

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université de Jijel
Faculté des Sciences exacte et de la nature et de la vie
Département d'Ecologie végétale & Environnement

جامعة جيجل
كلية العلوم الدقيقة و الطبيعة و الحياة
قسم علم البيئة و المحيط



Eco-08/09

01
01

Mémoire de fin d'Étude
En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État en Écologie
Végétale et Environnement
Option : pathologie des Écosystèmes

Thème:

*Contribution à la cartographie
de la pollution atmosphérique d'origine Plombique
dans la ville de Jijel*



Jury :

M^r BOUDJELAL. F
M^r YOUBI. M
M^r KRIKA. A

President
Examineur
Encadreur

Présenté Par :

M^r Bouhala Aissam
M^r Moussaoui Mohamed

Numéro d'ordre:...../.....

Session : Juin 2009

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail

*A mes chers parents qui m'ont encouragé tout au long
de mon parcours scolaire, et pour le soutien qu'ils
, m'ont toujours apporté.*

A ma sœur IMEN et mes frères Ahcene et Hiko

A toute la famille

A toute mes Amis (es)

*A toute la promotion Ecologie : Pathologie des
écosystèmes ET écosystèmes forestiers*

A tous ceux qui occupent une place dans mon cœur

*Quant à mes proches, est-il besoin de préciser toute
l'aide et le soutien qu'ils m'ont apporté !*

Merci

Mohamed. Y100

DEDICACES

*Je dédie ce modeste travail
A mes chers parents qui m'ont encouragé tout au long
de mon parcours scolaire, et pour le soutien qu'ils
, m'ont toujours apporté.*

*A mes frères et soeurs : Adel, Youssef,
Fateh Edin, Mohamed Ali,
Sihem, Ilhem, Sabiha, Najet, Lamia, Hannane,*

A toute la famille

A toute mes Amis (es)

*A toute la promotion Ecologie : Pathologie des
écosystèmes ET écosystèmes forestiers*

A tous ceux qui occupent une place dans mon cœur

*Quant à mes proches, est-il besoin de préciser toute
l'aide et le soutien qu'ils m'ont apporté !*

Merci

Aissam

REMERCIEMENTS

Nous remercions tous d'abord notre dieu qui nous a donné la force et la volonté pour élaborer cet humble travail.

Aussi nous tenons à remercier sincèrement notre encadreur monsieur **KRIKA.A**, pour son aide et sa contribution à la réalisation de ce projet et lui faire part de notre gratitude pour l'attention et la patience manifestées à notre égard et l'aide précieuse pour accomplir ce travail.

Nous le remercions aussi pour les conseils et l'ensemble des critiques constructives qu'il nous a prodigués, ainsi que pour toutes les initiatives apportées maintes fois lors de cette étude.

Nous exprimons notre remerciement aux membres du jury **M^r BOUDJLEL.F** et **M^r YOUBI.M** d'avoir bien accepté de juger notre travail.

Nous remercions aussi nos profs du département d'écologie et de géologie pour leur assistance, leur encouragement et leur précieuse aide.

Nous remercions tous les membres du jury pour leur honorable présence.

Et notre gratitude à tout le personnel de l'INRF de Jijel, en particulier à **M^r Roula.Bilal**, ainsi qu'à **M^r SDIRA Sohib** de l'ONM de Jijel.

Aussi un grand merci à tout le personnel du laboratoire de l'université plus particulièrement à **m Wided**

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



Sommaire

Introduction.....	01
-------------------	----

Première partie : Synthèse bibliographique sur La pollution atmosphérique

1 - définition de la pollution atmosphérique.....	03
2 - les principaux polluants.....	03
3- les paramètres influencent la pollution de l'air.....	04
3.1- Influence du vent.....	04
3.2- Influence de la stabilité de l'atmosphère.....	04
3.3- Influence de la topographie locale.....	05
4- Le plomb.....	05
4-1- Propriétés physico- chimiques du plomb.....	06
4-2- Les sources de la pollution plombique.....	06
4-2-1- Les sources naturelles.....	06
4-2-2- Les sources anthropiques.....	07
4-2-3- L'industrie.....	07
4-2-4- Le transport.....	07
4-2-5- L'agriculture.....	08
4-2-6- Autres origines.....	08
5- Le plomb dans l'air.....	08

Deuxième partie : matérielles et méthodes

1- Localisation de la zone d'étude.....	09
2- La climatologie.....	09
2-1- Les températures.....	10
2-2- Les précipitations.....	10
2-3- L'humidité.....	11
2-4- Le vent.....	12
3- Relief et topographie.....	13
4- Les sources potentielles de la pollution de l'air dans la zone d'étude.....	14
4-1- Le trafic routier.....	14
4-2- Les activités industrielles.....	14
5- Méthodes d'échantillonnage.....	15
5-1- Choix de l'espèce Végétale étudiée.....	15
5-2- Choix des sites des prélèvements.....	15
5-3- Choix du polluant métallique étudié.....	16
5-4- Calendrier de prélèvement.....	16
6- Préparation des échantillons de feuilles.....	17
7- Méthodes de dosage de plomb dans les plantes.....	17
7-1- Préparations des extraits des plantes.....	17
8- Appareillage : spectrométrie d'absorption atomique.....	17
9- Courbe des d'étalonnage.....	18
10- Méthodes utilisées pour mesurer la qualité de l'air.....	19
10-1- La collecte des données géographiques.....	19
10-2- La représentation cartographique des données.....	19
10-2-1- Réalisation d'un tableau exhaustif.....	19
10-2-2- Discrétisation de la série statistique (Variable: teneurs en plomb).....	20

11-Logiciels	22
<i>Troisième partie : résultats et discussion</i>	
1-Présentation des résultats.....	23
1-1- Analyse des cartes.....	23
1-2- Discussion.....	23
Conclusion générale.....	30
Références Bibliographies.....	I
.....	II
.....	III

Liste des tableaux

Tableau I. La répartition mensuelle des températures au niveau de la wilaya de Jijel Période (2006 à 2008).	10
Tableau II. Moyennes mensuelles des pluies au niveau de la wilaya de Jijel Période (2006 à 2008).	11
Tableau III. Les moyennes mensuelles de l'humidité relatives au niveau de la wilaya de Jijel de (2006 à 2008).	12
Tableau IV. Nombre de véhicules enregistré au niveau de la wilaya de Jijel au coure des dernières années.	14
Tableau V. Codification et positionnement des stations d'échantillonnage.	21

Liste des figures

Figure 01. Le plomb à l'état naturel	05
Figure 02. Localisation de la zone d'étude	09
Figure 03. Répartitions saisonnières des pluies dans la région de Jijel (période 2006-2008).	11
Figure 04. Rose des vents pour la région de Jijel pour la période 2006-2008 (Source ONM de Jijel).	12
Figure 05. Modèle numérique de terrain relatif à la zone d'étude.	13
Figure 06. Point de prélèvement représentant l'espèce étudiée	15
Figure 07. Localisation des sites de prélèvement au niveau de la zone d'étude.	16
Figure 08. Absorption atomique.	18
Figure 09. Courbe d'étalonnage du Plomb.	18
Figure 10. Répartition spatiale des classes de niveau de pollution plombique dans la ville de Jijel.	23
Figure 11. Carte de la pollution atmosphérique (plombique) en milieu urbaine de la ville de jijel.	24
Figure 12. Flux de véhicules traversant le centre ville de Jijel.	25
Figure 13. Rejets atmosphériques de ENL Jijel.	26
Figure 14. Superposition du tracé sur le modèle numérique du terrain	28

Introduction

Introduction

Dans de nombreux pays industrialisés, la pollution de l'air est devenue un sujet majeur de santé publique et de politique environnementale. Plusieurs événements graves de pollution atmosphérique survenus dans le courant du XXe siècle ont suscité une attention croissante autour des impacts de la qualité de l'air sur la santé. On peut citer entre autres les incidents de la vallée de la Meuse (Belgique, 1952), de Donora (États-unis, 1948) et de Londres (Grande-Bretagne, 1952). On estime que ce dernier épisode (smog londonien) aurait été responsable d'environ 4000 décès consécutifs à une surexposition au SO₂ et aux poussières. (*Garcia et Colosio, 2001*).

La pollution de l'air est la résultante de multiples facteurs qui caractérisent la civilisation contemporaine : croissance de la consommation d'énergie, développement des industries extractives, métallurgiques et chimiques, de la circulation routière et aérienne, de l'incinération des ordures ménagères, des déchets industriels, etc...

Elle sévit surtout en milieu urbanisé, non seulement par suite de la concentration des industries et des foyers domestiques, mais aussi par suite de la circulation des véhicules à moteur.

Les quantités croissantes de gaz et de particules potentiellement nuisibles qui sont émises dans l'atmosphère notamment par les véhicules, entraînent des dommages à la santé humaine et à l'environnement.

En effet, parmi les multiples objectifs de la cartographie à fine échelle de la pollution atmosphérique au sein des agglomérations, réside dans l'évaluation des populations potentiellement exposées à des niveaux élevés de cette pollution. (Nicolas et al 2006)

C'est dans ce contexte qu'est conçu l'essentiel de notre travail : Contribuer à cartographier la pollution de l'air dans la commune de Jijel ; mais vue la diversité des polluants atmosphériques, on s'est limité dans notre travail à un seul polluant, en l'occurrence le plomb dont les effets sur la santé ne sont pas négligeables.

Le travail que nous avons réalisé est structuré de la manière suivante :

Une première partie consacrée à une synthèse bibliographique sur la pollution atmosphérique de façon générale (définition, source de pollution, types de polluants).

Une deuxième partie qui traite le coté pratique du travail (présentation de la zone d'étude, méthode d'échantillonnage, techniques d'analyse et de cartographie). Une troisième partie concernant la discussion des résultats obtenus.

Finalement le travail est clôturé par une conclusion générale.

