


Figure N°12 : Evolution annuelle du parc automobile de Bejaïa, de 1999 à 2016.

III.1.2. Variation journalière des taux des polluants mesurés :

Durant la première campagne de mesures, s'étalant du 18 au 25 Avril 2017, effectuée dans les huit (08) sites (Tableau. VIII, Annexe 1). On a pu constater, que la température moyenne variait entre 19 et 27 °C, on a également pu noter, les valeurs maximales des trois polluants (CO, NO, SO₂) en ppm, et recenser le nombre de véhicules passants, pour chacun des huit sites.

Dans la figure ci-dessous, sont représentées les valeurs moyennes, atteintes par le « CO, NO et SO₂ » en ppm, dans les différents sites de prélèvements.

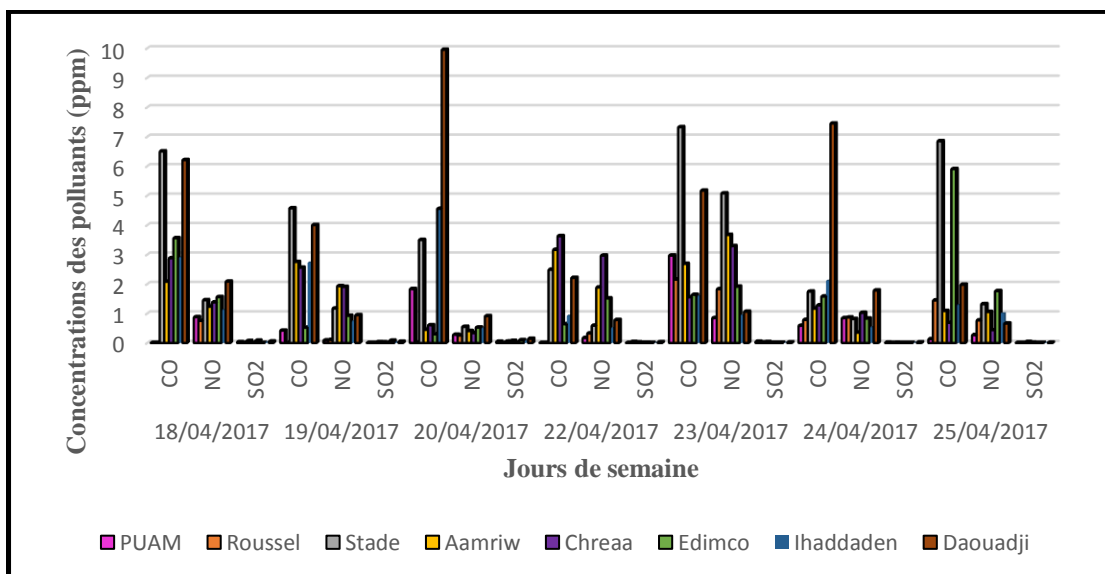


Figure N°13 : Variation journalière des concentrations en « CO, NO et SO₂ » en ppm, lors de la première série de mesures effectuée dans les huit sites.

D'après l'histogramme ci-dessus (**Figure N°13**), on observe une grande variation entre les teneurs des trois polluants mesurés, ainsi que dans les jours de semaine. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées pour le CO, avec des pics de 7,31 et 9,94 ppm notés à Satde et à Daouadji, le 23 et 20 avril respectivement. Suivi par les valeurs de NO avec des pics de 3,66 et 5ppm enregistrés le 23 avril, au feu rouge d'Aamriw et à l'arrêt de bus « Stade » respectivement. Et les concentrations les plus basses ont été noté pour le SO₂, Les pics ont été observés le 20 Avril à l'EDIMCO et Daouadji avec des valeurs de 0,09 et 0,13ppm respectivement.

Cette variation est justifiée par le grand nombre de véhicules (**Tableau. IX, Annexe 1**), passants par les deux sites enregistrants les concentrations les plus élevées. Avec un nombre de 4436 véhicules à Daouadji et 3148 véhicules recensés au Stade (**Figure N°14**), elle peut également être liée aux conditions météorologiques, tel que le vent et la température, qui jouent un rôle important, dans la dispersion des polluants. Sachant que durant la période d'étude était caractérisée par la présence du vent.

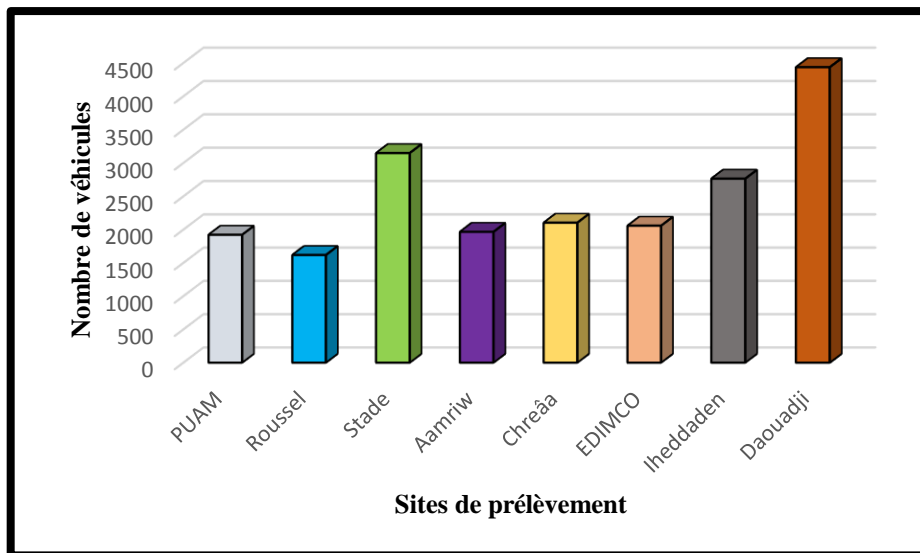


Figure N°14 : Moyennes des véhicules recensés dans les huit sites, durant la période d'étude.

On en déduit que Daouadji est le site le plus pollué avec des valeurs maximales (**Tableau. IX, Annexe 1**), atteignant les 80 ppm pour le « CO », 9 ppm pour le « NO » et 1ppm pour le « SO₂ ».

Cette déduction présente une similitude avec l'étude menée par **Ait Idir et Slimani**, en **2004**, qui ont conclu que Daouadji était le site le plus pollué à Bejaia. Et dont les valeurs de concentrations étaient pour le SO₂ au voisinage de 0 ppm.

III.1.3. Distribution des concentrations en (CO, NO et SO₂), dans la zone d'étude :

III.1.3.1. Carte des Iso-concentrations du « CO » :

La carte illustrée sur la **Figure N°15**, dévoile une diminution assez importante de la teneur en CO, allant de l'Est à l'Ouest de la zone. La concentration maximale est atteinte au Nord Est avec 5,4 ppm. Cette valeur tend à diminuer en allant vers le centre (2,2 ppm à Chreâa), jusqu'à ce qu'elle atteigne 0,6 ppm à Roussel (Nord-Ouest de la région).

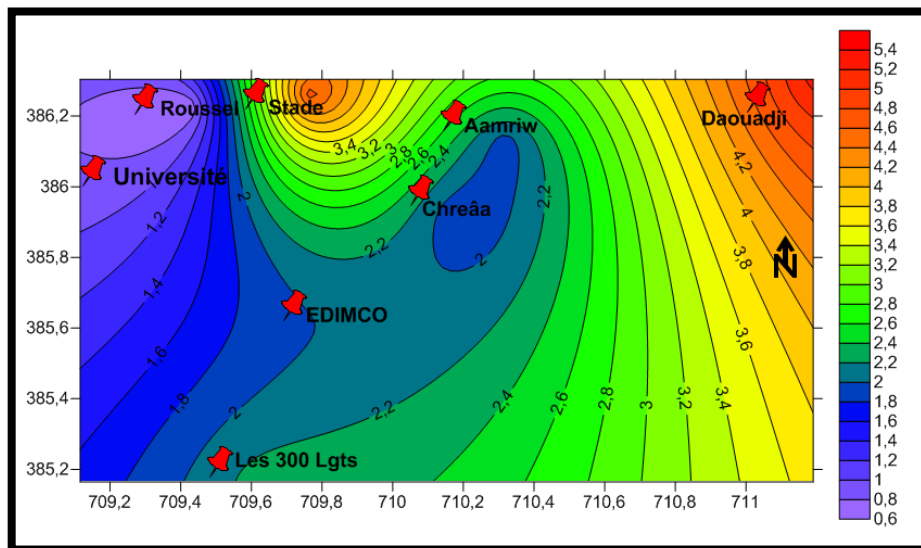


Figure N°15 : Carte des iso-concentrations du « CO » en ppm, dans la ville de Bejaia.

III.1.3.2. Carte des Iso-concentrations du « NO » :

D'après la **Figure, N°16**, On observe que la concentration la plus élevée (1,6 ppm), est localisée au centre de la carte et plus précisément à Chreâa. Cette concentration marque une diminution en périphérie de cette zone jusqu'à atteindre 0,45 ppm au portail de l'université Abderrahmane Mira.

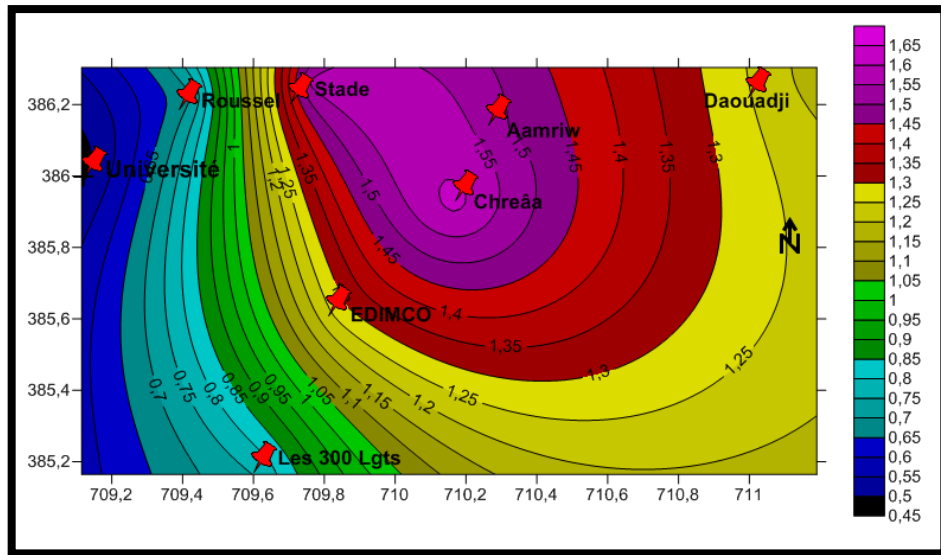


Figure N°16 : Carte des iso-concentrations du « NO » en ppm, dans la ville de Bejaïa.

III.1.3.3. Carte des Iso-Concentrations du « SO2 » :

La carte de la **Figure N°17**, dévoile une diminution très remarquable de la concentration du SO2. Les concentrations sont maximales au Nord-Est, avec des valeurs atteignant 0,042 ppm. Elles diminuent en allant vers le centre de la zone avec une concentration de 0,014 ppm à Chreâa. La valeur la plus faible est enregistrée à Roussel (Nord-Ouest), avec une valeur de 0,01 ppm.

