

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

Mémoire De fin d'études

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister en
Ecologie Végétale

Option:

Cartographie des Ecosystèmes Forestiers de l'Est Algérien

Intitulé:

**Cartographie de la distribution de la pollution
atmosphérique d'origine automobile au niveau de la région
d'El Kala en utilisant: *Pistacia lentiscus***

Par : M^{lle} AOUADI Asma

Président : Dr. TOUBAL O.	M.C.	Univ. Annaba.
Directeur : Dr. DJEBAR M.R.	Pr.	Univ. Annaba.
Examineur : Dr. BERREBAH H.	Pr.	Univ. Annaba.
Examineur : Dr. MEKSEM L.	M.C.	Univ. Annaba.

Promotion: 2009-2010

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

RESUMES

1^e Partie : Données bibliographiques

INTRODUCTION

GENERALE.....1

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

1. Définition de la pollution.....	3	2.
Classification de la pollution.....	4	2. 1. Pollution atmosphérique.....
différentes échelles de pollution atmosphérique.....	5	3. Les différentes échelles de pollution atmosphérique.....
planétaire.....	5	3.1. Échelle planétaire.....
Échelle continentale.....	5	3.2. Échelle continentale.....
Échelle régionale.....	5	3.3. Échelle régionale.....
Échelle locale.....	5	3.4. Échelle locale.....
Les principaux polluants atmosphériques et leurs effets.....	6	4. Les principaux polluants atmosphériques et leurs effets.....
primaires.....	6	4.1. Les polluants atmosphériques primaires.....
atmosphériques secondaires.....	7	4.2. Les polluants atmosphériques secondaires.....
Classification des polluants atmosphériques.....	8	5. Classification des polluants atmosphériques.....
inorganiques.....	8	5.1. Gaz ou substances inorganiques.....
substances organiques.....	9	5.2. Gaz ou substances organiques.....
Les aérosols.....	9	5.3. Les aérosols.....
6. Les principales sources de pollution atmosphérique.....	9	6. Les principales sources de pollution atmosphérique.....
d'énergie.....	9	6.1. Le secteur d'énergie.....
secteur de l'industrie.....	9	6.2. Le secteur de l'industrie.....
6.3. Le secteur de transport.....	9	6.3. Le secteur de transport.....
facteurs déterminant la pollution atmosphérique.....	10	7. Les facteurs déterminant la pollution atmosphérique.....
climat.....	10	7.1. Effet du climat.....
7.1.1. Le vent.....	10	7.1.1. Le vent.....
7.1.2. La température.....	10	7.1.2. La température.....
7.1.3. Les précipitations.....	11	7.1.3. Les précipitations.....
Effets des conditions topographiques.....	11	7.2. Effets des conditions topographiques.....
vallées.....	11	7.2.1. Les vallées.....
7.2.2. Les		7.2.2. Les

versants.....	11
7.2.3. Les cultures et prairies.....	11
8. Impacts de la pollution atmosphérique sur l'homme et l'environnement.....	11
8.1. Les risques sanitaires.....	11
8.2. Effets sur l'environnement.....	12
8.2.1. Au niveau local et régional.....	12
8.2.2. Au niveau planétaire.....	12
CHAPITRE II : BIOINDICATION DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE A L'AIDE DES VEGETAUX	
1. Définition de bio-indicateur.....	14
2. Quels polluants surveiller ?.....	15
2.1. Les oxydes d'azote.....	15
3. Quel dispositif de la surveillance de la qualité de l'air ?.....	16
4. Normes de la pollution atmosphérique.....	16
4.1. Normes Algériennes.....	16
4.2. Normes de l'OMS.....	16
4.3. Normes françaises.....	17
CHAPITRE III : CARTOGRAPHIE DE LA POLLUTION	
1. Définition de la cartographie.....	18
2. Définition de la carte.....	18
3. Les différents types de cartes.....	19
3.1. La carte thématique.....	19
3.2. La carte de l'environnement.....	20
4. Règles de cartographie et éléments nécessaires à l'établissement d'une carte.....	21
5. Etapes de réalisation d'une carte.....	22
5.1. L'ancienne méthode.....	22
5.2. La méthode actuelle.....	25
6. Diffusion de l'information	

géographique.....	26	Objectif du
travail	27	
<i>2^e Partie : Matériels et méthodes</i>		
<i>CHAPITRE I : CADRE PHYSIQUE</i>		
I.1. Présentation des zones d'études.....	28	
I.1.1. Le Parc National d'El Kala.....	28	I.1.2. Le milieu
physique.....	29	I.1.3. Le
relief.....	29	I.1.4.
Aperçu géologique.....	30	
I.1.5. Aperçu pédologique.....	31	I.1.6.
Aperçu hydrographique.....	31	
I.1.7. Aperçu climatologique.....	31	I.1.8.
Patrimoine naturel du Parc National d'El-Kala	36	
I.2. Présentation de la zone d'étude Berrahal (Wilaya d'Annaba)	38	I.2.1. Aperçu
géologique.....	38	I.2.2. Le
relief topographique.....	39	I.2.3.
Aperçu pédologique.....	39	
I.2.4. Le réseau hydrographique.....	39	I.2.5.
Aperçu climatologique.....	39	
I.2.6. Les cultures.....	41	
I.2.7. Aperçu socio- économique.....	42	
<i>CHAPITRE II : TECHNIQUES ANALYTIQUES</i>		
I/ Matériel expérimental.....	43	
1. Model végétal.....	43	
1.1. Choix de l'espèce.....	43	
1.2. Caractéristiques de l'espèce.....	43	
1.3. Classification botanique.....	44	2.
Propriétés et utilisations.....	44	
II/ Paramètres étudiées.....	45	1.
Paramètres morpho métriques.....	45	1.1. Mesures

de la hauteur moyenne de la plante.....	45 2.
Paramètres	
physiques.....	46 2.1.
Détermination du rapport matière fraîche/matière sèche.....	46 3. Paramètres
physiologiques.....	46 3.1.
Mesure du métabolisme	
respiratoire.....	46 4. Paramètres
biochimiques.....	48 4.1.
Dosage de la chlorophylle.....	48 4.2.
Dosage de la proline.....	48 4.3.
Dosages des protéines	
totales.....	49 5. Dosage des bio
marqueurs.....	50 5.1.
Dosage de l'activité catalase.....	50 5.2. Le
glutathion.....	51
III/ Etude	
statistique.....	52

CHAPITRE III : CARTOGRAPHIE DE LA POLLUTION AUTOMOBILE

1. Données géographiques des trois sites étudiés.....	53 2. Fonds
cartographiques.....	54
3. Flux journalier de la circulation routière au niveau des trois sites étudiés.....	55

3^e Partie : Résultats et discussion

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Effets de la pollution atmosphérique d'origine automobile sur <i>Pistacia lentiscus</i>	56
1.1. Effets des rejets gazeux sur les paramètres physiologiques.....	56
1.1.1. La hauteur moyenne.....	56 1.1.2.
Indice de pollution.....	57
1.2. Effets des rejets gazeux sur les paramètres biochimiques.....	58
1.2.1. Les chlorophylles.....	58
1.2.1.1. Variation du taux de la chlorophylle <u>a</u> des feuilles de <i>Pistacia lentiscus</i>	58

1.2.1.2. Variation du taux de la chlorophylle <u>b</u> des feuilles de <i>Pistacia lentiscus</i>	59
1.2.1.3. Variation du taux de la chlorophylle <u>a+b</u> des feuilles de <i>Pistacia lentiscus</i>	60
1.2.2. Evolution du taux de proline en fonction des sites étudiés.....	61
1.2.3. Evolution du taux de protéines totales en fonction des sites étudiés.....	62
1.3. Effets des rejets gazeux sur les bio-marqueurs.....	63
1.3.1. Le glutathion GSH.....	63
1.3.2. La Catalase CAT.....	64
1.4. Effets des rejets gazeux sur le métabolisme respiratoire.....	65
1.4.1. Variation du métabolisme respiratoire des racines isolées de <i>Pistacia lentiscus</i> prélevées à une distance de 20m par rapport à l'axe routier.....	65
1.4.2. Variation du métabolisme respiratoire des racines isolées de <i>Pistacia lentiscus</i> prélevées à une distance de 40m par rapport à l'axe routier.....	66
1.4.3. Variation du métabolisme respiratoire des racines isolées de <i>Pistacia lentiscus</i> prélevées à une distance de 60m par rapport à l'axe routier.....	67
1.4.4. Variation du métabolisme respiratoire des racines isolées de <i>Pistacia lentiscus</i> prélevées à une distance de 80m par rapport à l'axe routier.....	68
1.4.5. Variation du métabolisme respiratoire des racines isolées de <i>Pistacia lentiscus</i> prélevées à une distance de 100m par rapport à l'axe routier.....	69
1.5. Cartographie de la distribution de la pollution automobile au niveau des sites étudiés... 1.5.1. CARTOGRAPHIE DE LA DISTRIBUTION DE LA POLLUTION AUTOMOBILE AU NIVEAU DU SITE 1 : PNEK en utilisant <i>Pistacia lentiscus</i> L.....	70
1.5.2. CARTOGRAPHIE DE LA DISTRIBUTION DE LA POLLUTION AUTOMOBILE AU NIVEAU DU SITE 2 : Kbouda en utilisant <i>Pistacia lentiscus</i> L.....	71
1.5.3. CARTOGRAPHIE DE LA DISTRIBUTION DE LA POLLUTION AUTOMOBILE AU NIVEAU DU SITE 3 : Berrahal en utilisant <i>Pistacia lentiscus</i> L.....	72
Discussion.....	75
Méthodologie pour l'étude de la distribution de la pollution automobile.....	79
CONCLUSION GENERALE.....	81
PERSPECTIVES.....	82
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	83
ANNEXES	

RESUME

L'étude que nous avons menée au Laboratoire de Toxicologie Cellulaire LTC porte sur l'impact de la pollution automobile évaluée par les paramètres morpho métriques, physiologiques, enzymatiques et énergétiques sur le *Pistacia lentiscus* utilisé comme modèle d'estimation de la pollution atmosphérique.

Deux sites où le flux de circulation des véhicules est élevé sont étudiés sur la RN 44 :

- ✓ Un site dont les coordonnées géographiques sont : 36°50'05.4"Nord et 007°23'57.9"Est, se situe au niveau de la forêt de Balout Zaouche) à Berrahal, wilaya de Annaba.
- ✓ Un autre site dont les coordonnées géographiques sont : 36°44'21.1"Nord et 007°59'41.9"Est, se trouve à l'entrée de Kbouda, wilaya d'El Tarf.
- ✓ Un site utilisé comme station de référence est pris sur le nouveau tracé de l'autoroute Est Ouest au niveau du «Bourdim», réserve intégrale du Parc National d'El Kala, zone vierge qui va servir de base de données pour les études comparatives d'analyse de la pollution et de son évolution une fois la mise en circulation de l'autoroute.

Un support cartographique à grande échelle (1/5000 ème), basé sur l'utilisation de photos par satellite à haute résolution IKONOS et un logiciel Arc GIS 9.2 ont été utilisés pour la matérialisation de la distribution de la pollution sur les trois sites étudiés.

Les résultats obtenus montrent que le site le plus pollué est le site 3 Berrahal et que le site 2 Kbouda est faiblement pollué par rapport à celui-ci. Enfin il ressort de notre travail que le site 1 PNEK présente une pollution presque nulle.

SUMMARY

The study we conducted at the Laboratory of Cell Toxicology LTC focuses on the impact of vehicle pollution assessed by morpho metric parameters, physiological, enzymatic and energy on Pistacia lenticus used as a model for estimating air pollution.

Two sites or the flow of vehicular traffic is high are studied on RN 44:

- ✓ A site whose geographical coordinates: $36^{\circ} 50'05.4''$ North and $007^{\circ} 23'57.9''$ East is located at the forest Balout Zaouche) to Berrahal Annaba.
- ✓ Another site whose geographical coordinates: $36^{\circ} 44'21.1''$ North and $007^{\circ} 59'41.9''$ east, lies at the entrance Kbouda, El Tarf Wilaya.
- ✓ A site used as reference station is taken over the redrawing of the east west at the "Bourdim, Wilderness National Park of El Kala blank area will serve as a database for comparative studies Analysis of pollution and its evolution after the introduction of the highway.

A map support large-scale (1 / 5000 th), based on the use of satellite photos at high resolution IKONOS and Arc GIS 9.2 software were used for the physical distribution of pollution on the three sites studied.

The results show that the site is the most polluted site 3 Berrahal and site 2 is slightly polluted by Kbouda report it. Finally it is clear from our work that the site presents a PNEK pollution almost zero.

موجز

الدراسة التي أجريناها في مختبر علم السموم من خلية كبار المستشارين التقنيين يركز على ، الفسيولوجية ، الأنزيمية morpho تأثير تلوث مركبة تقييمها من قبل المعلمات متري والطاقوية على نبات الضرؤ تستخدم كنموذج لتقدير تلوث الهواء. موقعين أو تدفق حركة مرور المركبات عالية ودرس في طريق 44 : موقع الذي الإحداثيات الجغرافية : 36 ° 05'50 0.4 «الشمالية و 007 ° 57.9'23» الشرق - عنابة. لبرحال زاؤش يقع في غابة بلوط موقع آخر الذي الإحداثيات الجغرافية : 36 ° 21'44 0.1 «الشمالية و 007 ° 41.9'59» - الشرق يقع في مدخل كبؤدة لولاية الطارف. موقع تستخدم محطة مرجعية واستولت على إعادة رسم الشرق والغرب في بؤغديم ، الحديقة - الوطنية البرية من منطقة القالة فارغة ستكون بمثابة قاعدة بيانات للدراسات المقارنة تحليل التلوث وتطورها بعد إدخال الطريق السريع. واستخدمت ودعم خريطة واسعة النطاق (1 / 5000 عشرة) ، على أساس استخدام صور الأقمار الصناعية في ايكونوس وارتفاع القرار ، ونظم المعلومات الجغرافية القوس 9.2 برنامج لتوزيع المادي للتلوث على المواقع الثلاثة التي شملتها الدراسة. وأظهرت النتائج أن الموقع الأكثر تلوثا 3 برحال وموقع 2 كبؤدة قليلا ملوثة لا شيء تقريبا. PNEK تقرير ذلك. وأخيرا يبدو واضحا من عملنا أن يقدم الموقع التلوث

INTRODUCTION GENERALE

En un demi-siècle, le problème de la pollution de l'air par les activités humaines s'est transformé; le rapport des responsabilités entre sources fixes (industries, centrales thermiques...) et sources mobiles (transport routier, aérien...) s'est inversé, (*JAHNICH, 2003*).