1. Définition de la pollution atmosphérique

La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996 définit la pollution de l'air comme introduction par l'homme, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances présentant des risques pour la santé, les écosystèmes, d'influer sur le climat, de détériorer les biens matériels de provoquer des nuisances olfactives (*loi 96-1236 du 30 décembre 1996 intégrée au Code de l'Environnement - LAURE*).

Cette pollution peut résulter de l'introduction de substances nouvelles dans l'air, ou (cas le plus fréquent) du rejets de composés déjà émis par la nature (volcanisme, activité biologique des sols, des océans, des végétaux, etc....) (*Chudzynski et al, 2002*).

Les polluants de l'air émis par l'homme résultent d'un grand nombre d'activités regroupées en deux catégories: les sources fixes de pollutions (chaudières et foyers de combustion, activités industrielles, domestiques, agricoles,...) et les sources mobiles (trafic automobile, avions, etc,...) (*Thomasson et al. 2001*).

2-Les principaux polluants

	Origines	Pollutions générées	Effets sur la santé
Dioxyde de soufre (SO ₂)	Il provient essentiellement de la combustion de combustibles fossiles contenant du soufre : fioul, charbon.	En présence d'humidité, il forme de l'acide sulfurique qui contribue au phénomène des pluies acides et à la dégradation de la pierre et des matériaux de certaines constructions.	C'est un gaz irritant. Le mélange acidoparticulaire peut, selon les concentrations des différents polluants, déclencher des effets bronchospastiques chez l'asthmatique, augmenter les symptômes respiratoires aigus chez l'adulte.
Particules en suspension	Ils proviennent surtout des véhicules (environ 75%) et des installations de combustion (centrales énergétiques, ...). Le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO ₂) font l'objet d'une surveillance attentive dans les centres urbains.	Les NO _x interviennent dans le processus de formation d'ozone dans la basse atmosphère. Ils contribuent également au phénomène des pluies acides.	Le NO ₂ pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Il peut, dès 200 µg/m ³ (microgrammes par m ³ d'air), entraîner une altération de la fonction respiratoire et une hyperréactivité bronchique chez l'asthmatique et chez les enfants,
Monoxyde de carbone CO	Il provient de la combustion incomplète des combustibles et carburants. Des taux importants de CO peuvent être rencontrés quand le moteur tourne dans un espace clos (garage).	Il contribue à la formation de l'ozone.	Il se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang conduisant à un manque d'oxygénation du système nerveux, du coeur, des vaisseaux sanguins. A des taux importants, et à doses répétées, il peut être à l'origine d'intoxication chronique avec céphalées, vertiges, asthénie, vomissements.
Métaux lourds plomb (Pb), cadmium (Cd),	Le plomb a été employé dans l'essence du fait de ses propriétés antidétonnantes. Les essences sans plomb ou à teneurs réduites en plomb ont permis d'abaisser depuis quelques années les teneurs dans l'air très en deçà des seuils de nuisances. Le cadmium a des origines très diverses essentiellement industrielles.		Ces métaux ont la propriété de s'accumuler dans l'organisme, engendrant ainsi un risque de toxicité à long terme impliquant d'éventuelles propriétés cancérogènes. Le plomb est un toxique neurologique, rénal et du sang. Le cadmium a un effet sur l'appareil rénal, c'est aussi un irritant respiratoire.

3-Les paramètres influençant la pollution de l'air

La qualité de l'air n'est pas seulement dépendante de la quantité de polluants émise par les sources. Elle est également liée aux conditions climatiques, météorologiques, topologiques et morphologiques du milieu. Une fois émis par une source de polluant, son évolution dans l'atmosphère est dépendante du vent, de la stabilité de l'atmosphère, du rayonnement solaire, de la topographie et morphologie du milieu (*Ionescu et al., 1996*).

3-1-Influence du vent

Le vent est un déplacement de l'air et est donc un facteur de transport des polluants. Il possède une vitesse exprimée en m/s (ou km/h ou noeud) et une direction exprimée en fonction de la rose des vents (*Croxford et al., 1996*). Présent dans les basses couches de l'atmosphère (altitude inférieure à 10 kilomètres), il résulte d'un équilibre entre les forces de gradient pression à l'origine du déplacement des masses d'air, la force déviatrice de Coriolis provenant de la rotation de la Terre et les forces de frottement sur le sol (*Dab et Roussel, 2001*).

Responsable de la dispersion horizontale des polluants, le vent intervient à toutes les échelles tant par sa direction que par sa vitesse. A l'échelle urbaine, l'influence du vent sur la pollution atmosphérique est très variable selon la position de la source. Généralement la vitesse du vent augmente avec l'altitude. Au fur et à mesure que les polluants s'élèvent, la dispersion horizontale est facilitée par le vent. Plus le vent est fort, plus les niveaux de pollution en ville seront bas. En revanche, un vent de faible vitesse favorise l'accumulation locale des polluants (*Basly et al, 1999*).

3-2-Influence de la stabilité de l'atmosphère

Une atmosphère est stable si une masse d'air, écartée de sa position d'équilibre, a tendance à revenir. Elle est instable dans le cas contraire. Ces déplacements d'air sont guidés par des lois thermodynamiques. Si la masse d'air soulevée est plus froide que le milieu environnant, elle sera plus dense et donc redescendra à son niveau de départ (atmosphère stable). Si la masse d'air soulevée est plus chaude que le milieu environnant, elle sera plus légère et subira donc une élévation (atmosphère instable). Ainsi la stabilité d'une masse d'air dépend de sa température de l'élévation, relative à la température de l'air environnant stationnaire qu'elle traverse. La structure thermique verticale de la troposphère tient alors une part importante dans le mélange verticale des masses d'air, et par conséquent la dilution des polluants (*Chavez, 1988*).

En situation normale de diffusion dans la troposphère, la température diminue avec l'altitude. Cette situation ne freine pas la diffusion verticale des masses d'air, et donc des polluants, jusqu'à ce qu'elles atteignent un certain équilibre, c'est-à-dire que la densité de l'air ambiant soit la même que l'air montant (*Durrenberger, 2001*). Mais il peut exister des situations d'inversion de température à partir d'une certaine hauteur. Dans cette situation, une couche d'air chaud se trouve au-dessus d'une couche d'air plus froid et joue le rôle de couvercle thermique. L'air pollué, qui se disperse vers le haut en situation normale de diffusion, est alors bloqué par cette couche d'air chaud (*Finzi et Lechi, 1991*).

3-3-Influence de la topographie locale

La surface terrestre est à l'origine de turbulences atmosphériques au niveau de la sous-couche rugueuse. Ces turbulences peuvent être d'origine thermique, due à l'instabilité thermique des masses d'air, ou d'origine « mécanique », due aux obstacles présents à la surface (*Lesieur, 1994*).

Les perturbations de l'air, entraînant une dispersion des polluants, s'étendent verticalement jusqu'à près de trois fois la hauteur de l'obstacle, et horizontalement jusqu'à quarante fois la hauteur dans la zone sous le vent (*Troen & Petersen, 1989*). C'est donc la taille, la forme, la densité des obstacles et son l'environnement qui conditionnent l'écoulement de l'air à la surface de la terre, leur temps de résidence et les échanges avec la couche limite.

4-Le plomb



Figure 01. Le plomb à l'état naturel.

4-1-Propriétés physico- chimiques du plomb

Le plomb est l'un des premiers métaux utilisés par l'humanité. Ses propriétés physiques et chimiques étaient déjà connues dans les civilisations les plus anciennes (*Astier et Petterson, 2002*). Le plomb est un métal bleuâtre ou gris argent, mou et lourd (*Levesque, 1976*), brillant, malléable, flexible, facile à laminier, facile à tréfiler tant qu'il est sous la forme de gros fils. Il est relativement peu sensible à la fatigue mécanique. Le gaz carbonique accroît cette résistance, l'oxygène la diminue (*Cezard et haguenoer, 1992*). Il fond à 328°C, bout à 1740°C et a une densité de 11,34; sa masse atomique est égale à 207,2 (*Philipe, 1991*). Il en existe plusieurs isotopes stables dans la nature; le ^{208}Pb est le plus abondant entre eux (*Dabek et al., 1987*).

Le plomb est difficilement attaqué par l'acide chlorhydrique même concentré, l'acide sulfurique étendu est sans action sur lui, mais cet acide concentré et chaud le transforme en sulfate de plomb dont il dissout de petites quantités, tandis qu'il se dégage de l'anhydride sulfureux. Il se dissout, dès la température ordinaire, dans l'acide nitrique, en donnant du nitrate de plomb avec dégagement de vapeurs nitreuses (*Moor et coll., 1984*). Par ailleurs, la solubilité du plomb dans l'eau n'est pas négligeable (*Cezard et haguenoer 1992*).

4-2-Les sources de la pollution plombique

La présence de plomb dans l'environnement provienne des sources naturelles (*Jan et Sheffield, 1993*), et des sources anthropiques dont les degrés de contribution à la contamination sont différents (*Boutron et Patterson, 1993*).

4-2-1-Les sources naturelles

Certaines sources naturelles sont responsables mais de façon négligeable de la diffusion du plomb dans l'environnement. Elles contribuent pour environ moins de 1% de la concentration totale en plomb atmosphérique (*Boutron., 1988*).

Le plomb se rencontre à l'état naturel dans l'écorce terrestre à des concentrations variées de 13 à 16 mg/kg (*Kehoes, 1993*). Il provient essentiellement de la dégradation partielle des roches métallifères et du lessivage par les eaux de pluie des terrains miniers (galène ou sulfure de plomb, l'anglésite, la pyromorphites) (*Lagerwerff, 1974*). L'érosion éolienne des roches et des sols constitue de ce fait une des principales sources de plomb d'origine naturelle dans les basses couches de l'atmosphère (*Boutron, 1988*).

- ✈. Les aérosols issus des volcans, les aérosols marins, les feux de forêts, les fumées météorites et météoritiques et la désintégration du radon contribuent aussi aux apports naturels de plomb dans l'environnement (*Michel, 1996*).

4-2-2-Les sources anthropiques

Dans les années 80, les quantités de plomb d'origine anthropogène rejetées par l'homme dans l'atmosphère excédaient de 15 fois celles mises en circulation par les phénomènes naturelles (*Ramade, 1993*). Le plomb introduit dans l'environnement a comme origine.