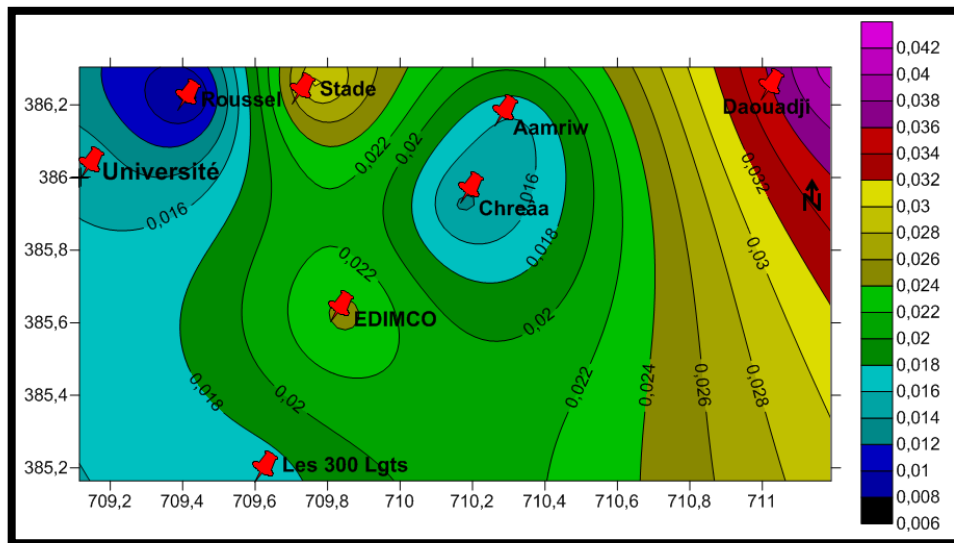


Figure N°17 : Carte des iso-concentrations du « SO2 » en ppm, dans la ville de Bejaïa.

L'évolution de la pollution dans le centre-ville de Bejaïa diffère selon la nature du polluant. Cette variation est due au rôle des paramètres météorologiques qui ont une influence différente sur chacun des trois polluants étudiés.

III.1.4. Evolution hebdomadaire de la pollution à Daouadji :

Pour la deuxième série de mesures qui a été prise durant la période du 14 au 20 Mai 2017 à Daouadji. La température variait entre 23° et 25°C.

Nous avons exploité les concentrations des trois polluants CO, NO et SO₂ mesurées en ppm, aux heures de pointes (entre 7 et 9h; 11 et 13h et de 16 à 18h), afin de tracer l'évolution hebdomadaire de la pollution moyenne journalière. Cette évolution est montrée sur l'histogramme de la **Figure N°18**, qui suit :

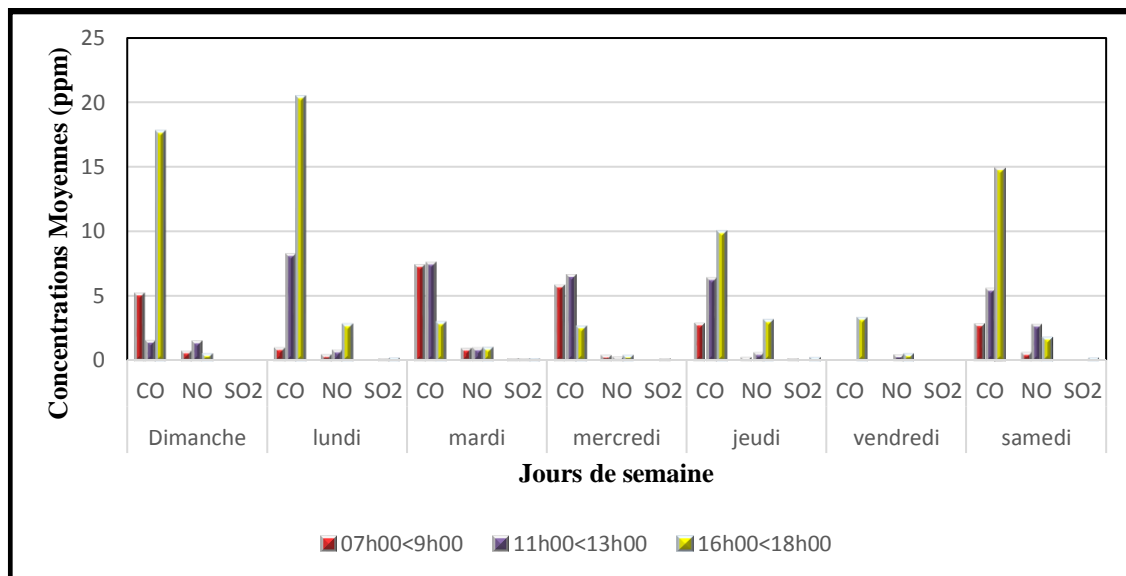


Figure N°18 : Evolution hebdomadaire de la concentration des trois polluants mesurés en ppm, à Daouadji, selon les horaires de prélèvements.

Durant cette série de mesure (**Figure N°18**), on a pu constater qu'il y'avait une différence entre les concentrations enregistrées le matin, à midi et le soir. Les valeurs moyennes maximales sont exclusivement enregistrées en fin de journée, avec des pics de 20,4 ppm pour le « CO », 3,07 ppm pour le « NO » et 0,3 ppm pour le « SO₂ ».

Ceci peut être justifié par la grande affluence du nombre de véhicules, et où le trafic automobile est le plus intense.

Cependant les concentrations maximales sont constatées durant la journée du Lundi avec des moyennes journalière de 9,80 ppm pour le « CO », 1,26 ppm pour le « NO » et 0,04 ppm pour le « SO₂ ».

Ces valeurs sont certainement dues au grand nombre de véhicules (**Tableau. IX, Annexe 1**), résultante du marché hebdomadaire.

En revanche de faibles concentrations sont constatées le vendredi où le trafic automobile est nettement réduit. Dont les valeurs moyennes sont de l'ordre de 1,08 ; 0,25 et 0 ppm, pour le CO, NO et SO₂ respectivement.

III.1.4.1. Evolution journalière de la concentration du « CO » :

La Figure ci-dessous (**Figure N°19**) ; (**Tableau. XI, Annexe 1**), montre l'évolution diurne de la teneur en CO (ppm), durant la journée du lundi 15 Mai 2017.

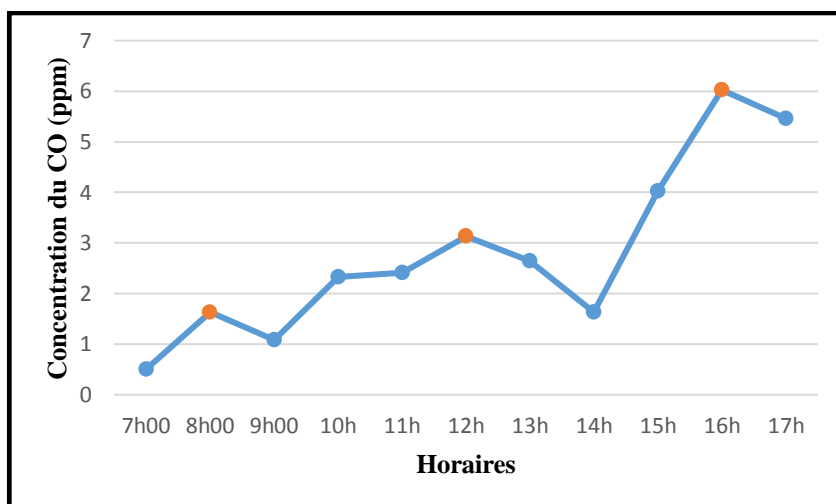


Figure N°19 : Variation journalière de la concentration du CO en ppm, à Daouadji.

Sur la courbe (**Figure N°19**), les pics apparaissent clairement aux heures de pointe où le trafic automobile est intense au niveau de Daouadji. Le maximum de 79 ppm est enregistré vers 16h30 et la plus faible valeur est enregistrée hors heures de pointes (0,3 ppm).

III.1.4.2. Corrélation entre le nombre de véhicules et la concentration du « CO » dans l'air :

La courbe de corrélation représentée sur la **Figure N°20** ; (**Tableau. XII, Annexe 1**), montre qu'il existe une corrélation assez significative entre le nombre de véhicules passant par Daoudji, et la concentration du « CO » mesurée en ppm. Avec un indice ($R^2 = 0,750$).

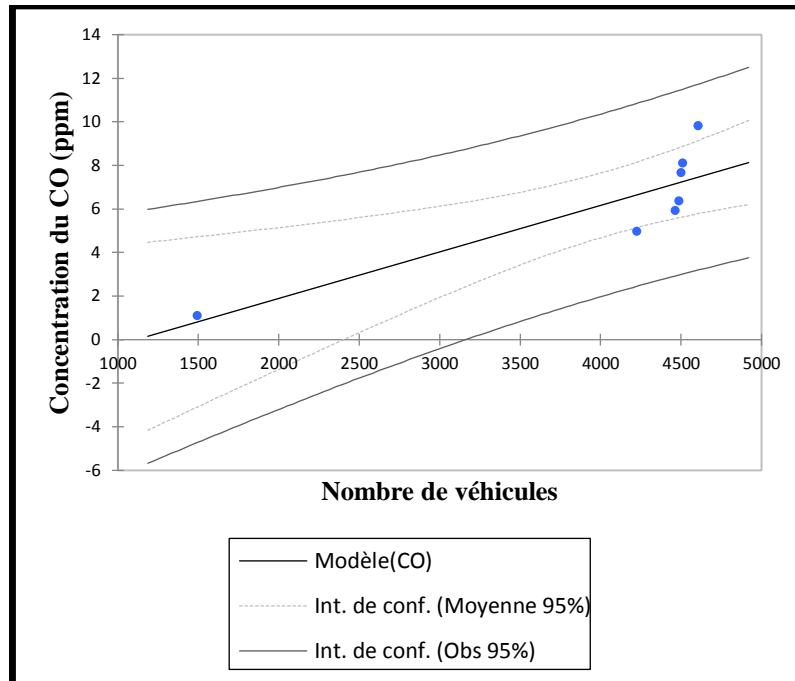


Figure N°20 : Evolution de la concentration du « CO » en ppm, selon le nombre de voitures.

Cette corrélation s'explique par le fait que les véhicules soient la source principale du rejet du monoxyde Carbonne « CO » dans l'air atmosphérique.

Nos résultats, présente une similitude avec ceux obtenus lors de l'étude menée par **Alkama et al, en 2006**, dans la ville de Bejaïa et qui a conclu à une corrélation significative entre le nombre de véhicules et la concentration du « CO », avec un coefficient de 0,78.

III.5. Influence de la température, sur la concentration du « CO » dans l'air :

Avec un coefficient de corrélation ($R^2=0,895$), La courbe de régression (**Figure N°21**), (**Tableau. XIII, Annexe 1**), ci-dessous, montre une corrélation significative, entre la concentration du « CO », et la variation de la température.