Ainsi le trafic routier est devenu l'un des principaux responsables de la pollution atmosphérique, (*OFEFP, 2004*). La pollution atmosphérique générée par les transports, ses impacts 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. 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*).

Concernant les impacts de la pollution routière sur les écosystèmes forestiers, la part de l'objectif doit être renforcée pour une véritable prise en compte de ce phénomène dans les politiques de transport car l'argumentaire relatif aux impacts environnementaux de cette pollution, bien que fréquemment mis en avant, dépasse rarement le niveau des généralités, (*DELETRAZ, 2003*).

Très souvent, la fragilité et la spécificité des écosystèmes forestiers, sont invoquées sans pour autant se suffire à elles mêmes : « *le milieu forestier est d'une extrême sensibilité car les contraintes naturelles y exagèrent tout impact et risquent de conduire rapidement à des déséquilibres irrémédiables* », (*FISCHESSER, 1998*). La plupart des nuisances sont aggravées dès lors que les émissions qui en sont à l'origine ont lieu dans un milieu aussi sensible que les aires protégées (*MARTIN et al., 2000*): dans notre cas le *Parc National d'El Kala* est pris en exemple et sera utilisé comme référence sur un site de passage de l'autoroute est-ouest au niveau du « Bourdim » (réserve intégrale du PNEK).

En considérant que l'incidence de la pollution automobile est d'autant plus lourde que les écosystèmes sont d'autant plus sensibles, (*ESTIENNE et al., 1970 ; BELTRANDO et al., 1995*).

Nous avons opté de travailler sur trois (03) stations, dont deux (02) sont considérées à grandes circulation : Berrahal (W. Annaba) et Kbouda (W. El Tarf), la troisième station est située dans une zone non ouverte à la circulation et servira de référence pour les études à venir, sa cartographie servira de base de données pour l'étude de l'évolution spatio-temporelle de la pollution engendrée par les automobiles au niveau de cette station.

L'étude menée se concentre sur la pollution automobile et les effets des gaz d'échappements émis aussi bien par les poids lourds que les véhicules légers, roulant à l'essence et le diesel.

Ces phénomènes concernent d'importants espaces, (*DUPOUEY et al., 1993*), puisque les infrastructures de transport couvrent 4.63 % du territoire Algérien,) et 9.5% pour la wilaya d'El Tarf (*DTP, 2008*).

Trois volets constituent l'ossature du mémoire :

- Le premier est consacré à une enquête concernant le parc automobile au niveau de la wilaya d'Annaba et d'El Tarf, afin d'estimer le taux des gaz d'échappement.
- Le deuxième porte sur l'étude d'impact de la pollution atmosphérique sur les paramètres morpho métriques, physiologiques, enzymatiques et énergétiques du Pistachier: *Pistacia lentiscus*.
- Quant au troisième volet il représente l'état des lieux à travers une carte représentant les effets de la pollution atmosphérique en utilisant le modèle biologique cité.

GENERALITES SUR LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

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 responsable du réchauffement climatique, notamment en milieu urbain, (*DRIRE, 2000*).

La part du transport routier dans les émissions de polluants urbains reste prépondérante, malgré une baisse des émissions, obtenue récemment après d'importants efforts technologiques et législatifs sur certains polluants régulièrement suivis, (comme en Europe où il arrive durant les pics de pollution de réglementer la circulation des véhicules).

Les gaz d'échappement des véhicules rejettent de nombreux produits provenant de la combustion des carburants (hydrocarbures), ces polluants ne cessent d'augmenter, en raison de la forte croissance du trafic des voyageurs et des marchandises, et de l'allongement des distances moyennes de déplacement, qui finissent tous par avoir des effets néfastes sur l'environnement, (*IFEN, 2001*).

Pour rendre encore plus fluide la circulation automobile, l'Algérie a lancé l'ouverture d'une autoroute de 1216Km qui traverse le nord du pays d'Est en Ouest.

1. Définition de la pollution

La pollution est définie comme une modification défavorable du milieu qui résulte en totalité ou en partie de l'action humaine, au travers d'effets directs ou indirects altérant des critères de répartition de flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physicochimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes, (*BARBAULT, 2000*). Ce phénomène prend des notions quantitatives et qualitatives, ainsi, à côté des polluants créés artificiellement par les activités de l'homme, il y'a ceux qui existent déjà dans la nature et dont l'homme contribue à augmenter leur fréquence d'émission et leur qualité, (*VIALLA, 1998*).

2. Classification de la pollution

Cette classification est réalisée selon la nature du facteur ou du polluant en Question : Il y a la pollution physique, la pollution chimique, la pollution biologique et les nuisances esthétiques ou sonores (*POPESCU et al., 1998*) ; Ou encore selon le compartiment affecté : La pollution de l'eau, la pollution du sol et la pollution de l'air, (*MACKENZIE et al., 2000*).

2. 1. Pollution atmosphérique

Selon *MASCLET (2005)*, 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 au bien. Cette pollution peut provenir de gaz, de vapeurs, 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* ».

La pollution atmosphérique est clairement définie par l'article 2 de la loi française n°96-1236 du 30 décembre 1996 : «*Constitue une pollution atmosphérique l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives* ».

En Algérie la loi n°83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement définit la pollution de l'atmosphère comme étant: «*L'émission dans l'air: de gaz ,des fumées ou de particules solides ou liquides , corrosifs, toxiques ou odorantes de nature à incommoder la population, à compromettre la santé ou la sécurité publique ou à nuire aux végétaux , à la production agricole et aux produits agro-alimentaires, à la conservation des constructions et monuments ou au caractère des sites*» .

Bien que cette définition fasse référence aux polluants introduits par l'être humain, il faut considérer que certains polluants atmosphériques peuvent provenir de sources naturelles comme les éruptions volcaniques, les météorites, l'érosion des sols , ou les feux de forêt, les mers, les océans, les végétaux et les animaux. La plupart des

polluants menaçants sont liés à l'homme, à son mode de vie et à ses activités, le cas de la plate-forme (20 Avril 2010) de British Petroleum (BP) dans le Golf du Mexique et toujours en cours.

3. Les différentes échelles de 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, en raison notamment de sa propension à favoriser de nombreuses maladies respiratoires, (*GERMAIN, 2006*).

3.1. 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.

3.2. 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. L'éruption récente du volcan Islandais (16 Avril 2010) a touché trois continents : Europe, Amérique (Canada) et L'Afrique (Maroc et même l'Algérie).

3.3. 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.

3.4. 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*).

4. Les principaux polluants atmosphériques et leurs effets

Les polluants atmosphériques provenant des transports sont classés selon deux catégories : les polluants primaires émis directement à l'échappement, et les polluants secondaires résultant de la transformation chimique des premiers dans l'atmosphère.

4.1. Les polluants atmosphériques primaires

- **Le dioxyde de carbone**

Le CO₂ (ou gaz carbonique) est un produit de toute combustion de matière organique (pétrole, bois, végétaux...). Il contribue au réchauffement climatique par son action sur l'effet de serre; On estime qu'en moyenne 30 % du CO₂ émis par un pays a pour origine la combustion de carburant pour le transport, (*Conférence de Kyoto, 1997*)

- **Le monoxyde de carbone**

Le CO est également issue de la combustion de matière organique. Les voitures émettent de taux de CO variables, qui sont particulièrement élevés au ralenti. En moyenne, 70 % du CO émis est imputable aux transports. Quand il est inhalé il remplace l'oxygène dans le sang et réduit l'alimentation des tissus organiques. Par ailleurs c'est un facteur aggravant des troubles causés par le tabac (pollution locale).

- **Les oxydes d'azotes**

(NO et NO₂, notés NO_x) proviennent de l'oxydation de l'azote de l'air lors de la combustion du carburant. Les oxydes d'azote sont des précurseurs de l'ozone atmosphérique, qui en cas de forte concentration est dangereux pour la santé. En moyenne, 75 % des NO_x sont issus des transports automobiles.

Les NO ne sont pas très toxiques. leurs effets sont assez mal connus et ils semblent négligeables pour les teneurs dont est responsable la pollution automobile. Cependant les NO sont assez facilement oxydés en NO₂. Ils sont quand à eux capables de se fixer sur les alvéoles pulmonaires et les altérer, or celles-ci nous servent de défenses mécaniques contre l'agression des gaz, des poussières, des virus, des bactéries (pollution locale).

- **Hydrocarbures imbrûlés**

Une certaine fraction du carburant admis dans le moteur sort sans avoir brûlé : cette situation peut avoir des conséquences sur l'effet de serre (notamment le méthane CH_4 émanant principalement de véhicules fonctionnant au gaz naturel), et sur la santé. Si on retire le CH_4 (qui est malgré tout moins polluant que les autres), 60 % des hydrocarbures sont émis par les automobiles, (*DRIRE, 2000*).

- **Particules**

Des particules sont émises lors de combustions de mauvaise qualité (hydrocarbures partiellement brûlés). Elles sont à l'origine des fumées que l'on distingue à la sortie des échappements des camions au diesel. Ces particules peuvent être plus ou moins grosses et avoir des effets différents. Les plus fines peuvent pénétrer le corps humain et provoquer des maladies chroniques ou graves comme des cancers, les plus grosses se déposent rapidement au sol ou sont filtrées par les voies respiratoires.

- **Le dioxyde de soufre**

Le SO_2 est issu de la combustion de carburants soufrés (Diesel). En général il est émis en même temps que les particules. Le SO_2 est en partie responsable des pluies acides. Les molécules de SO_2 inhalées sont arrêtées par les défenses nasales et sont donc généralement inoffensives. Cependant à très forts taux d'inhalation, elles peuvent amplifier les effets des autres polluants. Les spécialistes considèrent que les transports sont responsables des émissions de SO_2 à hauteur de 13 % en moyenne.

4.2. Les polluants atmosphériques secondaires

- **L'ozone**

L' O_3 est un constituant naturel de la troposphère, cependant les oxydes d'azote peuvent provoquer par réaction chimique une augmentation de la concentration d'ozone atmosphérique (l'ozone n'est pas directement émis par le moteur on dit que c'est un polluant secondaire). L'ozone entraîne sur l'homme le rétrécissement des voies respiratoires (aggravé dans le cas d'une activité physique), une réduction de la capacité pulmonaire, des toux, des irritations des yeux et des muqueuses, des maux de tête et peut favoriser le déclenchement de crises d'asthme.

- **Métaux**

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'infiltré 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'oeuf pourri, et qui peut être produit dans les pots catalytiques, (HERREBOUDT, 1999).

5. Classification des polluants atmosphériques

Selon POPESCU *et al.*, (1998), les polluants émis peuvent être classés en fonction de leur nature et de leurs degrés de dispersion en:

5.1. Gaz ou substances inorganiques

Ils comprennent:

- Les dérivés oxygénés du soufre (dioxyde et trioxyde du soufre, acide sulfurique).
- Les dérivés oxygénés d'azote (monoxyde et dioxyde d'azote).
- Monoxyde et dioxyde de carbone.
- Les polluants inorganiques autres (dérivés de plomb, hydrogène sulfuré, ammoniac, chlore et chlorure, fluor et fluorure).

5.2. Gaz ou substances organiques

Les hydrocarbures, les aldéhydes et les cétones et les composés organiques du soufre.

5.3. Les aérosols

Les particules de matières solides (poussières et fumées) et les particules de matière liquide (brouillard, gouttelettes).

6. Les principales sources de pollution atmosphérique

Bien que les rejets naturels de diverses substances contribuent à la pollution atmosphérique, les activités humaines présentent la principale source de polluants rejetés dans l'environnement, (*C.I.T.E.P.A, 2004*).

6.1. Le secteur énergétique

Ce sont les installations de combustion collectives et individuelles ou industrielles fournissant chauffages et énergie électrique ainsi que les installations d'incinération et de traitement de déchets et d'ordures ménagères, (*LAMBERT, 1995*).

6.2. Le secteur de l'industrie

L'industrie est à l'origine de la plus grande part des émissions de tous métaux confondus. On distingue: les effluents gazeux ou ceux formés de particules, (*CHOVIN et al, 1999*). Les procédés industriels responsables sont: la pétrochimie, le raffinage, la cimenterie, la métallurgie, la sidérurgie...

6.3. Le secteur des transports

Le trafic automobile est la cause principale de la pollution en ville en raison de l'augmentation constante du nombre de véhicules à moteur diesel et essence, (*HERNANDEZ, 2003*).

En plus, s'ajoutent les émissions gazeuses issues des activités agricoles dont notamment l'élevage qui contribue plus au moins à la pollution atmosphérique, (*MILLARD et al, 2002*).

7. Les facteurs déterminant la pollution atmosphérique

Aucune des substances polluantes libérées dans la biosphère ne reste en place, dans la plus part des cas, elles émigrent mêmes fort loin du lieu d'émission, (*RAMADE, 1995*). La météorologie et la topographie jouent un rôle important dans la circulation des polluants dans l'atmosphère.

7.1. Effets dus au 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 jouent un rôle moins important tel que l'humidité, les nuages, les radiations solaires et tous les autres phénomènes météorologiques.

7.1.1. Le vent

Le vent est un facteur météorologique important, il contribue dans la circulation des polluants ainsi que leur balayage.

Le vent assure la dispersion horizontale des polluants, mais l'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*). Le vent intervient aussi dans la dilution des polluants, d'ailleurs la rose des vents nous est indispensable pour la confection de la rose de la pollution (*TABEAUD, 2000*).

7.1.2. 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 zones basses et les reliefs élevés.