4-2-3-L'industrie

L'emploi du plomb dans l'industrie reste important. La consommation mondiale de plomb en 1975 s'élevait à 4.1 millions de tonnes dont plus de 50% pour l'industrie automobile (batteries, carburants) (*Tolot et al., 1981*). D'autres industries telles l'industrie de peinture, des pesticides, de soie, l'industrie électrique, lithographique et photographique consomment aussi des quantités importantes de ce métal (*Pinta et al., 1980*).

Citons autres sources de plomb principalement les mines de plomb, les usines de raffinage et de fonderies de plomb, les fabriques d'accumulateurs, les fabriques de câbles, les fabriques de plomb tétraéthyle, les centrales électriques, les aciéries et les industries manufacturières. De même, la combustion du charbon joue un rôle moyen dans la pollution industrielle (*Levesque, 1976*).

4-2-4-Le transport

Le transport constitue la principale source de pollution par le plomb dans l'atmosphère surtout dans les zones urbaines par les gaz d'échappement (*Horiuchi, 1970*).

Les études de *Huntzicker et al., (1997)*, ont montré qu'après combustion 30% de plomb contenue dans l'essence sont piégés dans le moteur et 70% sont rejetés dans l'environnement sous forme de particules d'halogénures inframicroscopiques et insédimentables qui finissent par se convertir en oxydes, sulfates et carbonates (*Boeckx, 1996*). Un calcul simple montre qu'une voiture qui consommerait 10 litres d'essence éthylée à 0.5 g/l de plomb produisait une concentration en plomb des gaz d'échappement de 25 à 30 mg/m³ (*Mariat et al., 1998*). Le plomb est également utilisé comme additif pour le carburant des moteurs de bateaux qui sont reconnus pour rejeter divers composés dans les eaux, le plus important est sans doute le plomb et les phénols (*Levesque, 1976*).

4-2-5-L'agriculture

L'utilisation de certains pesticides (arsenate de plomb) et de certains engrais phosphatés (super phosphate) contenant du plomb, conduit à une contamination du sol puis des végétaux (*Impens, 1974*). Le plomb est utilisé aussi pour les projectiles de chasse (en alliage avec l'antimoine, lui même très toxique) d'où son existence au fond des marais (*Ramade, 1993*).

4-2-6-Autres origines

La corrosion de canalisation en plomb ou la dégradation de certaines peintures (le minium par exemple) utilisée pour la protection des parois internes des réservoirs métalliques contaminent les eaux de distribution (*Pinta et al., 1980*).

Les décharges urbaines sont, de beaucoup, plus importantes que les décharges rurales, elles représentent en effet environ 70% du total des décharges, ce qui s'explique par la plus grande pollution par le plomb des villes, due à l'importance du trafic urbain en plus l'emploi de céramique au plomb, de vernis de porcelaine ou d'émaux de faïence dont les ustensiles de cuisine, contribue dans une certaine mesure à la contamination de l'eau d'alimentation des ménages (*levesque., 1976*).

5-Le plomb dans l'air

La concentration en plomb dans l'air est naturellement très basse, on l'estime à environ $0,0005\mu\text{g}/\text{m}^3$ (*Impens, 1974*). En plein milieu du pacifique, l'air renfermait de 0,0003 à $0,0015\mu\text{g}$ de plomb par mètre cube. Il s'agissait là de plomb minéral porté par les poussières véhiculées par les vents (*Chow et al., 1996*).

Le plomb émit par le trafic routier est sous forme inorganique (halogénures, sulfate et carbonate) (*Ter Haar et coll., 1971*). Les deux tiers de ces particules ont un diamètre inférieur à $5\mu\text{m}$ (*Habibi, 1970*). Il semble que la teneur des particules en plomb est d'autant plus élevée que leurs diamètres est plus petit. *Chovin et coll (1970)*, ont trouvé que, par exemple, dans les poussières en suspension de Los Angeles que 90% du plomb atmosphérique se trouve dans les particules moins de $1,6\mu\text{m}$.

Chapitre II

Matériels & méthodes

1-Localisation de la zone d'étude

Dans notre travail, on c'est limité uniquement à la cartographie de la pollution de proximité (en milieu urbain) et la zone sur laquelle a été porter notre étude est une fraction de l'espace urbain de la ville de Jijel (EUVJ). D'une superficie de 19km², elle est située entre 5,720 et 5,790 en longitude et entre 36,795 et 36,830 en latitude (coordonnées en dd, projection UTM fuseau31). Elle est limitée au nord par la mer méditerranéenne et elle s'étend jusqu'au environ de l'Ekete (près de l'université) vers le sud. Vers l'Est, elle s'étend des environs de la gare ferroviaire voire un peut plus jusqu'au environs de la région de l'Araïèche du côté Oust (Figure 02).



Figure 02. Localisation de la zone d'étude.

2-La climatologie

On ce qui concerne les caractéristiques climatiques de la région, des données relatives au climat local nous ont été fournies par l'Office National de Météorologie (*O.N.M de Jijel*), sous forme d'une série d'observations s'étalent sur une période de 10 ans allant de l'année 1999 jusqu'au 2008. Dans le cas de notre étude, la période réellement retenue et celle des trois dernières années pour la seule et la simple raison est que les feuilles de l'indicateur végétal étudié subissent un renouvellement chaque trois ans (*Garrec et Van Haluwyn, 2002*).

2-1-Les températures

Comme toutes les régions du littoral Algérien, la région de Jijel est considérée parmi les régions les plus pluvieuses. Elle est caractérisée par un climat méditerranéen, pluvieux et froid en hiver, chaud et humide en été. Pour la période allant de 2006 au 2008, Les températures varient entre 20°C et 35°C en été, et 5°C à 15°C en hiver (Tableau I).

Tableau I. La répartition mensuelle des températures au niveau de la wilaya de Jijel Période (2006 à 2008).

Mois	T (°C) Max	T (°C) Min	T (°C) (Max+ Min)/2	T (°C) Moyenne
Janvier	16,7	6,86	11,78	11,86
Février	17,16	7,66	12,41	12,76
Mars	18,23	8,2	13,215	12,13
Avril	21,63	11,93	16,78	17,03
Mai	24,63	15	19,815	19,83
Juin	27,9	17,5	22,7	22,83
Juillet	30,83	20,23	25,53	25,7
Août	31,16	20,7	25,93	26,06
Septembre	28,86	18,86	23,86	23,7
Octobre	25,63	16,13	20,88	20,8
Novembre	20,66	11,13	15,895	15,93
Décembre	17,5	8,73	13,115	12,6

Source ONM (2006-2008).

2-2-Les précipitations

En généralement, les pluies sont abondantes du mois d'octobre au mois d'avril. Par contre, les mois de juin, juillet et août sont les mois les plus secs de l'année.

Le tableau (II) et la figure (03) Nous donne les hauteurs moyennes mensuelles des précipitations correspondantes à la station *ONM* de Jijel pour une série chronologique de trois mois allant de 2006 au 2008.

La quantité moyenne la plus élevée est enregistrée au mois de décembre elle est de l'ordre de 190,86 mm, quant à la plus faible, elle était de l'ordre de 1.1mm, enregistrée au mois de juillet.

La saison pluvieuse dure environs 06 mois. Les précipitations annuelles moyennes enregistrées varient de 800 à 1200 mm/an. Le climat de la région est caractérisé par l'alternance de deux saisons distinctes :

- ✦ Une saison hivernale, humide et froide, allant de la fin de l'automne jusqu'au début de printemps ;
- ✦ Une saison estivale chaude et sèche pour le reste de l'année.

Tableau II. Moyennes mensuelles des pluies au niveau de la wilaya de Jijel (2006 à 2008).

Mois	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Total
H (mm)	190,86	74,93	89,13	165,16	37,83	63,93	10,96	1,1	13,63	67,6	70,53	146,93	932,59
Saisons	Hiver			Printemps			Été			Automne			
H (mm)	354,92			266,92			25,69			285,06			

H : hauteur des précipitations en millimètre (mm)

(Source : ONM de Jijel, 2006-2008)

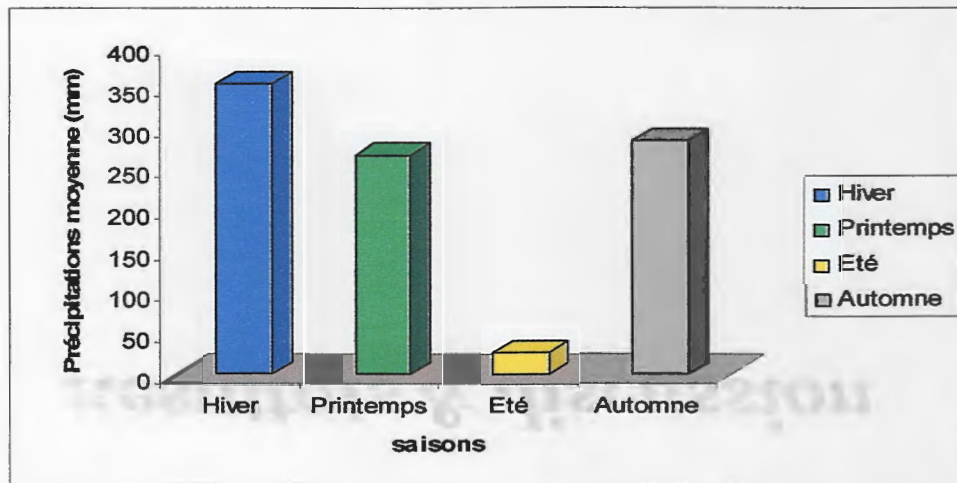
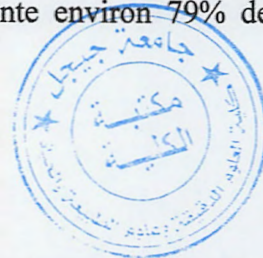


Figure 03. Répartitions saisonnières des pluies dans la région de Jijel (période 2006-2008).