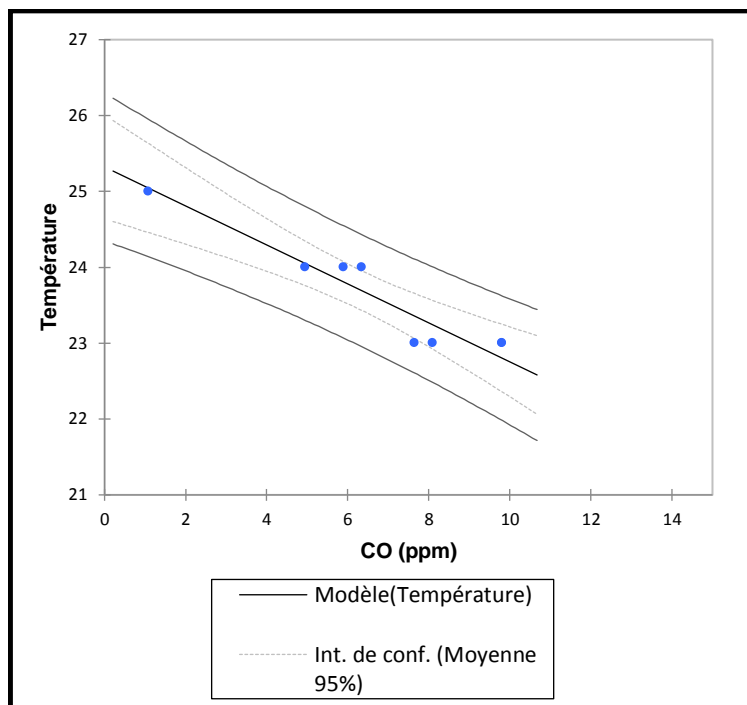


Figure N°21 : Evolution journalière de la concentration du « CO », selon la température.

D'après la **Figure N°21**, on a abouti à la conclusion que la température à une influence significative, sur la variation des concentrations en « CO » dans l'air. Car lorsque la température augmente, le « CO » a tendance à monter plus facilement, et sa concentration au sol diminue (**Benaissa, 2010**).

PARTIE 2
Résultats Et
Discussions De L'étude
Epidémiologique

PARTIE II : Résultats et discussions de l'étude épidémiologique

Les données obtenus suite à l'étude épidémiologique descriptive, rétrospective, menée pour la période du 1^{er} Janvier 2014 au 31 décembre 2016, ont été traité à l'aide du logiciel XLSTAT. On a réalisé un traitement statistique descriptif qui a abouti aux résultats suivants :

III.2.1. Répartition démographique :

III.2.1.1. Selon la tranche d'âge :

La **Figure N°22**, (**Tableau. XIV, Annexe 1**), représente la distribution du nombre d'hospitalisations pour les trois pathologies étudiées (Asthme, de BPCO et de Cancer), enregistrées au niveau du service de pneumo-physiologie de l'hôpital Frantz Fanon, durant la période d'étude, selon la tranche d'âge.

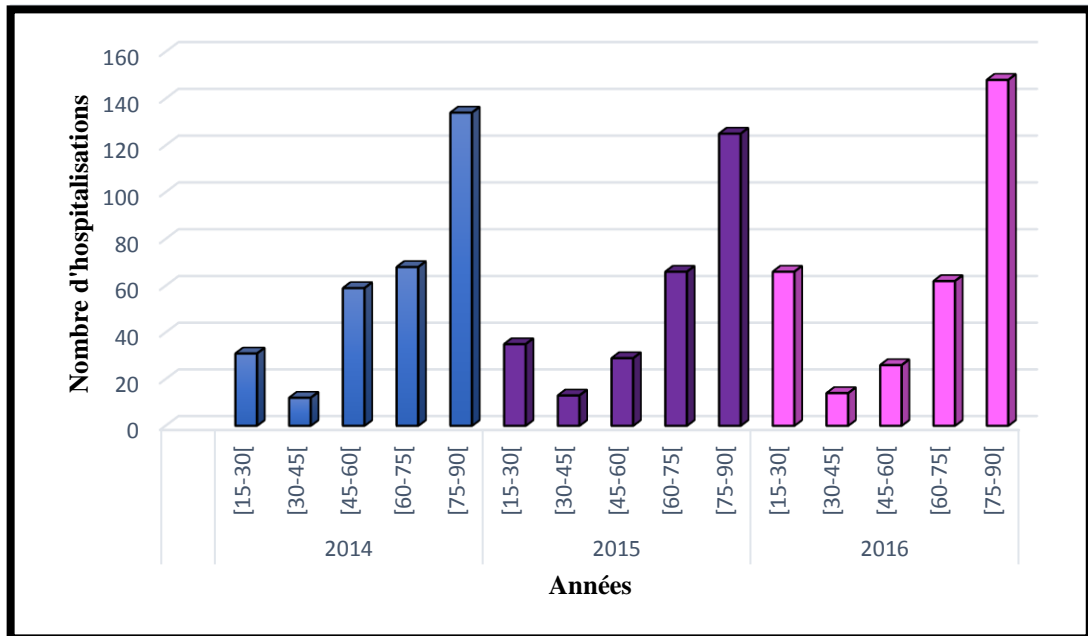


Figure N°22 : Répartition du nombre d'hospitalisations pour Asthme, BPCO et Cancer des poumons, selon la tranche d'âge.

D'après l'histogramme (**Figure N°22**), on note une grande variation dans la distribution du nombre d'hospitalisations, selon les différentes tranches d'âge, et cela durant toute la période d'étude. Les catégories d'âge affichant les nombres les plus importants, sont

celles des (45-60 ans) et (60-75 ans), avec 68 et 134 cas respectivement pour l'année de 2014 ; 66 et 125 cas pour celle de 2015 et 62 et 148 cas, en ce qui concerne l'année 2016.

Les catégories d'âge les moins touchées sont celles des (15-30 ans) et (30-45 ans), pour l'année 2014, et (30-45 ans), (45-60 ans) pour les deux années qui suivent. Avec des effectifs de : 31 et 12 cas ; 13 et 29 cas ; 14 et 26 cas respectivement.

Cette variation peut être justifiée par la fragilité immunitaire, qui touche plus particulièrement les personnes âgées.

III.2.1.2. Selon le sexe :

Pour chaque pathologie étudiée, nous avons calculé le taux de morbidité chez les hommes ainsi que chez les femmes, pour chacune des années de la période d'étude (**Tableau XV, Annexe 1**). Les résultats obtenus sont illustrés sur la **Figure N°23**, ci-dessous :

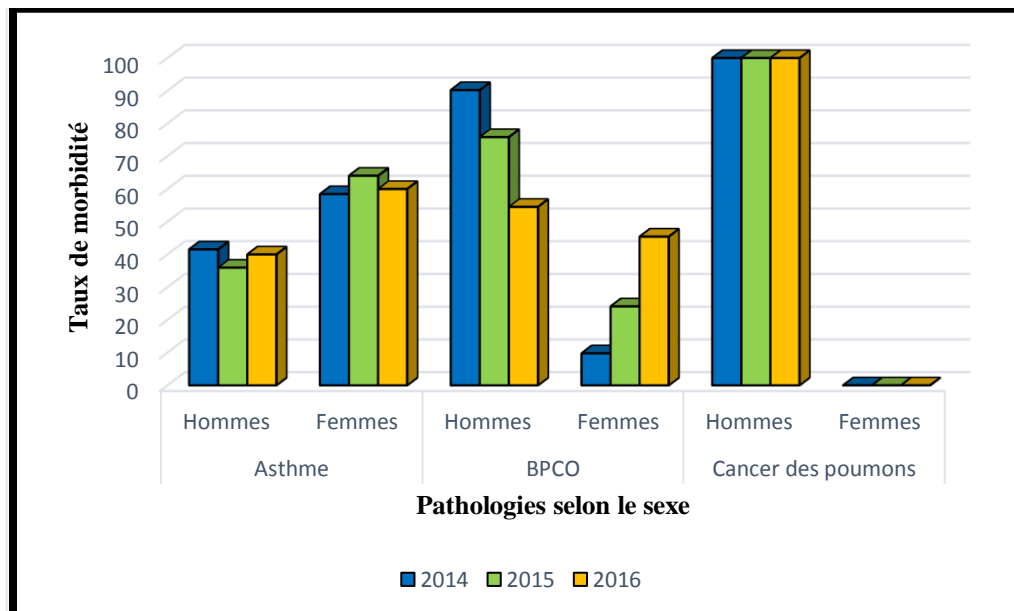


Figure N°23 : Taux de morbidité enregistrés au niveau du service de pneumo-physiologie, selon le type de pathologie et selon le sexe, durant la période d'étude.

Les résultats montrent qu'il existe une différence dans la distribution des taux de morbidité chez les hommes et chez les femmes.

Pour ce qui est de l'asthme, on remarque que les femmes sont plus touchées par cette pathologie, que les hommes. Cette observation a pu être notée durant toute la période d'étude

et peut être expliquée, par la différence physiologiques existant entre les deux catégories (Hommes, Femmes).

Le cas contraire est observé, pour les deux pathologies restantes (BPCO et Cancer des poumons), où les hommes sont nettement plus touchés que les femmes. Cela est justifié par le fait que le facteur de risque pour la BPCO, n'est autre que le tabac. De ce fait les hommes sont les plus exposés à cette pathologie, que les femmes et il en est de même pour le Cancer des poumons.

L'étude menée sur les enfants (**Tableau. XVI, Annexe 1**), auprès de l'EPSP d'Iheddaden. A abouti quant à elle, aux résultats illustrés dans la figure ci-dessous :

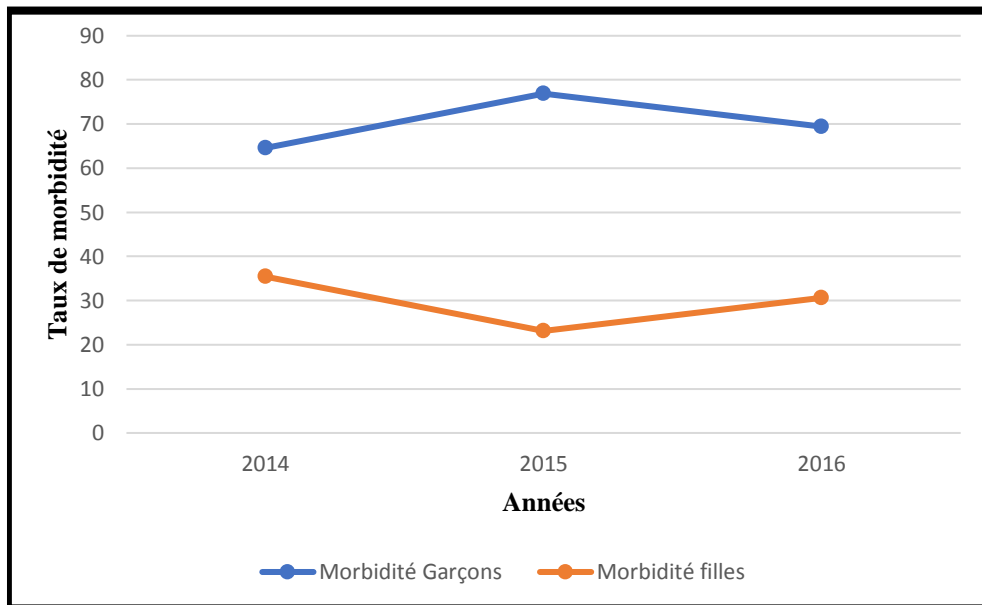


Figure N°24 : Evolution du taux de morbidité d'asthme, enregistré à l'EPSP d'Iheddaden durant la période d'étude, selon le sexe.

