

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



UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de magistère en biologie

Option : Pollution des écosystèmes : diagnostic et procédés de traitement

Thème

Impact de la pollution atmosphérique générée par le transport sur la santé publique, un essai écotoxicologique sur le blé dur (*Triticum durum, Desf*)

Cas de la région de Annaba

Présenté par : Melle Aouissi Nora

Devant le jury composé de :

Pr. DJEBAR M.R.	PRESIDENT	UNIVERSITE DE ANNABA
Pr. BORDJIBA O.	EXAMINATEUR	UNIVERSITE DE ANNABA
Dr. DJAMAI R.	EXAMINATEUR	UNIVERSITE DE ANNABA
Dr. MEKSEM L.	DIRECTRICE	UNIVERSITE DE ANNABA

Promotion 2011

Remerciements.

Je remercie DIEU le tout puissant de m'avoir donnée force et courage et de m'avoir guidée dans la réalisation de ce modeste travail. Louange à celui qui m'a fait découvrir la science et la lumière par le biais de ceux qui œuvrent pour le savoir et le progrès.

Je tiens à remercier Docteur MEKSEM L. directrice de la thèse, qui a su me transmettre avec compétence et pédagogie son enthousiasme pour la recherche, ainsi m'avoir ouvert les portes de ses connaissances et ses aides.

Toute ma gratitude va au professeur DJEBAR M.R., pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury.

Tout mon respect va au professeur BORDJIBA O., d'avoir accepter de juger ce travail.

De même ma reconnaissance s'adresse à Docteur DJEMAI R. d'avoir accepté d'examiner mon travail, pour son immense gentillesse et ses conseils éclairés qu'il m'a prodigué.

Dédicace.

Je dédie ce modeste travail :

A mes chères parents, la lumière de mes yeux, qui pour leurs aides, leurs encouragements et surtout leurs immenses sacrifices, ont été derrière la réussite de mes études.

Qu'ils trouvent dans ce travail, un témoignage de leur bonne éducation, le fruit de leur espoir ainsi que la grande affection que je ressents envers eux.

A mes frères Mehdi et le petit ange Zaki sans oublié ma sœur Rym.

A mes très chères oncles Aouissi Saoudi, Guerroui Djamel, Guerroui Bachir et Guerroui

Ali.

A tous ceux qui portent le nom de Aouissi et Guerroui.

A ma très chère cousine Meryouma.

A mes amies intimes : Meriem, Nawel, Rose, Zouleikha, Fella, Ahlem et Nesrine.

Aux étudiants de ma promotion de magistère Imen, Djalil, Samir, Souade et Missoum.

Et enfin à tous ceux que j'ai connus et aimés.

Liste des figures.

Figure	Titre	page
Figure (1)	Principales voies de dispersion des polluants émis en milieu routier.	25
Figure (2)	Localisation géographique de la région d'étude (Annaba).	40
Figure (3)	Localisation géographique de la région d'étude (Annaba).	40
Figure (4)	Moyennes mensuelles des températures enregistrées au niveau de la station les Salines Annaba(1998-2009).	42
Figure (5)	Moyennes mensuelles des pluviométries enregistrées au niveau de la station les Salines Annaba (1998-2009).	43
Figure (6)	Moyennes mensuelles de l'évaporation enregistrées au niveau de la station les salines d'Annaba durant la période (1998 – 2009).	44
Figure (7)	Exposition des plantes à la fumée du tuyau d'échappement du camion.	51
Figure (8):	Evolution du parc automobile de la wilaya d'Annaba durant la période (2000-2010),	59
Figure (9)	Nombre de cas déclarés asthmatiques par la C.N.A.S. durant la période (2006-2010).	64
Figure (10)	Nombre de cas déclarés cardiaques par la C.N.A.S. durant la période (2006-2010).	65
Figure (11)	Effets des gaz d'échappement sur le rapport MF/MS des graines de blé (<i>Triticum durum Desf</i>).	66
Figure (12):	Effets des gaz d'échappement sur la surface foliaire des graines de blé (<i>Triticum durum Desf</i>). (m=s, n=3).	67
Figure (13)	Effets des gaz d'échappement sur la teneur moyenne en chlorophylle a ($\mu\text{g/g}$ de PF) des graines de blé (<i>Triticum durum Desf</i>).	68

Figure (14)	Effets des gaz d'échappement sur la teneur moyenne en chlorophylle <u>b</u> ($\mu\text{g/g}$ de PF) des graines de blé (<i>Triticum durum Desf</i>).	69
Figure (15)	Effets des gaz d'échappement sur la teneur moyenne en chlorophylle <u>a+b</u> ($\mu\text{g/g}$ de PF) des graines de blé (<i>Triticum durum Desf</i>).	70
Figure (16)	Effets des gaz d'échappement sur la teneur moyenne en proline ($\mu\text{g/g}$ de PF) des graines de blé (<i>Triticum durum Desf</i>).	71
Figure (17)	Effets des gaz d'échappement sur la teneur moyenne en protéines totales (mg/g de PF) des graines de blé (<i>Triticum durum Desf</i>).	72
Figure (18)	Effets des gaz d'échappement sur la teneur moyenne en catalase (nmol/min/mg de prot) des graines de blé (<i>Triticum durum Desf</i>).	73

Liste des tableaux.

Tableau	Titre	Page
Tableau (1)	Composition chimique de l'atmosphère.	7
Tableau (2)	Les sources naturelles de la pollution atmosphérique.	9
Tableau (3)	Représentation des pourcentages des contributions des grandes catégories de véhicules aux émissions relatives du transport routier.	11
Tableau (4):	Durée de vie indicative de certaines substances polluantes dans l'atmosphère.	16
Tableau (5)	Classification granulométrique.	30
Tableau (6)	Organisation administrative de la wilaya d'Annaba.	39
Tableau (7):	Directions des vents enregistrées au niveau de la station des salines d'Annaba durant la période.	45
Tableau (8)	Evolution de la population dans la wilaya d'Annaba.	46
Tableau (9)	Renseignements relatifs à la station « Sidi Brahim » inter-wilaya (Taxis).	60
Tableau (10)	Renseignements relatifs à la station « Sidi Brahim » inter-wilaya (Bus).	61
Tableau (11)	Renseignement relatif à la station « Kouche Nourdine ». (Bus).	62
Tableau (12)	Renseignements relatifs à la station Souidani Boudjemaa. (Bus).	63
Tableau (13)	Paramètres physicochimiques du sol.	74
Tableau (14)	Teneur en Plomb du sol en fonction du temps d'exposition aux gaz d'échappement.	75

Sommaire.

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I Généralités.

GENERALITES SUR LA POLLUTION AUTOMOBILE.

Introduction.....	3
I.La pollution.....	3
II. Classification de la pollution.....	4
III. Principales pollution induites par le trafic routier.....	4
1. Pollution par le bruit, sonore.....	4
2. Pollution par les huiles de vidanges usagées.....	5
3. Pollution de l'air par les gaz d'échappement.....	5
3.1. définition de la pollution atmosphérique.....	6
3.2. La composition de l'atmosphère.....	6
3.3. Les différentes échelles de la pollution atmosphérique.....	7
a. Échelle planétaire.....	8
b. Échelle continentale.....	8
c. Échelle continentale.....	8
d. Échelle locale	8
3.4. Principales sources de la pollution atmosphérique.....	8
a. Sources naturelles.....	9
b. Sources anthropiques.....	9
• Les sources d'installations fixes.....	10
• Les rejets industriels.....	10
• Les rejets liés au trafic routier.....	10
3.5Les principaux polluants atmosphériques issus des gaz d'échappements et leurs effets.....	11

a. Les polluants atmosphériques primaires.....	12
• Le dioxyde de carbone.....	12
• Le monoxyde de carbone.....	12
• Les oxydes d'azotes.....	12
• Le dioxyde de soufre (SO ₂).....	13
• Les particules.....	13
• Les composés organiques volatiles (COV).....	13
b. Les polluants atmosphériques secondaires.....	14
• L'ozone.....	14
• La poussière ou particules en suspension.....	14
• Les Hydrocarbures imbrûlés.....	15
• Métaux lourds.....	15
• Autres.....	16
3.6. La durée de vie des polluants dans l'atmosphère.....	16
3.7. Les conditions météorologiques favorisant la dispersion des polluants.....	17
a. Effets du climat.....	17
Le vent.....	17
La température.....	18
Les précipitations.....	18
Influence de la pression de l'atmosphère.....	18
b. Effets des conditions topographiques.....	18
Les vallées.....	19
Les versants.....	19
Cultures et prairies.....	19
3.8. Effets de la pollution atmosphérique sur l'homme et l'environnement.....	19
a. Effets sur la santé de l'homme.....	19
b. Effets sur les végétaux.....	20
c. Effets de serre.....	21
d. L'ozone stratosphérique.....	21
e. Les pluies acides.....	22
3.9. Les méthodes d'évaluation de la pollution atmosphérique.....	22
a. Les méthodes physico-chimiques.....	22

b. Bioindication de la pollution atmosphérique.....	23
c.Lutte contre la pollution automobile.....	24
VI. Transfert des polluants atmosphérique dans le sol.....	24

GENERALITE SUR LA POLLUTION DU SOL.

1. Le sol.....	26
La phase solide.....	27
La phase liquide.....	27
La phase gazeuse.....	27
2. Les éléments constitutifs du sol.....	27
2.1 Les éléments organiques.....	27
a. Les constituants vivants.....	28
b. Les constituants non vivants.....	28
2.2. Les éléments minéraux.....	28
a. Les sables.....	28
b. Les limons.....	29
c. Les argiles.....	29
3. Les caractéristiques du sol.....	29
3.1 Les caractéristiques physiques.....	29
a. La texture.....	29
b. La structure.....	31
c. La porosité.....	31
d. L'atmosphère du sol.....	31
3.2 Propriétés physico-chimiques.....	31
a. pH.....	31
b. Le complexe adsorbant.....	32
c. La solution du sol.....	32
4. La pollution du sol.....	32
5. Principales sources de la pollution du sol.....	33
5.1 L'utilisation des pesticides.....	33
5.2 Les eaux d'irrigation.....	33
5.3 Les retombées atmosphériques.....	34
6. Contamination des sols par les métaux lourds.....	34

6.1 Sources de contamination du sol par les métaux lourds.....	34
a) Les sources naturelles.....	34
b) Les sources anthropogènes.	35
6.2 Transferts des métaux lourds.....	36
6.3 Le devenir des métaux lourds.....	36
Objectif.....	38

Chapitre II Matériel et méthodes.

I – Présentation de la région d’étude.....	39
1. Aperçu géographique et climatique.....	39
1.1 Localisation géographique.....	39
1.2. Topographie.....	41
1.3. Climatologie.....	41
1.3.1 Température.....	42
1.3.2 Pluviométrie.....	43
1.3.3 L’évaporation.....	44
1.3.4 Vent.....	45
1.4 Hydrologie.....	46
2. Aperçu socioéconomique.....	46
2.1. Population.....	46
2.2 Secteur industriel.....	47
2.3 Secteur du transport.....	47
2.4 Secteur du tourisme.....	47
2.5 Secteur de l’éducation.....	48
II- Protocole expérimental.....	50
1. Matériel biologique.....	50
2. Culture des graines.....	50
3. Traitement de graines de blé.....	50

III-Paramètres étudiée.....	52
1. Paramètres physiques.....	52
1.1 Surface foliaire.....	52
1.2 Détermination du rapport matière fraîche/matière sèche (MF/MS).....	52
2. Paramètres biochimiques.....	53
2.1 Dosage de la chlorophylle.....	53
2.2 Dosage de la proline.....	53
2.3 Dosage des protéines totales.....	54
2.4 Dosage de l'activité Catalase (CAT)	55
3. Analyses physico-chimiques du sol.....	57
3.1 PH eau.....	57
3.2 Conductivité électrique.....	57
3.3 Porosité.....	57
3.4 L'humidité hygroscopique.....	58
3.5 Dosage du Plomb.....	58
VI Etude statistique.....	58

Chapitre III Résultats.

I. Enquête épidémiologique.....	59
1. Parc automobile.....	59
2. Les stations de transport.....	60
2.1 La station Sidi Brahim inter-wilaya (Taxis).....	60
2.2 La station Sidi Brahim inter-wilaya (Bus).....	61
2.3 La station Kouche Nourdinne (Bus).....	62
2.4 Station Souidani Boudjemaa (Bus).....	63
3. Impact de la pollution atmosphérique sur la santé publique.....	64
3.1 Variation du taux des asthmatiques.....	64
3.2 Variation du taux des cardiaques.....	65
II. Effets des gaz d'échappement sur le blé dur.....	66
1. Effets des gaz d'échappement sur les paramètres physiques.....	66
1.1. Indice de pollution.....	66
1.2 La surface foliaire.....	67

2. Effets des gaz d'échappement sur les paramètres biochimiques.....	68
2.1 Dosage des chlorophylles.....	68
2.1.1 Effets des gaz d'échappement sur la teneur moyenne en chlorophylle <u>a</u>	68
2.1.2 Effets des gaz d'échappement sur la teneur moyenne en chlorophylle <u>b</u>	69
2.1.3 Effets des gaz d'échappement sur la teneur moyenne en chlorophylle <u>a+b</u>	70
2.2 Dosage de la proline.....	71
2.3 Dosages des protéines totales.....	72
2.4 Dosage de la catalase.....	73
 III. Analyse du sol.....	74
1. Les paramètres physico-chimiques.....	74
2. La teneur du sol en métal lourd (Plomb).....	75

Chapitre VI Discussion générale.

1. L'enquête épidémiologique.....	76
2. Impact des gaz d'échappement sur le blé dur (<i>Triticum durum ,Desf</i>).....	77
3. Les analyses physico-chimiques du sol.....	80

Conclusion générale et perspective

Références bibliographiques

Résumé

Abstract

Introduction.

La pollution atmosphérique générée par les transports, son impact sur la qualité de l'air et sur la santé, préoccupent aussi bien les citoyens que les pouvoirs publics, en particulier en ce qui concerne le milieu urbain.

Toutefois, la pollution issue du trafic routier a également des incidences sur les milieux naturels. Sur ce point, les espaces montagnards ont joué le rôle de révélateurs mais, « *la dimension subjective du problème agit puissamment pour renforcer l'effet des nuisances objectives* », (**SUBRA, 2001**).

Aujourd’hui, l’usage de véhicule à moteur a considérablement augmenté dans le monde entier. Cependant au moment où le taux de croissance du parc automobile s’est ralenti dans les pays hautement industrialisés, on observe un phénomène inverse dans les pays en développement.

La croissance démographique ainsi que le développement urbain et industriel ont accéléré l’utilisation de véhicules à moteur dans ces pays, (**Damia, Fabregas et al., 1999**).

Les particules fines constituent un important facteur de pollution de l’air, particulièrement en milieu urbain où le trafic routier est dense. La forte croissance du trafic, voyageurs et marchandises, et l’allongement des distances moyennes de déplacement ont des effets néfastes sur l’environnement, ainsi la corrosion des véhicules et les infrastructures routières sont à l’origine d’une contamination de l’environnement par les éléments traces métalliques, (**KERBACHI et al., 2009**).

L’objectif de ce travail est de définir certains paramètres à savoir :

- Une estimation de la pollution atmosphérique d’origine automobile dans la région d’Annaba.
- L’impact sur la santé publique.
- Evaluer les effets des polluants dégagés par les tuyaux d’échappements automobiles sur (*Triticum durum Desf*).
- Déterminer les paramètres physico-chimiques du sol et sa teneur en métal lourd (Plomb).

Le mémoire a été structuré en trois parties :

- La première est consacrée à des généralités sur la pollution automobile et le transfert des polluants dans le sol.
- La deuxième partie illustre le matériel et les méthodes utilisés dans l'étude expérimentale.
- Quant à la dernière partie, elle représente les différents résultats obtenus, discussion, conclusion et perspectives.

Chapitre I :

Généralités

GENERALITES SUR LA POLLUTION AUTOMOBILE

Introduction.

Les moyens de transport représentent aujourd'hui le symbole de notre époque, qu'il s'agisse de se déplacer ou de transporter des marchandises, l'automobile a pris la relève des chevaux en apportant bien sur, d'autres types de pollutions, (**Ngo, 2004**).

Les impacts des transports sont multiples, et leurs conséquences sont moins évidentes que ce que l'on aimerait tous qu'elles soient, se limiter aux seules courbes d'émissions de quelques polluants atmosphériques ne suffit pas pour mesurer la multiplicité et l'importance des enjeux, (**Nicolas, 2003**).

Les mutations urbaines, la croissance du trafic automobile et l'évolution des comportements individuels ou collectifs ont largement contribué à l'accroissement de la pollution atmosphérique et des émissions de gaz à effet de serre, responsables du réchauffement climatique, notamment en milieu urbain, (**Drire, 2000**).

I. La pollution.

Etymologiquement, « Polluer » signifie : profaner, salir, souiller, dégrader.

La multitude de phénomènes impliqués par le terme « pollution » fait qu'il est souvent difficile, de donner à ce terme une définition bien précise, nous en citerons à titre d'exemple l'une d'elles qui a retenu notre attention :

« La pollution peut être définie comme une modification défavorable du milieu naturel qui résulte en totalité ou en partie de l'action humaine, au travers d'effets directs ou indirects, altérant des critères de répartition des flux d'énergies, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes », (**Barbault, 2000**).

II. Classification de la pollution.

La pollution peut-être classée selon la nature du polluant en question, on révèle donc : la pollution physique, la pollution chimique, la pollution biologique et les nuisances esthétiques, (**Popescu et al., 1998**), ou encore selon le compartiment affecté : la pollution des eaux, la pollution du sol et la pollution de l'air.

III. Principales pollution induites par le trafic routier.

1. Pollution par le bruit sonore.

Dans les sociétés modernes, le bruit (il est composé de sons qui sont des variations de pression de l'air) est une pollution de plus en plus importante à laquelle les transports contribuent largement.

A l'inverse des sources fixes de bruit, comme peuvent l'être certaines usines, les transports routiers et aériens sont des sources mobiles qui dispensent leur pollution au fur et à mesure qu'elles se déplacent. De nombreuses études montrent que le bruit a un impact visible sur la santé, (**Ngo, 2004**).

- Un bruit intense entraîne une fatigue auditive dont l'effet dépend de la durée et du niveau de l'exposition.
- Le bruit perturbe aussi le système cardio-vasculaire (arythmie, accélération du rythme cardiaque...) et peut conduire à une augmentation de la tension artérielle.
- Des gènes et des effets stressants avec des impacts sur le sommeil.

2. Pollution par les huiles de vidanges usagées.

Nous connaissons tous l'importance des huiles comme agents de lubrification dans les organismes en mouvement, qui n'a pas un jour remis de l'huile dans le moteur de son véhicule, et constaté au moment de la vidange, qu'elle avait noirci. Lorsque celle-ci deviennent un déchet fatal, on se pose naturellement la question de leur collecte et de leur devenir.

Il convient de distinguer les éléments déjà contenus dans l'huile avant usage, et provenant des additifs à base de plomb et de soufre, que l'on peut ajouter aux lubrifiants, pour augmenter leur résistance vis-à-vis des pressions exercées par les organes lubrifiés, (**Audibert, 2003**).

Les contaminants proviennent également des particules dans l'air, qui transitent dans la machine et des matériaux utilisés dans le moteur et soumis à des frottements ou à une corrosion, (**Arquès, 2001**).

3. Pollution de l'air par les gaz d'échappement.

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... Trois sources de polluants doivent être considérées : les sources naturelles (végétaux, sols), les sources fixes (chauffage domestique, production d'électricité, industries), et les transports.

L'automobile et les transports routiers ont une part de responsabilité dans les problèmes de pollution atmosphérique, rencontrés essentiellement dans les grandes agglomérations. Pour faire face à l'augmentation du nombre de véhicules et à leur utilisation de plus en plus intensive, la plupart des gouvernements ont pris des mesures antipollution qui deviennent de plus en plus strictes au fil du temps (**Pesant, 2005**).

3.1 La pollution atmosphérique.

La pollution de l'air, suivant les pays et parfois suivant les divers organismes qui s'en occupent dans un même pays, fait l'objet de différentes définitions. Certaines reposent sur le principe, que toute modification de la composition normale de l'air est une pollution atmosphérique, d'autres y ajoutent des notions de gênes ou de nocivités dues aux composés anormaux qui ont modifié cette composition, (**Alioua, 2001**).

La pollution atmosphérique, peut être définie comme la présence d'impuretés dans l'air, pouvant provoquer une gêne notable, pour le confort ou la santé et un dommage aux biens. Cette pollution peut provenir de gaz, de vapeur, de particules liquides ou solides, ou encore de rayonnement. C'est aussi une modification chimique et physique du milieu naturel aboutissant à des effets nuisibles pour l'homme, (**Arquès, 2001**).

En 1967, le Conseil de l'Europe définit la pollution de l'air comme étant, le résultat de la présence d'une substance étrangère ou une variation importante dans les proportions de ses composants, susceptibles de provoquer un effet nocif, compte tenu des connaissances scientifiques ou de créer une nuisance ou une gêne, (**Ramade, 1982**). Le problème est donc à la fois qualitatif (introduction dans l'air d'une substance n'y existant pas à l'état naturel) et quantitatif (augmentation de la concentration dans l'air d'une substance qu'y est déjà présente naturellement), (**Viala, 1998**).

3.2 La composition de l'atmosphère.

L'atmosphère terrestre correspond à une couche d'air dont l'épaisseur est difficile à préciser, car le nombre de molécules de gaz par mètre cube, diminue progressivement avec l'altitude, sans jamais totalement s'annuler.

On estime, toutefois, que 99 % de la masse d'air atmosphérique, se situe entre le niveau du sol et à une altitude de 30 km. Les phénomènes météorologiques courants s'observent dans l'atmosphère météorologique.

Tableau (1) : Composition chimique de l'atmosphère (**Mardon, 2000**).

Nom du gaz	% présent
Azote (N ₂)	78
Oxygène (O ₂)	21
Argon (A)	0,93
Vapeur d'eau (H ₂ O)	0 - 4
Gaz carbonique (CO ₂)	0,033
Néon (Ne)	0,0018
Krypton (Kr)	0,000114
Hydrogène (H)	0,00005
Oxyde d'azote (N ₂ O)	0,00005
Xénon (Xe)	0,0000087
Ozone (O ₃)	0 - 0,000001

3.3 Les différentes échelles de la pollution atmosphérique.

On distingue quatre types de pollutions : locale, régionale, continentale et planétaire. La pollution locale est principalement incriminée, car elle a un impact sur l'homme et sur sa santé à plus ou moins long terme (**Germain, 2006**).

a. Échelle planétaire.

Certains polluants ont des durées de vie si grandes, qu'ils s'accumulent dans des couches hautes de l'atmosphère et bouleversent le climat: effet de serre, pluies acides.

b. Échelle continentale.

Des polluants relativement stables, peuvent aussi voyager au fil des mois, voire des années sur des distances très importantes, de l'échelle d'un continent.

c. Échelle régionale.

On peut dessiner autour des grandes agglomérations des zones de quelques dizaines de kilomètres comme les grandes villes par exemple, dans lesquelles les polluants réagissent chimiquement entre eux ou avec des particules présentes dans l'air. Les concentrations de polluants y dépendent des conditions météorologiques.

d. Échelle locale.

Enfin il y a les zones de circulation proprement dites comme les grandes artères, les places et les parkings. Les taux de pollution peuvent y être ponctuellement très élevés et varier rapidement dans le temps selon la météo et la configuration des infrastructures, (**Herreboudt, 1999**).

3.4. Principales sources de la pollution atmosphérique.

Selon **Barnea et Ursu, (1974)**, la pollution atmosphérique est produite par deux catégories de sources : naturelles et artificielles.

a. Sources naturelles.

La pollution atmosphérique existait déjà dans les conditions de la vie des hommes à l'état de nature, du fait du déplacement du pollen et spores par les vents et l'émission des gaz par les éruptions volcaniques.