En effet, dans cette région, la répartition des pluies est irrégulière pendant l'année, la période la plus pluvieuse se situe entre octobre et mars, et représente environ 79% de la pluviométrie annuelle.



2-3-L'humidité

L'humidité est un élément atmosphérique important, car ce même paramètre climatique influe sur d'autre, comme la température et la pression atmosphérique et par voie de conséquence sur les réactions chimiques qui se produisent dans l'atmosphère (Lamoureux et al., 2000).

α.

Le taux d'humidité dans la wilaya de Jijel est assez élevé avec une moyenne de 74,94%, un maximum de 77,66 % au mois de Mai est un minimum de 71 % au mois d'Août (Tableau III). On remarque que le taux d'humidité des mois de l'année sont presque les mêmes à celle de la moyenne, y a pas une grande différence significatif.

Tableau III. Les moyennes mensuelles de l'humidité relatives au niveau de la wilaya de Jijel de 2006 à 2008.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
Humidité (%)	76,66	77	75	75,66	77,66	72	71,33	71	75	76,33	74,33	77,33	74,94

(Source : ONM de Jijel, 2006-2008).

2-4- Le vent

Dans le cas de la wilaya de Jijel, les vents soufflent tous les mois de l'année, mais avec une faible fréquence et une faible intensité le plus souvent. Les vents dominants sont généralement du Nord-Ouest au Nord Nord-Ouest (7,2 à 7,5 %) et d'Est au Nord-Ouest (6,5 à 7,2%), et certains vents Sud-Est soufflent pendant le mois de janvier (4 à 4,5%) (Figure04).

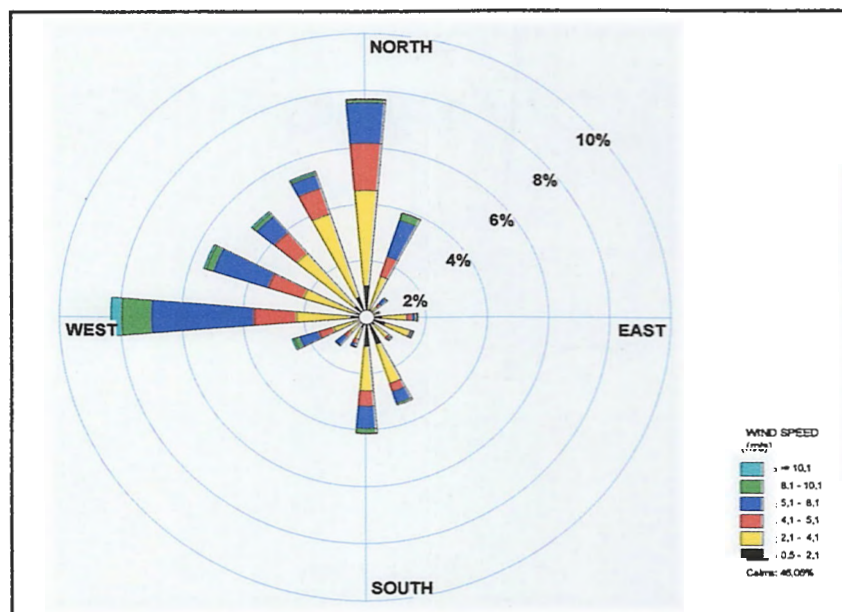


Figure 04. Rose des vents pour la région de Jijel pour la période 2006-2008 (Source ONM de Jijel).

Dans l'ensemble, les facteurs climatiques (la température, les précipitations et les vents), et les conditions météorologiques locale sont d'une importance capitale dans la repartions spatio-temporelle des polluant atmosphérique dans la région.

3-Relief et topographie

La wilaya de Jijel appartient au domaine oriental Nord atlasique. Elle fait partie de la chaîne des Babors de la Petite Kabylie. La zone montagneuse constitue l'essentiel du territoire de la wilaya.

Arqué, ce relief dans sa partie centrale est dominé par l'existence de la plaine Jijel – Taher. Bien que l'altitude moyenne soit de 600 à 1000 m, on retrouve des sommets qui dépassent 1800 m pour culminer à 2004 m au Djebel Babors à la frontière avec la wilaya de Bejaia.

On ce qui concernent notre zone d'étude, le MNT (Figure 05) peut néanmoins donner une idée sur la topographie de cette dernière.

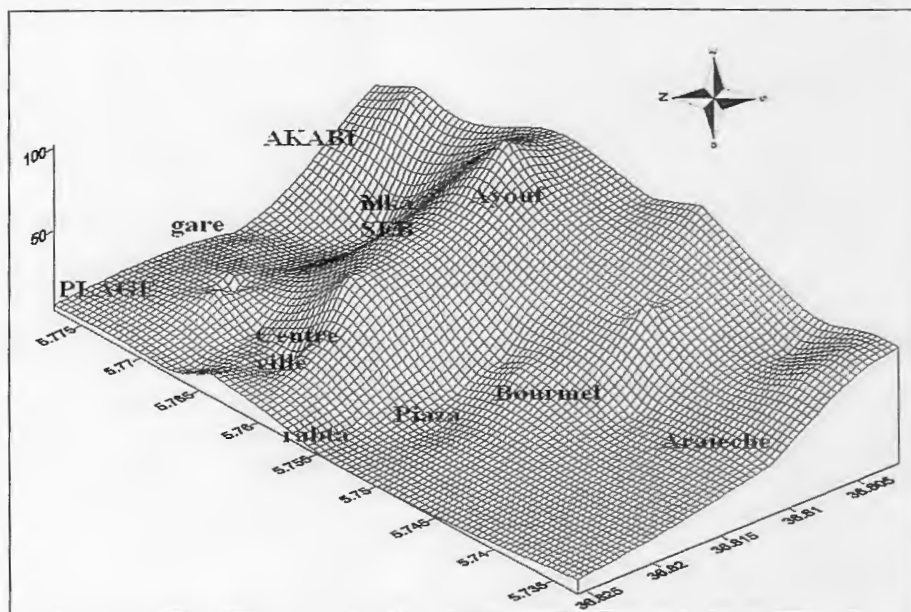


Figure 05. Modèle numérique de terrain relatif à la zone d'étude.

4-Les sources potentielles de la pollution de l'air dans la zone d'étude

4-1-Le trafic routier

La circulation véhiculaire a connu au cours des dernières années un taux d'accroissement remarquable, ceci est due principalement au développement du parc automobile de la wilaya comme le montre le tableau (IV), ce dernier résume le nombre des véhicules enregistré au cours des années passées (1990-2005) dont 3830 véhicules ont été marqué entre les années 1996-2000 par rapport à 13858 véhicules au cours de 2001-2005.

Tableau IV. Nombre de véhicules enregistré au niveau de la wilaya de Jijel au coure des dernières années.

Genre de véhicule année	Voiture	camion	camionnette	bus	tracteur	Tracteur agricole	Semi-remorque	moto	Matérielles des Travaux publique	Total
1995-1990	3428	205	601	449	45	77	122	01	06	4934
1996-2000	2188	35	1007	161	31	45	58	04	301	3830
2001-2005	6546	2056	3050	185	413	409	531	20	648	13858
totale	12162	2296	4658	795	489	531	711	25	955	22622

Source (service des cartes grises de Jijel).

Tout ces véhicule constitue la principale source de pollution atmosphérique en milieu urbain de la wilaya de Jijel dans la mesure ou la wilaya est encore dépourvue de grand infrastructure industrielle mais n'empêche qu'il existe quelque une,et qui peuvent éventuellement constituer des sources de pollution.

4-2 les activités industrielles

Comme on la déjà dit, on matière d'industrie, Jijel ne connaît pas de grande activité industrielles mais il existe quand même quelque implantation (tannerie et l'ENL), qui sont susceptibles d'être polluantes a cause de leur localisation inadéquate a l'intérieure de la ville.

5-Méthodes d'échantillonnage

5-1-Choix de l'espèce Végétale étudiée

Après avoir fait une prospection au niveau de la région d'étude, le choix de l'espèce végétale était tributaire par deux conditions: la première est de trouver parmi l'ensemble des espèces d'arbres d'alignement (à proximité des axes routiers) qui forment le tapis végétal urbain de la ville de Jijel, l'espèce la plus fréquente. La deuxième condition, il faut que la répartition spatiale de cette espèce soit suffisamment importante pour couvrir toute la zone d'étude. Le choix est tombé sur le *Ficus retusa* (Figure 06).



Figure 06. Point de prélèvement représentant l'espèce étudiée.

5-2-Choix des sites des prélèvements

Au niveau de la zone d'étude, 47 points de prélèvement ont été sélectionnés (Figure 07). Le choix de ce nombre d'échantillons été beaucoup plus conditionné par la présence de l'espèce végétale étudiée à l'intérieur du périmètre d'étude.