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

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

7.2. Effets des conditions topographiques

Le relief joue un rôle dans la diffusion de la pollution en agissant sur la direction du vent, sur l'humidité selon que l'on est en adret ou en ubac ainsi que sur la température.

7.2.1. Les vallées

Elles sont défavorables à la dispersion de la pollution par la stagnation de l'air froid, phénomène d'inversion thermique.

Ainsi les villes entourées de montagnes peuvent constituer des sites où la concentration des contaminants est très élevée, (SAMASAFIA, 2004).

7.2.2. Les versants

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

7.2.3. Les cultures et prairies

Se sont des obstacles qui retiennent les impuretés par absorption et réaction avec les feuilles. (MERABTI, 2008).

8. Impacts de la pollution atmosphérique sur l'homme et l'environnement

8.1. Les risques sanitaires :

Quand les effets de la pollution sur la santé de l'homme sont abordés, l'échelle de gravité est large : de la simple *gêne* (Yeux qui brûlent, nez qui pique) au *décès*, en passant par divers *troubles respiratoires* (asthme, allergies) *toxicité*, *atteinte de la fonction reproductrice* et *cancers*... Au delà des effets sur la santé des populations, la pollution de l'air peut avoir certaines conséquences économiques et sociales, ce que

nous avons appelé les *effets collatéraux* comme le coût de la pollution pour la société par exemple.

8.2. Effets sur l'environnement:

8.2.1. Au niveau local et régional

Les conséquences de la pollution sur le *bâti* et sur *la végétation* sont les principaux effets notés par les médias.

Effets sur le bâti : les fumées noires sont responsables du phénomène de noircissement des bâtiments, elles permettent parfois de constater l'évolution temporelle de la qualité de l'air.

Les effets de la pollution sur les végétaux peuvent se faire sentir localement mais aussi à une échelle plus grande, notamment à propos des *pluies acides* : les feuilles de plants de tabac par exemple réagissent aux polluants présents dans l'air et notamment à l'ozone ; (les oxydes d'azotes sont aussi responsables des pluies acides).

8.2.2. Au niveau planétaire

- **L'effet de serre**

En ce qui concerne l'effet de serre, le phénomène est maintenant à l'ordre du jour et aborde plusieurs aspects : le risque planétaire en lui même puis ses différentes conséquences : le réchauffement de la terre, la hausse du niveau des mers, les pluies irrégulières, la fonte des glaciers et des banquises ou la dilatation thermique des océans. Plusieurs signes sont déjà perceptibles : certains habitants le constatent et certains sols deviennent salés ...

Ces événements s'accompagnent avec des effets collatéraux : risques sanitaires, répercussions économiques, modifications des modes de vie et perturbation des écosystèmes avec diminution de la couche d'ozone.

- **Le trou dans la couche d'ozone**

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*).

BIOINDICATION DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE A L'AIDE DES VEGETAUX

Il est parfois utile d'utiliser les organismes vivants dont on connaît la sensibilité et les exigences écologiques pour juger de l'état d'un environnement et de ses perturbations.

C'est surtout pour les pollutions aériennes ou aquatiques que la méthode des indicateurs biologiques peut s'avérer précieuse, (*LE GAC et al.*, 2005).

En effet, les organismes et les communautés qui les forment se comportent en observatoire permanent de l'environnement dont ils amplifient, cumulent ou mémorisent les perturbations.

Certaines espèces réagissent à de très faibles taux de contamination de polluants, (*DERUELLE et al.*, 1983).

1. Définition de bioindicateur

La notion de bio-indicateur ou indicateur biologique a pris avec l'avancement des travaux de recherche, plusieurs définitions. Il nous a paru nécessaire de citer au moins deux.

Ainsi pour *BLANDIN*, (1986), un indicateur biologique est: « *un organisme ou un ensemble d'organisme qui, par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques, permet de façon pratique et sûre de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un éco-complexe et de mettre en évidence aussi précocement que possible leurs modifications naturelles ou provoquées* ».

Mais pour *LEROND et VAN HALUWYN*, (1986), le terme de bio-indicateur a un sens plus restrictif dans la mesure où ils le considèrent comme: « *un simple relais faisant référence qu'à des effets observables au niveau de l'individu se traduisant par des altérations morphologiques, tissulaires ou physiologiques: croissance et reproduction*».

2. Quels polluants surveiller ?

Les polluants atmosphériques sont trop nombreux pour être surveillés en totalité, certains d'entre eux sont choisis parce qu'ils sont caractéristiques d'un type de pollution (industrielle

ou automobile) et parce que leurs effets nuisibles pour l'environnement et/ou la santé sont déterminés.

Ces polluants sont regroupés sous de nom d' « **Indicateurs de pollution atmosphérique** ».

Six polluants ont été choisis :

- Le dioxyde de soufre (SO₂).
- Les particules fines (PM₁₀ et PM_{2.5}).
- Les oxydes d'azote (NO_x).
- L'ozone (O₃).
- Le monoxyde de carbone (CO).
- Les composés organiques volatils (COV)

2.1. Les oxydes d'azote

Les oxydes d'azote (communément définis comme NO_x), proviennent essentiellement de toutes les grandes installations de combustions à hautes températures de combustibles fossiles (charbon, fuel, pétrole...), de quelques procédés industriels (production d'acide nitrique, fabrication d'engrais, traitement de surfaces, etc.). Volcans, orages, feux de forêts contribuent aussi aux émissions d'oxydes d'azote.

Le secteur des transports automobiles est responsable de plus de 60% des émissions de NO_x (**il est à noter que les moteurs diesel en rejettent deux fois plus que les moteurs à essence catalysés d'où une politique de réduction des NO_x au moyen de pots catalytiques**), (GERMAIN, 2006).

Les oxydes d'azote interviennent également dans la formation des oxydants photochimiques et par effet indirect dans l'accroissement de l'effet de serre.

3. Quel dispositif de la surveillance de la qualité de l'air utilisé ?

De nombreux pays ont établi des normes de qualité de l'air à l'égard des substances dangereuses. Ces normes fixent les niveaux de concentration jugés acceptables pour garantir la protection de la santé publique.

En Algérie, conformément à la loi sur l'environnement et le cadre du développement durable, la surveillance de la qualité de l'air est assurée par des réseaux agréés de surveillance de la qualité de l'air, (SAMASAFIA, 2004).

4. Normes de la pollution atmosphérique

4.1. Normes Algériennes

Le décret exécutif n°06 – 138 du 15 avril 2006 réglemente l'émission dans l'atmosphère de gaz, fumées, vapeurs, particules liquides ou solides, ainsi que les conditions dans lesquelles s'exerce leur contrôle.

Tableau n°1: Normes Algériennes de la pollution de l'air

Indicateur de pollution	Unité	Valeurs limites	Tolérances aux valeurs limites
Poussières totales	µg/m ³	50	100
Oxydes de soufre	µg/m ³	300	500
Oxydes d'azote	µg/m ³	300	500
Protoxyde d'azote	µg/m ³	300	500
Chlorure d'hydrogène et autres composés inorganiques gazeux du chlore	µg/m ³	50	100

4.2. Normes de l'OMS:

Pour l'Organisation Mondiale de la Santé les normes sont les suivantes:

Tableau n°2: Normes de l'OMS

Indicateur de pollution	Unité	10à15min	1heure	8heures	24heures	Année
SO ₂	µg/m ³	500	350		25	50
NO ₂	µg/m ³			400	-	150
CO	µg/m ³	100	30	10	-	
Pb	µg/m ³	-	-	-	-	0.5-1
O ₃	µg/m ³	-	150 à 200	100 à 120	-	

4.3. Normes françaises:

En France, les normes sont actuellement les suivantes:

Tableau n°3: Normes Françaises

Composé	Norme classique	Objectif de qualité
O ₃	180µg.m ³ sur 1h	110µg.m ³ sur 8h
NO _x	200µg.m ³ sur 1h	135µg.m ³ sur 1h
SO ₂	300µg.m ³ sur 1h	100µg.m ³ sur 24h
PM ₁₀	55µg.m ³ sur 24h	30 µg.m ³ sur 1an
Hydrocarbures totaux	70µg.m ³	-

CARTOGRAPHIE DE LA POLLUTION

1. Définition de la cartographie

Le concept d'information géographique et les classifications qui s'y rattachent sont d'origine récente. Pendant des siècles les termes, géographie, cartographie, topographie, ont été plus ou moins confondus.

L'École Militaire Française considérait en 1938 que la topographie « *est la science qui a pour objet l'établissement et l'emploi des cartes* ».

L'ONU en 1949 donnait de la cartographie la définition suivante « *c'est la science qui traite de l'établissement des cartes de toutes sortes. Elle englobe toutes les phases de travaux, depuis les premiers levés jusqu'à l'impression finale des cartes* ».

Cette confusion est surtout due aux méthodes artisanales qui ont longtemps prévalu dans l'établissement de la carte. Chaque spécialiste quel que soit son domaine de compétence propre interférait tout au long du processus d'élaboration du produit, jouant tour à tour et selon les nécessités le rôle de géographe, géodésien, topographe ou cartographe.

Il a fallu attendre les progrès technologiques de ce dernier quart de siècle pour séparer les tâches, assigner définitivement à chacun sa place et clarifier du même coup les concepts.

Depuis 1966 on se réfère à la définition que l'*ACI* (Association Cartographique Internationale) donne de la cartographie « *Ensemble des études et des opérations scientifiques, artistiques et techniques intervenant à partir des résultats d'observations directes ou de l'exploitation d'une documentation, en vue de l'élaboration de cartes et autres modes d'expression, ainsi que de leur utilisation* ».

2. Définition de la carte

Comme tout objet complexe qui à une longue histoire, la carte a reçu de nombreuses définitions, nous en retiendrons trois :

La première, plus technique et concrète est proposée par le Comité Français de Cartographie (*CFC*, 1990) : « *La carte est une représentation géométrique conventionnelle, généralement plane, en positions relatives, de phénomènes concrets ou abstraits, localisables dans l'espace ; c'est aussi un document portant cette*

représentation ou une partie de cette représentation sous forme d'une figure manuscrite, imprimée ou réalisée par tout autre moyen ».

La deuxième définition, proposée par le professeur *SALITCHEV (1967)* ; cité par (*LEGROS, 1996*), précise la première et introduit une référence à la finalité géographique et à l'utilisation de la carte : « *La carte est une représentation réduite, généralisée, mathématiquement précise de la surface terrestre sur un plan montrant la situation, la distribution et les rapports de divers phénomènes naturels et sociaux, choisis et définis en fonction du but de chaque carte ; elle permet également de montrer les variations et les développements des phénomènes dans le temps ainsi que leur facteurs de déplacement dans l'espace* » (*SALITCHEV, 1967, in LEGROS, 1996*).

La troisième définition proposée par *JOLY (1976)* : « *Une carte est une représentation géométrique plane simplifiée et conventionnelle de tout ou partie de la surface terrestre, et cela dans un rapport de similitude convenable qu'on appelle échelle* ».

La carte sert donc à localiser des phénomènes mais aussi à mettre en valeur des relations spatiales. Il s'agit d'un outil de communication basé sur le langage visuel, (*GAUSSEN, 1930*).

Ainsi constituée, la carte a l'impact et la puissance de l'image et sa lecture instantanée agit comme un révélateur...Elle communique une information, transmet un message, exprime des similitudes, des différences, des tendances, des orientations...Elle est un outil de travail, de recherche, de décision, (*MEUNIER et HARDY, 1986*).

3. Les différents types de cartes

On peut distinguer plusieurs types de carte :

-les cartes qui se distinguent d'après leur contenu : la carte topographique, elle concerne la position, la forme, les dimensions et l'identification des accidents du terrain ; c'est la carte de base du territoire, (*OZENDA et BOREL, 2006*).

-les cartes se distinguent par leurs modes d'expression, selon l'échelle et selon le thème, (*REY, 1960*).

3.1. La carte thématique

On appelle cartographie thématique, dont la cartographie écologique est un cas particulier, une opération qui consiste à transcrire, sur un *fond topographique* représentant le relief, l'hydrographie, les localités, les indications relatives à la localisation d'un phénomène supplémentaire qui constitue le *thème*, (TOUBAL, 1989).

On peut classer les thèmes intéressant les biologistes en trois grandes catégories :

- **Les phénomènes abiotiques:** ainsi les cartes géomorphologiques dont le thème est la structure superficielle du terrain, ou bien les cartes géologiques qui ont pour thème sa structure, ou encore toute les cartes climatologiques.
- **Les phénomènes biotiques naturels:** par exemple les cartes des forêts, des trajets de migration d'oiseaux, de la répartition des attaques d'un parasite.
- **Les phénomènes liés à l'action humaine:** cartes d'occupation du sol, de type de cultures, d'aménagements sylvicoles (d'une manière plus générale, il existe de très nombreux thèmes qui se rapportent aux facteurs anthropiques, par exemple l'impact de la pollution...), (OZENDA, 1986).

3.2. La carte de l'environnement

A la différence des cartes concernant essentiellement les facteurs du milieu naturel, nous abordons maintenant des problèmes plus anthropocentriques, liés à l'impact des activités humaines.

Dans le cadre d'un de ses essais, *NOIRFALISE (1978)*, propose de retenir cinq domaines majeurs: **l'atmosphère, les eaux, le sol, la capacité récréatrice du paysage et la protection de la vie sauvage** ; pour chacun doivent être évalués les ressources naturelles du milieu, les atteintes qui proviennent notamment des activités humaines et le bilan, c'est-à-dire les ressources résiduelles du milieu. Ressource et atteintes doivent être exprimées à l'aide d'indicateurs qui, pour être fiables et objectifs, doivent reposer sur des grandeurs chiffrée et mesurables et pouvoir être, si nécessaire, remplacés par un indicateur auxiliaire corrélé à l'indicateur principal manquant.

L'unité spatiale proposée comme base de l'échantillonnage et de la cartographie informatisée est un quadrillage qui peut varier en fonction du phénomène étudié.

4. Règles de cartographie et éléments nécessaires à l'établissement d'une carte

- **Titre, légende, échelle**

Une carte comporte au moins un titre, une légende et une échelle.