D'après **Arques, (2001)**, les exemples des sources naturelles sont nombreux :

Pluie de sang dans le sud de la France due à la remontée des vents du sud qui ramènent des sables jaunes–rougeâtres du Sahara retombant avec la pluie ; les bactéries : 200 à 500 colonies par mètre cube en atmosphère libre.

Tableau (2) : Les sources naturelles de la pollution atmosphérique (**Djebaili, 1996**).

Polluants	Sources
Particules	Embruns marins, poussières soulevées par le vent, débris météorologiques, feux de forêts, éruptions volcaniques
SO₂	Activité volcanique
CO	Oxydation photochimique du méthane, volcans, feux de forêts, décomposition de la chlorophylle
NO_x	Métabolisme bactérien dans le sol
Composés organiques volatiles (COV)	Processus biologiques
CO₂	Végétation, décompositions des matières organiques

b. Sources anthropiques.

Les émissions anthropiques sont celles qui sont dues à des activités uniquement humaines. Elles sont particulièrement importantes en milieu urbain où la plus grande part, a pour origine les transports (notamment le trafic automobile) et les industries, mais aussi le chauffage en hiver

(Rovers et al., 2006). Ce sont les sources d'émissions majoritaires en intensité, même si leur emprise spatiale est relativement limitée. Les principaux polluants gazeux émis par l'utilisation de combustibles fossiles sont le dioxyde de soufre (SO_2) les oxydes d'azote (NO_x), le monoxyde de carbone (CO), les particules en suspensions, le méthane et les composés organiques volatils **(Popescu et al., 1998).**

- **Les sources d'installations fixes.**

Nous pouvons citer en particulier le chauffage domestique individuel ou collectif, les foyers de combustion des unités industrielles, les centrales thermiques ainsi que les usines d'incinération des ordures ménagères **(Rijnders et al., 2001).**

- **Les rejets industriels.**

Très divers par leur composition, on retrouve les particules métalliques (SO_2 , NO_x) provenant du secteur de la sidérurgie, les poussières, les suies et les gaz divers, provenant de la métallurgie **(Marret et al., 1999).** Il y a aussi les métaux lourds et autres composés provenant des plâtreries, cimenteries, autres industries, telles que les accumulateurs (Pb), les industries chimiques émettent également de nombreux polluants en grande quantité notamment (Fluor, SO_x , NO_x , etc.,) et les industries des matières plastiques et caoutchouc, **(Lambert, 1995).**

- **Les rejets liés au trafic routier.**

Ces polluants constituent la plus importante source de la pollution des villes et ce quelque soit le type de moteur (essence ou diesel). L'importance de cette pollution est dépendante du régime du moteur, de la nature de la combustion et de l'absence ou de la présence de catalyseur, **(Brauer et al., 2003).**

Le tableau ci-dessous représente les pourcentages des contributions des grandes catégories de véhicules aux émissions relatives du transport routier.

Tableau (3) : Représentation des pourcentages des contributions des grandes catégories de véhicules aux émissions relatives du transport routier (**Nawrot et al., 2006**).

Catégories	NO _x	CO	SO ₂	COVNM	PM ₁₀	CH ₄	CO ₂
Voitures particulières essence non catalysées	22%	46%	0%	31%	6%	34%	9,7%
Voitures particulières essence catalysées	4%	17%	0%	3%	10%	19%	18,3%
Voitures particulières diesel	19%	4%	37%	4%	1%	7%	28,0%
Véhicules utilitaires légers < 3,5 T essence	1%	5%	0%	2%	0%	2%	1,2%
Véhicules utilitaires légers < 3,5 T diesel	15%	3%	26%	2%	32%	2%	17,6%
Poids lourds > 3,5 T et bus	38%	3%	21%	8%	21%	9%	24,0%
Motocyclettes et motos < 50 cm ³	0%	3%	0%	11%	29%	6%	0,1%
Motos > 50 cm ³	1%	19%	0%	10%	1%	21%	1,1%
Evaporation d'essence	0%	0%	0%	29%	0%	0%	0,0%
Autre (pneus, freins, chaussée)	0%	0%	16%	0%	0%	0%	0,0%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

3.5. Les principaux polluants atmosphériques issus des gaz d'échappements et leurs effets.

Les polluants présents dans l'environnement sont souvent incolores, inodores et invisibles aux concentrations que l'on rencontre habituellement, plus d'une centaine de polluants ont pu être identifiés, mais seulement quelques-uns d'entre eux sont surveillés en permanence. Ils représentent ce que l'on appelle des indicateurs de la pollution atmosphérique et sont généralement liés à une activité précise, (**Mardon, 2000**).

D'après **Lacour (2003)**, les principaux polluants atmosphériques se classent dans deux grandes familles bien distinctes : les polluants primaires et les polluants secondaires.

a. Les polluants atmosphériques primaires.

- Le dioxyde de carbone.

Selon **Mardon (2000)**, le dioxyde de carbone ou gaz carbonique, ou anhydride carbonique est le produit final de la combustion de toutes les matières organiques, lorsqu'une quantité d'air suffisante est portée au foyer. Il en est émis des quantités considérables qui se chiffrent par milliards de tonnes pour l'ensemble du globe.

- Le monoxyde de carbone.

C'est un produit de la combustion incomplète des combustibles ou des carburants. Il est émis essentiellement par les moteurs des voitures à essence, le CO peut également être émis par des installations de chauffage mal réglées et des industries.

Le CO se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang, il conduit à un manque d'oxygène du système nerveux, du cœur et des vaisseaux sanguins (**Barboult, 2000**).

- Les oxydes d'azotes.

Ils proviennent surtout des véhicules et des installations de combustion (centrales énergétiques). Le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂) 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 (**Leblon, 2004**).

Le NO₂ pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Il peut entraîner une altération de la fonction respiratoire et une hyper-réactivité bronchique chez l'asthmatique et chez l'enfant.

- **Le dioxyde de soufre (SO₂).**

Lorsque le soufre se combine à l'oxygène, on obtient le dioxyde de soufre (SO₂). C'est un gaz émis naturellement par les volcans et contenue dans les combustibles fossiles et les matières premières, mais les apports anthropiques sont très importants, les procédés industriels étant la source la plus importante (**Bisson, 1997**).

Le SO₂ peut se transformer en sulfates dans l'air ambiant ; il concourt au phénomène des pluies acides, néfastes pour les écosystèmes aquatiques et terrestres. Ce polluant est par ailleurs associé à de nombreuses pathologies respiratoires, souvent en combinaison avec les particules présentes dans l'air ambiant.

Il peut entraîner des inflammations bronchiques, une altération de la fonction respiratoire et des symptômes de toux. Il est associé à une fréquence accrue des hospitalisations pour les maladies respiratoires et cardiaques (**Koller, 2004**).

- **Les particules.**

Les particules émises par des secteurs tels que l'industrie, le transport ou l'habitat, constituent une famille très hétérogène de polluants, (**Lippset, 2006**). Elles jouent un rôle vecteur chez les polluants qui pénètrent profondément dans les poumons et provoquent des allergies, des difficultés respiratoires « l'asthme » ou encore des lésions pouvant entraîner des cancers dans certains cas et contribuent ainsi à la formation de SMOG (**Hamilton, 1992**). Elles composent aussi les salissures des immeubles (**Laden et al., 2006**).

- **Les composés organiques volatils (COV).**

Cette famille regroupe des composés très divers, elle comprend notamment des hydrocarbures (émis par évaporation des bacs de stockage pétroliers, remplissage des réservoirs automobiles), des composés organiques d'origine industrielle ou naturelle (procédés industriels, combustion incomplète des combustibles) et des solvants (émis lors de l'application de peintures, des encres, le nettoyage des surfaces métalliques et des vêtements). Un grand nombre de ces composés est impliqué dans le processus de formation de l'ozone.

Les effets sur la santé sont très variables selon les composés, cela peut aller de la simple gêne olfactive à des effets cancérogènes (ex : le benzène) en passant par des irritations ou des diminutions de la capacité respiratoire (**Chakharponia, 1995**).

b. Les polluants atmosphériques secondaires.

Les espèces émises dans l'atmosphère peuvent réagir entre elles et mener à la production de polluants dits secondaires. On parle de pollution photo oxydante, lorsque les réactions chimiques en phase gazeuse, aboutissant à la production de polluants secondaires, qui augmentent le pouvoir oxydant de l'atmosphère, sont initiées par l'énergie solaire. (**Pikhart et al., 1995**).

- **L'ozone.**

Le brouillard photochimique (smog), forme de pollution gazeuse et particulaire rencontrée dans les atmosphères ensoleillées et polluées riches en oxydes d'azote et en hydrocarbures (aldéhydes par exemple), peuvent, par réactions photochimiques, produire de l'ozone (O_3) et des substances telles que l'acroléine et les peroxy-acyl-nitrates (PAN), polluants irritants des yeux, de la gorge et des poumons (**Lauwerys, 1990**).

L'ozone, qui pénètre jusqu'au niveau des alvéoles pulmonaires, peut altérer la fonction respiratoire et la résistance aux infections, voire entraîner une réaction inflammatoire et un œdème pulmonaire lors d'intoxications aiguës (**Fung et al., 2006**).

- **La poussière ou particules en suspension.**

Elles constituent un complexe de substances organiques ou minérales. Elles peuvent être d'origine naturelle (volcan) ou anthropique (combustion industrielle, chauffage, incinération ou véhicules).

Les particules les plus fines ($<15\mu$) peuvent transporter des composés toxiques dans les voies respiratoires inférieures (sulfates, métaux lourds, hydrocarbures). Elles potentialisent, ainsi, les effets des polluants acides, dioxyde de soufre et acide sulfurique notamment.

Les plus grosses sont retenues par les voies aériennes supérieures. Les plus fines, à des concentrations relativement basses, peuvent surtout chez l'enfant irriter les voies respiratoires ou altérer la fonction respiratoire. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérogènes : c'est le cas de certains hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) (**Krzyzanowski, 2005**).

- **Les Hydrocarbures imbrûlés.**

Une certaine fraction du carburant admis dans le moteur, sort sans avoir brûlé. Ce sont les hydrocarbures imbrûlés, ils peuvent conduire dans le cas d'une exposition forte et prolongée (cas de certains professionnels des transports) à des cancers et à des leucémies, à cause de leur action sur la moelle épinière, sur la formation des globules rouges et sur la destruction des globules blancs (**Savitz et al., 1989**). Ils peuvent également entraîner des anomalies génétiques et des troubles nerveux (**Singh, 1988**).

- **Métaux lourds.**

Parmi les métaux, le plomb est celui qui est le plus à craindre. Il peut causer par exemple des problèmes de saturnisme chez les enfants (même effets que certaines vieilles peintures au plomb).

Il s'infiltre dans le corps par inhalation, il peut aussi traverser l'épiderme, passer dans le sang et perturber les échanges ioniques dans le cerveau. Cette action sur le système nerveux peut entraîner des retards de développement psychique chez les enfants.

Aujourd'hui, le plomb n'est plus un indicateur important de la pollution automobile car ses concentrations ont considérablement baissé depuis l'utilisation, bien généralisée de l'essence sans plomb, (**Germain, 2006**).

• Autres.

On peut citer enfin le benzène qui est cancérigène mais qui devrait disparaître peu à peu des carburants ou l'hydrogène sulfuré H₂S, qui a l'odeur d'œuf pourri, et qui peut être produit dans les pots catalytiques, (**Herreboudt, 1999**).

3.6. La durée de vie des polluants dans l'atmosphère.

Un polluant est un corps d'origine anthropique ou non, à l'état solide, liquide ou gazeux contenu dans l'atmosphère et qui ne fait pas de la composition normale de l'air ou qui y est présent en quantité anormale (**Ung, 2003**).

Selon **Lacour (2003)**, les différentes substances ont des durées de vie dans l'atmosphère qui sont extrêmement variables.

L'ordre de grandeur de la durée de vie dans l'atmosphère de quelques polluants est donné par le tableau (4).

Tableau (4): Durée de vie indicative de certaines substances polluantes dans l'atmosphère (**Lacour, 2003**).

SUBSTANCE	LA DUREE
CH ₄	Une année
CO	Un mois
SO ₂	Jours à mois
OZONE	Quelques jours
COV	Quelques heures à jours
Aerosols 1-10µm	Quelques minutes à jours
Aerosols < 10µm	Quelques jours à semaines

3.7. Les conditions météorologiques favorisant la dispersion des polluants.

Aucune des substances polluantes libérées dans la biosphère ne reste en place, dans la plus part des cas, elles émigrent même fort loin du lieu d'émission, (**Ramade, 1982**).

La météorologie et la topographie jouent un rôle important dans la circulation des polluants dans l'atmosphère, cette dernière obéit à certains facteurs climatiques ainsi que d'autres facteurs topographiques.

a. Effets du climat.

Les mouvements de l'atmosphère contribuent à la dispersion des polluants. On distingue les vents; les mouvements ascendants, la température et la pluie, (**Popescu et al., 1998**).

Il faut signaler que d'autres facteurs ont un rôle moins important tel que l'humidité, les nuages, les radiations solaires et tous les autres phénomènes météorologiques.

• Le vent.

Le vent est un facteur météorologique important qui intervient dans l'étude générale de la pollution, il contribue dans la circulation des polluants ainsi que leur balayage.

Pour résumer ce phénomène, le vent assure la dispersion horizontale des polluants, mais la présence d'une inversion de la température peut créer une situation de stagnation des contaminants localement, cette action peut être renforcée par le vent qui les rabat vers le sol, (**Alioua, 2001**).

- **La température.**

L'origine du phénomène de circulation générale de l'air est due à la différence de la quantité de chaleur du soleil reçue par la terre à l'équateur et aux deux pôles. Ainsi la température de l'air diminue avec l'altitude, ce qui provoque une différence thermique entre les couches basses les plus hautes de l'atmosphère.

Les inversions de température se manifestent sous forme de couvercle appelé *couche d'inversion thermique* qui favorise la concentration de divers polluants, (**Copalarly, 2001**).

- **Les précipitations.**

Les polluants ne séjournent pas à l'infini dans l'air, les précipitations contribuent à abaisser le niveau de pollution grâce aux gouttes d'eau qui captent les impuretés atmosphériques; comme l'affirme, (**Popescu et al., 1998**), la pluie est un facteur de nettoyage de l'atmosphère.

Les pluies plaquent les particules au sol et peuvent dissoudre certains polluants. Elles contribuent au lavage ou *lessivage* de l'air, (**Viala, 1998**).

- **Influence de la pression de l'atmosphère.**

Les situations dépressionnaires (basses pressions) correspondent généralement à une turbulence de l'air assez forte et donc de bonne condition de dispersion. En revanche, des situations anticycliques (hautes pressions) où la stabilité de l'air ne permet pas la dispersion des polluants, entraînent des épisodes de pollution (**Mackenzi, 2000**).

b. Effets des conditions topographiques.

La topographie d'un site peut influencer sur la circulation des masses d'air. Par exemple les rues canyon, les bords de mer et les vallées peuvent jouer un rôle très important sur la dispersion et la concentration des polluants (**Nicolas, 2003**).

- **Les vallées.**

Les masses d'air ne se déplacent pas dans le même sens, le jour et la nuit. En effet, le jour, l'air s'échauffe sur les pentes et crée un courant, qui remonte la vallée. Les polluants se dispersent rapidement, mais la nuit, ce phénomène s'inverse: l'air froid s'écoule le long de pentes et s'accumule au fond de la vallée, tout en descendant la pollution évacuée dans la journée, est alors ramenée dans la vallée, la nuit (**Viala, 1989**).

- **Les versants.**

Milieux récepteurs de pollution (obstacles naturels), plus ils sont redressés plus les dépôts de polluants sont importants sur la partie exposée aux vents (brise) et faible sur le côté opposé.

- **Cultures et prairies.**

Ce sont des obstacles qui retiennent les impuretés par absorption et réaction avec les feuilles. (**Merabti, 2008**).

3.8. Effets de la pollution atmosphérique sur l'homme et l'environnement.

a. Effets sur la santé de l'homme.

Les polluants de l'atmosphère agissent sur la santé, soit directement, lorsque nous les respirons, soit indirectement par la modification de notre environnement. De tous les milieux avec lesquels l'homme est en contact, l'atmosphère est le seul auquel il ne peut pas se soustraire : il faut respirer pour vivre et on ne sait pas épurer l'air. C'est aussi le milieu avec lequel l'homme a les échanges les plus importants : chaque individu respire environ 15000 litres d'air par jour.

Les polluants agissent sur la santé à court ou à long terme. Certains effets provoquent de l'inconfort ou des maux divers : mauvaises odeurs, irritations des yeux et de la gorge, toux, maux de tête, nausées, etc.

Cependant d'autres effets sont plus graves et peuvent conduire à consulter le médecin, à être hospitalisé, voire au décès pour les personnes les plus fragiles. La nature et l'importance des effets dépendent de trois facteurs : le type de polluants, les maladies préexistante et la dose reçue, (**Elichegaray, 2008**).

b. Effets sur les végétaux.

Les plantes sont exposées aux effets toxiques des polluants de l'atmosphère comme les autres êtres. Ces polluants agissent sur le métabolisme et les fonctions de base appartenant à n'importe quel être vivant. Ces effets toxiques sont, soit directs, du fait du contact de l'air, soit indirects par l'intermédiaire de substances nutritives et de l'eau polluée dans le sol. (**Barnea et Ursu ,1974**).

Les plantes souffrent d'effets nocifs plus immédiats et plus puissants que les autres êtres pour plusieurs raisons : sensibilité plus grande, capacité d'adaptation et de défense plus réduite, contacts plus étendus et presque permanents avec l'atmosphère polluée et dépendance totale des facteurs locaux pédologiques et climatiques.

Lorsque les poussières se déposent sur les feuilles, elles forment un écran entre les rayons lumineux et la feuille proprement dite et il peut s'ensuivre une modification de l'assimilation chlorophyllienne. Lorsque les poussières sont acides, les points de contact avec les cellules des fleurs et des feuilles peuvent être le siège de nécroses locales, réparties sur la face supérieure des feuilles et une perturbation de la photosynthèse, qui entraîne une dégénérescence et une diminution de la croissance (**Couach et al., 1999**).

c. Effets de serre.

Les gaz responsables du piégeage des rayons infrarouges dans l'atmosphère sont appelés gaz à effets de serre (GES). En l'absence de pollution, les principaux gaz à effet de serre sont la vapeur d'eau (H_2O), le dioxyde de carbone (CO_2) et, dans une moindre mesure, le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O). La vapeur d'eau contribue à l'effet de serre naturel pour plus de la moitié et le CO_2 pour environ un tiers. L'ensemble de ces gaz à effet de serre représente moins de 1% de la totalité des gaz composant l'atmosphère.

Malheureusement, cet équilibre fragile est menacé par la pollution atmosphérique. Les activités humaines ont entraîné une élévation des concentrations des gaz à effet de serre, créant même de nouveaux responsables comme les chlorofluorocarbures (CFC), (**Elichegaray, 2008**).

d. L'ozone stratosphérique.

D'après **Ung (2003)**, l'ozone fait partie des polluants secondaires, il est issu de réactions chimiques initiées par le rayonnement solaire, entre oxydes d'azote et composées organiques volatils. Les précurseurs de l'ozone ont pour origines le trafic automobile et l'industrie.

L'ozone contribue à l'effet de serre et aux pluies acides. C'est l'un des principaux polluants de la pollution dite photo-oxydante. C'est un gaz irritant pour les muqueuses oculaires et respiratoires, il peut limiter la capacité respiratoire.

Plusieurs composés participent aux réactions chimiques complexes qui détruisent l'ozone en altitude : les molécules de chlores et chlorofluorocarbures utilisés dans les sprays.

L'intensification du rayonnement ultraviolet au sol, augmente les risques de cataracte et de cancer de la peau. En effet, l'ozone absorbe les rayons ultraviolets les plus dangereux du soleil, capables de briser l'ADN des cellules cutanées, (**Jahnich, 2003**).

e. Les pluies acides.

Les deux principaux polluants acides des pluies sont l'acide nitrique (HNO_3) et l'acide sulfurique (H_2SO_4). Les précurseurs de l'acide nitrique sont le monoxyde et le dioxyde d'azote qui se forment, à haute température, dans les moteurs de nos véhicules et dans certains réacteurs industriels. Certaines industries utilisent un combustible riche en soufre, qui produit du dioxyde de soufre, se transformant en acide.

Les effets des retombées acides sont variés. Celles-ci détériorent la végétation, plus particulièrement les écosystèmes forestiers : le jaunissement et la chute des feuilles et des épines de sapin sur sol acide leur est attribuable en grande partie. Les pluies acides dégradent aussi les pierres des édifices des monuments, essentiellement les constructions en pierre calcaire.

Les effets des retombées atmosphériques sur les écosystèmes d'eau douce entraînent une destruction parfois irréversible de la faune et de la flore des lacs et des cours d'eau, (Elichegaray, 2008).

3.9. Les méthodes d'évaluation de la pollution atmosphérique.

a. Les méthodes physico-chimiques.

Il existe de nombreux appareils de mesure de la concentration des polluants gazeux. Leur variété permet de mesurer les concentrations momentanées ou les doses cumulatives. La majorité d'entre eux se base sur des méthodes physico-chimiques.

Les mesures spectrométriques directes ou échantillonnage passif qui fonctionne sur le principe de la diffusion de la substance dans un milieu absorbant. Le matériel spectroscopique utilisé étant coûteux, il est difficile de multiplier les points de mesures momentanées. En revanche, les capteurs passifs sont moins chers et il est possible de les installer partout, mais leur utilisation est actuellement restreinte à NO_2 et O_3 .

L'information que donnent les capteurs sur la dose totale en fonction d'un temps d'exposition limité, peut être insuffisante pour ceux qui s'intéressent aux variations journalières. De surcroît, toutes ces techniques de mesures ne sont faites que pour les polluants majeurs ; les techniques de mesures de polluants mineurs ou occasionnels n'étant que peu développées, leur application pour le contrôle courant est réduite.

De plus, il n'est jamais suffisant de connaître les concentrations de chaque polluant car leur effet sur les êtres vivants peut ne pas être simplement additif. (**Semadi, 1989**).

b. Bioindication de la pollution atmosphérique.

Les méthodes physico-chimiques ne permettent pas d'estimer les effets cumulés dans le temps, ni les effets synergiques ou antagoniques de plusieurs polluants, lorsque les concentrations de chacun d'eux sont connues. Etant conscients de ces problèmes, les chercheurs se tournent vers les organismes vivants, dont l'observation peut apporter les informations complémentaires. Un des exemples les plus parlants est l'utilisation des lichens comme « bio indicateurs » (**Semadi, 1989**).

Ces organismes complexes, qui présentent une symbiose entre les champignons et les algues, sont très sensibles à toute détérioration de l'air. Le « bio monitoring » passif avec les lichens permet de formuler des conclusions qualitatives et quantitatives quant au type et à la quantité d'importants polluants (**Arb et Brunold, 1990**).

Afin d'évaluer la pollution atmosphérique due à un polluant déterminé, plusieurs systèmes biologiques ont été proposés. Le principe de ces recherches consiste à choisir un organisme particulièrement sensible à ce polluant; la réaction spécifique de cet organisme peut être corrélée à la concentration du composé. Dans le cas où la réaction spécifique n'est pas présente, la réponse de l'organisme peut traduire l'effet de la pollution atmosphérique totale. Par exemple, la réaction de l'appareil photosynthétique à la pollution atmosphérique est largement connue.

Cette réaction se manifeste soit sous forme de changements des concentrations des pigments soit d'une diminution de l'efficacité de la photosynthèse. Cette dernière peut être estimée par l'analyse de la fluorescence de chlorophylle. Plus le système photosynthétique est endommagé, plus grande est l'énergie émise sous forme de fluorescence. De nombreux appareils de mesure ont été construits pour étudier cette réaction *in vitro* ou *in situ*. Leur application aux plantes d'une région ou aux algues d'un lac permet d'établir le niveau de contamination local de l'air ou de l'eau (**Chakharponia, 1995**).

c. Lutte contre la pollution automobile.