Le graphe ci-dessus (**Figure N°24**), montre une fluctuation annuelle dans l'évolution de la morbidité pour cause d'asthme, chez les deux catégories (Filles, Garçons). La valeur la plus importante a été enregistrée chez les garçons en 2015, avec un taux de 76,89 % ; et la plus basse chez les filles à la même année, avec un taux de 23,11 %.

On a pu constater en consultant les registres de consultations en pneumologie pédiatrique, que sur un total de 2130 consultations durant toute la période d'étude (**Tableau.**

XVI, Annexe 1), le nombre de garçons était de 1489 cas, représentant 70% des consultations pour cause d'asthme. Contre 30 % pour les filles, comme l'indique la **Figure N°25** ci-dessous :

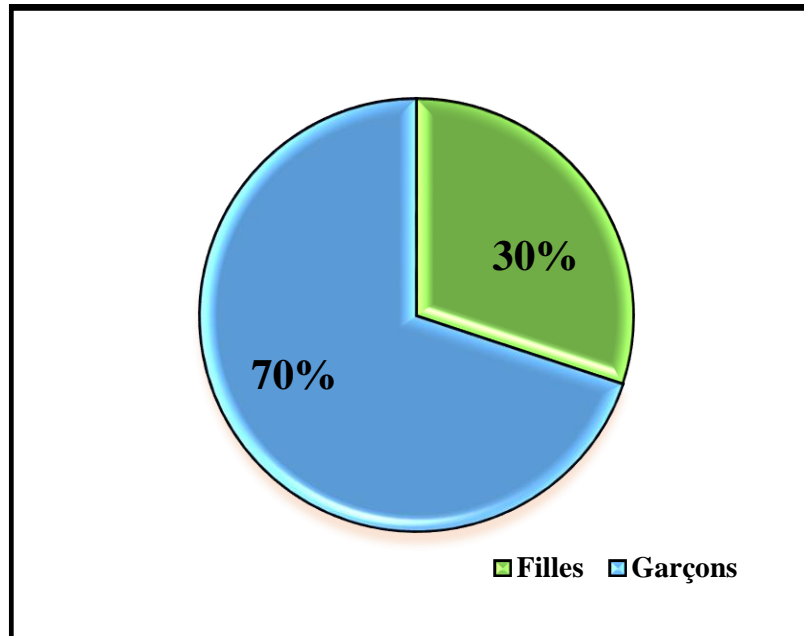


Figure N°25 : Taux de consultations en pneumologie pédiatrique pour cause d'asthme, enregistrés à l'EPSP d'Iheddaden, durant la période d'étude.

Cette différence entre les garçons et les filles varie selon de différentes périodes de croissance (âge). Durant l'enfance les garçons présentent un risque plus élevé que les filles. A la puberté le risque est égale chez les deux groupes, mais après la puberté le risque s'inverse et ce sont les filles qui deviennent alors plus à risque que les garçons.

Cela s'explique par le diamètre des voies aériennes qui sont plus étroites chez les garçons dans l'enfance et changeant à l'adolescence (**Belfarhi, 2011**).

Nos résultats sont semblables à ceux obtenus par **Gissler et al en 1999**, qui d'après une étude faite sur des enfants nés en 1987, stipule que la prévalence de l'asthme est 60% plus élevée chez les garçons que chez les filles.

Ils sont également similaires à ceux obtenus par les études de **Benaissa en 2010 et 2016**, qui a conclu que le nombre de femmes hospitalisées pour cause d'asthme est plus élevé

que celui des hommes. Et que chez les enfants, les effectifs chez les filles étaient inférieurs à ceux des garçons.

III.2. Répartition temporelle :

III.2.2.1. Répartition Annuelle :

L'évolution annuelle des trois pathologies étudiées (Asthme, BPCO et Cancer des poumons), (Tableau. XVII, Annexe 1), est représentée pour chacun des deux sexes, dans la figure N°26 ci-dessous :

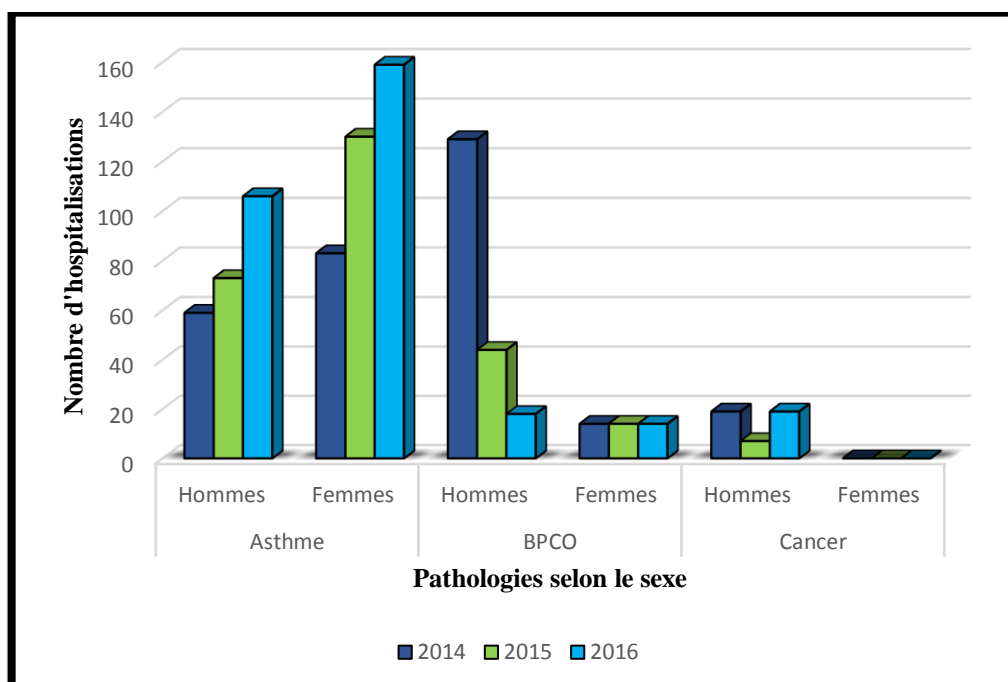


Figure N°26 : Nombre d'hospitalisations pour cause d'Asthme, de BPCO et de Cancer des poumons, au service de pneumo-physiologie de l'hôpital Frantz Fanon, selon l'année et le sexe.

Les observations qu'on peut déduire du graphe ci-dessus (**Figure N°26**), sont les suivantes :

Durant les trois (03) années d'étude, On remarque une augmentation dans le nombre d'hospitalisations pour cause d'asthme, chez les deux sexes.

Cette augmentation est probablement due à la croissance du nombre de personnes exposées qui coïncide avec l'augmentation du nombre de population de la zone d'étude.

Chez les hommes, on notera une régression et une fluctuation, dans le nombre d'hospitalisations pour BPCO et Cancers des poumons, respectivement. Et une constance chez les femmes pour les mêmes pathologies (BPCO et Cancer des poumons). Ces deux pathologies ayant pour facteur de risque le tabac, l'explication serait qu'il y'aurait une régression dans le nombre de fumeurs, parmi les cas enregistrés.

III.2.2.2. Répartition mensuelle :

La répartition mensuelle du nombre d'hospitalisations pour Asthme, BPCO et Cancer des poumons, enregistrées durant la période du 1^{er} janvier 2014 au 31 décembre 2016, comme indiqué sur la **Figure N°27**, (**Tableau. XVIII, Annexe 1**) montre une fluctuation de cette répartition, avec des moyennes de 25, 22 et 26 cas, pour chacune des années 2014, 2015 et 2016 respectivement.

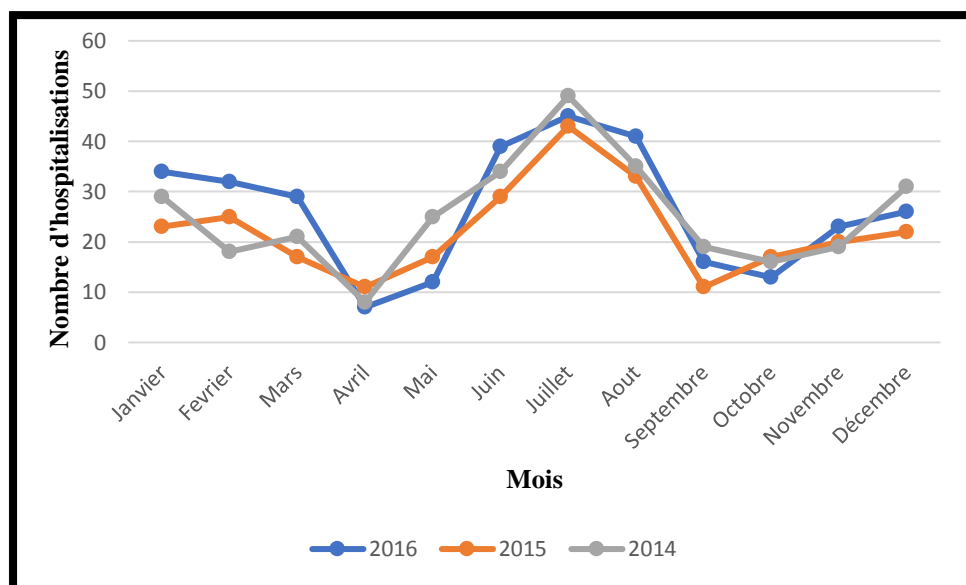


Figure N°27 : Répartition mensuelle du nombre d'hospitalisations pour Asthme, BPCO et Cancer des poumons enregistrées à l'hôpital Frantz Fanon, durant la période d'étude.

Les pics les plus importants (**Figure N°27**), sont enregistrés, au mois de juillet en 2014, 2015 et 2016, avec 49, 43 et 45 cas respectivement, suivi du mois d'août, avec 35, 33 et 41 hospitalisations, pour 2014, 2015 et 2016 respectivement. Tandis que les mois d'avril comptent les plus petits effectifs, avec 8, 11 et 7 cas pour chacune des années (2014, 2015 et 2016).

III.2.2.3. Répartition saisonnière :

La répartition saisonnière (**Tableau. XIX, Annexe 1**), illustrée dans la **figure N°28**, ci-dessous, montre que le nombre d'hospitalisations (pour cause d'asthme, de BPCO et de Cancer des poumons), le plus important est enregistré à la saison estivale, avec un taux de 36%, suivie par la période hivernale, avec 30%. L'effectifs le moins important est quant à lui observé au printemps et en automne, avec un taux de 17 % chacun.