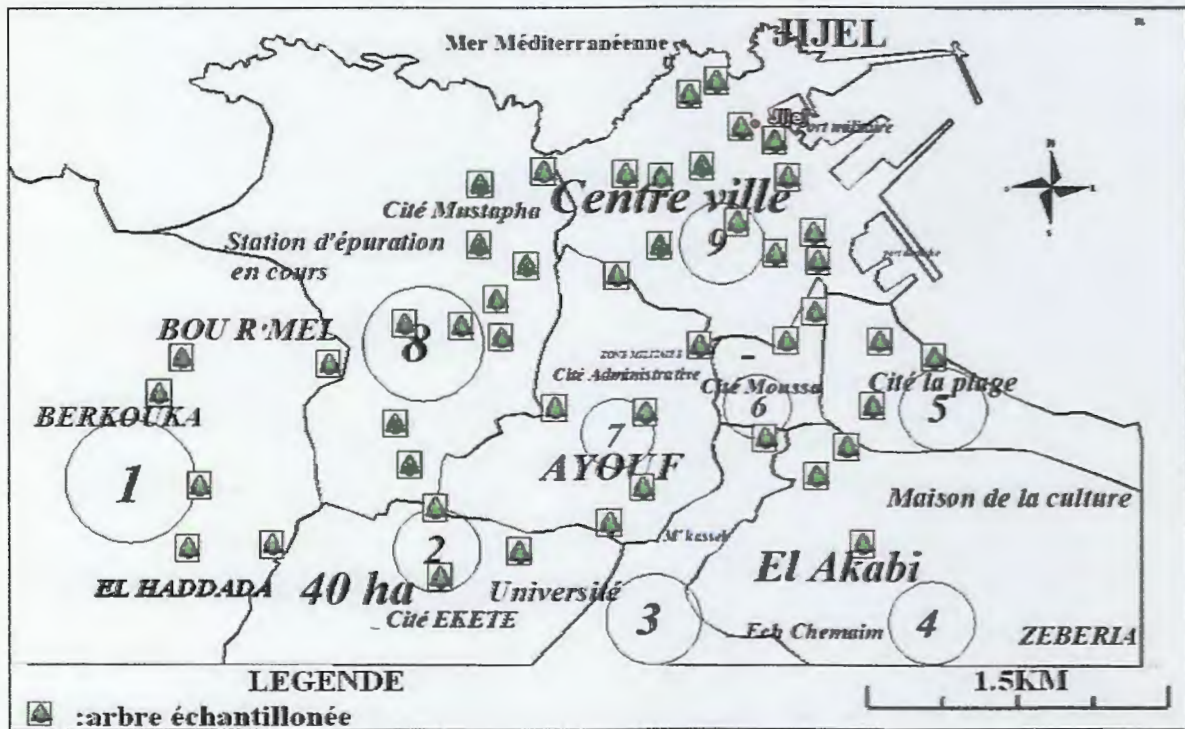


Figure 07. Localisation des sites de prélèvement au niveau de la zone d'étude.

5-3-Choix du polluant métallique étudié

Pour ce travail nous avons retenu le plomb comme élément d'étude pour les raisons suivantes:

- ↪ sa phyto-toxicité;
- ↪ sa forte tendance à se déposer sur les surfaces foliaires des plantes;
- ↪ sa forte présence dans les espaces urbains comme rejets des moteurs à explosion due à la pollution automobile locale;
- ↪ sa facilité de dosage comparativement à d'autres éléments métalliques.

5-4-Calendarier de prélèvement

Une seule campagne de prélèvement a été effectuée dans notre travail, celle du moins de 23 au 25 Février 2009.

6-Préparation des échantillons de feuilles

Chaque échantillon de feuilles, est mis à sécher dans une étuve ventilée à 105 °C pendant 48 heures. Une fois sèches, les feuilles sont découpées, puis pulvérisées dans un mortier en porcelaine dure.

7-Méthodes de dosage de plomb dans les plantes

7-1-Préparations des extraits des plantes

Les extraits de plantes sont préparés selon la méthode décrite par (*HOENING et al., 1979*). Elle consiste en une digestion humide. Le plomb est extrait avec une solution sulfonitrique-eau oxygénée. Pour cela, un volume d'acide sulfurique, 3 volumes d'acide nitrique concentré et 3 volumes d'eau oxygénée à 30%, sont ajoutés à 1 g d'échantillon de plantes séchées et réduite en poudre, dans un erlenmeyer rodé de 250 ml, fixé à un réfrigérant. L'ensemble est chauffé jusqu'à l'ébullition qui est maintenue durant 15 mn.

Après refroidissement et rinçage du réfrigérant par quelques ml d'eau déminéralisée, le contenu de l'erlenmeyer est filtré sur papier filtre sans cendre, à vitesse moyenne de filtration, ou sur membrane de type Millipore, dans une fiole jaugée de 50 à 100 ml, selon le besoin.

8-Appareillage : spectrométrie d'absorption atomique

Il existe plusieurs techniques de dosage des métaux traces. Actuellement, les plus utilisées sont : l'analyse par activation neutronique, la spectrométrie d'émission atomique utilisant la torche à plasma comme source d'énergie, la spectrométrie d'absorption atomique (S.A.A) utilisant la flamme ou le four graphite.

D'autres techniques comme la colorimétrie, la polarographie impulsionnelle couplée à la redissolution anodique ou l'utilisation d'électrodes spécifiques, sont des méthodes peu pratiquées dans ce domaine car, leur sensibilité et/ou leur spécificité ne sont pas suffisantes.

Nous avons utilisé le spectrophotomètre d'absorption atomique (S.A.A) AA-6200 de marque SHIMADZU comme outil de dosage du plomb dans les extraits des feuilles (Figure 08).



Figure 08. Absorption atomique.

9- Courbe d'étalonnage

La courbe d'étalonnage utilisée pour le dosage du métal dans les feuilles et représentée dans la figure (09).

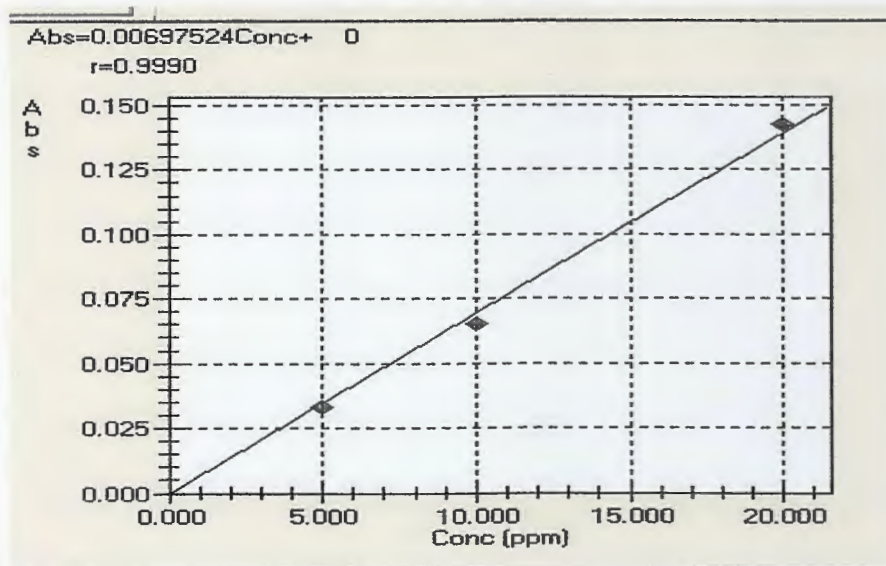


Figure 09. Courbe d'étalonnage du Plomb.

10-Méthodes utilisées pour mesurer la qualité de l'air

Il existe deux principales méthodes pour mesurer et cartographier la pollution de l'air :

- ✦ Les méthodes automatiques permettent de suivre en temps réel la concentration des polluants dans l'air ambiant sans faire de prélèvement (*ADEM, 1996*).
- ✦ Les méthodes manuelles, moins onéreuses, permettent de réaliser une cartographie de la pollution. Ces méthodes nécessitent l'utilisation d'un matériel bioindicateur (un végétal dans notre cas) sensible à un ou plusieurs polluants (*Banga, 1997*).

Pour notre de travail, c'est l'une de ces méthodes manuelles, qui a été adopté, non seulement parce qu'elle est peu coûteuse, mais aussi, en raison de ça grande faisabilité. Elle consiste a récolté des échantillons de feuilles d'arbres d'une même espèce (*Ficus retusa*) qui se trouve généralement a proximité des axes routiers dans la zone d'étude (arbre d'alignement). En suite une analyse au laboratoire des échantillons récoltés permet de quantifier les teneurs totales en plomb (dépôt direct et accumulation) dans chaque point. Finalement les résultats obtenus sont cartographiés sur un fond de carte en vecteur (relatif à la zone d'étude) par le biais d'un SIG. Ce type de cartographie est connu sous le nom de la cartographie thématique. Ceci à savoir qu'une carte thématique est un document graphique qui traite un thème bien précis.

10-1-La collecte des données géographiques

Grâce aux personnels de l'INRF (Institut National des Recherches Forestières) de Jijel, disposant d'un véhicule et d'un GPS de marque Gramin [V: 615-4], les coordonnées géographiques de chaque point échantillonné ont été enregistrées, elles ont été récupérait par la suit sous forme de fichier MapSource (exploitable aussi par Google Earth).

10-2-La représentation cartographique des données

10-2-1-Réalisation d'un tableau exhaustif

La collecte des données et leurs traitements constitue les phases les plus importantes dans la réalisation de la carte. Lorsqu'une base de données devient trop importante comme dans notre cas: coordonnées géographiques (longitude, latitude et altitude) et teneurs totales en plomb dans chaque point, il est nécessaire de les présenter sous forme de tableau exhaustif, pour facilité leur lecture. Cette étape est aussi nécessaire pour faire une cartographie thématique avec un SIG.

Les coordonnées géographiques relatives à chaque point échantillonné ainsi que la teneur en plomb au niveau de chaque point sont résumés dans le tableau (V).

A noté que les modalités (code et noms des sous zones sont mentionnés dans le tableau, uniquement pour faciliter sa lecture et servir de repère au lecteur).

10-2-2-Discretisation de la série statistique (Variable: teneurs en plomb)

Le choix de la méthode de discretisation est une étape très importante dans la conception d'une carte thématique. C'est grâce à cette méthode que l'on peut transformer une série statistique en classes visuelles sur fond de carte.

Les méthodes employées en cartographie sont rangées en deux groupes (*Erwann2003*) :

1-Les méthodes mathématiques :

- a)-par équivalence ou par amplitude égales;
- b)-par progression arithmétique;
- c)-par progression géométrique.

2-Les méthodes statistiques :

- a) effectifs égaux (ou quantiles);
- b) classes basées sur la moyenne et l'écart type (ou standard);
- c) méthode de Jenks;
- d) méthode des classes équiprobables.

Dans notre méthodologie de travail, nous avons adopté la méthode mathématique de classes à amplitudes égales, elle consiste à réaliser des classes de même amplitude. Pour cela, il faut calculer l'étendue de la série statistique : $Etendue = Max - Min$.