Dans ce cas , la prévention passe par réduction des teneurs de plomb dans les essences qui en contiennent encore (0.15g/l), ou encore sur leur suppression complète et leur substitution par l'essence sans plomb, indispensable aux véhicules pourvus d'un catalyseur capables d'éliminer grâce aux pots catalytiques les hydrocarbures non brûlés, les CO et NOx (**Nicolas, 2003**).

La limitation des fumées émises par les moteurs diesels est encouragée par l'utilisation d'un gasoil à très basse teneur en soufre dit (T.B.T.S). Il y a aussi l'utilisation de gaz naturel pour les véhicules (G.N.V) à base de méthane. Cette prévention sera aussi axée sur un contrôle rigoureux des véhicules (âgés de 4 ans et plus) et l'incitation à l'achat de véhicules électriques. (**Viala, 1998**).

IV. Transfert des polluants atmosphériques dans le sol.

Parmi l'ensemble des polluants atmosphériques rejetés par la circulation automobile (dioxyde de soufre, oxydes d'azote, ozone, oxyde de carbone, plomb, composés organiques volatiles), les particules en suspension, libérées par les véhicules diesel, peuvent représenter une part importante de la pollution des sols et des végétaux.

Ces particules fines retombent sur le sol déposées par les vents (en période de temps sec) ou sous forme de retombées humides précipitées par les pluies. Outre les particules, les apports humides contiennent alors des gaz dissous, (**Paggoto, 1999**).

La pollution de retombées atmosphériques sèches dépend essentiellement, en milieu urbain et périurbain, du type d'occupation des sols (zone commerciale, résidentielle ou industrielle) et de la proximité aux infrastructures routières.

Celle des retombées humides correspond au lessivage de l'atmosphère par les eaux météorites et concerne des teneurs en polluants variables ; les différences observées d'un site à l'autre sont souvent dues aux sources locales de pollution, à la topographie sur site, aux conditions météorologiques et aux techniques d'échantillonnages et d'analyses (**Durand, 2003 et Paggoto, 1999**).

Le retour au sol des éléments émis ne se limite pas aux zones urbaines ou industrielles. Les vents propagent et diluent ce type de pollution sur des zones vastes et parfois éloignées. Seules les particules les plus lourdes séjournant peu de temps dans l'air, se déposent sur le sol au voisinage de leur lieu d'émission, c'est le cas de quelques particules des gaz d'échappements (moteur diesel notamment) (**Durand 2003**).

GENERALITE SUR LA POLLUTION DU SOL

1. Le sol.

Le sol, support de la plus grande part des activités humaines et des productions végétales, est un compartiment majeur de l'écosystème terrestre, à l'interface de l'atmosphère, de l'hydrosphère, de la lithosphère et de la biosphère. Il joue en effet un rôle très fondamental dans le « fonctionnement » des cycles biogéochimiques des éléments minéraux majeurs et en traces dans le cycle de l'énergie et celui de l'eau en contribuant, pour cette dernière, à sa qualité. Le sol, réacteur biogéochimique complexe (multiphasique, interactif) assure ainsi des fonctions de transformation, de transfert et d'accumulation, toute en pouvant aussi subir des modifications importantes et rapides d'origine naturelle ou anthropique (dégradation, érosion, changement d'usages...).

Le sol peut ainsi, en fonction des objectifs visés et du rôle attribué, recevoir des définitions pédologiques, hydrogéologiques, mécaniques, agronomiques, (**Bourrelier, Berthelin et Pedro, 1998**).

Selon **Calvet, (2003)**, le sol est un support mécanique, celui des pas, le substrat ou l'on marche, mais aussi celui des bâtiments, des machines et des engins motorisés, (c'est une attitude très pragmatique et probablement aussi très spontanée).

Morel, (1989), définit le sol comme un milieu plus ou moins meuble, situé en surface de la croûte terrestre, et sur lequel dans des conditions climatiques convenables, peuvent se développer les espèces végétales très diverses qui recouvrent les terres émergées. Un volume de sol est constitué d'éléments solides, liquides et gazeux.

- **La phase solide.**

Elle Comprend des constituants minéraux et organiques :

- la fraction minérale rassemblant des particules de dimensions, de forme et de composition variée (graviers, sables, particules très fines telle que le limon fin et l'argile).
- La fraction organique formée d'organismes vivants divers (racines, micro-population, faune du sol), de résidus organiques à différents stades de leur évolution : fragments de tissus, macromolécules de poids moléculaires élevés, molécules simples.

- **La phase liquide.**

La phase liquide du sol n'est pas de l'eau pure, mais est une solution dont la composition est complexe et très variable, qui remplit partiellement ou totalement les espaces libres compris entre les particules solides (**Duchaufour, 2001**).

- **La phase gazeuse.**

Elle est composée par des gaz tels que l'O₂, CO₂, N₂, NO, N₂O, NH₃, CH₄, H₂S, et parfois des composés organiques volatiles. Cette phase occupe les espaces libres laissés entre les particules solides et qui ne sont pas remplis par la phase liquide (**Gury, 1990**).

2. Les éléments constitutifs du sol.

Le sol comprend des éléments organiques (éléments minoritaires) et des éléments minéraux (qui constituent la majeure partie de sa masse). (**Duchaufour, 1995**).

2.1 Les éléments organiques.

Il existe plusieurs catégories de constituants organiques. (**Oades, 1998 ; Stevenson, 1999 ; Baldock et Nelson, 2000**).

a. Les constituants vivants.

Ils sont représentés par les tissus végétaux, principalement les tissus vivants des plantes, mais certains auteurs incluent également dans cette catégorie les tissus des végétaux morts restant debout à la surface du sol (arbres morts encore dressés). Les animaux du sol comprenant la microfaune, la mésofaune et la macrofaune et la biomasse microbienne qui correspond à la microflore vivante du sol c'est à dire, les bactéries, les champignons, les actinomycètes et les algues. (**Baldock et Nelson, 2000**).

b. Les constituants non vivants.**• La matière organique particulaire.**

Se présente évidemment sous forme de particules plus ou moins grandes et sont des fragments de tissus dans lesquels des structures cellulaires sont reconnaissables. On la divise en générale en plusieurs fractions, en se basant, soit sur les dimensions des particules, soit sur leurs masses volumiques. (**Duchaufour, 1995**).

• La matière organique moléculaire.

Constituée par des molécules de tailles très diverse plus ou moins associées entre elles et produites par les transformations chimiques des constituants tissulaires (**Andreux, 2004**) :

2.2. Les éléments minéraux.

Selon la taille des particules du sol, la fraction fine peut être composée des éléments suivants:

a. Les sables.

Fragments de roches stables chimiquement abondants dans la partie grossière du sol, ne jouent aucun rôle dans la fertilisation des sols; leur rôle est surtout physique, car ils maintiennent l'organisation morphologique du sol. (**Benslama, 2005**).

b. Les limons.

L'ensemble des constituants dont la taille comprise entre 02-20 μm , ils sont de nature chimique variable. Ils sont instables et jouent un rôle très important dans la fertilité des sols. Les limons peuvent être dégradés en fragments plus fins; ou ils peuvent évolués par glomération ou agrégation. (**Benslama, 2005**).

c. Les argiles.

Ce sont des fractions fines dont la taille est $< 2\mu\text{m}$. Résultantes d'altération des roches, transformations secondaires, et elles sont les fractions les plus actives du sol. (**Benslama, 2005**). Les argiles jouent un grand rôle dans la formation d'agrégats dont elles constituent, avec la matière organique et les ciments. Les argiles jouent un rôle très important dans la stabilité du sol. (**Duchaufour, 1995**).

3. Les caractéristiques du sol.**3.1 Les caractéristiques physiques.****a. La texture.**

La texture du sol exprime la répartition proportionnelle des éléments minéraux constitutifs. La texture est déterminée sur le terrain, par un simple touchet et au niveau du laboratoire, par l'analyse granulométrique. On classe les éléments constitutifs du sol en divers catégories selon le tableau suivant (Tableau 5).

Tableau (5) : Classification granulométrique (Dajoz, 1985 – Duchaufour, 1995).

Les éléments constitutifs	Diamètre
Les graviers	> 2 mm
Les sables grossiers	0.2 à 2 mm
Les sables fins	0.2 à 0.02 mm
Les limons	0.02 à 0.002 mm
Les colloïdes minéraux essentiellement l'argile	< 2 microns

En fonction de l'importance de chaque fraction granulométrique, le comportement texturale du sol change, c'est pour cette raison qu'on définit plusieurs classes texturales.

Il est possible de regrouper les textures en quatre classes fondamentales, qui permettent de définir les principales propriétés du sol. (**Anderux et Portal, 1990**).

Texture sableuse.

Sol bien aéré, facile à travailler, pauvre en réserve d'eau, pauvre en éléments nutritifs, avec une faible capacité d'échange. (**Brabant, 1989**).

Texture limoneuse.

L'excès de limon et l'insuffisance d'argile peuvent provoquer la formation d'une structure massive, accompagnée de mauvaises propriétés physiques ; cette tendance est corrigée par une teneur suffisante en humus et calcium. (**Delecour, 1981**).

Texture argileuse.

Sol chimiquement riche, mais à mauvaise propriété physique ; milieu imperméable et mal aéré ; formant obstacle à la pénétration des racines ; travail du sol difficile, en raison de la forte plasticité (état humide), ou de la compacité (état sec). Une bonne structure favorise par l'humification qui corrige en grande partie ces propriétés défavorables. (**Duchaufour, 1995**).

Texture équilibrée (ou franche).

Elle correspond à l'optimum, dans la mesure où elle présente la plus grande part des qualités des trois «03» types précédents, sans avoir les défauts, exemple de granulométrie favorable à la culture : 25 % d'argiles, 30 % à 35 % de limons, 40 à 45 % de sables. (**Loyer, 1991**).

b. La structure.

Elle correspond à la façon dont les minéraux sont agencés. On distingue trois grands types de structures :

- Particulaire : Sol à texture grossière, sable ou sable limoneux.
- Massive : éléments liés par un ciment.
- Fragmentaire : Classées suivant la forme de l'orientation préférentielle des fentes de retrait, en agrégat, grumeaux ou polyédrique, très favorable aux cultures (**Loyer, 1991**).

c. La porosité.

La porosité constitue un paramètre édaphique important qui combine les critères propres à la texture et à la structure ; la porosité peut se définir comme le volume des vides du sol.

d. L'atmosphère du sol.

Le sol a la même composition en gaz que l'atmosphère, mais elle peut être libre ou liée (soluble dans la solution du sol).

3.2 Propriétés physico-chimiques.

a. pH.

Exprime l'acidité actuelle, c'est le cologarithme de la concentration en ions H^+ de la solution du sol. Le pH varie entre 0 et 14. La solution est acide, neutre ou basique suivant que le pH est inférieur, égal ou supérieur à 7, (**Duchaufour, 1995**).

b. Le complexe adsorbant.

On désigne par l'expression complexe adsorbant, l'ensemble des colloïdes au sens large du terme, en composés humiques et argileux dotés de charges négatives susceptibles de retenir les cations sous la forme dite échangeable, c'est à dire pouvant être remplacés par d'autres cations, dans certaines conditions précises, (**Duchaufour, 2001**).

c. La solution du sol.

La réserve en eau du sol assure la quasi-totalité des besoins en eau de la plante : selon les espèces végétales, il faut de 200 à 800 litres d'eau pour former un kilo de matière sèche. Par ailleurs l'eau dissout les éléments nutritifs pour constituer la solution du sol.

4. La pollution du sol.

La pollution des sols et sous sols, résulte des conséquences cumulées au cours du temps des diverses activités humaines tant industrielles, qu'agricoles, urbaines, militaires...

Cette contamination trop négligée jusqu'à une époque récente est préoccupante par ses conséquences sanitaires, environnementales et socio-économiques. Ce type de pollution se caractérise par des difficultés spécifiques d'identification, d'accessibilité, d'hétérogénéité des sources et des sites concernés.

Selon le Ministère chargé de l'environnement, la pollution des sols est définie comme suit : « c'est un site présentant un risque, réel ou potentiel, pour la santé humaine ou l'environnement du fait d'une pollution de l'un ou l'autre des milieux, résultant de l'activité actuelle ou ancienne », (**Colin, 2000**).

5. Principales sources de la pollution du sol.

5.1 L'utilisation des pesticides.

L'appellation « pesticides » ou « produits phytosanitaires » recouvre des substances de natures chimiques très diverses dont la plupart sont utilisées en agriculture contre les parasites et les adventices de culture. L'agriculture n'absorbe toutefois qu'une partie de la production, ces produits étant largement utilisés par les industries (protection des textiles et du bois...), par les particuliers et même sur le territoire rural pour des usages non agricoles (désherbage des routes et des voies ferrées, démoustication...).

Il est nécessaire de relativiser la notion de pollution des sols par les pesticides dans la mesure où leur toxicité est voulue. Il faut prendre en compte leurs effets sur les organismes du sol et sur la végétation ainsi que leur passage éventuel dans les eaux souterraines et dans les rivières, (**Stengel et al., 1998**).

5.2 Les eaux d'irrigation.

L'irrigation, qui s'est fortement développée depuis 40ans et, plus précisément, une mauvaise gestion de l'eau dans les périmètres irrigués sont les principaux facteurs de salinisation des sols. On estime que, chaque année, 10million d'hectares sont perdus pour la culture du fait de ce phénomène (à comparer aux 3031 millions d'hectare cultivables).

La salinisation peut être due à la qualité même d'eau d'irrigation trop chargées en sels. Souvent, ce sont des excès d'apport en eau qui sont en cause par la remontée de la nappe qu'ils provoquent. Les mécanismes de remontée capillaire, sans conséquence tant que la nappe était profonde, jouent alors à plein et les sels dissous dans la nappe, même s'ils sont peu concentrés viennent précipiter dans la partie du sol colonisée par les racines. Ces phénomènes sont particulièrement importants lorsque les conditions climatiques favorisent l'évapotranspiration (les zones arides) et lorsque le drainage est déficient. (**Cheverry , Bourrié et al., 1992 ; Szabolcs, 1994**).

5.3 Les retombées atmosphériques.

La circulation automobile à cause de la combustion de ses carburants, de l'usure des routes, des pneus et des systèmes de freinage, est à l'origine de l'émission dans l'atmosphère de nombreux contaminants : plomb, cadmium, zinc... C'est la principale source de rejet de plomb dans l'atmosphère. La contamination des sols le long des axes routiers est maintenant bien connue, (**Dumont et Vernette, 1974**).

6. Contamination des sols par les métaux lourds.

L'expression « métaux lourds » est souvent employée à tort pour désigner les éléments-traces. Les métaux lourds ont d'abord été définis d'après leurs propriétés de combinaison avec les sulfures, qui donne des solides denses, très peu solubles. On peut considérer aujourd'hui qu'il s'agit d'éléments métalliques de masse atomique élevée, réagissant sous forme cationique niveau d'orbitales électroniques polarisables « déformables ».

De leurs propriétés découlent leurs usages, en électricité, électronique, pour le traitement de surfaces métalliques et le renforcement de matières plastiques. Du fait de leur toxicité, ils sont également employés, pour la protection des cultures (pesticides), dans des peintures de coques de bateaux, etc... Ces propriétés de toxicités expliquent ainsi la connotation négative du terme « métaux lourds ». (**Stengel, Gelin et al., 1998**).

6.1 Sources de contamination du sol par les métaux lourds.

a. Les sources naturelles.

Tout comme les sols minéraux, les métaux lourds doivent être appréciés par apport à la composition chimique naturelle, la texture et la minéralogie de chaque cours d'eau qui varie d'un type à l'autre. (**Karen et al., 1996**).

Les métaux lourds proviennent de l'érosion des roches et sont présents dans le milieu naturel en très petite concentration. Provenant aussi de l'activité volcanique l'altération des continents et les incendies de forêts. (**Maas, 1987**).

La contribution des volcans peut se présenter sous forme d'émissions volumineuses mais sporadiques dues à une activité géothermique et du dégazage du magma.

Les principales sources de mercure atmosphérique par exemple, proviennent du dégazage des terres et des océans. (**Biney et al., 1994**).

b. Les sources anthropogènes.

Les métaux lourds comme cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, et Zn sont des particules présents dans les eaux industrielles, agricoles, et domestique. Chacune de ces eaux apporte aux différents écosystèmes, des concentrations croissante des métaux lourds, cela porte préjudice à l'activité écologique des populations micro-et macroscopiques qui est affectée sur des voies spécifiques. (**Dubey et al., 1988**).

La contamination des sols par les métaux lourds (plomb, cadmium, zinc, cuivre...) est le plus souvent imputable à l'action de l'homme. Leur origine est multiple: retombées atmosphériques, dépôts de déchets, engrains, lisiers, habituellement riches en cuivre, produits phytosanitaires. En France et au Danemark, par exemple, on estime que 60 % à 70% des apports en cadmium des sols proviennent des engrais phosphatés. Les activités industrielles et urbaines ainsi que les transports peuvent localement être à l'origine de fortes concentrations. Ainsi, autour d'implantations industrielles ou minières, la teneur en métaux lourds peut atteindre 20 à 30 fois la teneur d'un sol normal. (**Arrouays, Martin et Baize, 1999**).

A proximité des axes routiers, les éléments métalliques proviennent principalement de la pollution chronique en particulier, (**Durand, 2003**) :

- Le plomb, utilisé comme antidétonant, dont l'usage est interdit depuis janvier 2000 suite à l'arrivée sur le marché des pots catalytiques et avec eux des rejets dans l'environnement de nouveaux éléments comme le platine et le palladium.

- Le cadmium, provenant d'impuretés contenues dans les additifs à base de zinc et entrant dans la composition des huiles et des pneus.
- Le zinc, issu de la corrosion des glissières se sécurisé par les composés acides.

6.2 Transfert des métaux lourds.

L'analyse des transferts des métaux lourds dans les sols, par le haut (dans les plantes) ou par le bas (vers les nappes phréatiques) est essentielle à la détermination des risques pour la santé et l'environnement. Elle se heurte cependant à deux difficultés principales.

Les propriétés des sols se modifient sur des périodes de temps extrêmement longues, beaucoup plus longues que les modifications sur l'eau et l'air, mesurables de façon quasi instantanée. Une durée qui exige une mise en perspective, un suivi scientifique rigoureux, sur plusieurs années, voire sur plusieurs générations. En d'autres termes, s'il est possible de connaître le volume et l'évolution des émissions atmosphériques, même sur de très longues périodes (par prélèvements et analyses de carottes des glaces), il n'est pas possible de connaître l'évolution d'une pollution des sols.

L'analyse des risques dépend des affectations et usages du sol. Bien évidemment, les risques ne sont pas les mêmes si un site pollué sert à construire un entrepôt ou un parking, s'il est utilisé pour des habitations ou une école, ou s'il se situe au-dessus d'une nappe phréatique. Or, ces affectations évoluent dans le temps. (**Varet, Brgm, 1999**).

6.3 Le devenir des métaux lourds.

Il dépend de nombreux facteurs parmi lesquels la nature du sol et son acidité. Dans les sols acides et pauvres en humus de composition mécanique faible, les métaux lourds ne s'accumulent pas ils sont transférés vers les nappes phréatiques et les fleuves et/ou absorbés par les plantes et présentent alors un risque pour la santé. (**Jones, Hinesly et al., 1975**).

Dans les sols basiques riches en humus piègent les métaux lourds, il n'y a donc pas de risque immédiat pour la santé mais le sol est contaminé durablement et la concentration en métaux lourds augmente avec les années. Ces derniers sont susceptibles d'être relargués quand l'environnement est modifié et constituent ainsi une véritable bombe à retardement, une fois relargués dans l'environnement ces métaux lourds peuvent persister des années, augmentent la probabilité d'intoxication humaine.

On les retrouve principalement dans les eaux usées industrielles et municipales, les précipitations atmosphériques, les eaux provenant de l'activité agricole, les aliments, légumes, céréales, fruits, poissons peuvent être contaminés par accumulation du toxique à partir du sol ou de l'eau.

Certains lichens ou mousses sont couramment utilisés pour surveiller les métaux lourds dans l'environnement et souvent de bio-indicateurs.

Les métaux présents dans l'eau et l'environnement terrestre sont des éléments nécessaires au fonctionnement normal des plantes et des animaux, ils jouent un rôle important dans la transformation de la matière, principalement dans les mécanismes enzymatiques.

Une faible concentration de ces éléments dans l'environnement a généralement un effet positif et stimule l'activité des organismes vivants. (**Kirkham, 1977**).

Objectif du travail.

Dans cette thématique, les recherches envisagées visent à évaluer la pollution atmosphérique suivie de son impact sur le milieu environnemental à savoir :

- Etablir une enquête épidémiologique au niveau de la Wilaya de Annaba afin d'évaluer l'impact de la pollution automobile sur la santé publique.
- Déterminer les effets des polluants dégagés par les tuyaux d'échappement sur les paramètres morphologiques et biochimiques du blé dur (*Triticum durum Desf*).
- Evaluer le transfert des polluants issus des gaz d'échappement dans le sol.

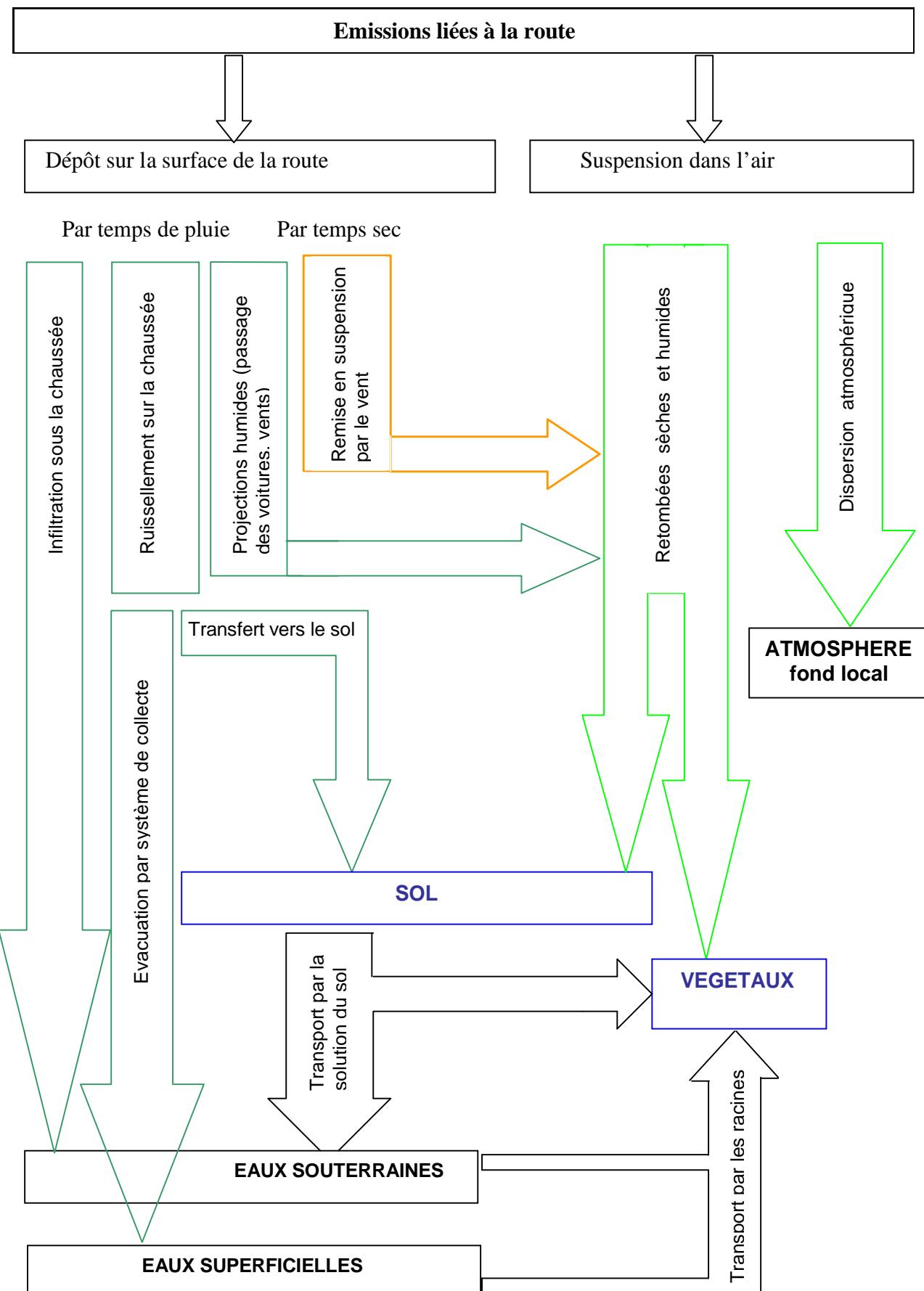


Figure 1 : Principales voies de dispersion des polluants émis en milieu routier (Paggoto, 1999).