Toute carte doit porter un titre correspondant bien au sujet traité, la légende doit être ordonnée (classer par ordre croissant ou décroissant), elle doit comporter les indications des valeurs et des unités choisies elle doit toujours être placée au dessous ou à côté de la carte, l'échelle peut être graphique et/ou numérique, (REY, 1971).

- **Le figuré**

Il doit être le mieux adapté possible au thème de la carte : point, ligne, surface, choix des couleurs, des hachures, des formes ou des épaisseurs, (GAUSSEN, 1963).

- **La lisibilité**

Il faut éviter la surcharge des informations. Le contenu doit être clair et lisible, (BONTEMPS, 2004).

- **La nomenclature**

Doivent figurer sur la carte les noms indispensables à un repérage rapide, l'écriture et la taille des noms doivent être les mêmes pour une même type d'information, le plus important doit être écrit en gras, (OZENDA, 1963)

- **L'orientation**

Figurer les quatre points cardinaux et/ou géographiques sur la carte, (BORNAND et al., 1995).

- **Le cadre**

Tracé à la règle, il limite l'espace cartographié, (GAUSSEN, 1945).

- **Les sources**

Selon REY, (1954), il faudrait préciser à partir de quelles données a été réalisée la carte cela facilitera la mise à jour.

- **Le réalisme**

Une carte doit attirer, séduire ; utiliser de préférence des feutres pour les traits et/ou des crayons de couleurs pour les surfaces, (OZENDA, 1977).

- **La date**

La carte doit contenir la date de l'information représentée, (CAM et al., 1996).

5. Etapes de réalisation d'une carte

Auparavant les cartographes dessinaient les cartes pour les faire exister. De nos jours nous dirigeons vers un travail non plus dessinateur de carte, mais plus orienté vers une mise à jour des cartes déjà existantes avec un apport de données, des modifications de tracés...Les systèmes d'information géographique et modèles numérique de terrain sont de plus en plus utilisés par les cartographes, (*LEVY, 2004*).

5.1. L'ancienne méthode:

L'étude cartographique passe par plusieurs étapes; Elle commence par des études préliminaires (analyse des documents existants : carte géologique, lithologique...), la confrontation avec le terrain, l'analyse des échantillons récoltes au laboratoire et se termine par la réalisation de la carte des sols et végétation, (*DUPUIS, 1967*).

- **Dépouillement de la documentation:**

Ce ci consiste à consulter les travaux antérieurs sur la région étudiée. Ces documents sont susceptibles de faciliter grandement le travail de cartographie: carte géologique détaillée, couverture photographique, fond topographique. Dans certains cas, on est amené à prévoir la réalisation du fond topographique préalablement à toute cartographie thématique, (*MAUCORPPS, 1975*).

- **Analyse du terrain par photo-interprétation (au stéréoscope) des photo-aériennes:**

Dans une cartographie des sols et de végétation, les photographies aériennes jouent plusieurs rôles essentiels:

Dans un certain nombre de cas, en l'absence de fond topographique, elles servent tout d'abord aux spécialistes de la photogrammétrie pour réaliser le fond de plan utile à la prospection de terrain, (*TOUBAL, 1989*).

Certains services de cartographie, par exemple au USA ou au Canada, utilisent les photographies aériennes agrandies pour présenter en surimpression leurs limites pédologiques avec à l'intérieur, des numéros permettant d'identifier les sols.

Très souvent, les photographies aériennes servent directement à la cartographie des sols: repérage des sites qui doivent être visités, extrapolation à partir de ces sites, processus général de photo-interprétation, (*PEKKARINEN, 2002*).

Ainsi les photos aériennes permettent de séparer des zones différentes pour leur position morphologique ou par la nature du couvert végétal ; on a pu, ainsi distinguer facilement l'emplacement des forêts denses, des forêts claires, des maquis et des clairières ; Ces photos sont consultées à chaque sortie de terrain pour vérifier certains détails et contrôler la part des extrapolations que l'on est amené à faire, (*VIJAYARAJ et al., 2004*).

- **Reconnaissance sur le terrain:**

-Concernant la végétation: Il faut faire un inventaire floristique des groupements végétaux existants: les connaître et les définir, chacun ayant une composition floristique propre qui est déterminée par les relevés: l'inventaire floristique permet de dresser la liste des espèces répertoriées et de constituer l'ébauche de la flore régionale, (*TRISURA et al., 2000*).

-Concernant le sol: Le travail consiste à réaliser des sondages à la tarière et des profils pédologiques pour leur description et la collecte d'échantillons qu'on analysera au laboratoire (*VINK, 1963*); c'est-à-dire:

Sondage, coupe naturelle = Définir les zones homogènes.

Réalisation de profil type = Echantillonnage.

- a) Identification et localisation des échantillons:**

Numéro du prélèvement, situation et coordonnées géographiques, numéro des cartes topographiques, pédologiques..., la date sont à indiquer.

- b) Description de la station:**

Climat (station de référence), géomorphologie (type de surface, pente, exposition...), géologie (nature de la roche mère), végétation (type de formation végétale, recouvrement, espèces dominantes, influences humaine (assainissement, irrigation...) sont des éléments du milieu à étudier.

- c) Description synthétique:**

La description synthétique rassemble une série de renseignements. Une telle description peut bien souvent servir à l'utilisateur écologiste (occupation des terres, régime hydrique, roche mère type de profil...).

Une fois le terrain prospecté, et les échantillons récoltés, l'analyse au laboratoire de ces derniers déterminera quelques caractères essentiels du prélèvement analysé, (DUCHAUFOR, 1961).

- **Choix de l'échelle :**

Toute carte doit obligatoirement indiquer son facteur de réduction appelé échelle. L'échelle d'une carte est le rapport d'une distance mesurée sur la carte à sa valeur réelle sur le terrain. C'est une caractéristique fondamentale de la carte. Une échelle de $1/25000^{\text{ème}}$ signifie que 1 cm sur la carte représente 25000 cm, soit 250m sur le terrain. (BEGUIM et PUMAIN, 2003).

Si on choisit une petite échelle (qui est inférieure à $1/300000^{\text{ème}}$), on ne peut représenter des phénomènes complexes sans risquer de rendre la carte confuse et difficilement lisible (capacité saturée). Si l'échelle est trop grande (supérieure à $1/50000^{\text{ème}}$), le territoire représenté n'a qu'une faible étendue et il n'est pas possible d'obtenir une vue synthétique des grande lignes de la végétation étudiée; c'est pour cette raison que les moyennes échelles (dont celle comprise entre $1/300000^{\text{ème}}$ et $1/50000^{\text{ème}}$) sont les plus employées, (GUINCHET, 1973).

- **Légende, convention et couleur:**

a) Convention et couleur:

Chaque type de sol a sa couleur qui le représente, les sols argileux sont représentés en bleu qui est une couleur froide, car les sols argileux sont souvent humides en Europe. En effet, les couleurs sont des éléments directement visibles. Elles doivent être employées, pour les informations essentielles. Celles qu'on veut voir ressortir, (GAUSSEN, 1947).

Et donc pour la végétation l'emploi des couleurs se fait selon le principe de Gaussen, c'est-à-dire « chaque série de végétation est affectée d'une couleur traduisant au mieux son écologie; à l'intérieur de la série l'état réel de la végétation est exprimé par l'intensité des couleurs, par exemple le chêne liège est représenté en vert ».

b) Légende:

La légende donne la signification exacte de tout les symboles apparaissant sur la carte, à commencer par les couleurs. Elle joue donc un rôle d'intermédiaire entre la

carte et son utilisateur, cette légende doit être facile à comprendre, convenablement représentée, c'est-à-dire structurée, cohérente et explicative, (REY, 1966).

- **Réalisation de la carte :**

Mettre sur un plan l'ensemble d'information (les données) et la représentation rencontré sur le terrain ou obtenu par les analyses du laboratoire, de tel sorte qu'il exprime fidèlement la réalité de terrain, (REY, 1992).

5.2. La méthode actuelle:

Après l'innocent traitement compulsif des données géographiques des années soixante-dix (c'est-à-dire l'ancienne méthode d'établissement des cartes), on voit surgir la géomatique pendant les années quatre vingt dix, qui complète la cartographie traditionnelle et offre toute les performances liée aux techniques informatiques, et avec le développement de la technologie de « SIG » (système d'information géographique), la réalisation des cartes est devenue plus facile et plus rapide, (DIDIER, 1990).

Au moyen d'images satellite, de logiciels adaptés et du traitement informatique, toutes sortes de cartes sont aisément élaborées.

- **La géomatique:**

La géomatique regroupe l'ensemble des disciplines et moyens informatiques permettant de représenter, d'analyser et d'intégrer des données géographiques. La géomatique consiste donc en au moins trois activités distinctes : collecte, traitement et diffusion des données, (DEFOURNY, 2004).

- **La collecte des données géographiques:**

Il s'agit de constituer un référentiel (un document), représentant au mieux la réalité de terrain. Plusieurs méthodes existent:

-La photographie aérienne: elle reflète de façon la plus exhaustive possible la réalité du terrain, et dont on arrive à distinguer une foule de détails et de très nombreuses informations sur le relief, l'hydrographie, la végétation, l'agriculture, l'industrie, les villes...etc, (GESSLER, 1990).

-L'image satellite: grâce aux satellites (de type spot, landast, ikonos ...), on peut capter l'imagerie satellitaire qui complète la photographie aérienne et qui distingue des caractères spécifiques tel que : la chaleur et l'humidité du sol, l'indice de minéralisation...etc, (*GILLIOT, 1994*).

-Le relevé direct sur le terrain: il se fait principalement à l'aide d'un GPS (global positioning System), qui permet de saisir en même temps l'objet géographique et sa localisation, (*STEINBERG, 2003*).

- **Traitement informatique des données**

Le traitement des données géographiques est souvent effectué dans les logiciels spécialisés appelés SIG (Système d'information géographique), (*RIMBERT, 1990 in CADENE, 2004*).

***Définition du SIG :**

D'après *DIDIER, (1990)*: « Un système d'information géographique est un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision. Un SIG peut être défini aussi comme un outil informatique permettant de stocker, de gérer, de traiter et de représenter l'information géographique.

La définition englobe parfois aussi le matériel qui contient: l'ordinateur avec son écran et ses « périphériques » : table à numériser au scannaire pour saisir les fonds de cartes, traceur ou imprimante pour imprimer les graphiques et les cartes, (*LEGROS et BORNAND, 1989*).

Les principaux logiciels SIG utilisés à l'heure actuelle sont : Arcview, Arc Info, Map Info, GRASS, IDRISI, Géoconcept.

6. Diffusion de l'information géographique

La diffusion des données traitées peut se faire selon plusieurs moyens ; soit par les navigateurs internet, la production d'atlas cartographiques, les systèmes de navigation embarqués à bord des véhicules...etc.

Dans les pays développés la plupart des grandes entreprises, administratives et collectives locales sont à l'heure actuelle équipées de logiciels SIG pour gérer l'information sur leur territoire de compétences, (*DENGRE et FRAANCAIS, 2004*).

OBJECTIF DU TRAVAIL

En référence au passage de l'autoroute est-ouest dans le Parc National d'El Kala, l'objectif de notre travail est: L'étude de la qualité de l'air à proximité des routes déjà existantes au niveau des (02) deux stations: « Barrahal » dans la wilaya d'Annaba et « Kbouda » dans la wilaya d'El- Tarf en vue de l'élaboration d'une base de données vérifiables sur le terrain portant la répartition spatiale de ce que serait cette pollution dans le PNEK une fois l'autoroute mise en circulation.

Le diagnostic de qualité est basé sur la bio indication de la pollution automobile accumulées et révélées par un végétal supérieur caractéristique des maquis méditerranéens, *Pistacia lentiscus*.

Les impacts de cette pollution seront utilisés pour l'élaboration d'une carte, document de planification et d'analyse prospective.

CADRE PHYSIQUE

Dans cette partie nous aborderons le travail de recherche correspondant d'abord à la présentation des zones d'étude (Annaba, et El Tarf) avec description de la topographie, la géologie, la climatologie, les facteurs anthropogéniques, l'industrie locale, le trafic routier, les diverses pollutions existantes.

Dans un deuxième chapitre, nous entamerons une évaluation de la toxicité des gaz d'échappements sur un modèle biologique végétal: *Pistacia lentiscus*.

Quant au troisième chapitre il sera consacré à la cartographie de l'impact de la pollution automobile sur les espèces prélevées dans les trois sites correspondant à la Route Nationale n° 44.

I.1. Présentation des zones d'études

I.1.1. Le Parc National d'El Kala

Le Parc National d'El-Kala est l'un des plus grands parcs nationaux d'Algérie, il figure parmi les zones protégées les plus importantes et les plus riches du pourtour méditerranéen. Créé par le décret en 1983, il est, depuis 1990, désigné comme réserve de la biosphère par l'UNESCO. Par ailleurs, ce parc héberge de nombreux lacs tels que ; le Tonga (2700 hectares), l'Oubeïra (2200 hectares) et le Lac des oiseaux (40 hectares) dont l'importance est reconnue à l'échelle internationale (*BENYAKOUB et CHABI, 2000*).

Situé à l'extrême Nord-Est du pays en Numidie orientale, il se trouve à 70 Km à l'Est d'Annaba. Le Parc National d'El-Kala est inclus administrativement dans la wilaya d'El-Tarf. Limité à l'Est par la frontière Algéro-tunisienne, au Nord par le littoral méditerranéen, à l'Ouest par les plaines d'Annaba et enfin au Sud par les monts de la Medjerda, dont les coordonnées géographiques sont: (*lat. 36.9N et long. 8.45E*).

Il s'étend sur une superficie de 78 438 ha, subdivisé en trois principaux secteurs : le secteur de Brabtia, le secteur de Tonga et le secteur de Bougous (*OULMOUHOU, 2002*).

I.1.2. Le milieu physique

Le Parc National d'El-Kala est caractérisé par une grande mosaïque paysagère, justifiée par la diversité topographique et la variété des substratums géologiques.