Afin d'obtenir l'amplitude de classe, on divise l'étendue par le nombre de classes (K) où :

$$a = \frac{Max - Min}{K}$$

En cartographie, un nombre supérieur à neuf (09) classes pose des problèmes de lisibilité et limite l'efficacité de la carte thématique. En général, (05) classes sont utilisées en cartographie thématique (*Deutsch et Journal, 1992*).

Max=1.376 (G11MOS) ; Min=0.014 (C10V) ; K=5 ; $a = (1.376 - 0.014) / 5 \approx 0.3$.

La méthode de représentation par classe d'amplitude égales a l'intérêt d'être très vite repérée et comprise dans son principe par le lecteur de la carte, elle est en outre facile à réaliser.

Tableau V. Codification et positionnement des stations d'échantillonnage.

Code	Noms des sous zones	Nom des points échantillonnés	Lat. Y (dm)	Long X (dm)	Alt. Z (m)	[Pb] (ppm)
01	Bourmel-Berkouka-Hadada	E3	N36 48.772	E5 44.044	31	0,989
		F3	N36 48.687	E5 43.974	33	1,104
		G3	N36 48.390	E5 44.122	63	0,86
		H3	N36 48.240	E5 44.074	72	0,014
		H4	N36 48.253	E5 44.371	49	0,803
		F5S	N36 48.727	E5 44.611	24	0,574
02	40ha-Ekete-université	G6B	N36 48.326	E5 44.877	71	0,774
		H6	N36 48.115	E5 44.975	92	0,631
		H7	N36 48.128	E5 45.229	79	0,186
03	M'kasseb	F11M	N36 48.549	E5 46.113	19	0,946
04	Akabi-Chemaim-Zbyria	F12H	N36 48.535	E5 46.332	4	0,731
		G11MOS	N36 48.411	E5 46.288	6	1,376
		H12	N36 48.166	E5 46.416	68	0,014
05	Cité la plage	E12	N36 48.791	E5 46.493	10	0,53
		E13	N36 48.735	E5 46.638	3	0,215
		F12MOS	N36 48.621	E5 46.484	4	0,473
06	Cité Moussa	E11AR	N36 48.778	E5 46.196	15	0,301
		E11BNK	N36 48.843	E5 46.291	11	0,645
07	Zone militaire - Ayouf	D9BEK	N36 49.033	E5 45.567	48	0,33
		E10	N36 48.776	E5 45.830	57	0,1
		F8	N36 48.661	E5 45.278	51	0,631
		F9	N36 48.588	E5 45.643	72	0,373
		G9	N36 48.391	E5 45.658	104	0,717
		H8	N36 48.276	E5 45.524	84	0,143
08	Cité Mustafa- Bel haine- Ben Achour	C7S	N36 49.254	E5 45.043	8	0,875
		C8R	N36 49.348	E5 45.339	5	0,186
		D7H	N36 49.148	E5 45.144	5	0,473
		D7K	N36 48.985	E5 45.218	13	0,459
		E6Z	N36 48.844	E5 44.822	28	0,574
		E7A	N36 48.820	E5 45.173	25	0,674
		E7K	N36 48.923	E5 45.141	22	1,19
		E7M	N36 48.877	E5 45.046	31	0,272
		F6	N36 48.507	E5 44.808	68	0,215
		G6C	N36 48.489	E5 44.834	56	0,416
09	Centre ville	B10S	N36 49.532	E5 45.958	9	0,029
		B10T	N36 49.462	E5 46.007	3	1,004
		B10Z	N36 49.537	E5 45.835	17	0,272
		B11Z	N36 49.402	E5 46.134	7	0,444
		C9B	N36 49.259	E5 45.762	3	0,53
		C9P	N36 49.272	E5 45.681	26	1,147
		C10B	N36 49.178	E5 46.017	8	0,66
		C10V	N36 49,326	E5 45.881	12	0,014
		C11J	N36 49.190	E5 46.206	23	0,487
		D9MOS	N36 49.054	E5 45.700	56	0,559
		D11F	N36 49.087	E5 46.185	19	0,674
		D11H	N36 49.050	E5 46.294	19	0,459
		D11P	N36 49.074	E5 46.268	8	0,301

11-Logiciels

Une fois les démarches de la représentation cartographique des données statistiques respectées : Le reste n'est plus que du « presse bouton ». il suffit de superposer le tracé d'interpolation réalisé par le *Surfer v7.0* sur le fond de carte en vecteur réalisé par l'AutoCad 2004 grâce à Google Earth qui offre la possibilité d'un calage manuel du fond .

Le reste de la conception de la carte est réalisé par le Paint.

Chapitre III

Résultats & discussion

1-Présentation des résultats

L'ensemble des résultats obtenus (teneurs totales en plomb), a fait l'objet une cartographie de la pollution plombique dans la ville de Jijel. Cette cartographie est illustrée dans la carte ci-dessous

1-1- Analyse des cartes

Nous devons avant de débiter l'analyse repreciser que nous cherchons à cartographier la pollution de l'air de la ville de Jijel. Il faut signaler que la répartition irrégulière du support biologique ne nous permet pas d'aller dans le détail.

Un traitement statistique aurait éventuellement pu être un complément de ces analyses. Pour mettre en évidence certains effets, les données peuvent subir des séries de tests. Notamment un test ANOVA qui aurait pu permettre de démontrer si les différences entre les secteurs sont significatives ou non. Par manque de temps, ces tests n'ont pu être réalisés.

1-2- Discussion

Nous allons maintenant essayer d'analyser et de discuter de manière la plus objective possible l'ensemble du travail réalisé. Si les résultats obtenus montrent que la ville de Jijel ne semble pas être une ville très polluée, on peut tout de même distinguer plusieurs zones de qualité de l'air correspondant à des zones de niveaux de pollution différentes.

En effet, d'après la méthodes d'interpolation adoptée dans se travail, cinq (05) classes de niveau de pollution ont pu être dégagées suites aux teneurs en plomb rencontrées dans les feuilles de l'espèce végétale étudiée (figure 10).

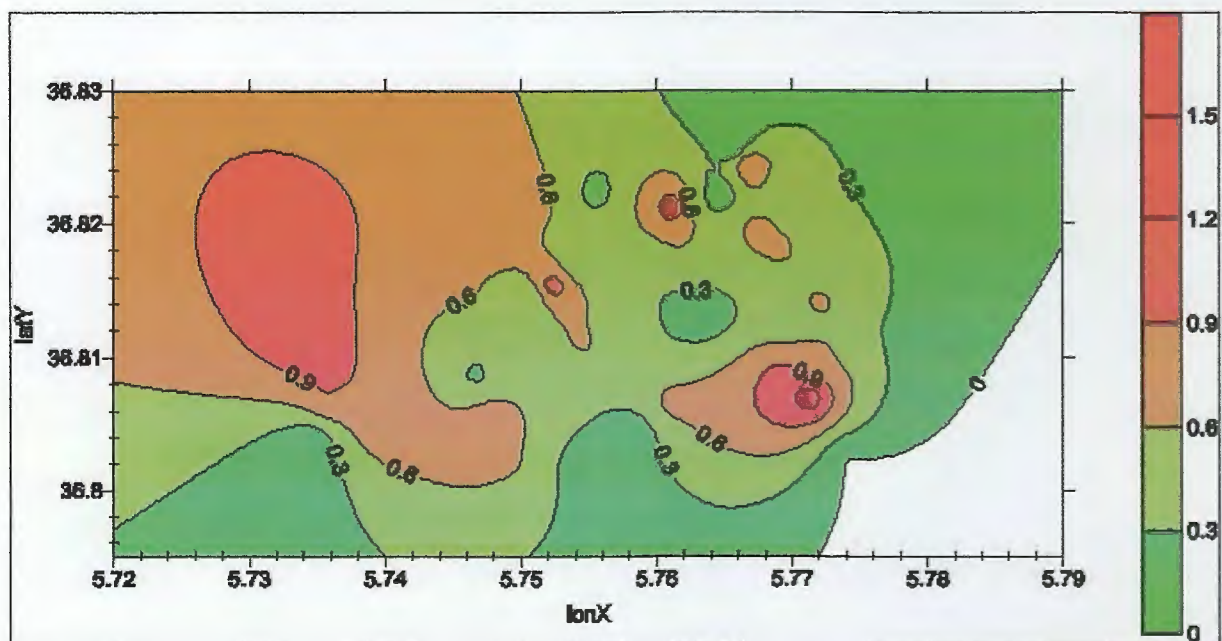


Figure 10. Répartition spatiale des classes de niveau de pollution plombique dans la ville de Jijel. (tracé d'interpolation réalisé par le *Surfer v7.0*)

- la classe de 0 ppm à 0.3ppm;
- la classe 0.3ppm à 0.6ppm;
- la classe 0.6ppm à 0.9ppm;
- la classe 0.9ppm à 1.2ppm;
- la classe 1.2ppm à 1.5ppm.

Pour une interprétation objective de cette cartographie de la pollution urbaine, et après la réalisation de la carte des classes, la prochaine étape consiste à faire superposé cette dernière sur la carte du découpage sectoriel de la ville de Jijel pour mettre en évidence les différentes sources de cette pollution ainsi que les différents facteurs mis en jeux dans cette répartition irrégulière.

D'après la figure (11), les secteurs les plus pollués semblent se situer:



Figure 11. Carte de la pollution atmosphérique (plombique) en milieu urbaine de la ville de jijel.

• Au centre ville et dont les concentrations en plomb dans les feuilles de l'espèce varient de 0.6ppm à 1.2ppm. Ce secteur semble désert de toute activité industrielle, et dont la source capitale de cette pollution est due principalement au trafic automobile (embouteillage, manoeuvre...) s'ajoute à celle des chauffages ainsi que celle de la gare ouest. Rappelons que le centre ville est traversé de part en part par la Nationale 43, très fréquentée par tous types de véhicules et de toutes catégories (Figure 12).



Figure 12. Flux de véhicules traversant le centre ville de Jijel.