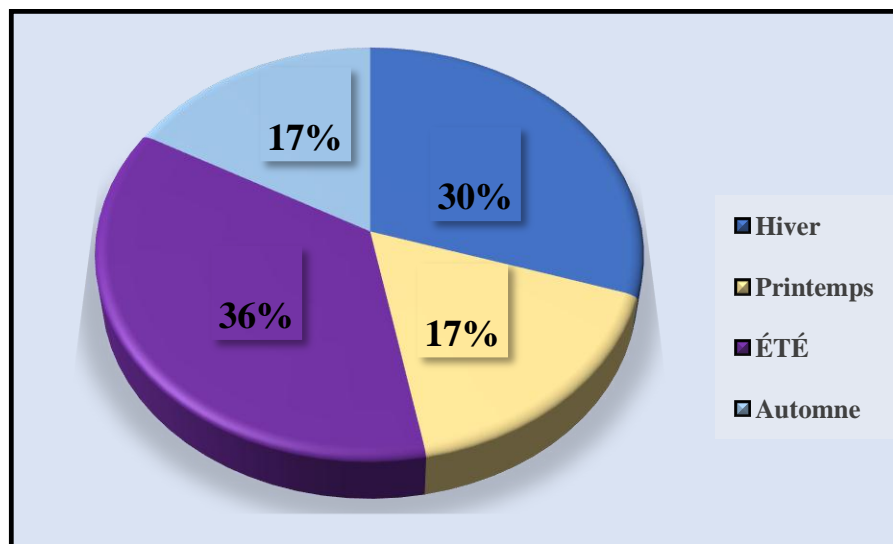


Figure N°28 : Répartition saisonnière, du nombre d'hospitalisations pour Asthme, BPCO et Cancer des poumons, enregistrées à l'hôpital Frantz Fanon, durant la période d'étude.

III.2.3. Impact de la pollution due au trafic routier sur la santé humaine :

Dans le but d'établir un lien, entre le nombre d'hospitalisations pour les trois (03) pathologies étudiées (Asthme, BPCO et Cancer des poumons), et la pollution atmosphérique due au trafic routier ; Et par manque de données suffisantes pour établir l'évolution annuelle

des concentrations du (CO, NO et SO₂), on a dû nous référer aux résultats obtenus par **Alkama et al, en 2008** afin de les comparer aux résultats de notre étude épidémiologique.

On a choisi d'exploiter les données relatives aux concentrations du « CO », du fait que ce soient les valeurs les plus élevées par rapport au NO et au SO₂.

III.2.3.1. Corrélation entre le nombre d'hospitalisations pour Asthme, BPCO et Cancer des poumons et la variation de la concentration du « CO » :

D'après la **Figure N°29**, ci-dessous, on peut noter que les pics de pollution en « CO », sont observés au cours de l'année, durant la période estivale, avec un pic maximal au mois d'Aout.

Cela a été justifié par le grand nombre de véhicules et de la circulation intense résultants de l'afflux des touristes durant cette période, à Bejaïa (**Benaïssa, 2010**).

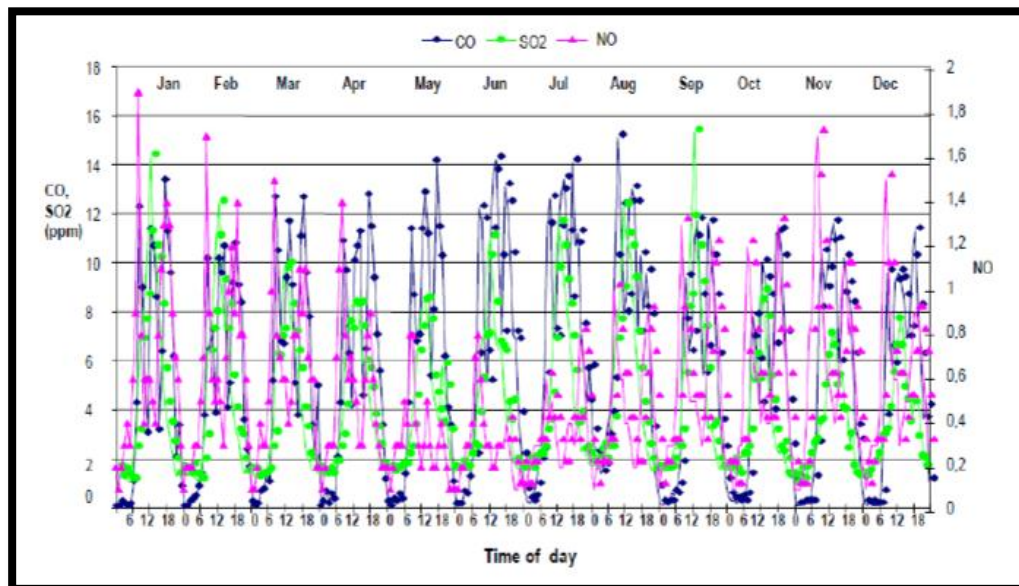


Figure N°29 : Variations saisonnières des concentrations des trois polluants (CO, SO₂ et NO) en ppm, dans la ville de Bejaia (**Alkama et al, 2008**).

Cette période est également caractérisée par des pics d'hospitalisations pour causes d'Asthme, BPCO et Cancer des poumons (**Figure N°30**) ;(Tableau. XVIII, Annexe 1),

enregistrés au service de pneumo-physiologie de l'hôpital Frantz Fanon, durant l'année 2016.

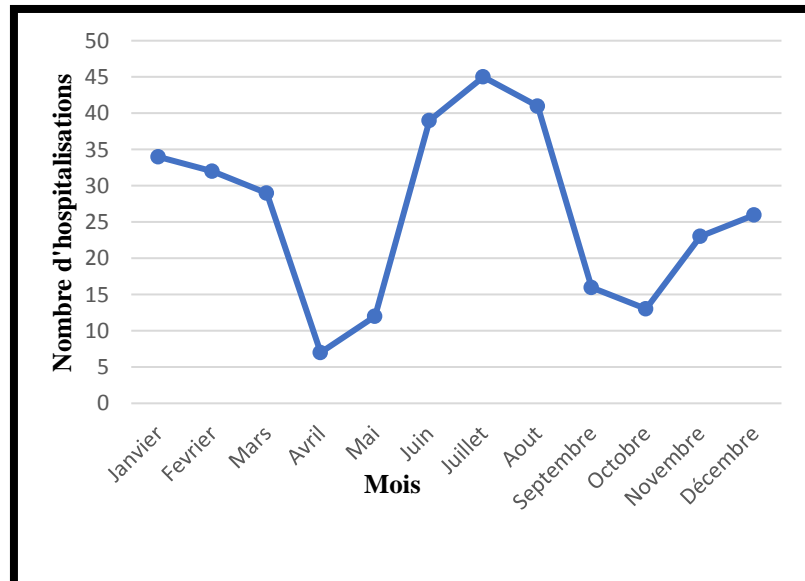


Figure N°30 : Répartition annuelle du nombre d'hospitalisations pour Asthme, BPCO et Cancer des poumons enregistrées à l'hôpital Frantz Fanon, durant l'année 2016.

Ces observations nous permettent de conclure qu'il existe bien un lien entre le taux de pollution en « CO » en ppm, et le nombre d'hospitalisation pour cause respiratoire.

On en conclue que la pollution atmosphérique due au trafic routier à un impact direct sur la santé humaine.

Conclusion
Et
Recommandations

Conclusion et Recommandations

La pollution atmosphérique constitue un réel sujet de préoccupation, tant par son évolution incessante, que par la gravité des effets qu'elle engendre. Ces sources diffèrent, et sont soit naturels, soit dans la plupart des cas, issus de l'activité humaine.

La source ayant la plus grande part de contribution dans la dégradation de l'air, n'est autre que le trafic routier, ses principaux polluants sont le : CO, le NO le SO₂, les particules en suspension, et proviennent essentiellement des gaz d'échappement.

Dans le but d'évaluer l'intensité de cette pollution, dans le cas du centre-ville de Bejaïa, nous avons effectué deux séries de mesures, s'étalant chaque une sur sept (07) jours, pour les trois (03) polluants (CO, NO et SO₂), tout en recensant le nombre de véhicules passants. Les paramètres météorologiques tels que le vent et la température, ont également été pris en considération.

La première série s'est effectuée dans plusieurs sites du centre-ville, et dont l'objectif était d'identifier le site le plus pollué. Les valeurs obtenues nous ont permis de conclure que le (CO) était l'élément le plus présent en termes de concentrations, par rapport aux deux autres polluants (NO et SO₂). Des cartes d'iso-concentrations ont également été établies via le logiciel Surfer. Ces dernières nous ont renseigné sur l'évolution des concentrations des trois (03) gaz mesurés, dans le reste de la zone d'étude

Au cours de cette campagne, la concentration moyenne maximale du (CO) a atteint 9,94 ppm à Daouadji. Les moyennes enregistrées dans les autres sites demeurent toutes inférieures à cette concentration. Cette différence a été justifiée par le nombre de véhicules recensé. Avec une moyenne de 4436 véhicules, Daouadji est le site qui a été caractérisé par la circulation la plus intense. C'est ce qui nous a permis de conclure que Daouadji incarnait le site le plus pollué du centre-ville de Bejaïa.

Une deuxième campagne de mesures portant sur les mêmes polluants (CO, NO et SO₂), a donc été réalisée exclusivement dans ce site (Daouadji). L'intérêt étant de faire un suivi de l'évolution journalière de la concentration de ces derniers.

Les résultats ont montré que les pics, étaient quotidiennement observés aux heures de pointes. Les concentrations moyennes maximales ont pu être observées le soir (entre 16 et 18h), avec des pics atteignant 20,4 ppm pour le « CO », 3,07 ppm pour le « NO » et 0,3 ppm pour le « SO₂ ». Ces constatations nous permettent de confirmer l'hypothèse que ces

Conclusion et Recommandations

concentrations sont étroitement liés au trafic routier, qui est particulièrement plus intense à cette période de la journée.

Afin d'évaluer l'impact de la pollution due aux gaz d'échappement, une étude épidémiologique de type descriptif, sur trois (03) pathologies respiratoires (Asthme, BPCO et Cancer des poumons), a été menée pour une période de trois (03) ans, s'étalant du 1^{er} Janvier 2014 au 31 Décembre 2016.

D'après les résultats de cette dernière, on a constaté qu'avec un total de 407 cas enregistrés au cours de la période d'étude, les personnes âgées (à partir de 75 ans), étaient les plus touchés par ces pathologies. On a également pu conclure que c'était les femmes qui enregistraient le taux de morbidité d'asthme le plus élevé. Le cas contraire a été noté pour les deux pathologies restantes (BPCO et Cancer des poumons).

Concernant les enfants, les résultats ont montré que contrairement aux adultes, les garçons à cause de leur voie respiratoire étroites, représentaient 70% des consultations pour cause d'Asthme, contre 30% de filles.