I.1.3. Le relief

Selon *DE BELAIR (1990)*, le relief du Parc National d'El-Kala se compose d'une juxtaposition de dépressions, dont le fond est occupé par des formations lacustres ou palustres, et de hautes collines aux formes variées : Dômes, escarpements, alignements de crêtes généralement couverts par une végétation dense.

D'une manière générale, nous distinguons du littoral, vers le Sud, trois grands ensembles géomorphologiques: le cordon dunaire littoral, les plaines sublittorales et enfin, les montagnes telliennes, (*DE BELAIR, 1990*).

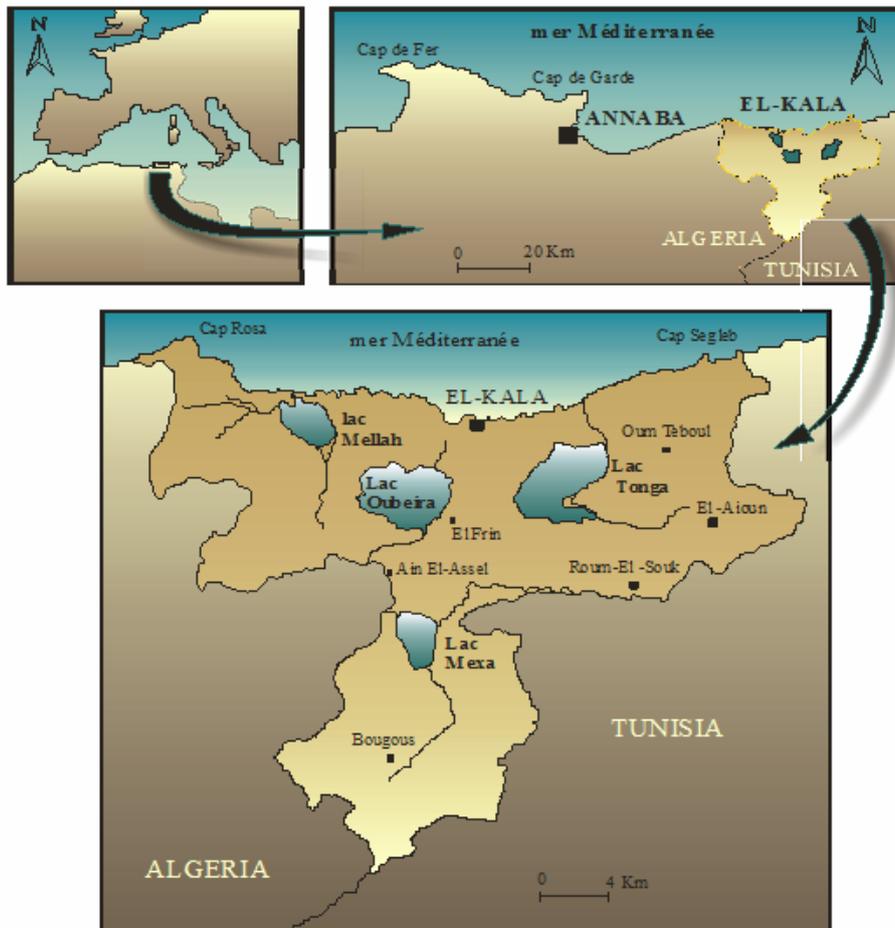


Figure n° 1 : Localisation géographique du Parc National d'El- Kala (In BENYAKOUB et al., 1998)

I.1.4. Aperçu géologique

La structure géologique actuelle de la région résulte d'une activité tectonique datant du Tertiaire (MARRE, 1987). Selon JOLEAUD (1936), elle est composée essentiellement de terrains datant du Secondaire, du Tertiaire et du Quaternaire.

Tableau n° 4: Principales formations géologiques du Parc National d'El-Kala, d'après JOLEAUD (1936).

Formation géologique	Texture	Localisation
Secondaire	Schiste, argile de couleur bleue ardoise.	-La forêt d'El-Ghorra, Cap Rosa, sur la rive Ouest du lac Tonga, Dei Zitoune, El Aïoun, Oued Djenan. -Au sud du Parc National à Ain Kerma, Zitouna et Bouhadjar. -Le fond des vallées et les bordures des plaines sur une épaisseur de 300m.

Tertiaire	Eocène moyen	Argile, grès de Numidie	-Fond des vallées, mi-versants des collines Et les bordures des plaines sur une épaisseur de 300m.
	Eocène supérieur	Grès de Numidie	-Les monts de la Medjerda, l'Edough et les monts de la Calle; déposés sur les argiles sur une épaisseur de 150m.
	Miocène	Sables, conglomérats et argiles rouges ou grises du Pontien	-La région Nord-Ouest et Sud-Est du parc (à 10 km à l'Est d'Annaba jusqu'à l'Ouest de Djebel Koursi), sur une superficie de 700ha.
Quaternaire	Dépôts marins	Amas dunaires issus de l'érosion marine des falaises gréseuses	-Au Nord des lacs Mellah et Oubeira
	Dépôts Fluviaux	Limons, sable et galets	-Les talwegs des Oueds Bougous, Mellila et El-Kébir
	Dépôts Actuels	(vaseux)	-Alluvions formant le fond des différents oueds.

I.1.5. Aperçu pédologique

Les sols de la zone d'étude sont en général des sols bruns forestiers pierreux, profonds, reposant sur une roche mère constituée principalement de grès numidien et d'argile (TLILI, 2003). Riches en humus et en éléments fins acides, ils sont marqués par la présence de sables fins, graviers, cailloux, ainsi que des affleurements rocheux formés principalement de grès.

I.1.6. Aperçu hydrographique

La zone d'étude est caractérisée par un réseau hydrographique particulièrement dense et un complexe de zones humides d'importance internationale. Les trois lacs

caractérisant cette région sont : le lac Mellah, le lac Oubeïra et le lac Tonga qui constituent à eux seuls une importante réserve hydrique. Le réseau hydrographique est constitué également de quelques oueds et de plusieurs sources (*OULMOUHOU* et *LABOUDI, 1999*).

En ce qui concerne les oueds, ceux localisés dans la partie orientale, sont généralement de faible débit. Ils s'écoulent en majorité dans la plaine d'Oum Teboul et alimentent ainsi le lac Tonga. On peut citer : l'Oued El-Hout, l'Oued El-Eurg. La partie Sud-Est, est drainée par trois oueds , l'Oued Bougous, l'Oued Mellila qui se jettent dans l'Oued El-Kebir. Ce dernier constitue le collecteur principal qui alimente les nappes dunaires, (*BAKARIA, 2002*). Enfin, La partie Ouest du Parc est parcourue par de nombreux cours d'eau (Oued Reguibet, Mellah, El-Aroug, BouMerchen, Bougous, Dey et Garâa ...etc), (*BENYAKOUB et al., 1998*).

Quant aux sources, elles sont nombreuses et réparties à travers tout le Parc. Les plus importantes sont celles de Bouglès, Bouredim et El-Bhaim au Sud-Est de la région (*BRAHMIA, 2002*).

I.1.7. Aperçu climatologique

Le climat de la région d'El-Kala est de type méditerranéen. On peut distinguer une saison pluvieuse allant de l'automne jusqu'au printemps, et une longue saison sèche et chaude, pendant l'été (*EMBERGER, 1971*). Cette variabilité est le résultat de la combinaison de plusieurs facteurs:

- **La température**

Une température maximale pouvant atteindre 40° C, situe la région d'El-Kala dans le méditerranéen chaud. Ce paramètre est fonction de l'altitude, de la distance à la mer, et de la position topographique. Les températures les plus basses sont enregistrées en altitude durant l'hiver au Djebel Ghorra. Au niveau de la mer, les températures descendent très rarement à 0°C. Notons cependant, que dans les talwegs et les fonds de vallées, la température peut atteindre temporairement des valeurs

négatives (**Benyacoub, 1993**). Elle présente des amplitudes thermiques élevées entre les mois les plus froids et les mois les plus chauds.

Tableau n°5: Températures moyennes mensuelles (°C), enregistrées à El-Kala en 2009 (*Station météorologique d'El-Kala*).

JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
12.5	12	14.3	15.6	21.4	24.9	28.1	27.6	23.9	20.9	17.5	15

- **La pluviosité**

La région d'El-Kala compte parmi les zones les mieux arrosées du pays (800 mm/an). Elle est considérée comme étant suffisante pour l'entretien des formations forestières, lacustres et marécageuses existantes au sein du Parc (*OULMOUHOUB, 2002*).

Selon *BENYAKOUB (1993)*, cette pluviosité est conditionnée par deux phénomènes météorologiques principaux:

- Les perturbations cycloniques d'origine atlantique de l'Ouest et du Nord-Ouest.
- Les dépressions qui prennent naissance en Méditerranée occidentale.

Tableau n°6: Précipitations moyennes mensuelles (mm) enregistrées à El-Kala en 2009 (*Station météorologique d'El-Kala*).

JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
41.4	111.7	31.25	159.26	27.18	1.02	0	0	100.5	126.7	17.02	80.01

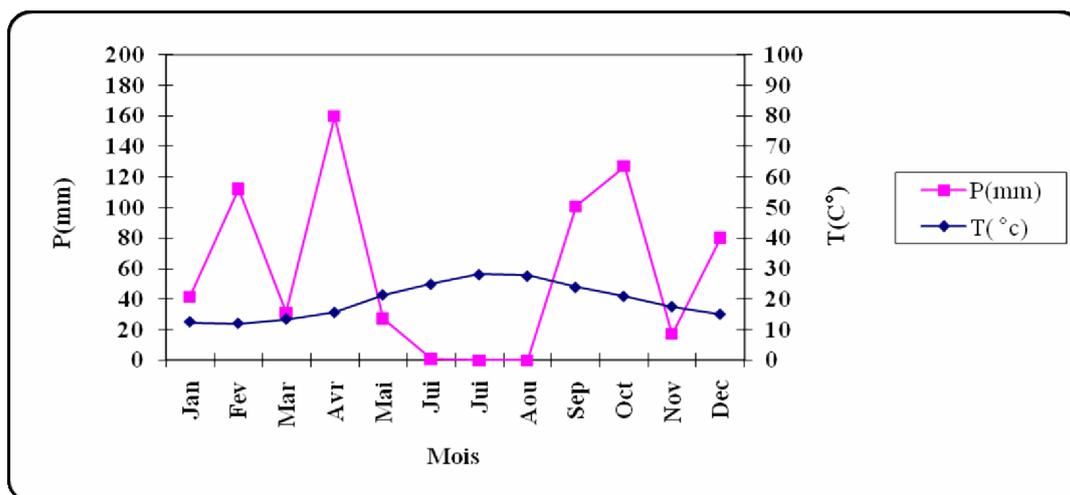


Figure n°2 : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de la région d'El Kala 2009.

- **L'humidité**

L'évaporation intense des zones humides depuis les marais de la Mekhada jusqu'au lac Tonga, la proximité de la mer et l'existence d'une couverture forestière importante entretiennent une humidité élevée tout au long de l'année. Les valeurs extrêmes sont enregistrées à la fin de l'été et au début de l'hiver. Celle-ci se transforme notamment, durant le printemps et le début de l'été, en brume. Durant la saison sèche, cette nébulosité est certainement favorable au maintien d'une végétation éprouvée par un important déficit hydrique, (BENYAKOUB, 1993).

Tableau n°7: Hygrométries moyennes mensuelles enregistrées à El-Kala en 2009
(Station météorologique d'El-Kala).

JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
79	78	76.5	78.2	72.7	69.2	66.2	74.8	78.5	79.3	78.2	78.8

- **Le vent**

Le vent est un facteur climatique non négligeable pour le fonctionnement des différents écosystèmes de la région. La période hivernale se caractérise par des régimes de Nord et de Nord-Ouest forts à modérés, accompagnant des dépressions

atlantiques. En revanche, la période estivale est caractérisée par la prédominance du Sirocco. *SELTZER (1946)*, le définit comme étant un vent du Sud-Est, chaud et sec, d'origine saharienne qui résulte de dépressions Méditerranéennes. En moyenne, il souffle pendant 14 jours/an, où le maximum de sa fréquence est enregistré au mois d'août (2-3 jours). Il contribue fortement à la propagation de violents incendies de forêts dans la région, dans la mesure où il provoque un réchauffement de l'atmosphère et favorise le déficit hydrique de la végétation. Tel fut le cas pour les années 1983 et 1993.

Tableau n°8: Vitesse moyennes mensuelles du vent (Km/h) enregistrées à El-Kala en 2009 (Station météorologique d'El-Kala).

JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
9.8	24.5	14.4	16.1	12.8	12.5	8.7	7.8	10	12.9	11.7	17

- **Les Etages bioclimatiques**

D'après le climagramme d'*EMBERGER (1955)*, la région d'El-Kala se situe dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver chaud, à la limite de l'étage humide.