- à l'entrée ouest de la ville, ce secteur peut être subdivisé en deux sous secteurs : le sous secteur de BOURMEL et une partie de BERKOUKA et dont les concentrations en plomb varient de 0.9ppm à 1.2ppm.

En effet, ce sous secteur se situe à proximité de l'entreprise nationale du liège (ENL), et dont il reçoit directement et quotidiennement les rejets atmosphériques de cette dernière (figure 13).



Figure 13. Rejets atmosphériques de ENL Jijel.

Cette situation a mis en évidence l'existence d'une relation entre la pollution de l'air et activité industrielle. Signalons aussi que ce sous secteur est traversé de part en part par la Nationale 43, et il constitue avec celui du côté Est les deux principales issues de la ville de Jijel. Ces deux derniers connaissent une densité importante du trafic routier le long de l'année.

Le deuxième sous secteur est celui de la cité MOUSSA, cité EKETE jusqu'au 40 hectares. Les concentrations en plomb dans ce sous secteur varient de 0.6ppm à 0.9ppm. Cet espace a connu ces dernières années une densité populaire remarquable et dont il représente presque le 1/3 de la population urbaine de la ville de Jijel (DSP de Jijel, 2008).

D'après les services du transport de la wilaya, dans ce sous secteur, un habitant sur cinq possède un véhicule personnel. Ce qui augmente le taux des émissions d'échappement en particulier celles du plomb dans l'atmosphère. En plus, le côté nord de ce sous secteur (la cité MOUSSA), est traversé par la Nationale 43 connaissant un flux important du trafic routier.

Vers le côté sud (Cité EKETE + les 40 hectares) à proximité de l'université, ces concentrations sont justifiées par la densité du trafic routier de l'université et vers cette dernière, ajoutant aussi le transport universitaire des étudiants qui constitue une portion non négligeable.

- à l'entrée Est de la ville de Jijel, de la gare ferroviaire jusqu'à la région de l'AKABI. Les teneurs en plomb enregistrées dans les feuilles des arbres de cette zone s'échelonnent de 0.6ppm à 1.5ppm. Comparativement l'entrée Ouest de la ville, l'entrée Est est caractérisée par l'existence de la gare ferroviaire qui est la plus grande à l'échelle de la wilaya et dont elle relie la ville de Jijel à ces différentes communes et daïra ainsi que les autres wilaya de l'Est Algérien (Constantine, Skikda, etc.). Cette partie de la ville a connue ces dernières années un accroissement du réseau routier ainsi qu'une densité importante du trafic routier de toutes catégories. Cette situation va engendrer l'augmentation des quantités des gaz émis dans l'atmosphère en particulier le plomb issu des moteurs à essence.

En plus, la particularité de cette zone se réside dans sa situation topographique, où elle surmonte le côté Est de la ville et elle se débouche sur sa façade maritime. Ceci sera très bien illustré en superposant la carte des classes des niveaux de pollution sur le modèle numérique de terrain (figure 14).

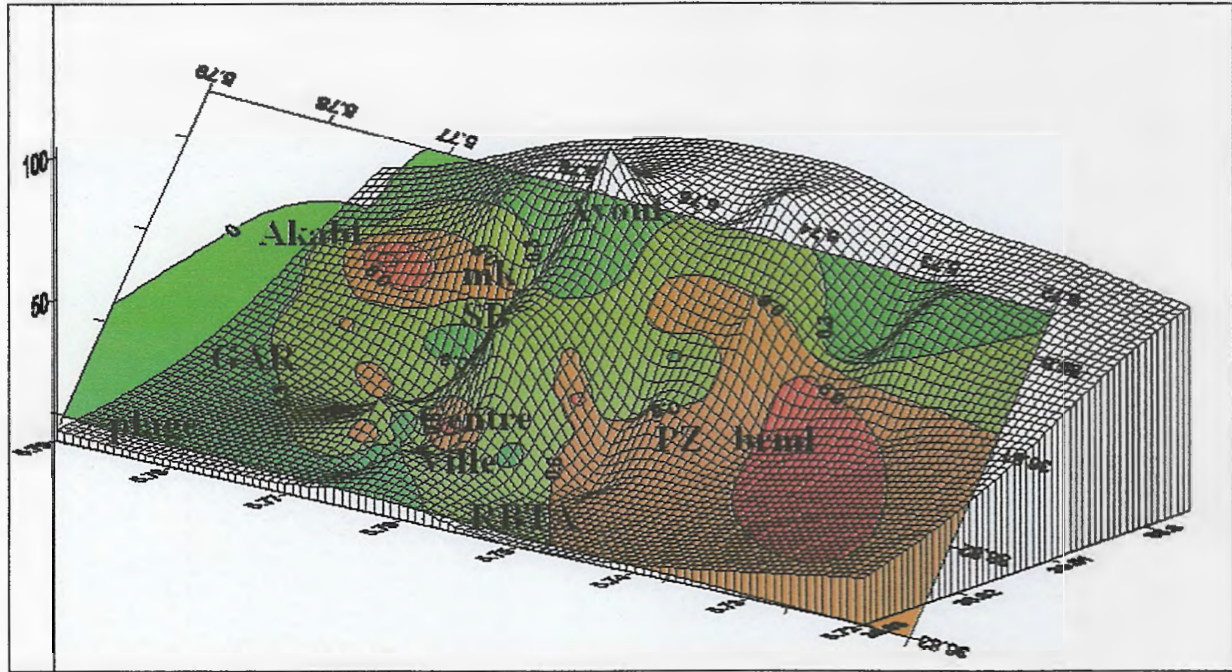


Figure 14. Superposition du tracé sur le modèle numérique du terrain.

Le reste de la ville semble le moins touché par cette pollution plombique. En effet, deux classes de concentration peuvent être distinguées :

-une première classe où les concentrations varient de 0ppm à 0.3ppm, les secteurs manifestant ces concentrations sont ceux où la densité du trafic routier est la plus faible et qui sont aussi dépourvus de toute activité industrielle vu leur cadre semi rural (voire rural). Ces secteurs sont le sud de l'université, le sud de la région d'EL Haddad, le sud est de la ville de Jijel (vers la maison de la culture), la zone militaire du côté de la cité administrative.

-une deuxième classe où les concentrations s'échelonnent de 0.3ppm à 0.6ppm. La zone concernée est la bande Nord Sud, s'étendant de la mer méditerranéenne Nord vers la limite de l'agglomération d'Ech-chemaim au Sud. En absence de toute activité industrielle dans ce secteur, le trafic routier, malgré que la densité, reste la seule source de cette pollution.

D'une manière générale, les faibles teneurs en plomb enregistrées dans notre périmètre d'étude sont dues principalement à la période de prélèvement (après un temps pluvieux qui a duré presque deux semaines), ainsi qu'au lavage subi par les feuilles de cette espèce (possédant une cuticule cireuse) et qui arrive à réduire une partie considérable des particules de plomb interceptées par le végétal.

Ceci est confirmé par les travaux de *Parmentier et Garrec,(1994)* qui ont montré que les particules métalliques déposées à la surface des feuilles ne pénètrent pratiquement pas à l'intérieur et elles peuvent être facilement lavées, soit de façon naturelle par la pluie, soit artificiellement.

En plus d'après les résultats obtenus, on peut conclure qu'à l'exception de l'entreprise nationale du liège (ENL) située à l'entrée Ouest de la ville et qui constitue la seule source de la pollution atmosphérique industrielle, la totalité de cette dernière est issue des émissions à l'échappement (trafic routier), ces dernières sont influencées par de nombreux facteurs, regroupant des variables propres au véhicule comme le mode de carburation, l'âge du véhicule, son entretien, ainsi que des variables propres à l'usage du véhicule comme la vitesse moyenne d'utilisation (*Pagotto, 1999*).

Conclusion générale

Conclusion

Malgré la courte durée très de ce travail, un certain nombre de résultats ont put être mis en évidence : une cartographie de la pollution atmosphérique par le plomb dans l'espace urbain de la ville de Jijel a été réalisée en utilisant la méthode d'interpolation.

Avec plus de temps, il est vrai qu'un traitement statistique aurait pu être envisageable, mais nous pensons qu'ont na put mettre en évidence un deuxième rôle joué par cette espèce en plus de son rôle esthétique et ornemental, celui de la bioindication.

Les résultats obtenus montrent que la pollution atmosphérique reste relativement faible au sein de l'agglomération de jijel. Les zones où cette pollution semble plus ou moins importante sont: le centre ville, particulièrement les voies de circulation, à savoir la nationale 43, le secteur à proximité des zones d'activités industrielles (ENL de Jijel) et le secteur situé à proximité de la gare ferroviaire où la densité du trafic routier est importante. Cependant, ses secteurs présentent des conditions topographiques différentes ; le secteur de l'entrée Est de la ville de Jijel jusqu'à l'agglomération de l'AKABI se situe sur une pente plus ou moins élevée par rapport aux deux autres secteurs, cette situation le rend exposé directement aux flux des polluants transportés par les masses d'air vers cette direction.

Notre étude n'a pas la prétention de mettre en évidence des résultats particulièrement précis mais d'observer de grandes tendances. Ici, l'interprétation n'est pas une finalité, on recherche par l'étude des végétaux supérieurs, à mettre en évidence, certaines zones problématiques.

Il serait particulièrement intéressant de compléter notre étude par une analyse temporelle ciblant notamment les données météo, car les variations saisonnières semblent jouées une rôle primordiale dans l'interception et l'accumulation des polluants atmosphériques. Ce qui nous permettrons de suivre l'évolution de la pollution atmosphérique dans la ville de Jijel et par conséquent d'alerter, informer, de trouver si nécessaire des moyens pour réduire ces pollutions.

Il est également envisageable d'effectuer un dosage sur d'autres éléments polluants dans les feuilles ainsi que de l'écorce pour une cartographie globale et précise ce cette pollution.