Chapitre II :
Matériel et méthodes

I – Présentation de la région d'étude.

1. Aperçu géographique et climatique.

1.1 Localisation géographique.

Située au Nord Est du Pays, et distante d'environ 700 Kms d'Alger; Annaba qui est la plus vieille Wilaya côtière d'Algérie s'étend sur une superficie de 1393,20 km². Elle est limitée par la mer Méditerranée au Nord, à l'Est par la wilaya d'El Taref, à l'Ouest par la wilaya de Skikda et au Sud par la wilaya de Guelma, (**DPAT, 2010**).

La wilaya d'Annaba est organisée administrativement en 12 communes, de 6 Dairas.

Tableau (6) : Organisation administrative de la wilaya de Annaba, (DPAT, 2010).

Daira	Communes	Superficie (km ²)
Annaba	Annaba	50
	Seraidi	110
El Bouni	El Bouni	95,18
El Hadjar	El Hadjar	64,74
	Sidi Amar	44,90
Chétaibi	Chétaibi	136,52
Ain Berda	Ain Berda	139,60
	El Eulma	165,35
	Cheurfa	97,19
Berrahal	Berrahal	174,14
	Oued Aneb	191,53
	Treat	124,05
Total Wilaya	12	1393,20



Figure (2) : Localisation géographique de la région d'étude (Annaba).

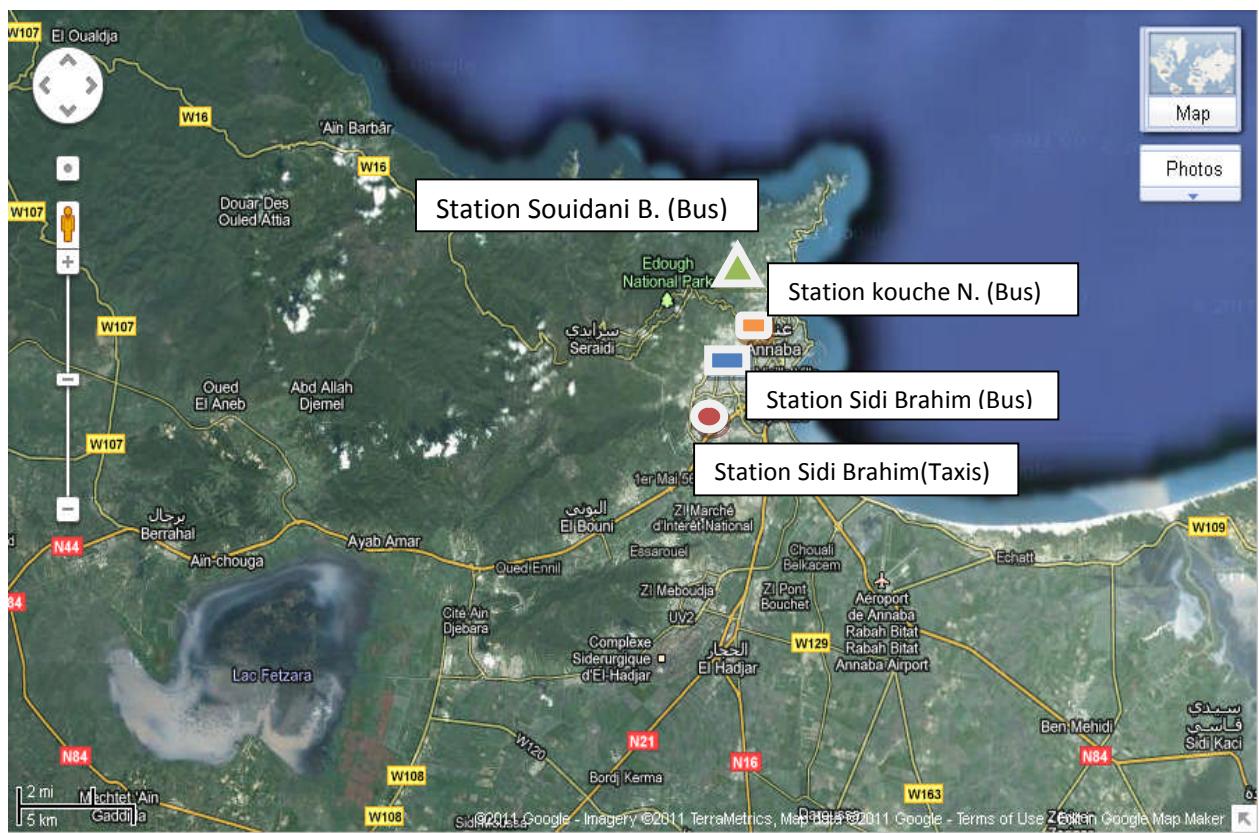


Figure (3) : Localisation géographique de la région d'étude (Annaba).

(Source : Google Earth 2011)

1.2. Topographie.

L'espace vital de la Wilaya se répartit en trois principales zones nettement différenciées et distinctes l'une de l'autre il s'agit de :

La zone côtière.

Elle s'étend de la Wilaya d'El Taref à l'Est, jusqu'aux limites de la Wilaya de Skikda à l'Ouest sur 80 Kms, elle se caractérise par la diversité avérée de ses ressources halieutiques.

La zone des plaines.

Elle est située au sud de la zone côtière (Plaine de kheraza) et occupe près de 20% du territoire, et grâce à la fertilité de ses terres 25.82% de sa superficie est consacrée à l'agriculture particulièrement la céréaliculture, et l'arboriculture.

La zone des montagnes.

Elle occupe 52% du territoire de la Wilaya et se distingue par le Massif de l'Edough avec son plus haut sommet connu sous le nom de Bouzizi et qui atteint 1008 mètres d'altitude, sa superficie est essentiellement couverte de forets, cette région est connue pour l'élevage du bétail.

1.3. Climatologie.

La région d'Annaba est soumise à un climat de type méditerranéen caractérisé par une alternance d'une saison humide fraîche avec un été chaud et sec.

Les données climatiques rapportées dans notre travail nous ont été fournies par la station d'observation météorologique d'Annaba Les Salines.

1.3.1 Température.

La température est un des caractères les plus sensibles du climat, elle constitue un des facteurs déterminants du comportement des végétaux dans leur milieu, aussi en interaction avec les autres facteurs climatiques (humidité, évapotranspiration, précipitation...) et biologiques (développement de la végétation...), elle détermine les caractéristiques écologiques de la région.

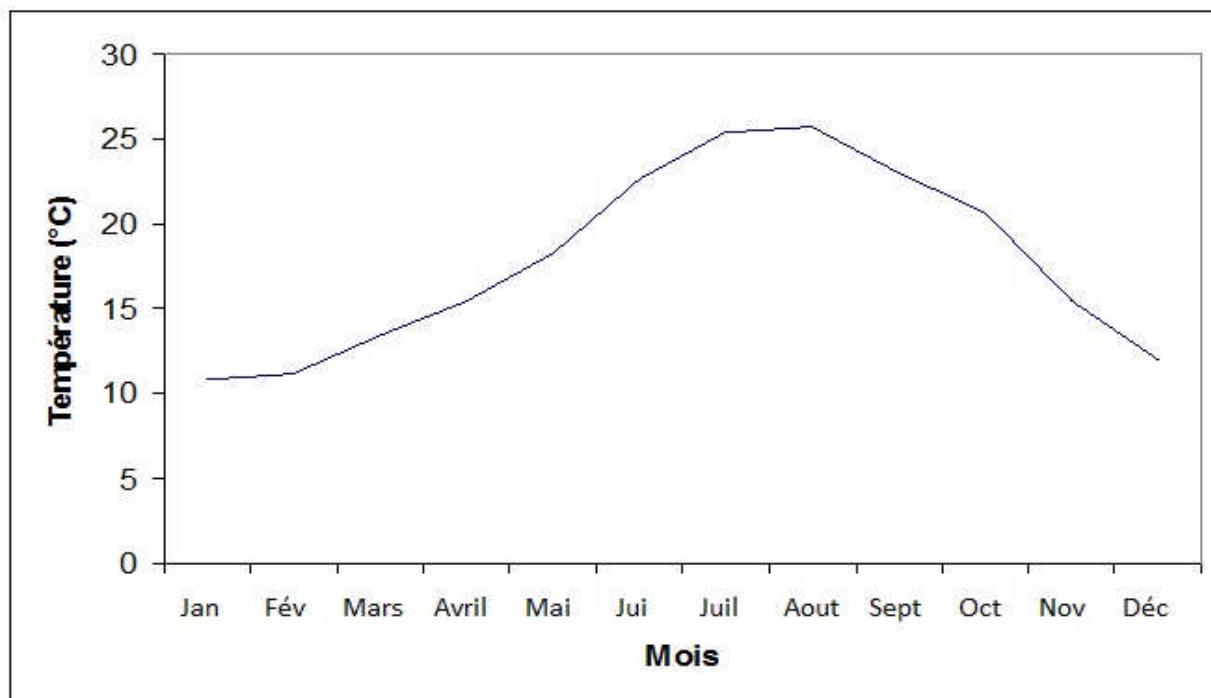


Figure (4) : Moyennes mensuelles des températures enregistrées au niveau de la station les Salines Annaba (1998-2009).

Les données enregistrées des températures moyennes mensuelles de la région de Annaba sont représentées sur la figure (4). Elles révèlent deux périodes :

- Une période où la température croît progressivement du mois de Mai jusqu'au mois d'Août.
- Une période où la température décroît du mois de Septembre jusqu'au mois de Février.

1.3.2 Pluviométrie.

Les pluies en Algérie sont d'origine orographique, (**Seltzer, 1946**), le gradient altitudinal de la température va donc fortement conditionner la pluviométrie dans cette région. Ce paramètre est important du fait qu'il conditionne l'écoulement saisonnier et le régime des cours d'eau.

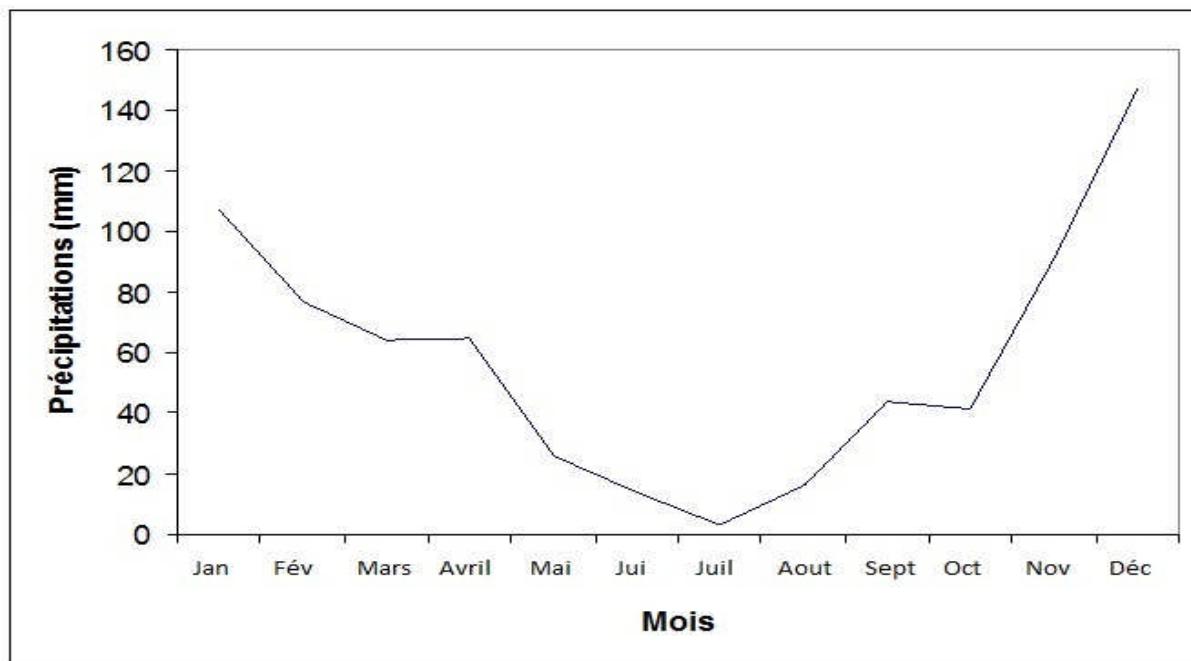


Figure (5) : Moyennes mensuelles des pluviométries enregistrées au niveau de la station les Salines Annaba (1998-2009).

La figure (5), montre que le mois le plus arrosé est le mois de Décembre avec 147,2mm par contre le mois le moins pluvieux est le mois de Juillet avec 3,11mm. En général, les précipitations dans la région d'Annaba sont relativement abondantes.

1.3.3 L'évaporation.

Les valeurs de l'évaporation moyenne mensuelle de la région d'Annaba sont représentées dans la figure (5).

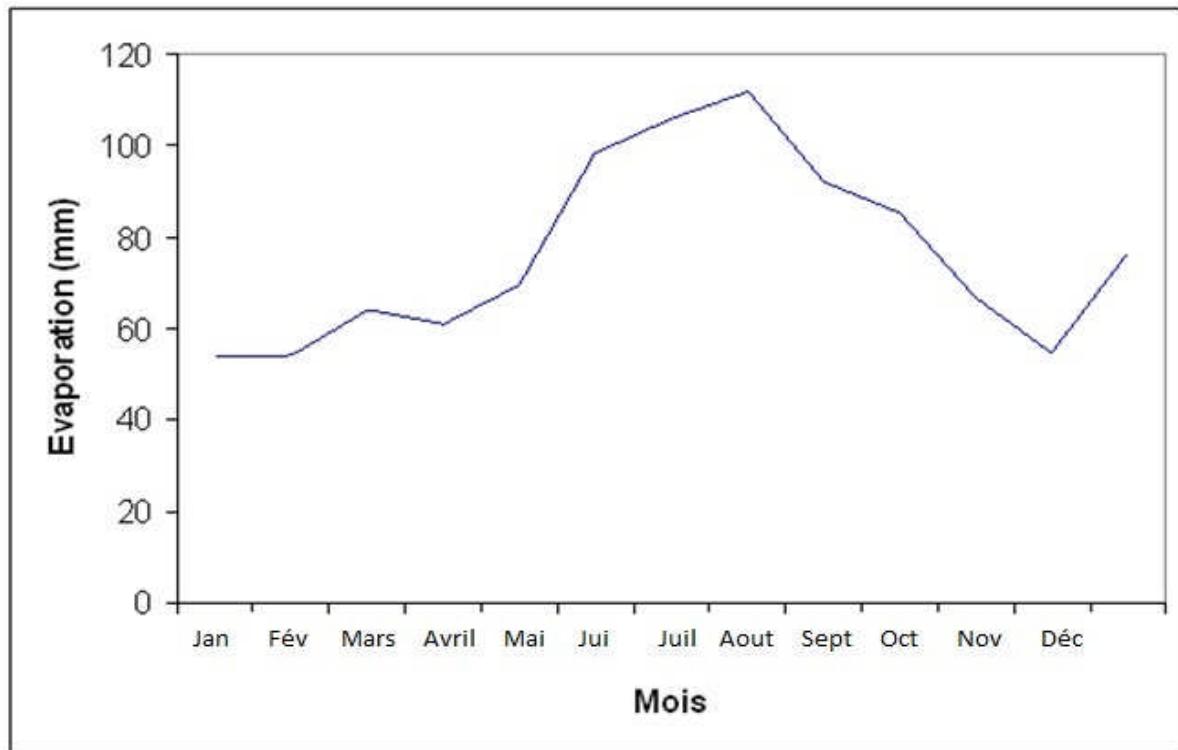


Figure (6) : Moyennes mensuelles de l'évaporation enregistrées au niveau de la station les salines d'Annaba durant la période (1998 – 2009).

La figure (6), montre une évaporation très élevée pendant toute l'année, exceptionnellement en période estivale où elle varie entre (153 et 180 mm). Cette augmentation est due essentiellement à l'élévation de la température, qui provoque à son tour une évaporation intense de l'eau de mer et des cours d'eaux superficiels, notamment oued Seybouse et oued Méboudja, engendrant ainsi une augmentation de l'évapotranspiration de la couverture végétale du massif de l'édough.

1.3.4 Vent.

Le vent est un phénomène naturel caractérisé par la masse d'air qui se déplace suivant une direction déterminée. En général, il influe sur le déplacement des sables et autres particules fines et accentue l'évapotranspiration.

Le Tableau (7), regroupe les données relatives aux directions des vents enregistrées au niveau de la station les salines d'Annaba.

Tableau (7): Directions des vents enregistrées au niveau de la station des salines d'Annaba durant la période (2005-2009).

Classe	Nord	Nord Est	Est	Sud Est	Sud	Sud Ouest	Ouest	Nord Ouest
1 – 5 m/s	8.8	7.9	2.9	2.7	8.9	17.5	7.2	3.1
6 – 10 m/s	7.2	6	0.6	0.2	0.7	3.8	3.9	2.1
11- 15 m/s	0.4	0.1	0	0	0	0.1	0.3	0.2
Sup –16 m/s	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	16.4	14	3.5	2.9	9.6	21.4	11.4	5.4

On constate que les moyennes des vitesses des vents obtenues, varient entre 2,9 et 21,4 m /s et la direction des vents dominants est Sud-Ouest. On observe aussi la direction des pollutions est l'inverse de celle de la rose des vents, ce qui nous permet de conclure que la direction des effluents au niveau de la région de Annaba est plutôt Nord -Est.

Dans les zones littorales, comme dans notre cas, les vents sont influencés par les phénomènes des diverses brise. La brise de terre repousse les polluants vers la mer en période de nuit jusqu'au début de la matinée, puis la brise de mer ramène les effluents vers la terre, pendant le jour est suivi par une brise descendante, qui maintient les polluants sur la ville.

1.4 Hydrologie.

La wilaya d'Annaba dispose d'un réseau hydrographique assez dense, il est cité à ce titre :

- Le lac de Fetzara qui s'étend sur 18.670 ha.
- Oued Seybouse ; Cours d'eau d'une longueur de 127,5 Km. Il prend sa source à Medjez Amar dans la Wilaya de Guelma et se jette dans la mer au sud de la ville de Annaba.

2. Aperçu socioéconomique.

2.1. Population.

En termes de démographie, la Wilaya de Annaba abrite une population de 609.499 habitants en majorité, résident en zone urbaine (72.56% de la population totale). La Densité moyenne avoisine les 437hab/km² et le taux d'accroissement annuel moyen est de l'ordre de 0.90%. (**DPAT, 2010**).

Tableau (8) : Evolution de la population dans la wilaya d'Annaba (**D.P.A.T., 2010**).

Années	population
1966	173574
1977	350000
1987	455888
1998	559896
2008	609.499
Estimation 2010	621.021

2.2 Secteur industriel.

Annaba dispose d'un potentiel industriel très riche et diversifié, considérée comme la capitale de l'acier elle se présente désormais comme étant un centre polyindustriel des plus importants du pays. Ce pôle industriel est composé principalement du complexe sidérurgique d'El Hadjar (ARCELOR MITTAL) et celui d'engrais phosphatés et azotés ASMIDAL (FERTIAL,KIMIAL,et SOMIAS), autour desquels gravitent 84 unités employant 19939 salariés et activant dans le domaine de la sidérurgie, chimie , agro-industriel et la transformation du papier , plastique et verre. (**DPAT, 2010**).

2.3 Secteur du transport.

Annaba après Alger, est l'une des wilayas du pays, où le taux de motorisation est le plus élevé, par rapport à Oran et Constantine.

La forte croissance du parc automobile, nous laisse penser que la wilaya de Annaba présente toutes les caractéristiques d'une région à risque élevé d'une pollution atmosphérique d'origine automobile, surtout que l'achat des véhicules neufs est facilité grâce au crédit bancaire, (**DPAT, 2010**).

2.4 Secteur du tourisme.

Grâce à sa position géostratégique, ses potentialités naturelles, ses diverses infrastructures, et son histoire, les atouts d'Annaba la hisse en pôle industriel et touristique par excellence, il s'agit notamment d'une ouverture sur le bassin Méditerranéen, sur une côte de 80kms de long et d'un potentiel touristique exceptionnel, base d'un futur essor du tourisme balnéaire (multitude de petites plages notamment celles Sidi Akacha à Chetaibi, Djenane El Bey à Seraidi et Ain Achir à Annaba ainsi l'une des plus belles baies du monde, la Baie de Chetaibi.).

2.5 Secteur de l'éducation.

La wilaya représente une technopole universitaire à large rayonnement en mesure d'accompagner et de soutenir au plan scientifique et au plan de l'encadrement l'expansion économique et sociale. Elle est organisée en 7 facultés regroupant près de 50.586 étudiants, (**DPAT, 2010**).

II. Enquête épidémiologique.

1. Le parc automobile.

Nous nous sommes rendus auprès de la direction de la réglementation et de l'administration générale (D.R.A.G.), au sein du siège de la wilaya de Annaba dans le but de nous renseigner sur le nombre du matériel roulant existant durant la période (2000-2010).

2. Les stations de transport.

Durant notre enquête, nous nous sommes intéressées aux stations de transport qui représentent à notre avis des points de concentration de la pollution de l'air par la fumée dégagée par les véhicules.

Nous nous sommes donc adressés à la direction du transport de la wilaya de Annaba où nous avons pu avoir les renseignements concernant le nombre de stations, leur superficie, leur capacité et le nombre de bus et taxis partant et arrivant par jour, ainsi que le nombre de quais.

Les principales stations de transport au niveau de la région d'Annaba sont aux nombres de quatre :

- La station de transport Sidi Brahim des taxis inter-wilaya.

Située à l'entrée Ouest de Annaba, elle se trouve être une station de transport inter-wilayas.

- La station de transport Sidi Brahim de bus inter-wilaya.

La station se situe à 300 mètres environ de la station de taxis, est aussi une station inter-wilayas.

- La station de transport Kouche Nourdinne de bus.

C'est une station de transport interurbain, se situant à environ 500mètres de la station de bus Sidi Brahim.

-La station de bus Souidani Boudjema de bus.

Se trouvant au centre ville, c'est une station de transport urbain.

3. Impact de la pollution automobile sur la santé publique.

Pour avoir une idée plus précise de l'impact du trafic routier sur la santé publique, nous avons consulté le service du centre de calcul (sous direction de la prestation) de la caisse nationale d'assurance sociale.

Les renseignements qui nous ont été donnés par le service du centre de calcul, concernent le nombre de cas déclarés asthmatiques et cardiaques, après visite médicale durant la période (2006-2010).

II- Protocole expérimental.

1. Matériel biologique.

Le matériel biologique utilisé dans ce travail est un végétal supérieur de la classe Monocotylédone : le blé dur (*Triticum durum, Desf*). La variété choisie est Hoggar appelée aussi Vitron, Cette variété présente une résistance importante vis à vis des contaminants de l'air (**Meksem et al., 2007**).

Les graines de blé proviennent de l'**O.A.I.C.** d'El Hadjar, elles appartiennent à la catégorie de semence R1, compagnie agricole (2008/2009), région de Skikda.