La répartition annuelle des pathologies respiratoires (Asthme, BPCO et Cancer des poumons), a révélé une augmentation assez significative des cas d'asthmes au cours de la période d'étude, et cela chez les deux sexes. La situation inverse a été notée pour la cas de BPCO, qui a fortement diminué à partir de 2015. Quant aux nombres d'hospitalisations pour cause de Cancer des poumons, il a été marqué par une fluctuation durant les trois ans.

On a également pu conclure qu'au cours de l'année, la période estivale est celle qui domine avec 36%, en termes de nombre d'hospitalisations pour cause (d'Asthme, BPCO et Cancer des poumons). Cette période coïncide parfaitement avec les pics de (CO) enregistrés au cours de l'année (2006) ; C'est ce qui prouve qu'il existe bien un lien entre la concentration de l'air en (CO), et le nombre d'hospitalisations pour causes respiratoires.

Notre conclusion est donc, que la pollution atmosphérique due aux gaz d'échappement du trafic routier dans le centre-ville de Bejaïa, affecte la santé respiratoire de la population.

Dans l'intérêt de minimiser ces effets, nous recommandons les points suivants :

- La mise en place d'un dispositif de surveillance de la qualité de l'air dans la ville de Bejaïa.

Conclusion et Recommandations

- L'obligation de la mise en place de catalyseurs.
- Etablir une limite d'âge maximale, pour les véhicules en circulation
- L'utilisation de bio-carburants
- L'utilisation de véhicules moins polluants (électriques
- La sensibilisation des automobilistes à :
 - ◆ Privilégier des moyens moins polluants, tels que la marche ou les vélos (Pour les petits parcours).
 - ◆ Prendre les transports en communs
 - ◆ Le covoiturage

Glossaire

Glossaire

A

Asthme : C'est une maladie inflammatoire des bronches. Il s'agit d'une pathologie chronique qui apparaît par crises au cours desquelles la personne éprouve des difficultés à respirer, s'essouffle, et a une respiration sifflante.

B

BPCO : La Broncho-pneumopathie Chronique Obstructive est une forme grave de bronchite. Cette maladie, qui évolue sur plusieurs années, affecte le souffle et provoque des dommages irréversibles des poumons. Mal connue, la (BPCO) est particulièrement courante chez les fumeurs.

C

Cancer : Un cancer est une pathologie caractérisée par la présence d'une (ou de plusieurs) tumeur maligne formée à partir de la transformation par mutations ou instabilité génétique, d'une cellule initialement normale.

Corrélation : Relation existant entre deux notions dont l'une ne peut être pensée sans l'autre, entre deux faits liés par une dépendance nécessaire

COV : Les **composés Organiques Volatils**, sont des composés organiques pouvant facilement se trouver sous forme gazeuse dans l'atmosphère. Ils constituent une famille de produits très large. Leur volatilité leur confère l'aptitude de se propager plus ou moins loin de leur lieu d'émission, entraînant ainsi des impacts directs et indirects sur l'homme et l'environnement.

CO : Gaz inodore, incolore et inflammable, le monoxyde de carbone CO se forme lors de la combustion incomplète de matières organiques (gaz, charbon, fioul ou bois, carburants). Il participe au mécanisme de formation de l'ozone.

CO2 : Le dioxyde de Carbone est un gaz incolore et inerte. Il est le principal gaz à effet de serre à l'état naturel, avec la vapeur d'eau. Sa durée de vie dans l'atmosphère est d'environ 100 ans. Il est produit lorsque des composés carbonés sont brûlés et en présence d'oxygène.

Glossaire

D

Diffusion : Ce terme fait référence à une notion de « distribution », qui désigne l'action de répartir des choses ou des personnes selon différents critères.

F

Facteur : Tout élément jouant un rôle dans le déclenchement ou l'évolution d'un phénomène.

H

HAP : Est l'abréviation des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques, qui sont des composés chimiques constitués d'atomes de carbone et d'Hydrogène résultant de la fusion de plusieurs cycles aromatiques.

Hydrocarbures : Ce sont des molécules organiques exclusivement composées de carbone et d'hydrogène.

M

Morbidité : Représente le nombre d'individus atteints par une maladie dans une population donnée et pendant une période déterminée.

N

NOx : Famille des oxydes d'azote comprenant les composés suivants : le monoxyde d'azote (NO), le dioxyde d'azote (NO₂), le protoxyde d'azote (N₂O), le tétraoxyde de diazote (N₂O₄) et le trioxyde d'azote (N₂O₃). Ce sont des Gaz odorants et très toxique dès lors que la teneur en volume dépasse 0,0013% (début de l'irritation des muqueuses).

P

Polluant : Désigne un agent physique, chimique ou biologique qui provoque une gêne ou une nuisance dans un milieu liquide ou gazeux, même s'il y est présent à des niveaux inférieurs au seuil de nocivité.

Glossaire

Phénomène Inflammatoire : C'est l'ensemble de réactions générées par l'organisme en réponse à une agression subie. Celle-ci peut être d'origine extérieure comme une blessure, une infection, un traumatisme, ou provenir de l'intérieur de l'organisme lui-même comme dans des pathologies auto-immunes.

R

Rayonnement : Désigne le processus d'émission ou de propagation d'énergie et de quantité de mouvement impliquant une onde.

S

SO₂ : Le dioxyde de soufre est un gaz sans couleur et ininflammable avec une odeur pénétrante qui irrite les yeux et les voies respiratoires. Il réagit sur la surface d'une variété de particules en suspension solides. il est également soluble dans l'eau et peut être oxydé dans les gouttelettes d'eau portées par le vent.

T

Toxicité : Désigne la mesure de la capacité d'une substance (ex. : produit chimique, radionucléide, molécule organique) à provoquer des effets néfastes et mauvais pour la santé ou la survie chez toute forme de vie.



*Références
Bibliographiques*

Références bibliographiques

A

ABDERRAHIM, H. (2005). Mesures météorologiques et environnement : Réalisation d'un détecteur de pollution. Thèse de magister en sciences de l'environnement et climatologie. Université d'Oran Es Senia. 124 p.

ABID, L. (2015). La couverture sanitaire dans la wilaya de Bejaia. Disponible En ligne sur : http://www.santemaghreb.com/algerie/documentations_pdf/docu_34.pdf

ADJTOUTAH, M., MABED, S. (2015). Contribution à une étude épidémiologique descriptive des cas de Toxi-Infections Alimentaires enregistrés au niveau de la wilaya de Bejaia (2007 – 2015). Mémoire de fin de cycle. Faculté des sciences de la nature et de la vie, Département des sciences biologiques de l'environnement. Université Abderrahmane Mira. Bejaia. 50 p.

AIT IDIR, F. et SLIMANI, Z. (2004). Contribution à l'étude de la pollution atmosphérique d'origine automobile dans la ville de Bejaia. Mémoire de fin de cycle. Faculté des sciences de la nature et de la vie, département de Biologie de Organismes et des Population. Université Abderrahmane Mira. Bejaia. 43p

ALAMI, S. (2011). Tutoriel d'utilisation de surfer 9. Institut de Recherche pour le Développement (IRD). Fort-de-France. 23 p.

AL BARAKEH, Z. (2012). Suivi de pollution atmosphérique par système multicateurs : Méthode mixte de classification et de détermination d'un indice de pollution. Thèse de Doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines. Saint Etienne. 214 p.

ALKAMA, R. AIT IDIR, F. and SLIMANI, Z. (2006). Estimation and measurement of the automobile pollution: Application to Béjaia case. Global NEST Journal 8 (3), pp. 277-281.

ALKAMA, R., ADJABI, F., AIT IDIR, F. and SLIMANI, Z. (2008). Air Pollution in Bejaia City (Algeria): Measurements and Forecasts. Polish J. of Environ. Stud 18 (5), pp. 769-773

American Thoracic Society (ATS). (1996). Health effects of outdoor air pollution. Critical Care Med. 153, pp. 3-50.

ANDERSON, H.L. (2009). Air pollution and mortality: A history. Atmospheric Environment. Vol : 43. 142 p.

Références bibliographiques

AOURAGH, L. (2015). Etude de la Qualité de l'Air Urbain au Niveau de la Ville de Batna : Cas du Transport Routier. Thèse de Doctorat en Hygiène et Sécurité alimentaire, option : Gestion des risques. Université Hadj Lakhdar. Batna. 124 p.

ARQUES, P. (1998). La pollution de l'air : causes, conséquences, solutions. Edi sud. Aix-en-Provence.

AUBURTIN, G. et al. (1996). La pollution atmosphérique d'origine automobile et la santé publique : Bilan de 15 ans de recherche internationale. Collection Société Française de Santé Publique Santé et Société (SFSP). Nancy. 252 p.

B

BAALI, F. et al. (2012). Cartographie sous le logiciel surfer de la pluviométrie de la région Provence Alpes Côte d'Azur entre 1967 et 1997 et de la température du département des Alpes maritimes entre 1971 et 1990. Projet d'ingénierie. Ecole polytechnique de l'Université de Nice - Sophia Antipolis. 21 p.

BARBUSSE, S. et PLASSAT, G. (2005). Les particules de combustion automobile et leurs dispositifs d'élimination. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEM), Direction de l'Air, du Bruit et de l'Efficacité énergétique. Département Technologies des Transports. Valbonne. 126 p.

BAYER – OGLESBY, L.C. (2006). Living near main streets and respiratory symptoms in adults: The swiss cohort study on air pollution and lung diseases in adults. Am. J. Epidemiol., 164: 1190-8

BELFARHI, L. (2011). Les Effet de la Pollution Atmosphérique Sur Les Maladies Respiratoires à Annaba (Asthme). Mémoire de fin d'études. Faculté des sciences, département de Biologie. Université de Constantine. 67 p.

BELTRANDO, G. (2014). Pollution de l'air aux particules en suspension dans l'air (PM) et santé des individus : un domaine de recherche pluridisciplinaire en développement pour les géographes. Disponible en ligne sur <http://www.popups.ulg.ac.be/0770-7576/index.php?id=239>

BENAISSA, F. (2010). Contribution à l'évaluation des effets de la pollution atmosphérique d'origine automobile dans la wilaya de Bejaïa. Mémoire de magister. Faculté des sciences de la nature et de la vie, département de sciences biologiques de l'environnement. Université Abderrahmane Mira. Bejaia. 87 p.

Références bibliographiques

BENAISSA, F. (2016). Mesure et caractérisation de la pollution atmosphérique dans la ville de Béjaïa et évaluation de ses impacts sanitaires. Thèse de Doctorat. Faculté des sciences de la nature et de la vie, département de sciences biologiques de l'environnement. Université Abderrahmane Mira. Bejaia. 91 p.

BERAL-GUYONNET, I. (1996). Influence des facteurs météorologiques sur la pollution atmosphérique : le cas de l'agglomération Lyonnaise, revue de géographie de Lyon. Vol.71 N°11, pp.71-77.

BILLIONNET, C. (2012). Pollution de l'air intérieur et santé respiratoire : Prise en compte de la multi-pollution. Santé publique et épidémiologie. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI. 197 p.

BOUSSOUARA, K. (2010). Etude des émissions polluantes et des moyens de dépollution dans les moteurs à combustion interne. Thèse de doctorat en génie mécanique. Université de Constantine. 206 p.