Références bibliographiques

- 1- Astier. H., Petterson C., 2002 – Concentration profiles of Baryum and lead in atlantics waters of Bermuda Earth . Plan sci Letters. 985p.
- 2- Basly L., Baleynaud J.M., Wald L.,1999- Satellite data for the air pollution mapping. In : Proceedings of the 18th EARSeL Symposium on Operational Remote Sensing for Sustainable Development, Enschede, Netherlands, 11-14 May 1998, pp. 133- 139.
- 3- Boeckx R., 1996 – Analytical chemistry. Rev. N°106. 288p. 103-107.
- 4- Boutron A., 1988– Le plomb dans l'atmosphère. Rev recherche N°19. 455p.
- 5- Boutron C., Patterson C., 1993– Géochimie cosmochimie. Acta., 1355p.
- 6-Cezard C., Haguenoer J. M., 1992– Toxicologie du plomb chez l'homme. Edition médicale international. Paris, 450p.
- 7-Chavez P.S., 1988- An improved dark-object subtraction technique for atmospheric correction of multispectral data, *Remote Sensing of Environment*, 24, pp. 450-479.
- 8-Chovin P., Roussel A., 1970– Physico-chimie et physiopathologie des polluants atmosphérique. Edition Masson et Cie. Paris., 634p.
- 9- Chow T; Earl. J; Bennet, C., 1996– New scientist, Edition le chevalier. Paris, 320p.
- 10-Chudzynski S., Czyzewski A., Ernst K., Karasinski G., Kolacz K., Pietruczuk A., Skubiszak W., Stacewicz T., Stelmaszczyk K., Szymanski A., 2002- Multiwavelength lidar measurements of atmospheric aerosol. *Optics and Lasers in Engineering*, Vol. 37, Issues 2-3, pp. 91-99.
- 11-Croxford B., Penn A., Hillier B, 1996- Spatial distribution of urban pollution: civilizing urban traffic. *The Science of the Total Environment*, 189/190, pp. 3-9.
- 12-Dab W, Roussel I., 2001- L'air et la ville : les nouveaux visages de la pollution atmosphérique. Chapitre 5 : surveiller la qualité de l'air, Hachette Littératures, 218 p.
- 13-Deutsch, C.V. et A.G. Journel ,1992- *GSLIB – Geostatistical Software Library*. Oxford Univ. Press, New York, 340 p.
- 14-DSP de Jijel. 2008- Journées d'étude sur les maladie respiratoires, ", Bulletin Numéro 6 - Décembre 2008, pp 7-10.
- 15-Durrenberger M., 2001-Indicateurs morphologiques et pollution de l'air dans la CUS. Mémoire de DEA Systèmes Spatiaux et Environnements de l'université Louis Pasteur. 89 p.
- 16-Finzi G., Lechi G.M., 1991- Landsat images of urban air pollution in stable meteorological conditions. *Il Nuovo Cimento*, 14C, pp. 433-443.

- 17-**Garcia J .,Colosio J ., 2001-** les indices de la Qualité de l'air ., Edition:Mines Paris ,pl 18
- 18-**Garrec J.P ., Van Haluwyn C., 2002-** Biosurveillance végétale de la qualité de l'air, Edition Tec et Doc, Lavoisier, 117p.
- 19- **Habibi K., 1970-** Caracterization of particulate lead in vihicule exhaust-experimental techniques environnement. Sci. Tech. 300p.
- 20-**Hoening M., Dupire S., Wollast R., 1979-** L'atomisation électrothermique en spectrométrie atomique et son application dans les études de l'environnement.Ed Technique et documentation/Paris.
- 21- **Horiuchi K., 1970** – Lead in environment and its effect on man in Japan. Osaka city, 328p.
- 22- **Huntzcker W ; Gussman C; Raskin I., 1997** – Enhanced accumulation of Pb in Indian mustard by soil-applied chelating agents. Environ Sci. Tech. 31: 860-865p.
- 23- **Impens R., 1974** – Présence de plomb dans l'environnement. Brit: J. Indust. Med. 183p.
- 24-**Ionescu A., Mayer E., Colda I., 1996-** Méthodes mathématiques pour estimer le champ de concentration d'un polluant gazeux à partir des valeurs mesurées aux points dispersés. *Pollution Atmosphérique*, janvier-mars 1986, pp. 78-89
- 25-**Jan W ; Sheffield A., 1993** – Inventaire national des sources et des remissions de plomb. Rapport SPE. Canada. 336p.
- 26-**Kehoes A., 1993** – Bioindicateurs et diagnostique des écosystèmes écologiques. Bulletin d'écologie. Trimestriel 4. Tome 17.
- 27-**Lagerweff J., 1974** – lead, mercury and cadmium as environmental contaminant contribution from the U.S Soil laboratory and water conservation research. A.R.S. USDA. Beltsville. Maryland.
- 28-**Lamoureux D., Menozzi S., Rolina G., 2000** - Etude de l'effet du vent sur la diffusion d'un polluant. Projet de mécanique des fluides numériques. Ecole des Mines de Paris.
- 29-**LAURE Loi sur l'Air de l'Utilisation Rationnelle de l'Energie, 1996-** Journal Officiel de la République Française. 1 Janvier 1997, page 11.
- 30-**Lesieur M., 1994-** La turbulence dans l'environnement et en aéronautique. *La Houille Blanche*, 5/6, pp 100-109.
- 31-**Levesaue A., 1974-** Trace elements in agriculture in the environment. Lab Anal. Agrochemistry, Ruhent, 74p.



- 32- Michel M., 1996 – Aspect analytique du plomb dans l'environnement. Paris., 483p.
- 33-Minvielle E ., Souiah S ., 2003 l'analyse statistique et spatiale. Edition DU TEMPS. France. 284p
- 34- Moor J et Rama moorthys W., 1984 – Heavy metals in natural water. Springer. Verlay. New York, Berlin., 236p.
- 35-Nicolas J, Sylvain F, Laëtitia M, Anne F, Corinne C, Gilles P ,Alexandre A,2006--*article*, n° 107, Vol. 1, Edition., Arcueil, France, pp.303-310.
- 36-ONM., 2008 – Office national de météorologie. Station Achouate de Jijel.
- 37-Pagotto C., 1999 – Pollution de proximité par voie aérienne : consta et perspectives. Rapport SETRA, Bagneux, France, note d'information, n°48, 4p .
- 38-Parmentier K. L., GarrecJ., 2004 - la cartographie automatique en forêt. Application à l'aménagement de la forêt de Betschdorf (Bas-Rhin), Rev For. Fr., 42 (1), 45-55.
- 39- Philipe M., 1991 – Variation des teneurs en cadmium, plomb et cuivre dans les ecluses de l'estuaire maritime de St-Laurent durant l'été 1972. Mar. Chem., 4:175p.
- 40- Pinta. M ; Boudron M ; Boudron R., 1980 – Spectrophotométrie d'absorption atomique. Application à l'analyse chimique. Edition Masson. Tome 2. Paris, 400p.
- 41- Ramade F., 1993 – Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Ediscience international. Paris., 1000p.
- 42- Ter Haar G. L., Bayard M., 1971 – Composition of air borne lead particles. Nature., 560p.
- 43- Thomasson A., Mondelain D., Ménard T., Nominé M., Godet Y., Wolf J.P., 2001- Air pollution mapping using all solid-state Lidar systems. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series IV - Physics*, Vol. 2, Issue 7, 2001, pp. 923- 928.
- 44- Tolot F ; Prost G ; Contassot J., 1981 – Plomb en cycle. Med. Chir. Paris.Intoxication., 25p.
- 45- Troen I., Petersen E. L., 1989.-European Wind Atlas, Roskilde: Risø National Laboratory, Commission of the European Community, 656 p.



Thème

Contribution à la Cartographie de la pollution d'origine atmosphérique dans la ville de Jijel.

Jury :

M^r BOUDJLEL. F

President

M^r YOUBI. M

Examineur

M^r KRIKA. A

Encadreur

Présenté Par :

Mr :Bouhala Aissam

Mr :Moussaoui Mohamed

ملخص

بغرض إنشاء خريطة متعلقة بالتلوث الجوي بواسطة الرصاص داخل مدينة جيجل, قمنا باستعمال طريقة الاستيفاء المقترحة من طرف كريج ,التي تسمح بتقدير تراكيز الرصاص في كافة أنحاء المنطقة التي أجريت عليها دراستنا , وذلك من خلال سلسلة قياسات نقطية.

العمل الذي قمنا بانجازه, يدخل ضمن منهجية مراقبة نوعية الهواء داخل المناطق العمرانية. هذه الدراسة سمحت لنا بتحديد مختلف المناطق التي مسها هذا التلوث من جهة ومن تشخيص المصادر الرئيسية التي تسبب هذا الأخير من جهة أخرى.

الكلمات المفتاحية: رسم الخرائط الموضوعية , الاستيفاء ,الرصاص, التلوث القريب, نوعية الهواء, مدينة جيجل

Résumé

Afin d'établir une cartographie de la pollution atmosphérique par le plomb dans la ville de Jijel, située au Nord-Est Algérien, nous avons utilisé la méthode d'interpolation proposée par Krige, basée sur l'estimation des concentrations en plomb dans l'ensemble de la zone d'étude, à partir de mesures ponctuelles.

Notre travail s'inscrit dans une démarche d'estimation de la qualité de l'air en milieu urbain.

Cette étude nous a permis d'une part, de recenser les différentes zones touchées et d'autre part de déterminer les principales sources ainsi que l'origine de cette pollution.

Mots clés : Cartographie thématique; interpolation ; plomb ; *Ficus retusa*, pollution de proximité ; Qualité de l'air ; ville de Jijel.

Abstract

In order to establish cartography of the atmospheric pollution by lead in the city of Jijel, situated in the Algerian Northeast, we have used the method of interpolation proposed by Krige, based on the evaluation of the concentrations of lead inside all the zone of survey, from prompt measures.

Our work appears in a gait of evaluation of the air quality in urban environment.

This survey has permitted to us on the one hand, to count the different zones touched by this pollution and on the other hand to determine the main sources as well as the origin of this last.

Key words: Thematic cartography; interpolation; lead; *Ficus retusa*, pollution of proximity; Quality of air; city of Jijel.