2. Culture des graines.

La culture des graines de blé est réalisée *in vitro* selon la méthode de (**Kaur et Duffus 1989**).

Les graines sont d'abord imbibées dans une solution d'eau javellisée (hypochlorite de sodium NaOCl) pendant une minute, pour stériliser leur surface, puis rincées cinq fois avec de l'eau distillée. Elles sont méticuleusement choisies avant leur utilisation (pas de cassure ni de signe apparents de maladies).

Ensuite les graines sont semées dans des pots remplis de sol provenant de la région d'El Kala en raison de 5 graines par pot, les plantes ont été cultivées à l'air libre et irrigués un jour sur deux à l'eau de robinet.

3. Traitement de graines de blé.

Après germination et au stade de trois feuilles, les pots sont mis dans une boîte d'un volume de (0,096 m³) ayant une entrée qui est liée directement au tuyau d'échappement d'un camion, et une sortie pour éviter l'asphyxie des plantes.

Ces pots sont au nombre de 40 : 10 témoins, 10 pots sont exposés pendant 5minutes à la fumée d'échappement, les 10 autres sont exposés pendant 15 minutes, et les 10 restants pendant 30 minutes.



Figure (7) : Exposition des plantes à la fumée du tuyau d'échappement du camion.

III. Paramètres étudiés.

1. Paramètres physiques.

1.1 Surface foliaire.

Elle est déterminée par une méthode traditionnelle qui consiste d'une part, à reproduire la feuille de blé sur papier, qui est ensuite pesée (P_1), et d'autre part, à couper un carré de (1cm) de cotés du même papier et de le peser (P_2) ; on en déduit la surface assimilatrice (**Paul et al., 1979**).

1.2 Détermination du rapport matière fraîche/matière sèche (MF/MS).

Après avoir prélevé des échantillons frais, nous avons pesé 1 gramme de ces échantillons (matière fraîche MF) puis mis à l'étuve à 105°C pendant 72h, enfin ces derniers sont repesés pour déterminer la matière sèche (MS), ainsi le rapport MF/MS est établi.

$$\text{IP} = \text{MF/MS}$$

La variation spatio-temporelle de ce rapport nous renseigne sur la pureté de l'air du site en question, « *Indice de pollution* ».

2. Paramètres biochimiques.

2.1 Dosage de la chlorophylle.

La teneur en chlorophylle a été déterminée par la méthode traditionnelle de (**Holden, 1975**), basée sur une macération du végétal dans l'acétone, ce traitement des échantillons se fait comme suit :

- A partir de la feuille étendant, on pèse 1 gramme de végétale (feuille), qui est coupée en petits morceaux et broyé dans un mortier avec 25ml d'acétone ($\text{CH}_3\text{COHCH}_3$) titré à 80% et environ 100mg de carbonate de calcium (CaCO_3).
- Après broyage total, la solution filtrée et mise dans des boîtes noires pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière.
- La lecture se fait aux deux longueurs d'onde 645 et 663nm, les valeurs obtenues sont multipliées par 25, après étalonnage de l'appareil avec la solution témoin d'acétone à 80% et en se basant sur la formule de (**Arnon, 1949**).
- la formule relative au solvant, nous permet de calculer les valeurs des chlorophylles :

$$\text{Chl.a} = 12.7 (\text{D.O663}) - 2.69 (\text{D.O645})$$

$$\text{Chl.b} = 22.9 (\text{D.O645}) - 4.68 (\text{D.O663})$$

$$\text{Chl.a} + \text{Chl.b} = 8.02 (\text{D.O663}) + 20.2 (\text{D.O645})$$

2.2 Dosage de la proline.

La technique utilisée pour le dosage de la proline est celle de (**Monneuveux et Nemmar, 1986**).

On pèse 0.1g du végétal, coupe en petits morceaux et introduit dans un tube à essai, auquel on ajoute 2ml de méthanol à 40%, l'ensemble est ensuite chauffé au bain-marie à 80°C pendant 60 minutes, les tubes sont recouverts de papier aluminium pour éviter la volatilisation de l'alcool.

Après refroidissement, on prélève 1ml d'extrait, auquel est ajouté 1ml d'acide acétique (CH_3COOH), 1ml du mélange modifié contenant (120ml d'eau distillée+ 300ml d'acide acétique+ 80ml d'acide ortho phosphorique (H_3PO_4 densité 1.7 et 25mg de ninhydrine).

Les solutions sont portées à ébullition pendant 30minutes, elles virent au rouge, après refroidissement, on ajoute 5ml de toluène, après agitation deux phases se séparent.

*Phase inférieure sans proline.

*Phase supérieure qui contient la proline. Cette phase est ensuite récupérée et déshydratée par l'adjonction d'anhydre (Na_2SO_4).

Enfin, on procède à la détermination des densités optiques des échantillons à la longueur d'onde 528nm, après étalonnage de l'appareil par le mélange (acide acétique+eau distillée+ acide Orthophosphorique+ ninhydrine).

Les valeurs obtenues sont reportées sur la courbe d'étalonnage suivant l'équation suivante :

$$(Y = 0,0016 + 0,0105x, R^2 = 97,5\%).$$

2.3 Dosage des protéines totales.

La technique utilisée pour le dosage des protéines totales est celle de (**Bradford, 1976**), qui utilise le BSA (Bovin Serum Albumin) comme standard.

C'est une méthode colorimétrique basée sur l'adsorption ou la fixation du réactif de BRADFORD colorant (BBC : bleu brillant de coomassie G250), en milieu acide sur les regroupements basiques et/ou aromatiques des protéines, cette fixation provoque un transfert de sa couleur qui passe du rouge au bleu.

Le dosage des protéines foliaire est effectué avec une fraction aliquote de 100 μl .

La lecture est effectuée au spectrophotomètre (JENWAY 6300) à la longueur d'onde 595nm après étalonnage de l'appareil par une solution témoin contenant: 1.8 ml d'eau distillée et 0.2 ml du réactif de BRADFORD.

Les protéines foliaires sont déterminées à partir de la courbe de référence suivante :

$$(Y = 0,0022 + 0,0099x, R^2 = 97,9\%).$$

2.4 Dosage de l'activité Catalase (CAT).

Dans le but d'étudier le comportement de (*Triticum durum Desf*), soumis à une pollution atmosphérique, un marqueur enzymatique a été utilisé :

- **Préparation de l'extrait enzymatique.**

La méthode utilisée afin d'obtenir l'extrait enzymatique a partit des feuilles du (*Triticum durum Desf*) est celle de (**Loggini et al., 1999**).

1gramme de feuilles fraîches sont broyées à froid à l'aide d'un mortier dans 5ml de tampon phosphate (50mM phosphate, pH=7.5).

L'homogénat est ensuite filtré à l'aide d'un papier filtre avant de procéder à une centrifugation à froid de 12000 g pendant 20 minutes. Le surnageant obtenu sera utilisé comme extrait pour détermination des différentes activités enzymatiques, dont l'activité Catalase (CAT).

- **Quantification des mesures spectrophotométrique.**

La formule suivante est utilisée dans la quantification des mesures spectrophotométriques suite au dosage enzymatique de la CAT, (**Servais, 2004**).

$$\text{Act} = \frac{\Delta A \cdot V_t}{\epsilon \cdot \Delta T \cdot L \cdot V_e \cdot p}$$

Act: Activité enzymatique en nmole/min/mg de protéines.

ε: Coefficient d'extinction linéique molaire en (M).

ΔA: Différence moyenne de l'absorbance.

V_t: Volume total du mélange réactionnel en (ml).

V_e: Volume de l'extrait enzymatique en (ml).

L: Largeur de la cuve de mesure en (Cm).

p: Teneur en protéine en (mg).

ΔT: Temps de lecture en (minute).

- **Dosage de l'activité Catalase (CAT).**

Le dosage spectrophotométrique de l'activité Catalase (CAT) est réalisé suivant la méthode de (**Cakmak et Horst, 1991**). L'absorbance est enregistrée pendant une minutes pour une longueur d'onde de 240nm et un coefficient d'extinction linéique molaire $\epsilon = 39400 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$. Pour un volume finale de 1ml, le mélange réactionnel contient: 100μl de l'extrait enzymatique brut, 50μl de peroxyde d'hydrogène H₂O₂ à 0.3% et 285μl de tampon phosphate (50mM, pH=7.2).

L'étalonnage de l'appareil se fait en l'absence de l'extrait enzymatique. La réaction est déclenchée par l'addition d'eau oxygénée.

L'activité Catalase est exprimée en nmol/min/mg de protéines.

3. Analyses physico-chimiques du sol.

Les échantillons ramenés au laboratoire sont séchés à l'aire libre pendant quelques jours, puis la grande partie a été broyée et tamisée à 2 mm.

3.1 pH eau.

C'est la mesure de l'acidité d'une suspension de terre dans de l'eau, avec un rapport terre / eau normalisé (1/5). Il indique aussi la concentration en ions (H^+) présente dans l'eau. (Morel, 1986). La lecture du pH se fait à l'aide du pH mètre lorsque l'aiguille est stabilisée et après un repos au moins d'une heure. (**Ben Amara, 2007**).

3.2 Conductivité électrique.

La conductivité électrique (salinité) est la mesure du degré de la salinité du sol étudié. La détermination de la conductivité électrique se fait sur extrait de sol (rapport sol / eau=1/5) à l'aide d'un conductimètre (**Delaunois, 1976**).

3.3 Porosité.

La détermination de la porosité totale des petits agrégats de terre conduit à l'évaluation de la porosité texturale ou l'estimation de la porosité minimale d'assemblage. (**Barriuso, Andreux et Portal, 1990**).

La partie de l'espace poral qui est à l'origine de la diminution de la porosité totale des blocs de terre est due aux fissures et aux canalicules est appelée la porosité structurale. Comprend deux paramètres, la densité apparente (Da) et la densité réelle (Dr) (**Delaunois, 1976**).

3.4 L'humidité hygroscopique.

L'humidité se fait par séchage à l'étuve pendant 24 h à 105 C°.

3.5 Dosage du Plomb.

- **L'extraction.**

Avant le dosage des métaux par l'absorption atomique, les échantillons doivent subir une série de manipulations qui permet la mise en solution totale du Plomb.

La méthode consiste à :

- Peser 10g de sol, et les mettre dans des tubes à centrifugeuse.
- Ajouter 20ml de Chlorure de Potassium (Kcl).
- Centrifuger à 2500 T/minute pendant un quart d'heure.
- Récupérer le surnageant dans une fiole de 100ml.
- Rajouter 20ml de (Kcl) au culot.
- Agiter à l'aide d'une baguette en verre pendant 5minutes.
- Centrifuger à 2500T/minutes pendant un quart d'heure.
- Récupérer le surnageant dans la même fiole.
- Répéter l'opération deux fois jusqu'à l'utilisation de 100ml de (Kcl).

- **La quantification du Plomb en solution.**

La quantification du métal lourd s'est réalisée par spectrométrie d'absorption atomique type four et flamme, en mode d'atomisation électrothermique et dont les résultats sont exprimés en partie par million (ppm).

VI. l'étude statistique.

Les différences statistiques significatives entre les moyennes sont calculées en utilisant *One Way ANOVA* suivie par le test Turkey qui sert à effectuer une comparaison entre deux échantillons (Témoin et traités). Ces tests sont réalisés à l'aide d'un logiciel d'analyse des données: Minitab (Version 14.0) (**Dagnelie, 1999**).

Chapitre III :
Résultats

I. Enquête épidémiologique.

1. Parc automobile.

La figure (8), illustre l'évolution du parc automobile au niveau de la wilaya de Annaba durant la période (2000-2010).

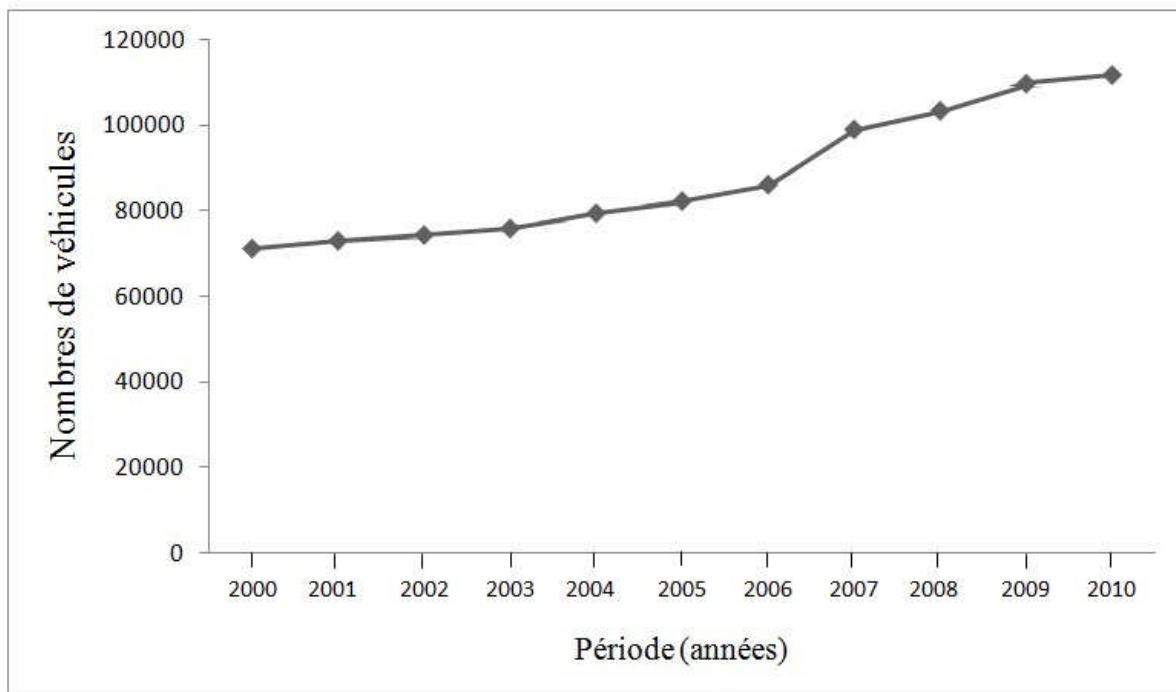


Figure (8): Evolution du parc automobile de la wilaya d'Annaba durant la période (2000-2010), (D.R.A.G, 2010).

D'après la figure(8), on constate que durant la période (2000 – 2003), une légère augmentation du nombre de véhicules avec un taux de croissance de 9%.

Par contre, à partir de l'année 2003 et jusqu'à 2010, on remarque que le parc automobile a subi une croissance importante, où le taux de motorisation est passé de 14% en 2004 à 47% en 2010, soit trois fois plus élevé.

2. Les stations de transport.

2.1 La station Sidi Brahim inter-wilaya (Taxis).

Tableau (9) : Renseignements relatifs à la station « Sidi Brahim » inter-wilaya (Taxis).

Année de mise en service	/
Superficie	14200m ²
Nombre de lignes	13
Nombre de quais aménagés	12
Nombre de quais non aménagés	24
Capacité	120
Nombre de (Taxis) partant	255
Nombre de (Taxis) arrivant	553
Total	808

D'après le tableau ci-dessus, on remarque tout d'abord que le nombre de quais non aménagés, est deux fois beaucoup plus élevé que celui des quais aménagés. Le nombre de véhicules arrivant à la station est quatre fois supérieur à sa propre capacité (120véhicules), alors que le nombre total de taxis circulant (partant et arrivant) est de 808 par jour.

2.2 La station Sidi Brahim inter-wilaya (Bus).

Tableau (10) : Renseignements relatifs à la station « Sidi Brahim » inter-wilaya (Bus).

Année de mise en service	1981
Superficie	/
Nombre de lignes	51
Nombre de quais aménagés	29
Nombre de quais non aménagés	6
Capacité	200
Nombre de (Bus) partant	256
Nombre de (Bus) arrivant	318
Total	547

Malgré l'absence d'informations sur la superficie, nous constatons sur les lieux que la station de bus de Sidi Brahim occupe un espace restreint par rapport à sa capacité affichée (200 bus). De plus, nous remarquons que le nombre de bus arrivant (318) est largement supérieur à la capacité de la station, alors que le nombre de bus partant et arrivant est de 547 par jour.

2.3 La station Kouche Nourdinne (Bus).

Tableau (11) : Renseignement relatif à la station « Kouche Nourdine ». (Bus).

Année de mise en service	1996
Superficie	14491m ²
Nombre de lignes	17
Nombre de quais aménagés	24
Nombre de quais non aménagés	14
Capacité	240
Nombre de (Bus) partant et arrivant	451

D'après le tableau(11), nous remarquons un nombre élevé de quais (14) non aménagés et nous constatons que le nombre de bus partant et arrivant (451) est deux fois supérieur à la capacité de la station (240).

2.4 Station Souidani Boudjema (Bus).

Tableau (12) : Renseignements relatifs à la station Souidani Boudjema. (Bus).

Année de mise en service	1974
Superficie	7500m ²
Nombre de lignes	14
Nombre de quais aménagés	18
Nombre de quais non aménagés	10
Capacité	80
Nombre de (Bus) partant et arrivant	264

D'après le tableau (12), nous notons un nombre important de quais non aménagés (10) et nous constatons que le nombre de bus partant et arrivant (264) est trois fois supérieur à la capacité de la station(80).

3. Impact de la pollution atmosphérique sur la santé publique.

3.1 Variation du taux des asthmatiques.

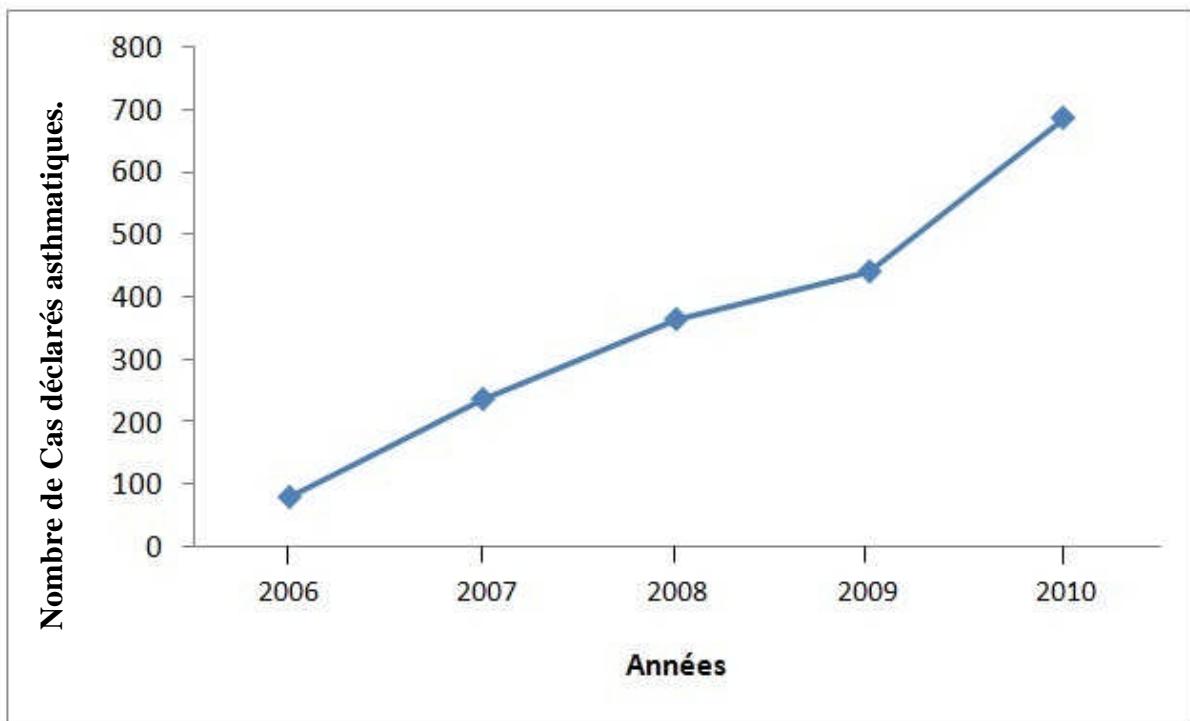


Figure (9) : Nombre de cas déclarés asthmatiques par la C.N.A.S. durant la période (2006-2010).

La figure (9), représente le nombre de cas déclarés asthmatiques par la caisse nationale d'assurance sociale, durant la période (2006-2010).

On constate une augmentation continue du nombre de cas déclarés asthmatiques où l'on enregistre 81 cas en 2006 à 685 cas en 2010, ces chiffres montrent une situation sanitaire alarmante au niveau de la wilaya de Annaba, avec une augmentation annuelle de près de 150 cas.

3.2 Variation du taux des cardiaques.

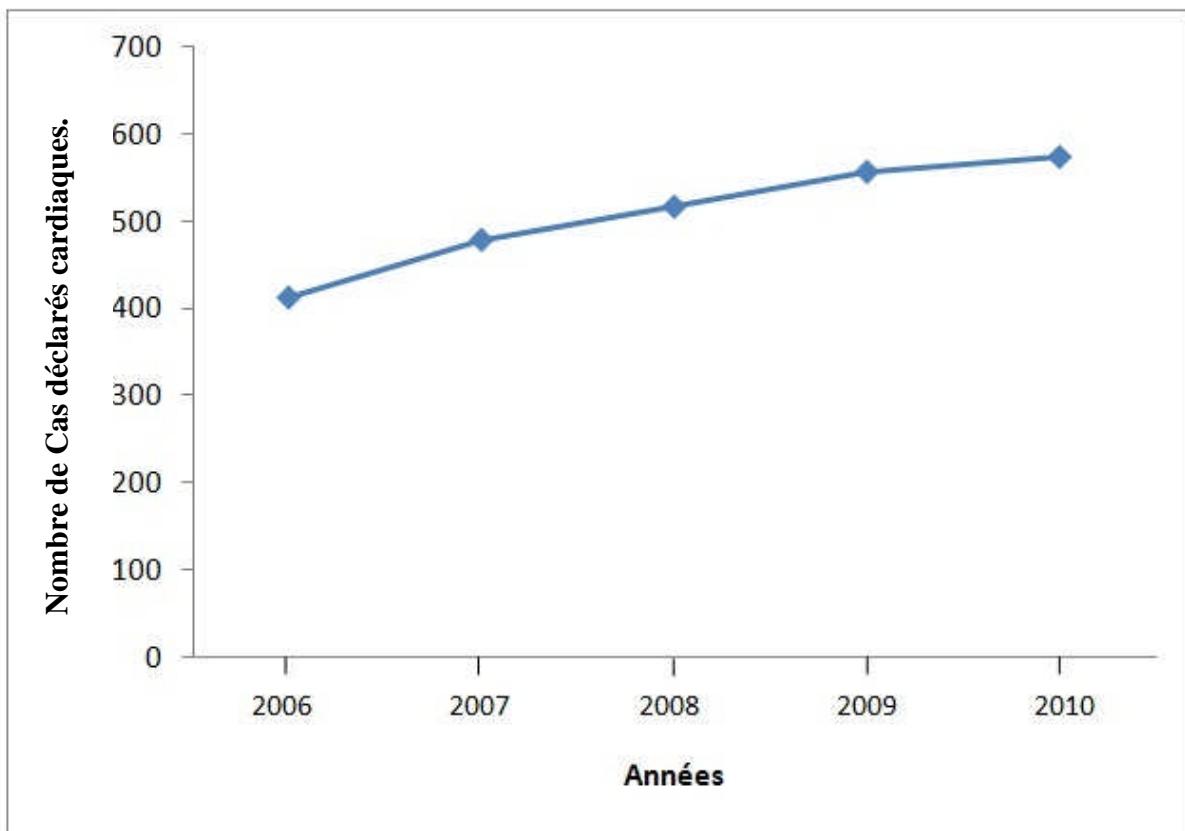


Figure (10) : Nombre de cas déclarés cardiaques par la C.N.A.S. durant la période (2006-2010).

La figure (10), représente le nombre de cas déclarés cardiaques par la caisse nationale d'assurance sociale, durant le période (2006-2010).