La végétation est la réplique fidèle du climat et ses nuances. Pour cela, une mosaïque d'étage de végétation est observée au sein du Parc National d'El-Kala, (*DE BELAIR, 1990*). Ainsi, du littoral au massif forestier de la Medjerda, trois étages bioclimatiques sont observés:

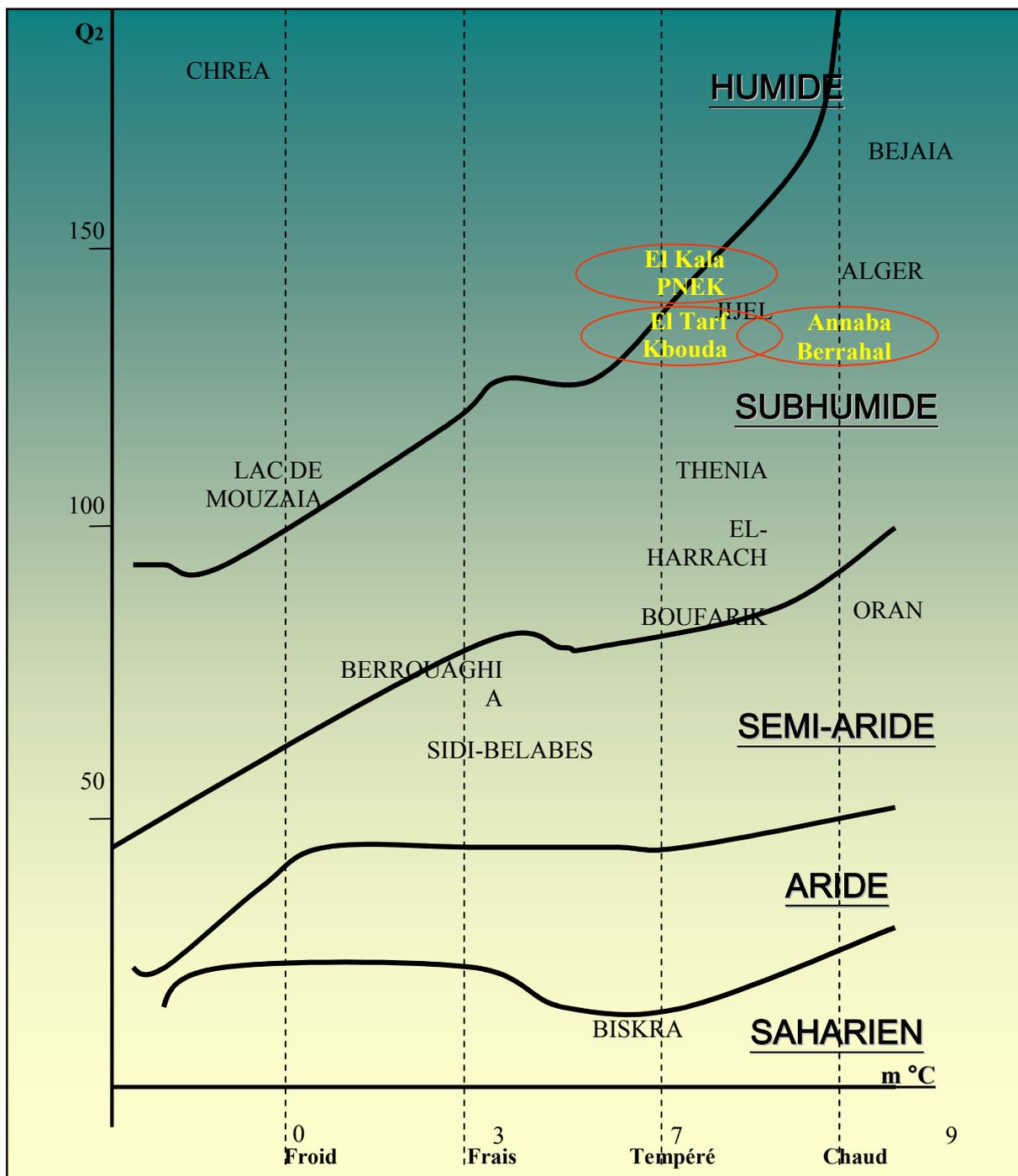


Figure n°3: Le climogramme d'EMBERGER (1955).

-Étage sub-humide à hiver chaud: Cet étage est situé au niveau des plaines alluviales et du cordon dunaire sublittoral. Il se caractérise par l'aire de l'Oléolentisque à Caroubier au niveau de la mer et par celle de l'Oléolentisque à Myrte à un niveau altitudinal supérieur, (TOUBAL, 1986). Il se caractérise également par la série du Chêne kermès en situation côtière sur substrat dunaire, (GAUSSEN, 1953 in TOUBAL, 1986).

-Étage humide à hiver chaud à tempéré: Cet étage est situé au niveau des collines basses méridionales et correspond à l'aire de *Quercus suber*. Selon le jeu complexe des conditions d'humidité et de sol, TOUBAL (1986) a décrit deux groupements principaux dont le premier est le groupement à *Quercus suber* et *Pistacia lentiscus* dans les niveaux les moins humides et les plus chauds. Le second est le groupement à *Quercus suber* et *Cytisus triflorus* qui prend le relais du précédent à partir de 500 à 700m d'altitude.

-Étage humide à hiver tempéré à frais: Cet étage se situe plus au Sud, au-delà de 800 à 900m d'altitude dans le Djebel Ghorra. Il se caractérise par la présence du Chêne zeen : *Quercus faginea mirbeckii* où le *Quercus suber* est moins bien représenté, (OZENDA, 1975 in TOUBAL, 1986).

I.1.8. Patrimoine naturel du Parc National d'El-Kala

- **Richesse floristique**

Selon DE BELAIR (1990), le patrimoine végétal de la région d'El-Kala est constitué de 850 espèces dont 65 algues, 110 champignons, 50 lichens, 40 mousses, 25 fougères et 545 spermaphytes. Cette richesse est due à la situation de la région qui constitue un Carrefour biogéographique où se côtoient des espèces à affinité européenne, méditerranéenne, africaine et tropicale, (QUEZEL et SANTAS, 1963). Dans la région, 239 espèces végétales sont des espèces rares, représentant ainsi 15 % des 1611 espèces rares d'Algérie, (ZERAIA ,1983). La végétation arborée est représentée essentiellement par le Chêne liège, qui est installé sur le grès de Numidie et sa dégradation donne naissance à un maquis dense, constitué de Filaires, de Bruyères, de Cistes et de Myrte, (DE BALZAC, 1959 ; FARSI, 1996). Les dunes sont

recouvertes soit par des essences naturelles telles que le Genévrier et le Chêne Kermès, soit par des reboisements de Pin maritime ou de Pin d'Alep. Il existe également des reboisements d'Eucalyptus et d'Acacia au niveau des collines basses ainsi que certaines dunes, (BOUSOUAK, 1995). Les aulnaies à Aulne glutineux (*Alnus glutinosa*) représentent les seules stations d'envergure de cette formation en Algérie. Leur importance réside dans le fait que ces milieux sont actuellement en forte régression à cause des défrichements et des assèchements qu'ils subissent, (GEHU et al., 1994). Ils constituent malgré tout des reliques les mieux conservées de la végétation euro-sibérienne qui sont rares en Afrique du Nord, (BENSTITI, 1992). Ces milieux occupent une place remarquable et suivent les Oueds qui sont nombreux dans la région, constituées principalement d'Aulne, de Frênes, de Peupliers, de Saules et d'Orme. La plus importante ripisylve est celle de l'Oued El Kebir.

La végétation lacustre est surtout dominée par les taxons cosmopolites, paléo tempérés, eurasiatiques et européens. Ainsi, contrairement aux autres milieux, l'élément méditerranéen est peu représenté au sein de la flore aquatique. Par ailleurs, l'élément tropical est généralement représenté par des espèces rares comme *Marsilea diffusa*, *Utricularia exoleta*, *Jussieua repens*, *Parnassia palustris*, *Polygonum senegalense* et *Naja pectinata* (QUEZEL et SANTA, 1963). La flore lacustre est caractérisée par près de 100 espèces dont les principales sont des héliophytes qui sont représentées par des Roseaux, des Massettes, des Rubaniers et des Iris, (KADID, 1989 et MIRI, 1996). Les hydrophytes sont représentés par le Nénuphar blanc, les Lentilles d'eau, les Callitriches, les Cératophylles, les Myriophylles et la Potamots.

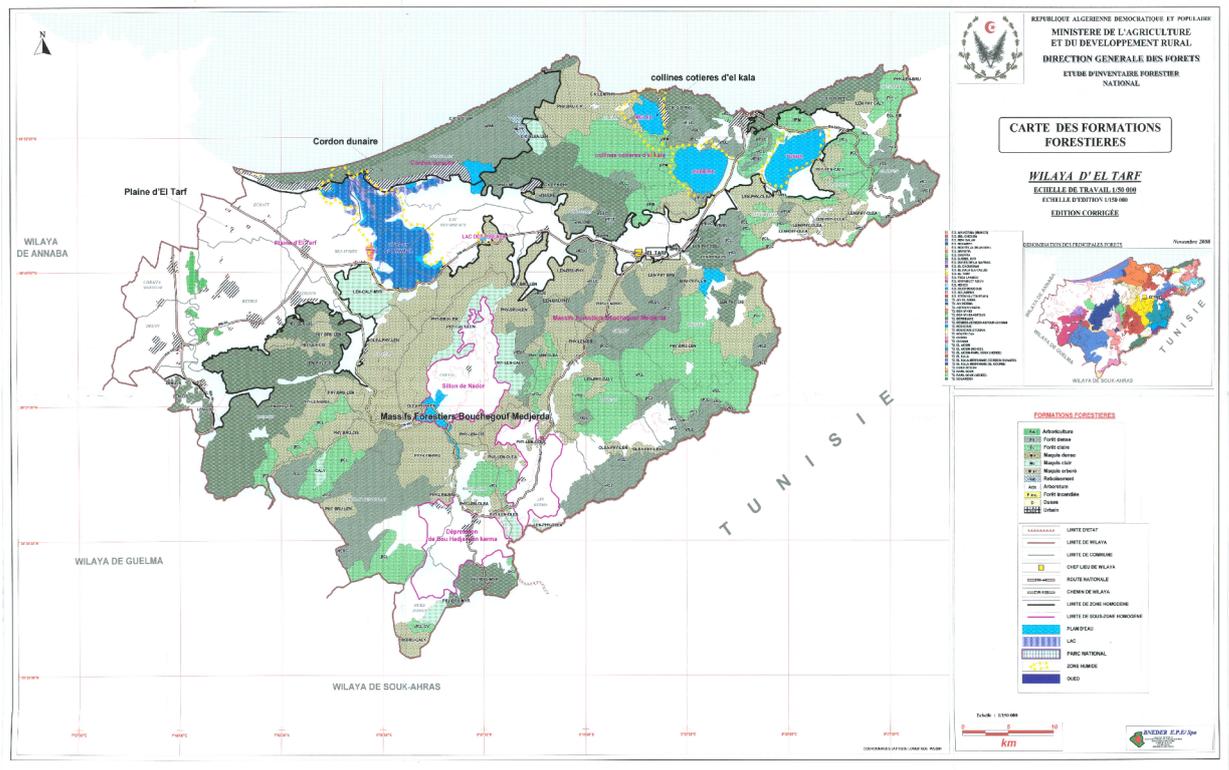


Figure n°4: Carte de formation forestière de la wilaya d’El Tarf
(Conservation générale des forêts 2009)

I.2. Présentation de la zone d’étude Berahal (Wilaya d’Annaba)

La zone d’étude est située dans la wilaya (région administrative) de Annaba dans le nord-est Algérien, à 600 km à l’est d’Alger.

Annaba est la quatrième ville du pays peuplée d’environ 500.000 habitants. Ses coordonnées géographiques sont: *(lat. 36.38N et long. 7.81E)*.

Ses limites géographiques naturelles sont le massif de l’Edough au nord et à l’ouest, qui culmine à 850m, le golfe d’ ANNABA à l’est la mer Méditerranée et au sud la plaine de la Seybouse, rivière principale de la région. La géomorphologie du site se caractérise par une topographie globalement plane (plaine alluviale d’Annaba) avec, en bordure ouest, des inclinaisons importantes au pied du massif de l’Edough. Le climat est méditerranéen, *(DPAT, 2007)*.

I.2.1. Aperçu géologique

La région d'Annaba a fait l'objet de plusieurs études géologiques, dont celle de *JOLEAUD (1936)*, *HILLY (1960)*, *VILA (1980)*, *LAHONDERE (1987)*. Ces études montrent l'existence de deux types de terrains, l'un sédimentaire et l'autre métamorphique.

L'échelle stratigraphique de ces terrains se répartit du Primaire au Quaternaire:

- **Le socle du Primaire:** affleure à l'ouest dans le massif de Dj. Edough, constitué par des roches cristallophylliennes qui se superposent en trois séries :
 - *Série inférieure*, représentée par des gneiss riches en biotite et sillimanite d'une épaisseur moyenne de 70 m, cette formation constitue le coeur de l'anticlinal du massif de l'Edough ;
 - *Série intermédiaire*, caractérisée par des schistes et des micaschistes riches en biotite, muscovite et du grenat et parfois avec des feldspaths souvent visibles à l'oeil nu. Cette série contient des marbres qui s'intercalent dans les formations des micaschistes sous forme de skarns ;
 - *Série supérieure*, constituée par un ensemble de gneiss ocellés, schistes satinés, micaschistes grenats et amphibolites.

I.2.2. Le relief topographique

La topographie de la région est constituée d'un relief de montagnes assez brutal et de plaines basses parfaitement plates (avec environ 52% de montagne, 26% de collines et piedmonts, 18% de plaines). Ce qui nous donne sur un plan orographique trois unités géomorphologiques qui sont:

- *Massif de l'Edough*
- *Plaines d'Annaba*
- *Cordon dunaire littoral*

I.2.3. Aperçu pédologique

D'après l'étude réalisée dans la région, (*AISSOUG et LEZZAR, 1980*), cinq (05) grands types de sols ont été mis en évidence:

- *Les sols peu évolués*
- *Les sols bruns forestiers*
- *Les sols calcimagnésiques*
- *Les sols hydro morphes*
- *Les sols amorphes*

I.2.4. Le réseau hydrographique

Il est constitué par deux oueds principaux qui parcourent la plaine:

- *L'oued Seybouse*: (second oued d'Algérie après l'oued Chéelif), présente l'axe de drainage d'un bassin versant de 6471 Km² ;
- *L'oued Meboudja*: le dernier affluent de l'oued Seybouse, assure la vidange du lac Fetzara (l'exutoire d'un bassin versant endoréique de 515 Km²) par un canal d'assèchement de 14 Km.

I.2.5. Aperçu climatologique

La zone d'étude se situe sur la côte de la mer Méditerranée, elle est caractérisée par un climat de type méditerranéen, son régime climatique dépend de deux paramètres principaux: les précipitations et la température

- **La température**

La station de l'Aéroport est la plus proche à enregistrer des mesures de température, les données utilisées sont rapportées dans le tableau n°6.

Le tableau (09) nous indique que la zone d'étude est caractérisée par un climat doux et humide en hiver et chaud et sec en été, ces caractéristiques reflètent un climat méditerranéen.