BRUGGE, D. and al. (2007). Near-highway pollutants in motor vehicle exhaust: A review of epidemiologic evidence of cardiac and pulmonary health risks. Environ Health, (6) 23.

BRUNEKREEF, B. and SUNYER, J. (2003). Asthma, rhinitis and air pollution: Is traffic to blame ?. Eur. Respir. J.; 21: 913-5.

BURNETT, R. T., DALES, R.E., BROOK, J.R., RAIZENNE, M.E. and KREWSKI, D. (1997). Association between ambient carbon monoxide levels and hospitalizations for congestive heart failure in the elderly in 10 Canadian cities. Epidemiology, n°8, pp. 162-167.

C

Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC). (2012). Cancérogénicité des gaz d'échappement des moteurs diesel et des moteurs essence ainsi que de certains nitroarènes. Vol : 105. Disponible En ligne sur : <http://www.cancer-environnement.fr/387-Vol105--Cancerogenicite-des-gaz-echappement-des-moteurs-diesel.ce.aspx>

Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF). (1996). L'ozone, indicateur de la pollution photochimique en France : évaluation et gestion du risque pour la santé. Lavoisier, Paris. 164 p.

COSSERON, A.F. (2012). Évaluation et traitement des polluants émis par un moteur thermique fonctionnant avec des biodiesels. Thèse de Doctorat. Université de Haute-Alsace. 197 p.

Références bibliographiques

COTE, D. (2007). La circulation automobile : Des effets néfastes sur la santé. Montréal, pp. 1-2.

D

DIRECTION DU COMMERCE DE LA WILAYA DE BEJAIA (DCW). (2013). Présentation de la wilaya : Communes de la wilaya de Bejaia (BGAYET). Disponible En ligne Sur : <http://www.dcwbejaia.dz/index.php/wil06/monographie>

DOCKERY, D.W. (2000). Air pollution and incidence of cardiac arrhythmia, *Epidemiology* (11), pp. 11-17.

DPSB. (2015). Support électronique de la Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires.

E

EL YAMANI, M. (2006). Environnement et Milieux : Pollution atmosphérique urbaine. Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (Affset). 6 p.

F

Fédération Nationales des Observations de Santé (FNORS). (2008). Santé et environnement dans les régions de France. Ministère de la santé, de la Jeunesse, des Sports et de la vie associative.

FINTZ, E. (2014). Recrudescence d'Asthme et Pollution Atmosphérique. Thèse de Doctorat. Faculté des sciences pharmaceutiques. Université Paul Sabatier. Toulouse. 87 p.

G

GISSLER, M., JARVELIN, M.R., LOUHIALA, P. and HEMMINKI, E. (1999). Boys have more health problems in childhood than girls: follow-up of the 1987 Finnish birth cohort. *Acta Paediatr*, 88(3), pp. 310-314.

H

HACHE, E. (2014). Apport de la bande de Chappuis pour la mesure de l'ozone depuis un satellite géostationnaire pour la surveillance de la qualité de l'air. Thèse de Doctorat de l'Université Paule Sabatier. Toulouse. 227 p.

Références bibliographiques

HOST, S. (2012). Exposition à la pollution atmosphérique liée au trafic routier et risques sanitaires », Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement. Disponible En ligne sur : <http://vertigo.revues.org/12816;DOI:10.4000/vertigo.12816>

I

Industrial Scientific Corporation. (2015). MX6 IBRID, Détecteur multigaz : Manuel de l'utilisateur. Pittsburgh. USA. 64 p.

Institut de Veille Sanitaire (INVS). (2008). Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine : Concepts et méthodes. Santé Environnement. Saint-Maurice. France. 36 p.

Institut National de Recherche et Sécurité (INRS). (2005). Moteur Diesel et pollution en espace confiné, ND 2239-201-05, Paris.

J

Journal officiel de la république algérienne n° 01 du 8 janvier 2006. Disponible en ligne sur : <http://www.joradp.dz>

K

KERBACHI, R. Et al. (2009). Pollution par les particules fines dans l'agglomération d'Alger. Colloque international sur l'environnement et transport dans des contextes différents. ETGHAR (09). Ghardaïa. pp. 31-

KULKARNI, N. and GRIGG, J. (2008). Effect of air pollution on children. Symposium: social paediatrics (1), Elsevier. pp. 238-243.

L

M

MALLET, V. (2005). Estimation de l'incertitude et prévision d'ensemble avec un modèle de chimie transport - Application à la simulation numérique de la qualité de l'air. Thèse de Doctorat de l'Ecoles des Ponts de Chaussées. Paris. 160 p.

MASCLET, P. (2005). Pollution atmosphérique : Causes, conséquences, solutions, perspective. Edition Ellipse. 214 p.

Références bibliographiques

MASOUD F. S. (2014). Modélisation de l'impact du trafic routier sur la pollution de l'air et des eaux de ruissellement. Thèse de Doctorat en Sciences Ingénierie et Environnement (SEI). Université Paris Est. Paris. 186 p.

MONK, P.S. and al. (2009). Atmospheric composition change: Global and regional air quality. Atmospheric environment, Vol.43.

MORRIS, R. D. and NAUMOVA, E.N. (1998). Carbon monoxide and hospital admissions for congestive heart failure: Evidence of an increased effect at low temperature. Environ / Health Perspect, 106. pp. 649-653.

N

NYBERG, F.P. and al. (2000). Urban air pollution and lung cancer in Stockholm. Epidemiology, 11(5) : 487-95.

O

Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (2012). Les Gaz d'Échappement des Moteurs Diesel Cancérogènes. Communiqué de presse N°213. 5 p.

Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (2016). Qualité de l'air ambiant et santé. Aide mémoire N°313. Disponible sur : <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/fr/>

OUCHIHA, S. et YAHYAOU, K. (2008). Etude et mesure de la pollution atmosphérique d'origine automobile en milieu urbain. Mémoire de fin de cycle en Pathologies des écosystèmes. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, département de Biologie de Organismes et des Population. Université Abderrahmane Mira. Bejaïa

P

PETERS, A., PERZ, S., DORING, A., STIEBER, J., KOENIG, W. and WICHMANN, H.E. (1999). Increases in heart rate during an air pollution episode. Epidemiology, 10, pp. 1094-1098.

Q

QUENEL, P., DAB, W., FESTY, B., VIAU, C. et ZMIROU, D. (2003). Qualité de l'air ambiant. In : Environnement et Santé Publique : Fondements et pratiques. Edisem. Tec et Doc. Paris. pp. 291-315.

R

Références bibliographiques

RESITOGLU, B.A., ALTINISIK, K. and KESKIN, A. (2015). The pollutant emissions from diesel-engine vehicles and exhaust after treatment systems. Clean Technic Environ Policy. p.17 :15–27.

S

Santé Canada. (2016). Évaluation des risques pour la santé humaine des gaz d'échappement des moteurs diesel. Ministère d'aide au maintien et à l'amélioration de l'état de santé. Canada. 53 p.

Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements (Sétra) (2009). Emissions routières de polluants atmosphériques : Courbes et facteurs d'influence. Note d'information du Sétra, Série Economie Environnement Conception n° 92.

SLAMA, R.V. and al. (2007). Traffic-related atmospheric pollutants levels during pregnancy and offspring's term birth weight: A study relying on a land-use regression exposure model. Environ. Health Perspect, (115)

SOUF. (1999). Généralités sur la pollution atmosphérique et ses effets.

T

U

UNG, A. (2003). Cartographie de la pollution atmosphérique en milieu urbain à l'aide de données multisources. Ecole Nationale Supérieure de Mines. Paris. 93 p.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2002). Health assessment document for diesel engine exhaust. National Center for Environmental Assessment, Washington, DC, for the Office of Transportation and Air Quality. Available from: <http://www.epa.gov/ncea>.

V

VINCENT, A. (2002). Conception et simulation d'un réacteur fil-cylindre à décharge couronne avec barrière diélectrique adaptée au traitement des oxydes d'azote dans des effluents marqués par un isotope. Thèse de doctorat de l'université paris VI Pierre et marie curie, Paris. 158 p.

Références bibliographiques

VENDEL, F. (2011). Modélisation de la dispersion atmosphérique en présence d'obstacles complexes : application à l'étude de sites industriels. Thèse de Doctorat de l'université de Lyon. 353 p.

W

WILHELM, M. and RITZ, B. (2003). Residential proximity to traffic and adverse birth outcomes in los angeles county, california, 1994-1996. *Environ. Health Perspect.*, 111: 207-16.

WILSON, R. et SPENGLER, J. (1996). *Particles in Our Air: Concentrations and Health Effects*. Cambridge, Royaume - Uni: Harvard University Press.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). (2005). Air Quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Geneva. 22p

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). (1997). Guidelines for Air Quality. Genève, 190 p.

X

Y

Z

ZENATA, K. (2008). La pollution urbaine dans la wilaya d'Oran. Mémoire de Magister. Faculté des sciences, département de physique. Université d'Oran. 155 p.

Annexes

Annexe 1

Tableau. VI : Evolution annuelle, du nombre de véhicules à Bejaia, selon le type de carburant de 1999 à 2007 (DRAG, 2017).

Années	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Total	111367	117151	122692	128334	132254	136943	142590	148623	154882
Essence (%)	56,1	54,1	52,2	50,6	49,8	49,3	48,9	48,5	48,4
Diesel (%)	43,9	45,9	47,8	49,4	50,2	50,7	51,1	51,5	51,6
Années	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Total	162685	168672	192362	202432	214189	244891	256271	233526	239672
Essence (%)	46,9	46,7	46,2	46,4	47	46,8	47,1	45,7	45,9
Diesel (%)	53,1	53,3	53,8	53,6	53	53,2	52,9	50,2	50,2

Annexe 1

Tableau. VIII : Moyennes des concentrations du (CO, NO et SO₂) en ppm, et paramètres météorologiques enregistrés lors de la première campagne de mesures.