Les résultats concernant les maladies cardiovasculaires mettent en évidence que le nombre de cas ne cesse d'augmenter durant la période (2006-2010), avec un taux d'augmentation de 17% enregistré entre (2006-2007), 7% durant (2008-2009) et 2% en 2010.

II. Effets des gaz d'échappement sur le blé dur.

1. Effets des gaz d'échappement sur les paramètres physiques.

1.1. Indice de pollution.

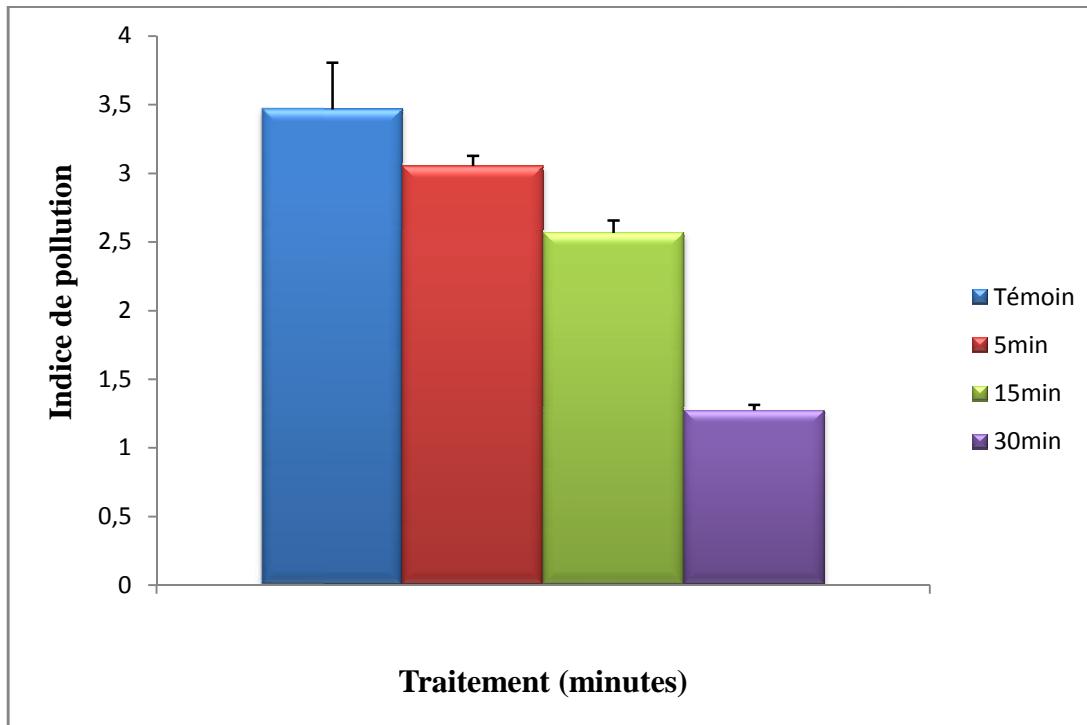


Figure (11) : Effets des gaz d'échappement sur le rapport MF/MS des graines de blé (*Triticum durum Desf.*).

La figure(11), représente le rapport MF/MS qui détermine l'indice de pollution.

Nous constatons que ce paramètre diminue progressivement en fonction de la durée de traitement des graines de blé, ce rapport est affecté le plus chez les graines traitées pendant 30min où la diminution est de l'ordre de (-63%)

L'analyse de la variance a révélé qu'il y a un effet temps non significatif sur le rapport MF/MS pour les graines traitées pendant 5 et 15minutes ($P=0,063$), et un effet significatif pour les graines traitées pendant une demi-heure ($P=0,013$).

1.2 La surface foliaire.

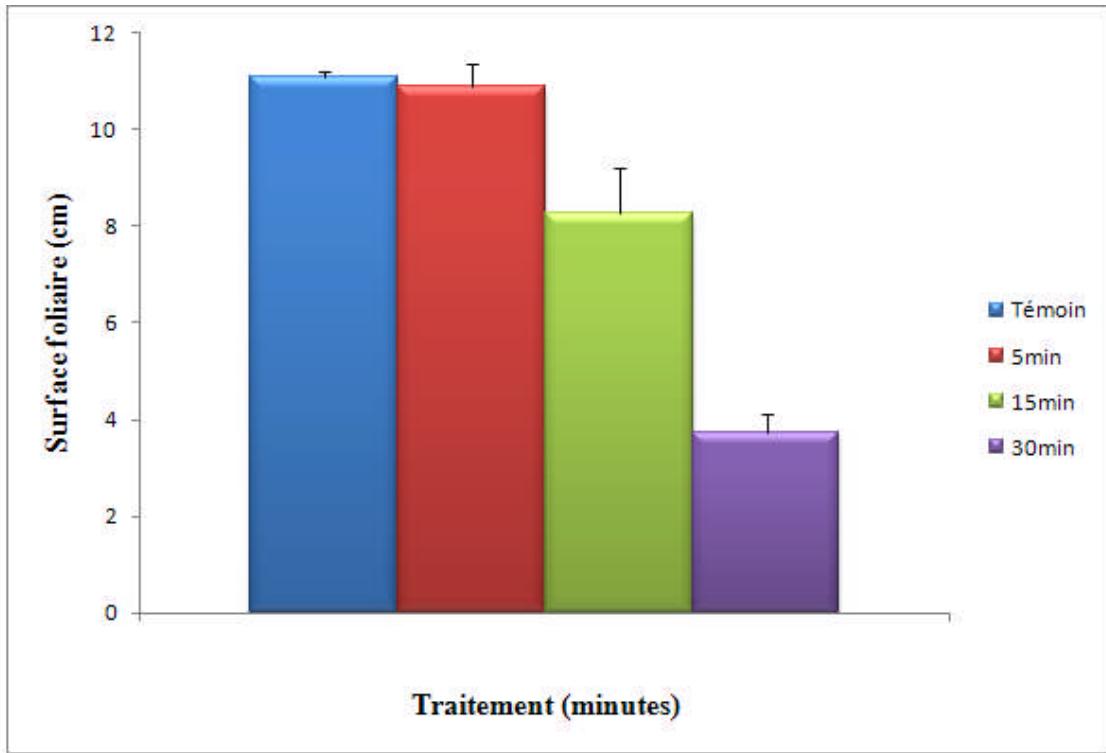


Figure (12): Effets des gaz d'échappement sur la surface foliaire des graines de blé (*Triticum durum Desf.*). (m=s, n=3).

La figure (12), illustre la variation de la surface foliaire en fonction de la durée d'exposition aux gaz d'échappement.

On remarque que cette dernière subit une légère diminution chez les plantes traitées pendant 5 minutes (-2%). Les plantes traitées pendant 15minutes subissent une diminution de (-25%) Quant aux plantes traitées pendant 30minutes, elle est de l'ordre de (-66%).

La comparaison entre les plantes témoins et le plantes traitées, montre une diminution non significative pour les échantillons exposés pendant 5 minutes ($p=0,142$) et une diminution très hautement significative pour les échantillons traités durant 15 et 30 minutes chacune ($p=0,000$).

2. Effets des gaz d'échappement sur les paramètres biochimiques.

2.1 Dosage des chlorophylles.

2.1.1 Effets des gaz d'échappement sur la teneur moyenne en chlorophylle a.

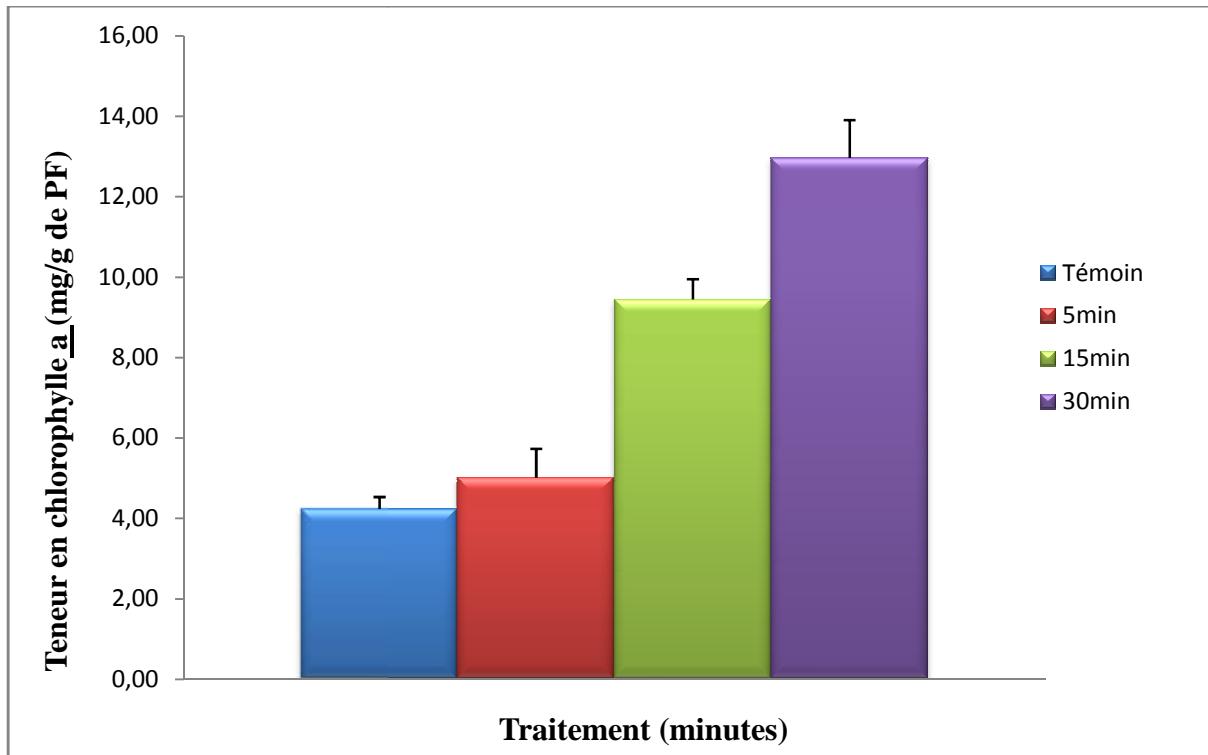


Figure (13) : Effets des gaz d'échappement sur la teneur moyenne en chlorophylle a (µg/g de PF) des graines de blé (*Triticum durum Desf.*).

D'après la figure (13), les résultats font apparaître que la teneur moyenne en chlorophylle a augmente progressivement chez les échantillons traités avec les gaz d'échappements. Cette augmentation est beaucoup plus importante chez les plantes traitées pendant une demi-heure (+65%).

La comparaison entre les plantes témoins et les plantes traitées en fonction de la durée d'exposition aux polluants des gaz d'échappement, implique une stimulation significative de la chlorophylle a pour les plantes traitées durant 5minutes et 15 minutes ($P=0,032$), et une stimulation très significative pour les plantes traitées pendant 30min ($P=0,008$).

2.1.2 Effets des gaz d'échappement sur la teneur moyenne en chlorophylle b.

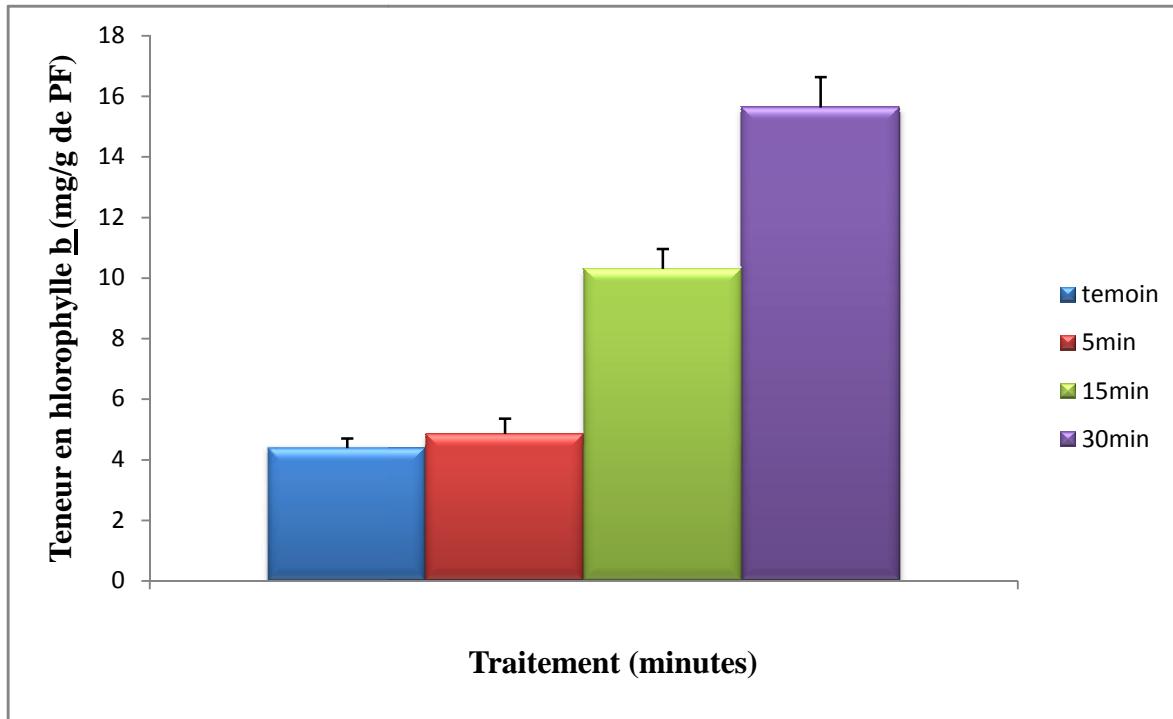


Figure (14) : Effets des gaz d'échappement sur la teneur moyenne en chlorophylle b

($\mu\text{g/g de PF}$) des graines de blé (*Triticum durum Desf.*).

La figure (14) met en évidence le taux de la chlorophylle b très élevé chez les plantes traitées pendant 30min soit une hausse de (+55%) par rapport aux témoins. Pour les plantes traitées pendant 15min la teneur en chlorophylle b est environ deux fois plus élevée. Quant aux plantes traitées pendant 5min on remarque une légère hausse de (+15%).

L'analyse de variance montre que cette augmentation est significative ($P=0,02$) pour chaque condition de traitement.

2.1.3 Effets des gaz d'échappement sur la teneur moyenne en chlorophylle a+b.

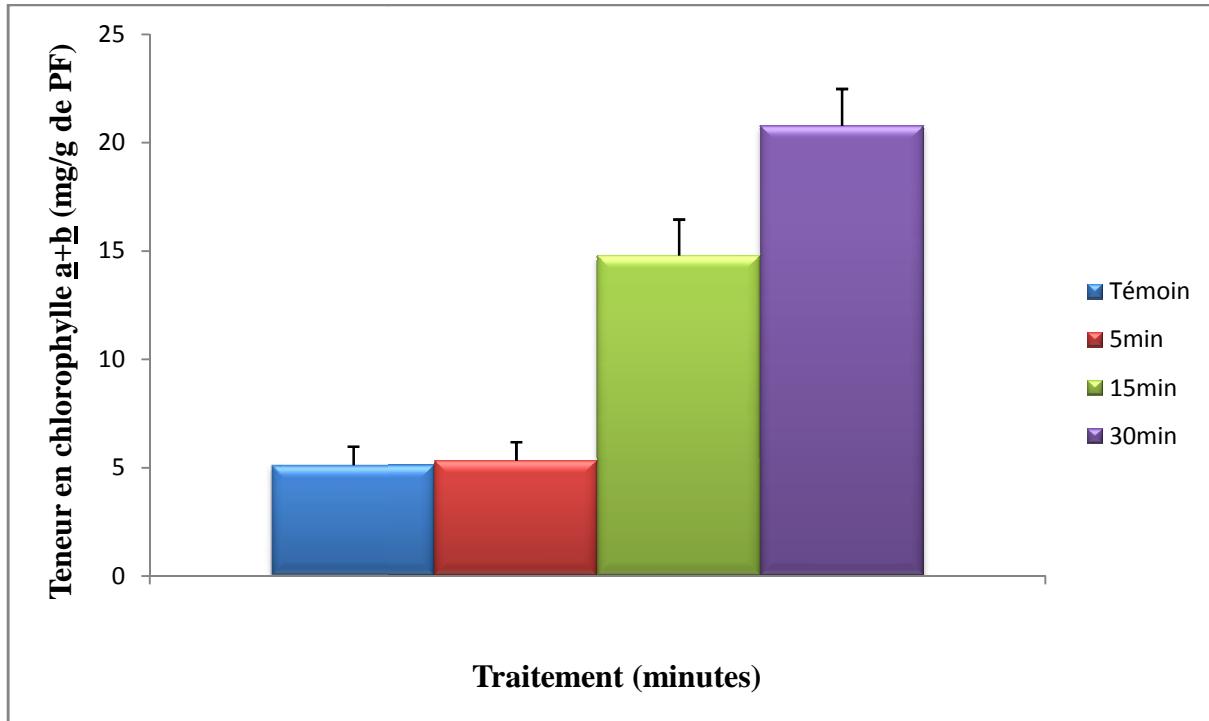


Figure (15) : Effets des gaz d'échappement sur la teneur moyenne en chlorophylle a+b ($\mu\text{g/g de PF}$) des graines de blé (*Triticum durum Desf.*).

La figure (15), illustre Effets des gaz d'échappement sur la teneur moyenne en chlorophylle a+b des graines de blé (*Triticum durum Desf.*).

Nous constatons une augmentation des chlorophylles (a+b) d'environ (+4%) pour les échantillons traités pendant 5min, quant aux échantillons exposés durant 15min et 30min, les taux des chlorophylles (a+b) sont respectivement 14,79 $\mu\text{g/g}$ et 20,77 $\mu\text{g/g}$. Par contre pour les graines témoins, la valeur est de 5,11 $\mu\text{g/g}$.

Ces résultats ont été confirmés par l'analyse de variance qui a décelé un effet temps d'exposition significatif ($P=0,012$) pour chaque durée de traitement.

2.2 Dosage de la proline.

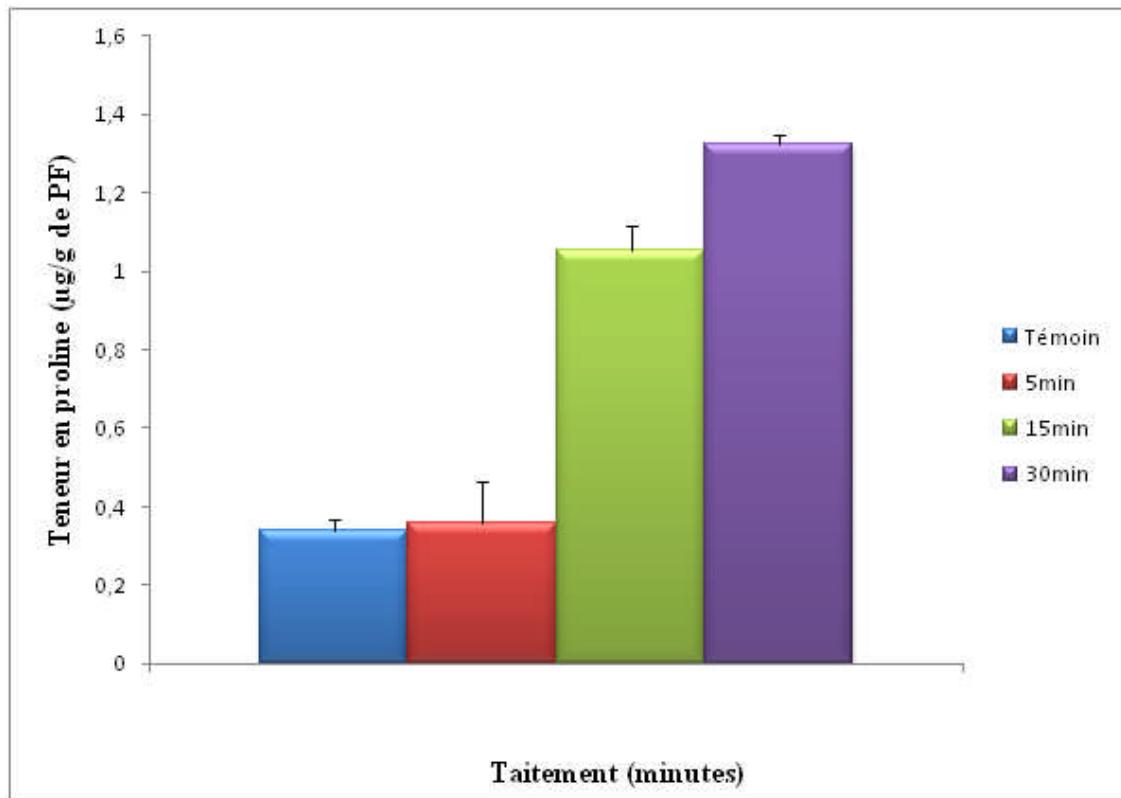


Figure (16) : Effets des gaz d'échappement sur la teneur moyenne en proline ($\mu\text{g/g}$ de PF) des graines de blé (*Triticum durum Desf*).

La figure (16) illustre les effets des gaz d'échappement sur la teneur moyenne en proline des graines de blé (*Triticum durum Desf*).

On observe que la teneur en proline tend à augmenter chez les plantes traitées à 15 et 30 minutes, par rapport au témoin et celles traité à 5 min. La valeur la plus élevée est enregistrée chez les échantillons traitées pendant 30min, où elle atteint 1,32 $\mu\text{g/g}$, comparativement aux témoins dont la valeur est de 0,33 $\mu\text{g/g}$.

La comparaison des données obtenues entre les témoins et les échantillons traités, révèlent une stimulation significative de la proline ($p=0,032$).

2.3 Dosages des protéines totales.

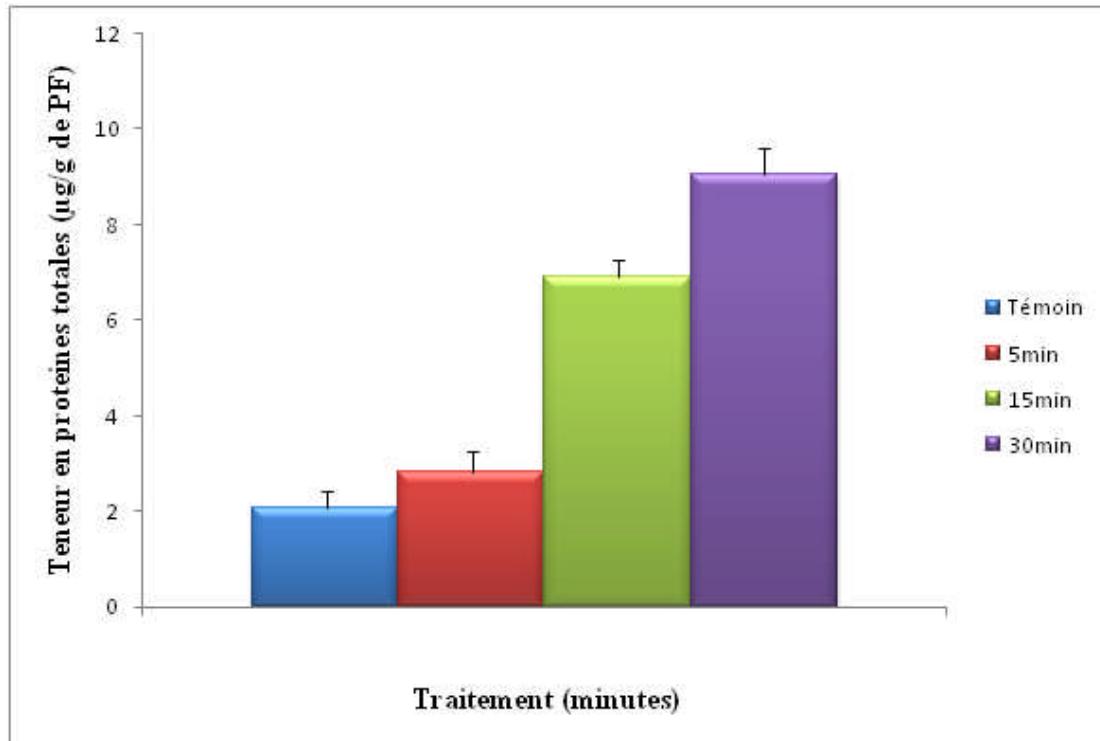


Figure (17) : Effets des gaz d'échappement sur la teneur moyenne en protéines totales ($\mu\text{g/g de PF}$) des graines de blé (*Triticum durum Desf*).