Tableau n°9: Températures moyennes mensuelles (°C), enregistrées à Annaba en 2009 (*Station météorologique d'Annaba*).

JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
11	10.6	12.3	14.6	19.5	22.6	26	26.2	22.9	18.9	15.1	13.8

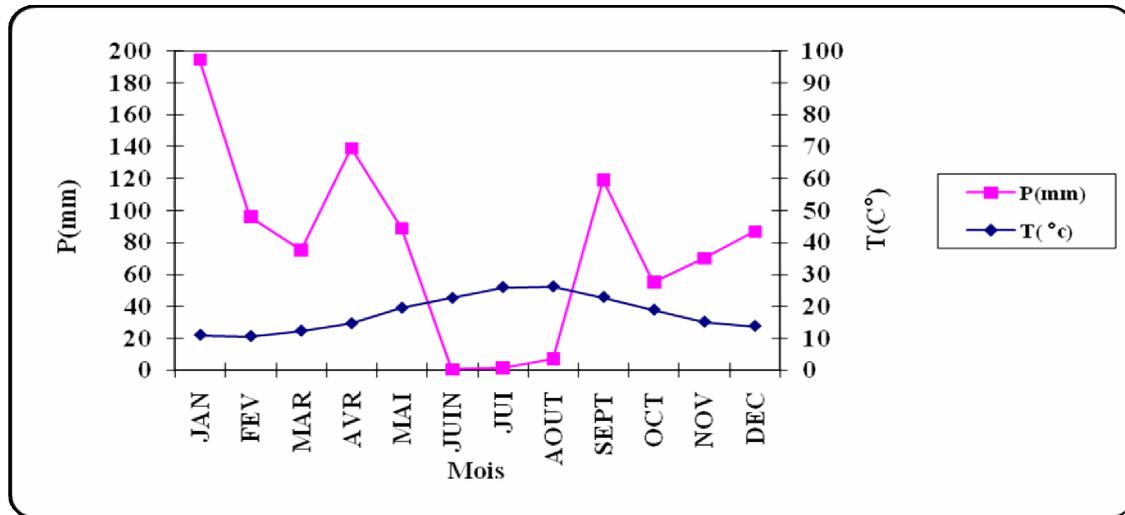


Figure n°5 : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de la région d'Annaba 2009.

- **Les précipitations:**

Cinq stations pluviométriques (Annaba, Aéroport, Pont Bouchet, Kef Mourad et El Karma) sont implantées dans la plaine d'Annaba, leurs périodes de fonctionnement varient d'une station à une autre. La station de Pont Bouchet, appartenant à l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques) servira de référence, compte tenu de sa situation au centre de la zone d'étude (basse plaine de la Seybouse) et de la fiabilité des données (les mesures étant continues et effectuées par le même opérateur). Les données se répartissent sur deux échelles: mesures mensuelles de 1980 à 1999 et des données journalières pour 1999, année du suivi. Une étude statistique des données des précipitations est présentée dans le tableau (10).

Tableau n°10: Précipitations moyennes mensuelles (mm) enregistrées à Annaba en 2009 (Station météorologique d'Annaba).

JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
194.5	96.2	75.4	139.4	89.4	0.76	1.07	7.12	119.1	55.12	70.1	86.87

- **Le vent:**

Le régime des vents dominants supérieurs à 6m.s-1 est de provenance nord nord-est (30%), nord (13%) et ouest (10%).

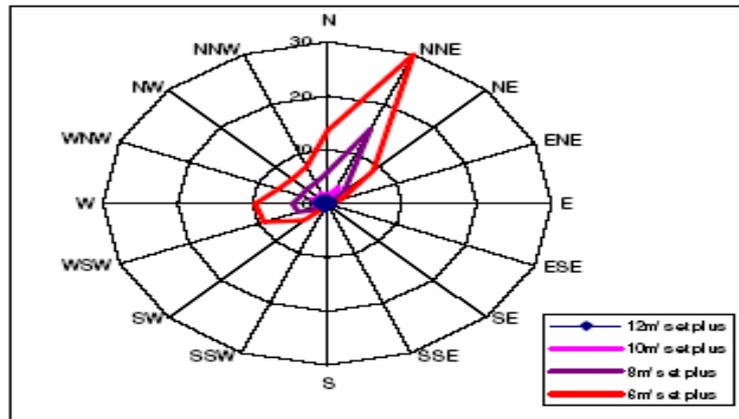


Figure n°6: La rose des vents (Annaba d'après les Salines le centre météorologique de l'aéroport)

I.2.6. Les cultures

Les terres de la zone étudiée sont fertiles. Après leur drainages et les améliorations apportées, toutes les cultures sont rentables. Celle qu'on trouve dans la zone, sont:

- Les cultures industrielles sont essentiellement les tomates destinées à la conservation.
- La céréaliculture ; essentiellement du blé.

On trouve aussi des arbres fruitiers tels que : le poirier, le pommier et les agrumes....etc.

A ne pas oublier d'autres cultures qui marquent un intérêt croissant durant ces dernières années, (OUMERYOUK et BOUHARAS, 1993).

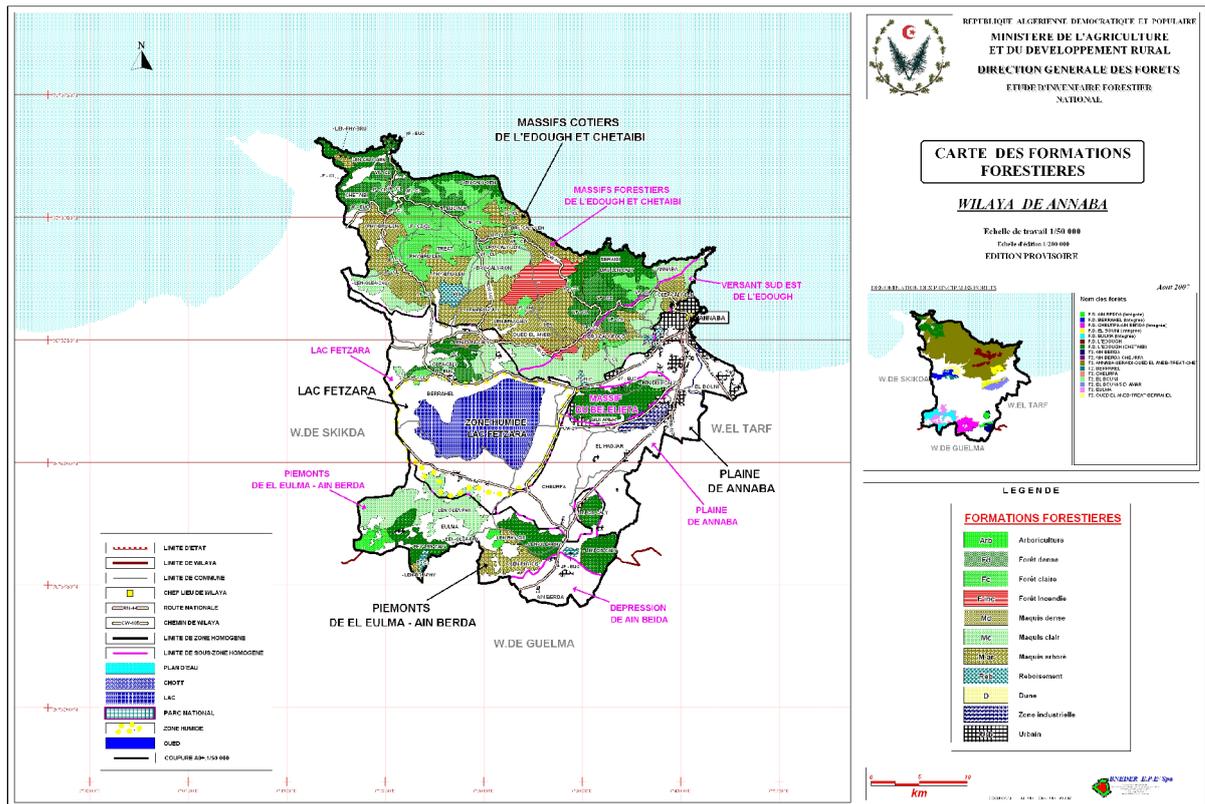


Figure n°7: Carte de formation forestière de la wilaya d'Annaba
(Conservation générale des forêts 2009)

I.2.7. Aperçu socio-économique

Dans un contexte national de développement urbain, le parc automobile algérien augmente de 5% par an, 70% des véhicules circulants en Algérie roulent à l'essence plombée et 36% d'entre eux ont été immatriculés avant 1980, (ONS, 2004).

Annaba est ainsi considérée comme une ville polluée, faisant partie, depuis 2002, des 5 villes à risque, en terme de pollution atmosphérique, selon le réseau algérien de surveillance de la qualité de l'air.

TECHNIQUES ANALYTIQUES

Notre étude a été menée sous la direction de *Monsieur Professeur: DJEBAR. Mohammed Réda*, Responsable du Laboratoire de Toxicologie Cellulaire (LTC), du Département de Biologie de l'Université Badji Mokhtar, Annaba.

I/ Matériel expérimental

1. Model végétal

Le compartiment végétal utilisé est le **lentisque**, ou **pistachier lentisque** (*Pistacia lentiscus* L.), qui est un arbuste poussant dans les [garrigues](#) et surtout les [maquis](#) des climats méditerranéens.



1.1. Choix de l'espèce

Figure n° 8 : *Pistacia lentiscus*, (AOUADI, 2010)

L'espèce a été choisie pour ses vertus thérapeutiques son adaptation avec le milieu, sa présence dans notre région et l'aisance d'approvisionnement nous a facilité le choix.

1.2. Caractéristiques de l'espèce

Nom commun : Lentisque ou Pistachier lentisque

Nom latin : *Pistacia lentiscus* L.

Famille : Anacardiaceae.

Catégorie : arbuste dioïque thermophile à l'écorce lisse et grise.

Port : buissonnant, arrondi lorsqu'il est jeune.

Feuillage : persistant, vert franc pouvant virer légèrement au rouge. Feuilles composées, alterne pourvues d'un pétiole ailé, paripennées à 4-10 petites folioles.

Floraison : fin du printemps.

Couleur : rouge (mâle) ou brun-vert.



Fruits : petites drupes contenant une graine qui est comestible.

Croissance : lente

Figure n° 9 : *Pistacia lentiscus*, (WIKEPEDIA, 2009)

Hauteur : 1-3 m

Sol : drainé, même sec. Parfaitement adapté au vent, aux embruns et à la sécheresse.

Emplacement : soleil, mi-ombre.

Origine : pourtour méditerranéen, le long du littoral sur une bande assez étroite dans les stations chaudes en garrigue et dans le maquis, souvent de concert avec le térébinthe qui a tendance à le remplacer dans les zones ombragées ou plus froides.

Entretien : taille éventuelle de mise en forme en fin d'hiver.

NB : intéressant pour son feuillage, la sève est utilisée en médecine ou en cosmétique ; l'huile de lentisque, bien connue chez nous, coûte plus chère que le miel et trouve une multitude d'usage en médecine traditionnelle.

1.3. Classification botanique

Tableau n° 11 : Classification botanique de *Pistacia lentiscus*. L 1753

Classification classique	
Règne	<i>Plantae</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	<i>Sapindales</i>
Famille	<i>Anacardiaceae</i>
Genre	<i>Pistacia</i>
Nom binominal	
<i>Pistacia lentiscus</i> ., L 1753	
Classification phylogénétique	
Ordre	<i>Sapindales</i>
Famille	<i>Anacardiaceae</i>

2. Propriétés et utilisations

En médecine traditionnelle, on utilise la résine de pistachier lentisque afin de combattre les ulcères d'estomac. Son efficacité contre les bactéries a en effet été récemment confirmée. Elle avait été vérifiée par plusieurs études scientifiques, (HAMLAT, 1990).

Cette méthode consiste à éliminer les bactéries par mastication de résine du pistachier lentisque.

On l'appelle aussi *Arbre à mastic* (d' où son appellation mastic tree), car sa sève est utilisée pour la réalisation d'une gomme à l'odeur prononcée. Dans l'Antiquité, cette gomme faisait office de chewing-gum.

Cette gomme est aussi employée en pâtisserie, en confiserie, et pour la fabrication de liqueurs et cosmétiques.

Le bois du lentisque est de couleur rose ou ocre, avec un veinage jaune. Il est employé en menuiserie et en ébénisterie.

Autres utilisations possibles du lentisque:

- En médecine dentaire, oléorésine tirée du pistachier térébinthe.
- Dans l'industrie photographique.
- Les fruits pour l'extraction d'huile à brûler (utilisation abandonnée).
- Son huile essentielle est de couleur jaune, d'odeur intense et herbacée.

Elle est utilisée pour les indications principales suivantes : varices et jambes lourdes, congestions et stases veineuses, hémorroïdes externes et internes, thrombophlébite. En effet, cette huile essentielle est reconnue comme décongestionnante des systèmes veineux et lymphatique, (BOCK, 2009).

II/ Paramètres étudiées

1. Paramètres morpho métriques

1. 1. Mesure de la hauteur moyenne de la plante:

La taille des plantes est mesurée à chaque prélèvement à l'aide d'un mètre- ruban malléable durant la période d'échantillonnage, par la suite la hauteur moyenne est calculée pour chaque distance en Cm.

2. Paramètres physiques

2. 1. 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* ».

3. Paramètres physiologiques

3. 1. Mesure du métabolisme respiratoire

L'activité respiratoire des racines isolée du Pistachier est mesurée par polarographie à l'aide d'une électrode à oxygène de type Clark (Hansatech Ltd, Kinj's Lym, U.K), (Cf. Figure ci-après).

- **Principe de l'appareil:**

Cet appareil mesure la quantité de l'oxygène produit ou consommé au cours d'une réaction chimique par les racines. L'appareil comprend une cathode polarisée (-) en platine et une anode polarisée (+) en argent. Le contact entre les deux électrodes est établi grâce à une solution saturée en KCl.