Jour	Sites	Polluants mesurés			Température Moyenne	Temps			Vent		Pluie	
		CO	NO	SO ₂		Ensoleillé	Nuageux	Partiellement nuageux	OUI	NON	OUI	NON
18/04/2017	P.U.A.M	0	0,875	0,025	21°	OUI	-	-	OUI	-	-	NON
	Roussel	0	0,75	0								
	Stade	6,5	1,45	0,04								
	Aamriw	2,076	1,153	0								
	Chreâa	2,875	1,375	0,075								
	EDIMCO	2,888	0,022	0,022								
	Iheddaden	5,028	1,714	0								
	Daouadji	9,890	2,963	0,12								
19/04/2017	P.U.A.M	0,416	0,083	0	20°	-	-	OUI	OUI	-	-	NON
	Roussel	0	0,1	0								
	Stade	4,569	1,167	0,022								
	Aamriw	2,746	1,926	0,021								
	Chreâa	2,553	1,902	0								
	EDIMCO	0,515	0,918	0,077								
	Iheddaden	2,721	0,730	0,018								
	Daouadji	3,999	0,940	0,040								
20/04/2017	P.U.A.M	1,827	0,275	0,0402	19°	-	OUI	-	OUI	-	-	NON
	Roussel	0	0,25	0								
	Stade	3,491	0,545	0,046								
	Aamriw	0,444	0,4	0,069								

Annexe 1

	Chreâa	0,6	0,333	0,013								
	EDIMCO	0,291	0,522	0,092								
	Iheddaden	4,550	0,491	0,063								
	Daouadji	9,948	0,777	0,136								
22/04/2017	P.U.A.M	0	0,166	0	20°	OUI	-	-	OUI	-	-	NON
	Roussel	0	0,322	0,033								
	Stade	2,481	0,585	0,015								
	Aamriw	3,159	1,881	0,003								
	Chreâa	3,625	2,963	0,002								
	EDIMCO	0,632	1,509	0								
	Iheddaden	0,919	0,5	0								
	Daouadji	2,208	0,777	0,022								
23/04/2017	P.U.A.M	2,965	0,84	0,039	26°	OUI	-	-	OUI	-	-	NON
	Roussel	2,15	1,825	0,016								
	Stade	7,319	5,074	0,029								
	Aamriw	2,681	3,664	0,002								
	Chreâa	1,548	3,284	0,004								
	EDIMCO	1,630	1,909	0,003								
	Iheddaden	1,581	0,935	0,005								
	Daouadji	5,168	1,057	0,016								
24/04/2017	P.U.A.M	0,125	0,263	0	23°	OUI	-	-	OUI	-	-	NON
	Roussel	1,440	0,765	0								
	Stade	6,846	1,314	0,030								
	Aamriw	1,082	1,048	0,009								
	Chreâa	0,683	0,434	0								
	EDIMCO	5,899	1,757	0								
	Iheddaden	1,279	1,00	0								

Annexe 1

	Daouadji	1,975	0,658	0,006								
25/04/2017	P.U.A.M	0,583	0,8416	0,006	27°	-	OUI	-	OUI	-	-	NON
	Roussel	0,781	0,861	0								
	Stade	1,741	0,808	0,004								
	Aamriw	1,1638	0,35	0								
	Chreâa	1,273	1,019	0								
	EDIMCO	1,575	0,825	0								
	Iheddaden	2,106	0,523	0,006								
	Daouadji	7,445	1,780	0,017								

- **P.U.A.M** : Portail de l'Université Abderrahmane Mira

Annexe 1

Tableau. IX. Nombre de véhicules recensés au niveau des huit sites, lors de la première campagne de mesures.

Sites	Nombre de véhicules
Portail de l'université	1922
Stade "Arrêt de bus Roussel"	1618
Stade "Arrêt de bus"	2764
Aamriw (Feu rouge)	1966
Chreâa	2103
EDIMCO "Arrêt de bus"	2058
Iheddaden	3148
Daouadji (Rondpoint)	4436

Tableau. X : Valeurs maximales du (CO, NO et SO₂) en ppm, enregistrées au niveau de chaque site, lors de la première série de prélèvements.

Sites	Valeurs Maximales des Polluants (ppm)		
	CO	NO	SO ₂
P.U.A.M	9	2	0
Roussel	9	3	0,3
Satade	54	8	0,6
Aamriw	10	3	0,3
Chreâa	8	7	0,3
EDIMCO	21	4	0,5
Iheddaden	49	3	0,3
Daouadji	80	9	1

- P.U.A.M : Portail de l'Université Abderrahmane Mira.

Annexe 1

Tableau. XI : Variation de la concentration du CO (ppm), enregistrée le 15 Mai 2017, à Daouadji.

Horaires	Concentration du CO (ppm)
7h00	0,505
8h00	1,628
9h00	1,088
10h00	2,324
11h00	2,416
12h00	3,13
13h00	2,644
14h00	1,628
15h00	4,024
16h00	6,023
17h00	5,456

Tableau. XII : Variation journalière de la concentration moyenne du CO (ppm), en fonction du nombre de véhicules, lors de la campagne de mesures à Daouadji.

Jour de prélèvement	Concentration du CO (ppm)	Nombre de véhicules
14/05/2017	8,09	4514
15/05/2017	9,8	4609
16/05/2017	5,9	4467
17/05/2017	4,95	4228
18/05/2017	6,34	4491
19/05/2017	1,08	1497
20/05/2017	7,65	4503

Annexe 1

Tableau. XIII : Variation de la concentration moyenne du CO (ppm), en fonction de la température.

Concentration du CO (ppm)	Température (°C)
8,09	23°
9,8	23°
5,9	24°
4,95	24°
6,34	24°
1,08	25°
7,65	23°

Tableau. XIV : Répartition du nombre d'hospitalisations pour Asthme, BPCO et Cancer des poumons, enregistrées à l'hôpital Frantz Fanon durant la période d'étude, selon la tranche d'âge.

Années	Catégories d'âge	Total
2014	[15-30[	31
	[30-45[	12
	[45-60[	59
	[60-75[	68
	[75-90[	134
2015	[15-30[	35
	[30-45[	13
	[45-60[	29
	[60-75[	66
	[75-90[	125
2016	[15-30[	66
	[30-45[	14
	[45-60[	26
	[60-75[	62
	[75-90[	148

Annexe 1

Tableau. XV : Taux de morbidité enregistrés au niveau du service de pneumo-phtisiologie, selon le type de pathologie et selon le sexe, durant la période d'étude.

Taux de morbidité						
Pathologies	Asthme		BPCO		Cancer des poumons	
Années	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes
2014	41,55	58,45	90,21	9,79	100	0
2015	35,96	64,04	75,86	24,13	100	0
2016	40	60	54,54	45,45	100	0

- **BPCO :** Bronchopneumopathie Chronique Obstructive.

Tableau. XVI : Evolution du taux de morbidité d'asthme, enregistré à l'EPSP d'Iheddaden durant la période d'étude, selon le sexe.

Années	2014	2015	2016	Total
Total des consultations	1472	1357	1392	4221
Consultations en Pneumologie	768	636	726	2130
Filles	272	147	222	641
Garçons	496	489	504	1489
Morbidité (%)	52,173	46,868	52,155	–
Morbidité Garçons (%)	64,583	76,886	69,421	–
Morbidité filles (%)	35,416	23,113	30,578	–

Annexe 1

Tableau. XVII : Nombre d'hospitalisations pour cause d'Asthme, de BPCO et de Cancer des poumons, au service de pneumo-phtisiologie de l'hôpital Frantz Fanon, selon l'année.

Pathologies	Asthme		BPCO		Cancer	
Sexes	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes
Nombre de cas	59	83	129	14	19	0
	73	130	44	14	7	0
	106	159	18	14	19	0

- **BPCO :** Bronchopneumopathie Chronique Obstructive.

Annexe 1

Tableau. XVIII : Répartition mensuelle du nombre d'hospitalisations pour Asthme, BPCO et Cancer des poumons enregistrées à l'hôpital Frantz Fanon, durant la période d'étude.

Années	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Moyenne
2016	36	41	37	7	12	25	41	45	17	11	23	22	26,416
2015	23	29	29	11	17	17	32	43	10	17	20	22	22,5
2014	42	18	24	8	20	24	49	37	18	16	17	31	25,333

Annexe 1

Tableau. XIX : Répartition saisonnière, du nombre d'hospitalisations pour Asthme, BPCO et Cancer des poumons, enregistrées à l'hôpital Frantz Fanon, durant la période d'étude.

<i>Saisons</i> <i>Années</i>	Hiver	Printemps	ÉTÉ	Automne
2014	91	52	110	51
2015	74	57	92	47
2016	99	56	111	51

Résumé

La pollution due au trafic routier est l'une des conséquences de l'activité de l'homme, qui est en constante évolution. Les polluants émis par ce trafic, proviennent essentiellement des gaz d'échappements et sont principalement le (CO), le (NO), le (SO₂) et les particules en suspension. Les effets de ces éléments vont du plus simple au plus grave, et peuvent se manifester à court ou à long terme.

Dans le but d'évaluer l'impact de ces gaz dans le centre-ville de Bejaïa. On a effectué deux séries de mesures pour les trois (03) gaz (CO, NO et SO₂). Le nombre de voitures circulant a également été recensé.

À la suite de la première campagne, on a pu constater, que le (CO) était l'élément dominant. On a également pu noter que sa concentration la plus élevée (80ppm), a été enregistrée à Daouadji, avec une moyenne de 4436 véhicules. Il représentait par conséquent « le site le plus pollué ».

Un deuxième échantillonnage a donc exclusivement été fait dans ce site. Les valeurs issues de cette campagne, ont montré que les pics étaient quotidiennement enregistrés aux heures de pointes. Les paramètres météorologiques tels que le vent et la température, ont également été pris en considération.

Une étude épidémiologique descriptive, rétrospective pour cause d'Asthme, de BPCO et de Cancer du poumon, a été menée pour trois (03) ans. Les résultats ont conclu, que l'âge et le sexe influencent la distribution de ces pathologies dans la population. Chez les adultes, les personnes âgées (plus de 75ans), avec 407 cas d'hospitalisations enregistrés, étaient les plus touchés par ces pathologies. Pour l'asthme, la proportion dominante est celle des femmes. Le cas contraire a été observé chez les enfants, où les garçons représentaient 70% du nombre de consultations. La répartition saisonnière nous a informé qu'en Été, le taux de morbidité pour cause respiratoires, atteignait son maximum. Sachant que cela coïncide avec les pics de concentrations du (CO), il a été conclu, que la pollution due au trafic routier en était la cause.

Mots clés : Pollution, trafic routier, gaz d'échappement, santé, pathologies respiratoires, Asthme, BPCO, Cancer des poumons.

Abstract :

Pollution due to road traffic is one of the consequences of man's activity, which is constantly evolving. The pollutants emitted by this traffic originate mainly from exhaust gases and are mainly (CO), (NO), (SO₂) and suspended particles. The effects of these elements range from the simplest to the most serious, and may manifest themselves in the short or long term.

In order to assess the impact of these gases in downtown Bejaïa. Two sets of measurements were made for the three (03) gases (CO, NO and SO₂). The number of cars circulating was also recorded.

Following the first campaign, it was found that (CO) was the dominant element. It was also noted that its highest concentration (80ppm) was recorded in Daouadji, with an average of 4436 vehicles. It therefore represented "the most polluted site".

A second sampling was therefore exclusively made in this site. Values from this campaign showed that peaks were recorded daily at peak times. Meteorological parameters such as wind and temperature were also taken into consideration.

A retrospective descriptive epidemiological study for Asthma, COPD and Lung Cancer was conducted for three (03) years. The results concluded that age and sex influence the distribution of these pathologies in the population. Among adults, the elderly (over 75 years), with 407 cases of recorded hospitalizations, were the most affected by these pathologies. For asthma, the dominant proportion is that of women. The opposite was observed in children, where boys accounted for 70% of the number of consultations. The seasonal distribution informed us that in summer, the morbidity rate for respiratory cause, reached maximum. Given that this coincides with the peak concentrations of (CO), it was concluded that pollution from road traffic was the cause.

Keywords: Pollution, road traffic, exhaust gases, health, respiratory diseases, Asthma, COPD, Lung cancer.