La figure (17), représente les effets des gaz d'échappement sur la teneur moyenne en protéines totales des graines de blé (*Triticum durum Desf*).

On constate que la quantité des protéines totales est nettement plus élevée chez les plantes traitées durant 15 et 30minutes, soit une hausse de (+66%) et (+78%). Pour les échantillons exposés à la fumée des gaz d'échappement pendant 5minutes, on constate une légère augmentation par rapport au témoin.

La durée d'exposition aux polluants émis par les gaz d'échappement, a un effet très significatif pour les échantillons traitées pendant 15 et 30 minutes ($P=0,007$) et significatif pour les échantillons exposés durant 5 minutes ($P=0,021$).

2.4 Dosage de la catalase.

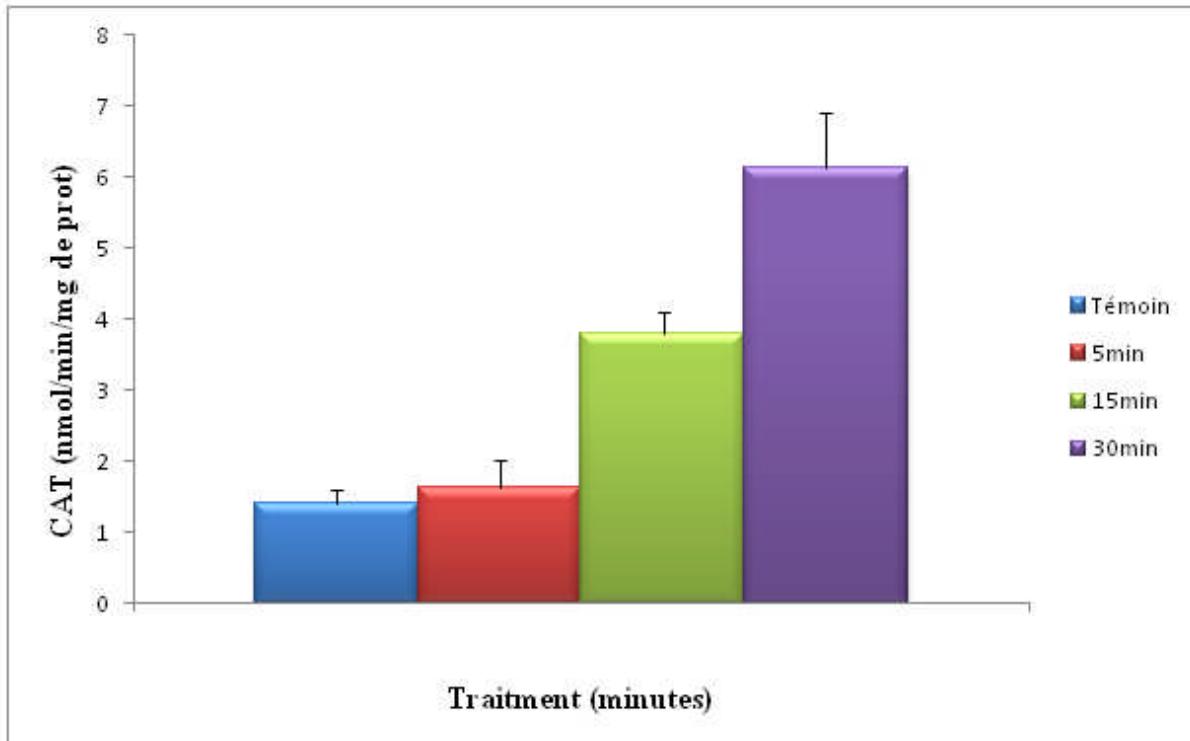


Figure (18) : Effets des gaz d'échappement sur la teneur moyenne en catalase

(nmol/min/mg de prot) des graines de blé (*Triticum durum Desf*).

La figure représente (18), représente les effets des gaz d'échappement sur la teneur moyenne en catalase des graines de blé (*Triticum durum Desf*).

Nous constatons que l'activité catalase au niveau des feuilles des plantes traitées est supérieure à celle des témoins, particulièrement les échantillons exposés 30 min aux polluants des gaz d'échappements : elle est de l'ordre de 6,14 (nmole/min/mg de prot). Quant au témoin, elle est de 1,40 (nmole/min/mg de prot).

Les résultats de l'analyse de la variance entre les plantes témoins et les plantes traitées, donnent une différence significative pour les échantillons traités durant 5 et 15 minutes ($P=0,047$) et très significative chez les échantillons traités durant 30minutes ($P=0,002$).

III. Analyse du sol.

1. Les paramètres physico-chimiques.

Les résultats concernant les analyses physico-chimiques du sol sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau (13) : Paramètres physicochimiques du sol.

Echantillon Paramètres	Témoin	5min	15min	30min
pH _{eau}	5,81	5,80	5,76	5,60
Conductivité (ms)	0,08	0,18	0,39	0,42
Humidité (%)	2,6	2,6	2,3	1,98
Porosité (%)	13,45	13,16	12,89	12,98

- Le pH indique la concentration en ions H⁺ présents dans l'eau. La lecture du tableau (13), montre que les valeurs du pH du sol s'échelonnent des pH acides (témoin) à des pH de plus en plus acides chez les échantillons exposés durant 15 et 30 minutes. Cependant les échantillons traités durant 5minutes ont pratiquement le même pH que celui du témoin.
- La conductivité électrique est une mesure physico-chimique. Elle nous donne une idée sur la concentration des électrolytes dans la solution du sol d'une part, et du degré de salinisation des sols d'autres part. Les résultats de notre analyse montrent que les échantillons exposés aux polluants des gaz d'échappement ont une conductivité électrique beaucoup plus élevée par rapport au témoin.
- L'humidité hygroscopique subit une diminution très importante des échantillons exposés durant une demi-heure (1,98%) par rapport au témoin (2,6).

- Concernant la porosité, on constate une baisse chez les échantillons traités par rapport au témoin, cette diminution est significative chez les échantillons traités durant 30minutes.

2. La teneur du sol en métal lourd (Plomb).

Tableau (14) : Teneur en Plomb du sol en fonction du temps d'exposition aux gaz d'échappement.

Echantillon	Témoin	5min	15min	30min
Teneur en Plomb (ppm)	0,359	0,378	0,387	0,442

Le tableau ci-dessus, représente la teneur du sol en métal lourd (Plomb), on constate que la concentration du Plomb augmente avec la durée d'exposition, où l'on enregistre une valeur de (0,359ppm) chez le témoin, et (0,442ppm) chez les échantillons traités durant 30 minutes.

*Chapitre IV :
Discussion
générale*

Discussion générale.

Dans ce dernier chapitre, nous allons discuter les principaux résultats obtenus dans notre étude, en référence aux travaux déjà publiés.

Notre discussion comporte trois parties : la première partie portera sur l'enquête épidémiologique concernant l'évolution du parc automobile au niveau de la wilaya d'Annaba, le nombre de stations de transport ainsi que l'impact de la pollution automobile sur la santé publique.

La deuxième partie portera sur l'impact des gaz émanés par les véhicules sur les paramètres morpho physiologiques et biochimiques sur le blé dur (*Triticum durum Desf*). Quant à la dernière partie, elle sera consacrée au transfert des polluants émis par les gaz d'échappements dans le sol.

1. L'enquête épidémiologique.

Les principaux résultats obtenus dans notre enquête, montrent que le nombre de véhicules en Algérie a sensiblement augmenté. A Annaba ce nombre est passé de 71179 à 111639 véhicules entre 2000 et 2010, c'est-à-dire 10ans. Cette augmentation est rendue possible grâce au crédit bancaire durant ces années. Cependant ce dédoublement du nombre moyen des véhicules n'est pas sans danger pour la santé de l'homme et son environnement.

Dans ce sens, notre enquête montre qu'il existe quatre stations de transport au sein de wilaya de Annaba. Ces stations se situent à l'entrée de la wilaya représentant des points de concentrations de la pollution automobile, puisque toutes les stations reçoivent quotidiennement un nombre beaucoup plus élevé de leurs capacités.

Le danger encouru par ce nombre important de véhicules, réside dans les gaz libérés par les moteurs, ce qui nous laisse suggérer que l'évolution du parc automobile et la surcharge des stations de services vont constituer un facteur majeur dans la pollution atmosphérique. Ainsi il en ressort la situation alarmante de la santé publique où l'on a enregistré une augmentation continue des asthmatiques déclarés par la caisse nationale d'assurance sociale, en espace de 4 années ce nombre est passé de 81 cas à 685 cas. Pour les maladies cardiovasculaires, le nombre de cas déclarés est de 573 en 2010, alors en on recensait 412 cas en 2006.

D'après **Krupnick et Harrington, (1990)**, l'augmentation journalière des concentrations de contaminants de l'air a aussi été associée à une série d'autres effets sur la santé : augmentation des symptômes respiratoires aigus des cas de bronchite (**Abbey et al., 1995**) ainsi que des visites à l'urgence (**Stieb et al., 2000**) et des admissions à l'hôpital pour des problèmes cardiorespiratoires (**Burnett et al., 1995; Burnett et al., 1997a; Burnett et al., 1997b**).

2. Impact des gaz d'échappements sur le blé dur (*Triticum durum ,Desf*).

les analyses effectués sur le blé dur (*Triticum durum ,Desf*) ont mis en évidence :

Une diminution du rapport MF/MS des plantes exposées aux gaz d'échappements, cette diminution peut être due à des dommages des tissus mésophylliens, ce qui conduit à des flétrissements et des dessèchements des feuilles ou bien une perte d'eau (**Sharma, 1987 ; Anonyme, 1994**)

La pollution atmosphérique peut causer des dommages sur les plantes et implique la diminution du poids frais et sec (**Braun et Fluckiger, 1985 ; Woodbury et Hudler, 1994**).

Une nette diminution très hautement significative de la surface foliaire est notée chez les plantes traitées, durant 15 et 30 minutes, nos résultats concordent avec ceux de (**Meksem et al., 2007**) suite à un traitement du blé dur par deux fongicides azolés, La réduction de la surface foliaire serait un mécanisme majeur d'évitement lors d'un stress hydrique (**Perrier et Salkini, 1987**).

Benlaribi, (1990), montre un effet stressant du manque d'eau, sur la croissance qui devient faible, cet effet est apprécié par la diminution de la surface foliaire ; cette variation serait un moyen d'ajustement morphologique.

La teneur moyenne en chlorophylle a et b, et chlorophylle totale (a+b), paramètres susceptibles de nous indiquer un éventuel stress, car considérées comme bio marqueur de la toxicité des végétaux, puisque des corrélations entre les densités cellulaires et les paramètres de la fluorescence photosynthétiques, ont prouvé que ces dernières pouvaient être considérées comme bio marqueur de la toxicité dans le cadre de la pollution environnementale (**Dewez et al., 2007**).

Les résultats que nous avons obtenus montrent une stimulation de la teneur en chlorophylle (a, b et a+b) chez les plantes traitées par les gaz d'échappement, cette augmentation pourrait traduire une stimulation de la photosynthèse et peut être également expliquée, par les besoins en précurseurs pour la synthèse de certains polypeptides spécifiques (phytochélatines) via la photo respiration (**Robert et Roland, 1998 ;Lidia et al., 2004**).

Nos résultats ne semblent pas concorder avec ceux de (**Puritch et Barker, 1967**) qui mettent en évidence un effet toxique de l'ammonium sur la synthèse des chlorophylles. Une perturbation de l'aspect morphologique externe et interne des chloroplastes des feuilles de *Lycopersicon esculentum* apparaissent, suite au traitement à l'ammonium. D'autres travaux, (**Havaux, 1988 ; Djekoun et Ykhlef, 1996**) montrent une réduction de la photosynthèse, suite à un stress hydrique. Cette réduction de la photosynthèse est liée, d'une part à la fermeture des stomates (**Jonhson et al., 1984**).

Cependant les résultats obtenus dans notre travail concordent beaucoup plus avec ceux de **Harrieche, (2004)**, qui rapporte un effet stimulateur du cadmium sur la teneur en chlorophylle, ainsi que ceux de **Kleche, (2005)** qui met en évidence une augmentation de la teneur en chlorophylle chez *Phragmites australis*, après séjour de cette dernière dans les eaux usées, il en est de même pour ceux de **Meksem, (2007)** qui montre une stimulation de la chlorophylle chez deux variétés de blé suite à leurs traitements par deux fongicides azolés.

L'analyse biochimique réalisée à travers le dosage d'un biomarqueur du stress végétal : la proline, montre qu'une stimulation significative de 68% et 75% est observée chez les échantillons traités durant un quart d'heure et une demi-heure respectivement, par rapport aux témoins. Cette stimulation n'est que de 6% pour les échantillons traités durant 5miuntes.

Cette augmentation du taux de proline peut être expliquée selon (**Ober et Sharp, 1994**), par un effet de stress chez la plante. La synthèse de la proline peut impliquer également un allégement de l'acidification du cytoplasme, qui permet de maintenir le rapport NADP/NADPH à une valeur compatible à celle du métabolisme (**Hare et Cress, 1997**).

La proline peut jouer un rôle osmoprotecteur (**Paleg et al., 1984 ; Delauney et Verma, 1993 ; Taylor, 1996**), stabilisateur des protéines (**Kuznetsuv et Sheveyakova, 1997, Shah et Dubey, 1998**), inhibiteur des métaux (**Farago et Mullen, 1979**) et inhibiteur de la peroxydation (**Mehta et Gaur, 1999**).

Nos résultats vont dans le sens de ceux de **Bensoltane, (2006)**, qui a enregistré une augmentation de la proline lors d'un stress au NH_4NO_3 chez les mousses et les lichens. Cette accumulation, a été démontrée chez de nombreuses variétés de blé et dans plusieurs types de stress (osmotiques, hydriques, thermiques). (**Huang et Cavalieri, 1979 ; Hubac et Viera, 1980 ; Bellinger et al., 1989 ; Ober et Sharp, 1994**).

Pour confirmer ces résultats, nous nous sommes intéressés aux variations de la teneur moyenne en protéines totales. En effet, selon **Sandermann, (1992)** et **Solt et al., (2003)**, en présence de xénobiotiques, la plante augmente la synthèse protéique en particulier des phytochélatines dont le rôle est la détoxicification des xénobiotiques, particulièrement les métaux. **Stalt et al., (2003)** rapportent que près de 80% du xénobiotique est détoxifié par ce type de protéines.

Les résultats que nous avons obtenus montrent une nette augmentation des protéines totales au niveau des feuilles, cette hausse est très significative pour les échantillons exposés pendant 15 et 30 minutes et significative pour les échantillons exposés durant 5 minutes,

Selon **ZIENK, (1996)** l'augmentation du taux de protéines dans les feuilles des roseaux placés dans une eau polluée est due au fait qu'au niveau cellulaire, des réactions de détoxicification ont lieu grâce aux phytochélatines, ceci induit la formation d'un complexe protéine/ métal. Les phytochélatines piégent le xénobiotique et/ ou le métal en association à un groupe SH (sulfhydrile), il se forme un complexe thiolate métal qui devient immédiatement inactif. Cette réaction rend le métal inactif et permet son stockage dans les vacuoles (**ORTIZ et al., 1996 ; VOGELI et al., 1990**). L'augmentation de la synthèse de phytochélatines et d'enzymes de détoxicification, pourrait expliquer dans notre étude l'augmentation du taux de protéines totales que nous avons mis en évidence.

Afin de mettre en évidence l'intervention des systèmes de détoxicification, dans l'adaptation de la plante aux variations du milieux, notamment en présence de polluant, nous avons ainsi suivi l'évolution d'enzyme de détoxicification, dont la catalase qui est connue dans la réduction des taux d' H_2O_2 néfaste pour l'intégrité cellulaire (**Willekens et al., 1997 ; Blokhina, 2000**).

Ainsi les xénobiotiques sont à l'origine de la synthèse de radicaux libres en quantités importantes provoquant ainsi un véritable stress oxydatif. Nos résultats concordent avec ceux

de **YOUNGBI, (2006)** et **MEKSEM et al., (2007)** qui ont traités une variété de blé dur *Triticum durum* par des fongicides Artea et Punch (FlamencoSC et Tilt250EC), ont mis en évidence une augmentation de l'activité catalase.

3. Les analyses physico-chimiques du sol.

Les analyses physico-chimiques de nos échantillons, montrent que le pH des échantillons traité durant 15 et 30 minutes est beaucoup plus acide par rapport au témoin et aux échantillons traités durant 5minutes.

On suggère que les polluants émis par les gaz d'échappements à savoir ; le dioxyde de soufre (SO_2), les oxydes d'azote (NO_x) et les hydrocarbures, sont à l'origine de l'acidification du sol, ce qui favorise la rétention des éléments métalliques en trace.

Selon **RAMADE (1993)**, le pH est un facteur prépondérant de la rétention des métaux lourds, car il contrôle la totalité des processus affectant le comportement de ces éléments. La variation du pH (naturelle en anthropique) semble être le facteur dont l'action sur la mobilité des métaux est la plus déterminante. La plupart des éléments métalliques en traces, sont plus mobiles en conditions acides qu'en conditions alcalins (**Alloway, 1995**).

Quand le pH diminue d'une unité, la concentration des cations métalliques libres augmente d'environ un facteur 2 dans la solution de sol (**Christensen, 1984** ; **Sanders, 1983** ; **Sanders et al., 1986**).

La teneur en matière organique du sol, peut être estimée à partir de l'évaluation du carbone organique, dans notre travail la teneur en matière organique est supérieure à 5%, se sont des sols très riches en matière organique, cependant les échantillons exposées à la fumée des gaz d'échappement, ont des valeurs supérieures comparées à celles des témoins.

La porosité est un paramètre décrivant le sol, elle comprend deux facteurs : la densité apparente et la densité réelle ; la densité apparente indique l'état ou la condition de sol, diminue avec la teneur du sol humus (**Duthil, 1971**) ; la densité réelle exprime la densité des éléments constituants la phase solide du sol.

Nos résultats indiquent que la porosité diminue en fonction de la durée d'exposition aux gaz d'échappement, elle est de l'ordre de (13,45%) chez les témoins, quant aux échantillons traités durant une demi-heure la valeur est de (12,98%).

Parallèlement, le taux d'humidité qui représente la quantité d'eau que peut retenir le sol, diminue chez les échantillons traités par rapport aux témoins. Cette diminution est importante chez les échantillons traités durant 30 minutes.

Les résultats concernant la teneur du sol en Plomb, ont révélé que les concentrations de ce métal des échantillons traités, est élevées par rapport a celles obtenues chez les témoins.

En effet, le Plomb est utilisé comme antidétonant dans les carburants (**Durand, 2003**), il s'accumule dans les horizons de surface (**Steckeman et al., 2000**) et plus précisément dans les horizons riches en matière organique.

Les teneurs en Pb diminuent, ensuite, plus en profondeur (**de Abreu et al., 1998**). Ceci s'explique par le fait que le Pb est peu mobile. Etant principalement associé aux argiles, aux oxydes, aux hydroxydes de fer et à la matière organique, il n'est mobile que lorsqu'il forme des complexes organiques solubles. (**Morlot, 1996 ; Raskin et Ensley, 2000**).

Conclusion générale et perspectives.

Au terme de ce travail, nous pouvons conclure que le secteur du transport public à l'état de la situation actuelle, accentue la pollution de l'air. Et de ce fait il a un effet beaucoup plus néfaste que bénéfique sur la santé publique.

On témoigne le nombre assez élevé des maladies respiratoires et cardiovasculaires enregistré au niveau de la Caisse Nationale des Assurances Sociales (C.N.A.S.).

L'étude des effets des gaz d'échappement sur le blé dur (*Triticum durum Desf*), révèle une perturbation du métabolisme qui se traduit par une diminution de la surface foliaire et du rapport MF/MS, et une augmentation des chlorophylles (a, b, a+b), de la proline, de la teneur en protéines totales et de l'activité catalase.

Quant aux analyses du sol, elles démontrent que ce dernier n'est pas épargné par la pollution automobile, par le fait d'une modification des paramètres physico-chimiques et une augmentation de sa teneur en Plomb en fonction de la durée d'exposition aux gaz d'échappement.

En perspective :

Il serait intéressant de poursuivre ce travail en :

- Réaliser une analyse des métaux lourds au niveau de la plante par Absorption atomique.
- Développer les dosages des bio-marqueurs.
- Etablir un suivi enzymatique de l'activité de détoxification.
- Faire des études comparatives entre les morbidités des grandes villes et celle de compagnie par des enquêtes épidémiologiques plus spécialisées et précises.

Références bibliographiques :

- Audibert, F., (2003).** Les huiles usagées : Reraffinage et Valorisation Energétique. Editions Technip, 323 pages.
- Arquès, P., (2001).** Pollution de l'air : Causes, Conséquences, Solutions. Editions Edisud, 207 pages
- Alioua, A., (2001).** Détection de la pollution plombique d'origine automobile à l'aide de bio indicateurs végétaux dans l'agglomération de Skikda (Algérie). Thèse de doctorat. Université Joseph Fourier Grenoble, 136 pages.
- Alloway, B.J., Ed., (1995).** Heavy metals in soils. Blackie Academic & Professional, Glasgow, UK. pp 368.
- Andreux F., (2004).** Effet des substitutions d'essence sur le fonctionnement organo-minéral de l'écosystème forestier, sur les communautés Fongique mycorhiziennes et saprophytes. Revue Française des sciences forestière Vol.29 N°4. 2002P.
- Andreux F., (2002).** XXXV^{ème} Congrès du groupe Français des Pesticides produits phytosanitaires « Impact environnementale, gestion et traitement Université de Bourgogne.
- Arb C. V. et Brunold C., (1990).** Lichen physiology and air pollution. I. Physiological responses of in situ *Parmelia sulcata* among air pollution zones within Biel, Switzerland. Canadian Journal of Botany. 68 : 37-52.
- ARNON, DI., (1949).** Cooper enzymes in isolated chloroplasts poly phénoloxydse in (*Betavulgaris*) plants physical, p.24.
- Arrouays, Martin, S. , Baize, D., Bonneau, M., Chaussod, R., Cieselski, H., Gaultier, J.P., King, D., Lavelle, P., Legros, J.P., Leprêtre, A. Sterckeman, T.,(1999).** Observatoire de la qualité des sols. Rapport sur les travaux 1995-1998 ; 54 pages, ; INRA Orléans, Documentation de centre, Accès. Applied and Environmental Microbiology, 1976, 32 n°4, P, 537-546.

Baldok J.A. et Nelson, (2000). The chemical composition of soil. In Handbook of soil science. Edited by Sumner, M.E (CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington.DC).

Barbault, R., (2000). Ecologie générale : Structure et fonctionnement de la biosphère. Edition Dunis, 238 pages.

Barriuso E. Andreux F, Portal J-M., (1990). Science du sol; 28(3) ,223-236.

Barnea M. et Ursu P. (1974) : Pollution et protection de l'atmosphérique. Ed. Eyrolles. Paris. 197p.

Ben Amara, O., (2007). Contribution à la caractérisation physico-chimique et micobiologique de la litière du chênes liège de la région d'El Kala. *Mémoire d'ingénieur d'état en Ecologie et Environnement. Université d'Annaba.* pp. 2-34.

Ben hamada W., (2004). Utilisation des techniques de transplantation lichénique dans l'appréciation de la pollution fluorée générée par la briqueterie de Jijel et son impact sur l'environnement. Mémoire de Magister, Université de Jijel, 122 pages.

Benlaribi M., (1990). Adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum Desf*).Etude des caractères morphologiques et physiologiques Thèse de doctorat d'état Univ de Constantine.

Benslama M., (2005). Cours d'écopédologie 3^{eme} année EE. Université B.M.Annaba.

Bensoltane, S., 2006. Evaluation de la toxicité du nitrate d'ammonium (NH_4NO_3) sur différents modèles biologiques: Mammifères, Végétaux, et Protistes ciliés. *Thèse de doctorat d'état en Eco toxicologie Animale. Université d'Annaba.* 153p.

Bellinger, Y., Bensaoud, A., and Larher, F., (1989). Physiologie breeding of winter cereals for stress environments. *Colloque, N°3, Montpellier, France.*

Bisson M., (1997). La qualité de l'air au Québec de 1975 à 1994, Gouvernement du Québec. Ministère de l'environnement et de la Faune. Direction du milieu atmosphérique et Service de la qualité de l'atmosphère. 52p.

Bourrelier P.H., Berthelin J., Pédro G., (1998). Contamination des sols par les éléments en traces : les risques et leur gestion, Académie des sciences 289p.

Brucker S., (1970). Influence des composés organiques solubles sur la pédogenèse en milieu acide. Thèse de Doc. Etat, Univ. Nancy I.

Brauer M., Hoek G., Van Vliet P., Meliefste K., Fischer .PH and Wijga A., (2002). Air pollution from traffic and the development of respiratory infections and asthmatic and allergic symptoms in children. Am .J.Respir Crit Care Med; 166: 1092-1098.

Brauer M, Hoek G., van Vliet P., Meliefste K., Fischer P. et Gehring U., (2003). Estimating long-term average particulate air pollution concentrations: application of traffic indicators and geographic information systems. Epidemiology; 14: 228-239.

Bruckert S., (1972). Influence de la composition chimique des litières sur la pédogenèse en milieux acide. Bull. ENSAIA, Nancy 14, 163- 275.

Brabant P., (1989). Science du sol, 27(4), 369-395.

BRADFORD, M., (1976). A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principal of protein-dye binding. Edition: Analytical and Biochemistry, p. 72.

Braun S. and Flückiger W., (1985). Increased population of the aphid pomace at a motorway: Part 3- the effect of exhaust gases. Environmental pollution, 39: 183-192.

Blokhina, O., (2000). Anoxia and oxidative stress: lipid Peroxidation, antioxidant status and mitochondrial functions in plants. *Doctorale thesis, University of Helsinki*, pp 11-33.

Calvet R., (2003). Le Sol propriétés et fonction: Tom I et II. Ed Dunod.

Chakharonia M., (1995). Développement d'un système biologique de surveillance de la pollution atmosphérique: études sur des populations d'*Arabidopsis thaliana* sous Conditions contrôlées. Thèse de doctorat, Univ Lausanne 81p.

Colin, F., (2000). Pollution localisée des sols et des sous-sols par les hydrocarbures et par les solvants chlorés. Edition Tec&Doc, 417 pages.

Couach O., Besson C., Kuebler J., Martilli A., Perego S., Sathya V., Kirchner F., Dagneli P., (1999). Statistique théorique et appliquée. Tome 2. Inférence statistique à une et à deux dimensions. Univ. De Boeck et Larcier. Bruxelles. 659p.

Dagneli P., (1999). Statistique théorique et appliquée. Tome 2. Inférence statistique à une et à deux dimensions. Univ. De Boeck et Larcier. Bruxelles. 659p.

Dajoz R., (1985). Précis de pédologie. Ed. Bordas. Paris. Dunod Université

Delauney, A.J., and Verma, DPS., 1993. Proline biosynthesis and osmoregulation in plant. **14:** 215-223.

Dewez, D., Didur, O., Vincent-heroux, J., and Popovic, R., (2007). Validation of photosynthetic-fluorescence parameters as biomarkers or isoproturn toxic effect on alga scenedesmus obliquus. *Department of Chemistry, Environmental Toxicology Research Center. TOXEN, 2101, Montreal, Quebec, Canada.* **70:** 134-140.

Delaunois, A., (1976). Travaux pratiques de pédologie générale. pp. 2-86.

Delcour F., (1981). Initiation à la pédologie, Fac, Sc, Agron. Gembloux 78p.

Direction de Planification et d'Aménagement de Territoire (D.P.A.T). Monographie de la wilaya de Annaba année **(2010)**, 9,15, 68 - 69, 85,97.

Direction de la réglementation et de l'administration générale (D.R.A.G.). Parc automobile de l'année 2000 à 2010.

Djebaili B., (1996). Projet de contrôle de la pollution industrielle, gestion des déchets dangereux. PDUA. 66-70.

Djekoune, A., and Yakhlef, N., (1996). Déficit hydrique, effets stomatiques et non stomatiques et activité photosynthétique chez quelques génotypes de blé tétraploïdes. *3^{ème} Réunion du réseau SEWANA, de blé dur, IA Hassan II, 6-7 décembre 1996.*

DRIRE-AIRPARIF., (2000). Inventaire 2000.

Duchaufour Ph., (2001). Introduction à la science du sol -6^{ème} Ed de l'abrégé de pédologie Dunod, 331p.

Duchaufour Ph., (1995). Pédologie : sol, végétation, environnement. Ed. Masson ; Paris 317 p..

Duchaufour Ph., (2001). Introduction à la science du sol - 6^{ème} Ed de l'abrégé de pédologie Dunod, 331p.

Duthil R, (1970). Eléments d'écologie et d'agronomie Ed. JB Baillière et fils. Paris sunad.

Durand C.,(2003). Caractérisation physico-chimiques des produits d'assainissement pluvial. Origine et devenu des métaux traces et des polluants organiques. Thèse de doctorat Univ de Poitiers 248p.

Elichegaray Chrithian, (2008). La pollution de l'air, sources, effets, prévention Ed Dunod, 210 pages.

Farago, M.F., and Mulan, W.A., (1979). Plants with accumulate metals. Part IV. A pssible copper-proline complex from the roots of America maritime Tnorg chin-Acta. **32:** L93-L94.

Fung K.Y., Khan S., Krewski D and Chen Y., (2006). Association between air pollution and multiple respiratory hospitalizations among the elderly in Vancouver, Canada. *Inhal. Toxicol.* 18, 1005-1011.

GERMAIN G., (2006). La pollution atmosphérique, rappel des objectifs de notre association, Observatoire des Nuisances Aériennes, le 22 Février 2006, p.3- 4-6.

Gury M., (1990). Genèse et fonctionnement actuel des pseudogleys podzoliques sur terrasses alluviales dans l'Est de la France. Thèse Doc. Etat. Nancy I. 218 p+ annexe.

Hare, P.D., and Cress, W.A., (1997). Metabolism implecation of stress. Induced praline accumulation In plant. *Pant growth regule.* **21:** 79-102.

Harrieche, O., (2004). Impact du cadmium et de l'interaction cadmium-calcium sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf., variété Vitron). Effets sur la respiration des racines. *Mémoire de Magistère. Université d'Annaba.* 79p.

Hamilton R.S., (1992). The soiling of materials in the ambient atmosphere, Atm. Env., Vol. 26A, 18, 3291-3296.

Havaux, M., (1988). Effects of temperature on the transitions between state 1 and state 2 in intact maize leaves. *Plant Physiol. Biochem* **26:** 245-251.

HERREBOUDT, F., (1999). Compte-rendu de la réunion du C.A. du 18 mars 1999, Direction de la communication de Renault, AGM-ITA - Revue - Numéro 48 - Pollution automobile.

Holden, M., (1975). Chlorophylls I, chemistry and biochemistry of plant pigments. *2^{ème} édition. T. w. Goodwin. Edition. Academic press, New York*, pp 1-37.

Huang, H.C.A., and Cavalieri. A.J., (1979). Praline metabolism during water stress in mulberry. *American Fern Journal* **74(2):** 37-39.

Hubac, S., and Viera, D., (1980). Action de la proline exogène sur l'activité de la voie du glycolate chez *Nicotiana tabacum* cv. *Xanthi n.c.* *Physiologia Plantarum* **(3)50:** 255.

Jacques VARET, BRGM (1999). Communication au colloque « Santé-Environnement, les risques cachés - 29 septembre 1999.

JAHNICH, M., (2003). Le traitement multimédiaque d'un risque pour la santé, étude d'un cas: le problème des gaz d'échappement, thèse de Doctorat. École Normale Supérieure de Cachan, p.9-170-176.

Jamagne, (1980). Les bases de la description des sols Ed. Dunod 125p.

Johnson, R.C., Nguyen, H.T., and Croy, L.I., (1984). Osmotic adjustment and solute accumulation in two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Sci* **24:** 957-962.

Jones R.L., Hinesly T.D., Ziegler E.L., Tyler J.J., (1975) . Cadmium and Zinc contents of corn leaf and grain produced by sludge-amended soil. *J. Environ.Qual.*, vol. 4. n°4, P 509-514.

Kaur et Duffus. (1986). The effect of sodium fluoride on cereal seed germination and seedling growth. *Plant, cell and environment* 155-161p.

Kirkham M.B., (1977). Growth of tulips treated with sludge containing dewatering chemicals. *Environnement Pollution* 13, n°1, P 11-20.

Koller E., (2004). Traitement des pollutions industrielles : Eau. Air. Déchets. Sols. Boues. Ed. DUNOD. Paris, 421p.

Krzyzanowski M., (2005). La pollution atmosphérique par les particules en suspension : ses effets nuisibles sur la santé. Conseiller régional, Qualité de l'air et santé. Centre européen de l'environnement et de la santé de l'OMS. Bonn, 1-4.

Klèche, M., (2005). Modifications physiologiques biochimiques observes chez “*Phragmites australis*” place dans une eau polluée “Cas de oued Meboudja”. *Mémoire de Magister. Université d'Annaba.* 66p.

Kuznetsov, V.V., and Shevyakova, N.I., (1997). Stress Reponses of tobacco cells to high temperature and sality: Proline phosphorylation of polypeptides. *Physiol. Plant.* **100**: 320-386.

Lacour S., (2003). Cours de pollution atmosphérique, Centre d'Enseignement et de recherche sur l'Environnement 6-8Avenue Blaise Pascal. 46p.

Laden F., Schwartz J., Speizer F.E and Dockery D.W., (2006). Reduction in fine particulate air pollution and mortality. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 173, 667–672.

Lambert S., (1995). Manuel de l'environnement à l'usage industriel. Ed, Afnor, 11 pages.

Larssen S., Tonnesen D., Clench-Aas J., Aarnes M.J and Arnesen K. A., (1993). model for car exhaust exposure calcu- lations to investigate health effects of air pollution. *Sci Total Environ* ; 134: 51-60.

Lauwerys R., (1990). Gaz et vapeurs irritants et asphyxiants, toxicologie industrielles et intoxications professionnelle, 3 ^{ème} Ed. Paris, 382 – 422.

Lippset M.J., Tsai F.C., Roger L., Woo, M and Ostro B.D., (2006). Coarse particles and heart rate variability among older adults with coronary artery disease in the Coachella Valley, California. *Environmental Health Perspectives* 114, 1215–1220.

Lipfert F.W., Baty J.D., Miller J.P and Wyzga R.E., (2006). PM 2.5 constituents and related air quality variables as predictors of survival in a cohort of US military veterans. *Inhal. Toxicol.* 18 (9), 645–657.

Loyer J.Y.,(1991). Pédologie, Orstom, XXVI (1), 51-61.

LOGGINI et al., 1999 in Youbi, M., (2005). Effets de deux fongicides Artea et Punch nouvellement introduits en Algérie sur la physiologie et le métabolisme respiratoire du blé dur: (*Triticum durum*, Desf).

Thèse de Magister. Université Badji Mokhtar, Annaba,

Leblon S. (2004) : Etude pluridisciplinaire du transfert des métaux de l'atmosphère vers les mousses (*Scleropodium purum* (Hedw.) Limpr.) : Suivi sur un site rural (Vouzon, France). Thèse de Doctorat Université Paris 7.224p.

Lidia, B., Vysotskaya, N., Tatyana, N., Leila, Timergalina, V., Aleksandr, Dedov, YU., and Stanislqv., (2004). Effect of partial root excision on transpiration, root hydrolic conductance and leaf growth in wheat seedlings. *Plant Physiologie and Biochemistry* **142**(3): 251-255.

Mackenzi A., (2000). L'essentiel en écologie. Ed, Berti (Paris), 368 pages.

Mardon J., (2000). La qualité de l'air : un enjeu local. Thèse de doctorat. Univ. Lyon. 122p.

MACKENZIE, A., BALLA, S et VIRDEES, R., 2000: L'essentiel en écologie. Edition: Berti, p. 328.

Marret J.M., et Winter J.M., (1999). Les principales techniques de traitement des SO_x. L'industrie céramique et verrière – N ° 945- 126.

Mehta, S.K., and Gaur, J.P., (1999). Heavy metal-induced praline accumulation an dits role in ameliorating metal toxicity in chorella vulgaris. *New phytol.* **143**: 253-259.

Menzel B., (1994). The toxicity of air pollution in experimental animals and humans: The role of oxidative stress. *Toxicology Letters*, 269 – 277.

Meksem, L., (2007). Etude des effets de deux fongicides: Le Flamenco SC et le Tilt 250 EC sur la physiologie, la croissance et le métabolisme énergétique des racines isolées de (*Triticum durum* DESF): variétés GTA dur et Vitron. Thèse de doctorat d'état en biologie végétale. Université d'Annaba. 162 p.

Morel R., (1989). Les sols cultivés. Lavoisier. 2^{ème} Ed. Paris, 373 p.

Monneuveux et Nemmar, (1986). Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum L*) et chez le blé dur (*Triticum durum Desf*). Etude de l'accumulation de la proline au du cycle de développement, 583-590p.

Nawrot T.S., Nemmar A and Nemery B., (2006). Air pollution: to the heart of the matter. European Heart Journal 27, 2269–2271.

Neffar S., (1994). Contribution à l'étude de l'impacte du fluore sur la germination *in vitro* de graines céréalières. Thèse de Magister en Eco toxicologie. Institut des Science de la Nature Université de Annaba. 80 pages.

Ngo, C., (2004). Déchets et pollution. Impact sur l'environnement et la santé. Edition Dunod, 134 pages.

Nicolas, J.P., (2003). Cours Transports et environnement. Laboratoire d'Economie des Transports. Université Lumière Lyon 2, 93 pages.

Oades J.M., (1988). The retention of organic matter in soil, Biogeochemistry 5. 35- 70.

Ober, E.S., and Sharp, R.E., (1994). Praline accumulation in maize (*Zea mays L.*) primary roots at low water potentials. I. Requirement for increased levels of abscisic acid. *Plant Physiol.* **105:** 981-987.

Ortiz, D.F., Kreppel, L., Sperser, D.M., Scheel, G., Mc Donald, G., OW., and DW., (1992). Heavy metals tolerance in the fission yeast requires an ATP binding cassette- type vacuolar membrane transporter. *EMBO/ 11:* 3491-3499.

Oumerzouk A et Bouharas M., (1993). Contribution à l'étude des sols et de l'assainissement agricole dans le Sud-est de la grande plaine orientale de Annaba (secteur de Besbese, Zerirer et Ben M'Hidi). Mem. Ing. Amen. I.S.T. Uni Annaba.

Pagotto, C., (1999). Etude sur l'émission et le transfert dans les eaux et les sols des éléments traces métalliques et des hydrocarbures en domaine routier. Thèse de doctorat, Université de Poitiers, 252p.

Paleg, L.G., Stewart, G.R., and Bradbeer, J.W., (1984). Proline and glycine betaine influence protein solvation. *Physiol 75:* 974-978.

PAUL.M.H., PLANCHANC ET COCHARDAR ; (1979). Etude des relations entre le développement foliaire et le cycle de développement à la productivité chez le Soja. *Is physiol.* 29(5) 479-492p.

Perrier ER. And AB. Salkini., (1987). Mouvement of water in soils in supplemental irrigation in the near east nord Africa. Procceeding of work shop on regional consultation ICARDA and FAO. Rabat, Maroc, 7-9 décembre. Ed ICARDA Kluwer. Acad. Publishers : 107-121.

PESANT Laurie, (2005). Elaboration d'un nouveau système catalytique à base de carbure de silicium (β -SiC) pour la combustion des suies issues des automobiles à moteur Diesel. Thèse de Doctorat, Université de Louis Pasteur, 159p.

Pikhart H., Bobak M., Kriz B., Danova J., Celko M.A and Prikazsky V., (1995). Outdoor air concentrations of nitrogen dioxide and sulfur dioxide and prevalence of wheezing in school children. *Epidemiology* ; 11:153-160.

POPESCU, M., BLANCHAR, DJ., et CARRE, M., (1998). Analyses et traitement physicochimique des rejets atmosphériques industriels, émissions, fumées, odeurs et poussières, Edition: Masson, p.12-20.

Puritch, G.S., and Barker, A.V., (1967). Structure and function of leaf tomato cloroplasts during ammonium toxicity. *Plant. Physiol* (42): 1229-1238.

Ramade F., (1982). Elément d'écologie, écologie appliquée, action de l'homme sur la biosphère. Edition Lavoisier, 452 pages.

Ramade F., (1993) .Dictionnaire Encyclopédique de l'Ecologie et des Sciences de l'Environnement. Edisciences international. 822 p.

Rijnders E., Janssen N.A., van Vliet P.H and Bru- nekreef B., (2001). Personal and outdoor nitrogen dioxide concentrations in relation to degree of urbanization and traffic density. *Environ Health Perspect* ;109 (Suppl 3). 411-417

Rovers M., Wichmann H.E., Wijga A and Heinrich J., (2006). Traffic-related air pollution and media. *Environ. Health Percept.* 114, 1414–1418.

Robert, D., and Roland, J.C., (1998). Organisation cellulaire: Biologie végétale. *Ed Doin* 1: 125-345.

Savitz D.A., Feingold L., (1989). Association of child hood cancer with residential traffic density. Scand J Work Environ Health 1989; 15: 360-363.

Sanderman, H., (1992). Plant metabolism of xenobiotics. *Trends Biochem. Sci* **17:** 82-84.

SERVAIS, S., (2004). Altération mitochondriale et stress oxydant pulmonaire en réponse à l'ozone: effets de l'age et d'une supplémentation en oméga 3.Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard, Lyon 1, France, p. 19-35.

Semadi A., (1989). Effet de la pollution atmosphérique, pollution globale: Fluorée, plombique sur la végétation dans la région de Annaba (Est de l'Algérie). Thèse de Doctorat d'état en Science Nat. Université de Pierre et Marie curie (Paris 6). 339 pages.

Singh J., (1988). Nitrogen dioxyde exposure alters neonatal developpement, Neurotoxicology, 545 - 549.

Shah, K., and Dubey, R.S., (1998). Effect of cadmium on praline accumulation and ribonuclease activity in rice seeding: role of praline as a possible enzyme protectant. Biol plant **40:** 121-130.

Sharma G.K., (1987). Plant cuticular complex in response to highway pollution. The science of the total Environment, Paris, 9: 125-132.

Solt, J. P., Sneller, F.E.C., Bryngelsson, T., Lundborg, T., and Scht, H., (2003). Phytochelatin and cadmium accumulation in weat. *Envirenmental and experimental botany* **49:** 21-28.

Steckeman , FERNANDEZ et CORNUDET (2000). Devenir du Zn, Pb et Cd issus de retombées atmosphériques dans les sols, à différentes échelles d'étude. *Influence de l'usage des sols sur la distribution et la mobilité des métaux.* Thèse de doctorat. L'Institut National d'Agronomie Paris-Grignon., p 06

Stevenson, F.J.; Cole M.A., (1999). Cycle of soils: Carbon, Nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients, New York, WILEY, 427 p.

Ung A., (2003). Cartographie de la pollution atmosphérique en milieu urbain à l'aide des données multisources. Thèse pour obtenir le titre de Docteur en sciences de l'Université Paris 7. Spécialité « Méthode physiques en télédétection. 93p

VIALA, (1998). Eléments de toxicologie. Edition: Lavoisier, Paris, p. 328-330.

Vogli-lange, R., and Wangner, G.J., (1990). Subcellular localization of cadmium-binding peptides in baccleaves-plant. *Physiol* **92**: 1082-1093.

Willekens, H., Chamnoongpol, S., Davey, M., Van Montagu, C., Inze, D., and Van Camp, W., (1997). Catalase is a sink for H₂O₂ qnd is indispensable for stress defense in C₃ plants. *The EMBO. Journal* **16(16)**: 4806-4816.

Woodbury P. B. and Hudler G. W., (1994). Chronic ozone exposure alters the growth of leaves, stems and roots of hybrid *Populus*. *Environmental Pollution* **85**: 103-108.

Youbi, M., (2006). Effets de deux fongicides Artea et Punch nouvellement introduits en Algérie, sur la physiologie et le métabolisme respiratoire du blé dur (*Triticum durum Desf*). *Mémoire de Magister. Université d'Annaba. 93 p.*

Zienk, N.H., (1996). Heavy metal detoxification in higher plant a review-gene. *179*: 21-30.

Résumé.

Le présent travail a porté sur l'étude la pollution de l'air, générée par le secteur du transport, dans la région d'Annaba.

Notre étude est axée sur deux volets : un volet comprenant l'enquête épidémiologique au niveau de la région d'Annaba, concernant l'évolution du parc automobile, ainsi que le nombre des stations de transport au sein de la Wilaya.

Le deuxième volet a été consacré à l'étude de la toxicité des gaz d'échappement sur quelques paramètres physiques et biochimiques du blé dur (*Triticum durum Desf*) ainsi que l'impact de cette pollution sur le sol.

L'étude épidémiologique montre que les taux de polluants émis par le parc roulant sont responsables de l'augmentation des maladies respiratoires et cardiovasculaires de la population. Quant aux analyses biochimiques de la végétation, celles-ci mettent en évidence la toxicité des polluants émis par les gaz d'échappements, avec une diminution de la surface foliaire et du rapport MF/MS, accompagné par une augmentation des chlorophylles, des protéines totales, de la proline et une stimulation de l'enzyme de détoxification (la catalase).

Parallèlement les analyses physico-chimiques du sol, ont révélé que le pH des échantillons traité durant une demi-heure est beaucoup plus acide que celui des autres échantillons, une augmentation de la conductivité électrique est enregistrée chez les échantillons traités comparativement au témoin, accompagnée par une diminution de la porosité et de l'humidité hygroscopique.

Quant à la teneur en Plomb, elle augmente progressivement avec la durée d'exposition à la fumée des gaz d'échappement.

Mots clés : Pollution atmosphérique, Toxicité, Epidémiologie, Biochimie, Enzymologie, Stress.

ABSTRACT

The present work deals whit the study of air pollution caused by the transport zone, within the area of Annaba.

Our study is based upon two parts:

The first one deals whit an epidemiology investigation around the area of Annaba whit regard to the total number of vehicules and transport stations prigression.

The second part deals with the study of the exaust gas toxic effect on physical and biochemical parameters of the hard wheat (*Triticum duraum Desf*) as welle as pollution impact over the ground.

The epidimology study shows that the ratios of polluants emited by vehicules are accomtable of the increase of respiratory and cardio-vasculair diseases of the population.

As far as the vegetation biochemical analysis are conserned, these ones put forward the toxic effect of polluants emited by the exaust gas , with a decrease of the leaf surface and the MF/MS ratios, followed by an increase of chlorophyllls, total proteins, prolin and a stimulation of the enzym detoxification (catalase)

In the same way ,the physical and chemical annalyses of the ground revealed that the pH of the samples treated during half hour is more acid than the pH of the other samples . They also revealed an increase of the electrical conductivity of treated samples comparatively to the cheek samples and a decrease of the porosity humidity as far as lead percentage is conserned, this one increases gradually with the time of the exposure of exaust gas smoke.

Key words : Atmospheric, pollution, toxcity, epidemiology, biochimic, enzymology, stress.