Les échantillons sont mis dans une enceinte contenant le milieu de mesure constamment remué grâce à un agitateur magnétique et séparé des deux électrodes par une membrane en téflon caractérisée par une perméabilité sélective à l'oxygène gazeux.

L'unité de mesure est thermostatée par une tuyauterie adéquate reliée à un bain-marie. L'application d'une faible tension électrique provoque réduction électrolytique de l'oxygène. Par conséquent, le courant qui traverse les deux électrodes varie linéairement en fonction de la concentration en oxygène du milieu dont les valeurs sont reportées sur un moniteur grâce à un logiciel approprié, (DJEBAR et DJEBAR, 2000).

- **Mesure oxymétrique:**

Les racines fraîches sont mises dans l'enceinte de l'électrode et leur consommation d'oxygène est suivie pendant une durée de 10 minutes pour chaque échantillon. Les variations des quantités d'oxygène sont visualisées sous forme de trace sur un écran d'ordinateur.

Les valeurs d'oxygène sont exprimées en n mole O₂ par minutes et par mg de poids frais (nmole/min/mg de PF).

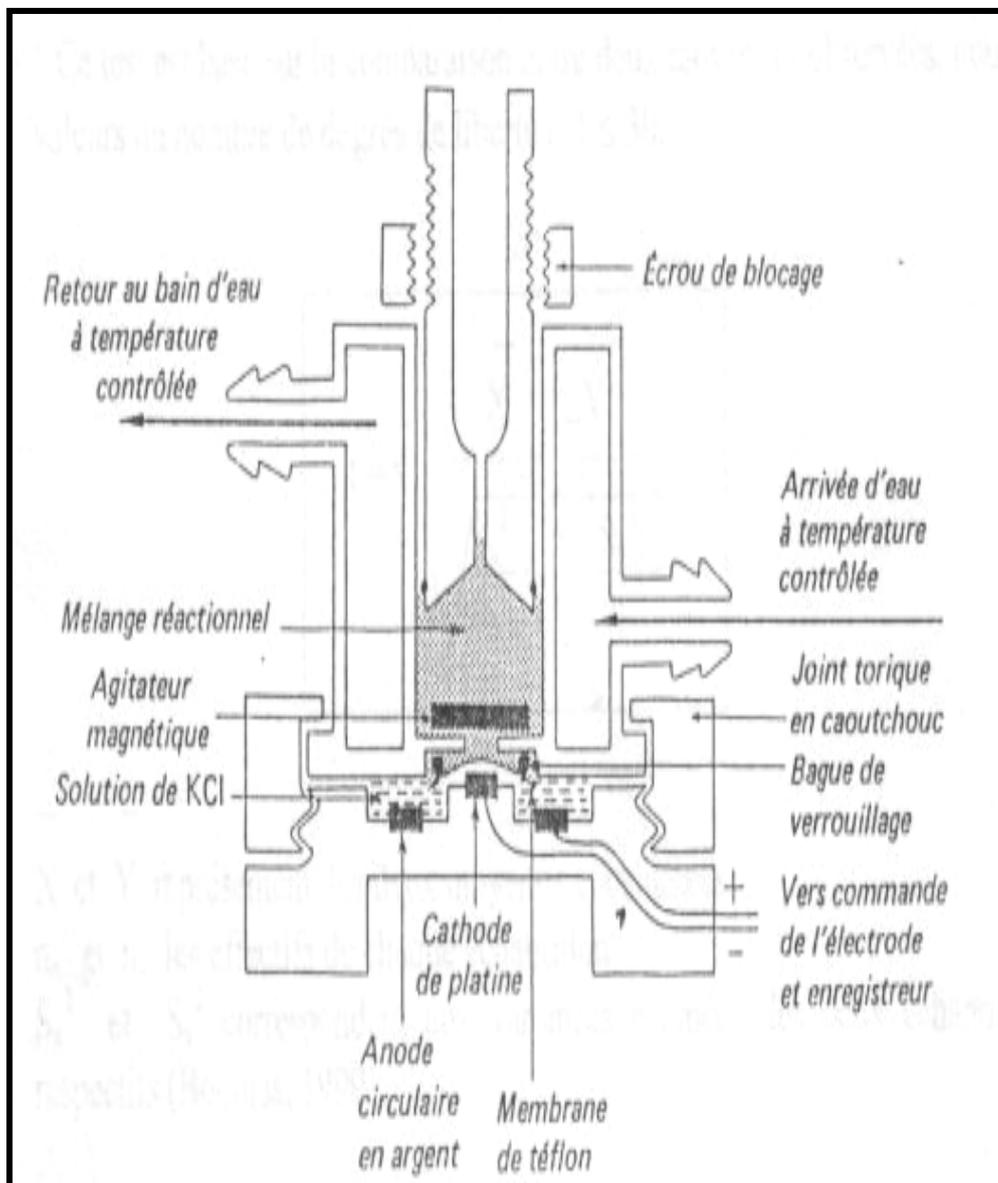


Figure n° 10 : Schéma de l'électrode à oxygène

4. Paramètres biochimiques

4.1. Dosage de la chlorophylle

La teneur en chlorophylle a été déterminée par la méthode traditionnelle de (*HOLDEN, 1975*). Pour traitement, à partir de la feuille étendant, on pèse 1 gramme de végétale (feuille), qui est coupée en petits morceaux et broyée dans un mortier avec 25ml d'acétone ($\text{CH}_3\text{COHCH}_3$) titré à 80% et avec une pincée de carbonate de calcium (CaCO_3).

Après filtration la solution est mise dans des boîtes noires pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière.

Le dosage se fait par le prélèvement de 3ml de la solution dans la cuve à spectrophotomètre. 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*):

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

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

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

4.2. Dosage de la proline

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

On pèse 0.1g du végétal, qu'on 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.

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

$$Y = 0.0014 X + 0.008$$

X : Concentration en proline ($\mu\text{g/g}$ de PF)

Y : Densité optique (nm)

4. 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.

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.

- **Sur les feuilles:**

On prend 100 mg d'échantillon, qu'on broie à l'aide d'un mortier en présence d'eau distillée. On récupère ensuite des aliquotes dans des tubes à essai auquel on rajoute 5 gouttes d'eau distillée. A partir de ses aliquotes on prélève 0.2 ml de la solution précédente et 1.6 ml d'eau distillée. 5 minutes avant la lecture on ajoute 0.2 ml du réactif de *BRADFORD*.

5. Dosage des bio marqueurs

5. 1. Dosage de l'activité Catalase (CAT):

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

La méthode utilisée afin d'obtenir l'extrait enzymatique à partir des feuilles du Pistachier 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).

- **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 $\epsilon = 39400\text{M}^{-1}.\text{cm}^{-1}.\text{L}$. Pour un volume finale de 1ml, le mélange réactionnel contient: 100 μl de l'extrait enzymatique brut, 50 μl de peroxyde d'hydrogène H_2O_2 à 0.3% et 285 μl 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.

- **Quantification des mesures spectrophotométrique:**

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

$$\text{Act} = \frac{\Delta\text{A} \cdot \text{V}_t}{\epsilon \cdot \Delta\text{T} \cdot \text{L} \cdot \text{V}_e \cdot \text{p}}$$

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).

5.2. Dosage du Glutathion (GSH) :

500 mg de feuilles fraîches sont broyées à froid à l'aide d'un mortier dans 4ml de tampon phosphate (0.1M phosphate, pH=6.5).

L'homogénat est ensuite filtré à l'aide d'un papier filtre avant de procéder à une centrifugation de 5000 tours/minute pendant 15 minutes.

On prélève 0.8 ml du surnageant obtenu et on procède à sa déprotéinisation par l'addition de 0.2 ml d'acide sulfo-salicylique (ASS) à 0,25%.

L'homogénat est agité et laissé 15 minutes dans un bain de glace, puis centrifugé à 1000 tours/minute pendant 5 minutes.

Pour un volume finale de 1.525ml, le mélange réactionnel contient: 0.5ml du surnageant, 1 ml du tampon Tris-EDTA et 0.025 ml de DTNB.

La lecture est effectuée au spectrophotomètre (JENWAY 6300) à la longueur d'onde 412nm après étalonnage de l'appareil par une solution témoin contenant: 1 ml du tampon Tris-EDTA, 0.025 ml de DTNB et 0.5 ml d'eau distillée.

Les concentrations du GSH sont dosées par la méthode de (*WECKBERKER et CORY, 1988*) et exprimées en μmole/ mg de protéines.

$$\text{GSH} = \frac{\text{DO} \times 1 \times 1.525}{13.1 \times 0.8 \times 0.5 \times \text{mg de Prot}}$$

DO: Densité optique (nm).

1: Le volume total des solutions utilisées dans la déprotéinisation (0, 2 ml ASS + 0, 8 ml homogénat).

1,525: Le volume total des solutions utilisées dans du GSH (0,025 ml DTNB + 0,5 ml surnageant + 1 ml Tris-EDTA).

13.1: Coefficient d'absorbance (concernant le groupement –SH à 412 nm).

0, 8 : Le volume de l'homogénat utilisé en ml.

0, 5 : Le volume du surnageant utilisé en ml.

mg de Prot : les protéines en mg.

III/ Etude statistique

L'analyse statistique des données est effectuée par l'ANOVA deux à deux (deux critères) et par le test Tukey qui sert à comparer entre deux échantillons (Témoin et traité). Ces tests sont réalisés à l'aide d'un logiciel d'analyse des données: Minitab (Version 14.0) (*DAGNELIE, 1999*).

CARTOGRAPHIE DE LA POLLUTION AUTOMOBILE

1. Données géographiques des trois sites étudiés

La position des stations étudiées relevée par GPS (de type Garmin Etrex) se présente comme suite :

Tableau n°12 : Données géographiques du site 1

Tableau n° 13: Données géographiques du site 2

Site 2 Kbouda	Alti (m)	N	E
20m	49	36°44'21.1"	007°59'41.9"
	48	36°44'21.1"	007°59'41.4"
	50	36°44'21.6"	007°59'41.8"
40m	48	36°44'20.7"	007°59'41.6"
	52	36°59'20.7"	007°59'41.7"
	50	36°59'20.9"	007°59'41.3"
60m	49	36°44'20.1"	007°59'41.4"
	50	36°44'21.2"	007°59'41.8"
	51	36°44'21.6"	007°59'41.5"
80m	52	36°44'19.5"	007°59'41.0"
	53	36°59'20.9"	007°59'40.7"
	54	36°59'19.3"	007°59'41.1"
100m	54	36°44'18.9"	007°59'40.4"
	53	36°44'19.2"	007°59'40.6"
	56	36°44'18.7"	007°59'40.8"

Site 1 PNEK	Altitude (m)	N	E
20m	86	36°46'43.8"	008°16'45.7"
	78	36°46'44.6"	008°16'45.6"
	76	36°46'44.3"	008°16'45.5"
40m	79	36°46'44.6"	008°16'45.5"
	81	36°46'44.7"	008°16'45.4"
	80	36°46'44.8"	008°16'45.3"
60m	77	36°46'45.1"	008°16'44.1"
	80	36°46'45.1"	008°16'44.2"
	81	36°46'45.2"	008°16'44.1"
80m	82	36°46'45.3"	008°16'43.8"
	83	36°46'45.4"	008°16'43.9"
	84	36°46'45.5"	008°16'43.7"
100m	84	36°46'45.5"	008°16'43.4"
	84	36°46'45.6"	008°16'43.9"
	83	36°46'45.3"	008°16'43.7"

Tableau n° 14 : Données géographiques du site 3

Site 3 Berrahal	Altitude (m)	N	E
20m	95	36°50'05.4"	007°23'57.9"
	95	36°50'05.5"	007°23'57.7"
	95	36°50'05.6"	007°23'57.8"
40m	94	36°50'05.7"	007°23'57.6"
	95	36°50'05.8"	007°23'57.5"

	95	36°50'05.9"	007°23'57.9"
60m	96	36°50'06.1"	007°23'57.6"
	96	36°50'06.2"	007°23'57.4"
	96	36°50'06.3"	007°23'57.4"
80m	96	36°50'06.2"	007°23'57.3"
	95	36°50'06.8"	007°23'57.1"
	95	36°50'06.6"	007°23'57.5"
100m	96	36°50'06.4"	007°23'56.8"
	96	36°50'06.5"	007°23'56.3"
	96	36°50'06.8"	007°23'56.6"

2. Fonds cartographiques

Figure n° 11 : Plan du



passage de l'autoroute Est- Ouest concernant le lot Est



(Modifié)

Figure n° 12 : Le tracé de l'autoroute Est- Ouest dans le Parc National d'El KALA

Légende :



Limites du Parc National d'El Kala.
Passage de l'autoroute Est-Ouest.



Sites 1 et 2.

3. Flux journalier de la circulation routière au niveau des trois sites étudiés

L'opération a été effectuée à l'aide d'un compteur à main (instrument utilisé pour le comptage des oiseaux) à partir du véhicule en stationnement sur le site considéré.

Tableau n° 15 : Flux journalier de la circulation routière au niveau des sites étudiés

Heures du jour (h)	Nbre de véhicule sur Site 1 PNEK	N ^{bre} de véhicule sur Site 2 Kbouda	N ^{bre} de véhicule sur Site 3 Berrahal	Observations
0 ^h -1 ^h	Il s'agit du passage de l'autoroute Est- Ouest en cours de réalisation (non encore affectée par la circulation)	14	37	Kbouda : une moyenne de 1véhicule léger pour 12 lourds (à cause du chantier). Berrahal : une moyenne de 1 véhicule lourd pour 19 légers. Les spécialistes reconnaissent qu'un véhicule lourd pollue 04 fois plus qu'un véhicule léger.
1		19	64	
2		76	132	
3		143	423	
4		121	630	
5		272	914	
6		413	1609	
7		524	1641	
8		741	1622	
9		803	1413	
10		716	1207	
11		663	1124	
12		517	1327	
13		632	1581	
14		428	1534	
15		711	1411	
16		584	1344	
17		478	1401	
18		379	1397	
19		290	1241	
20		211	1074	
21		134	81	
22		98	514	
23 ^h -00 ^h			23	
Total		8990	24.770	

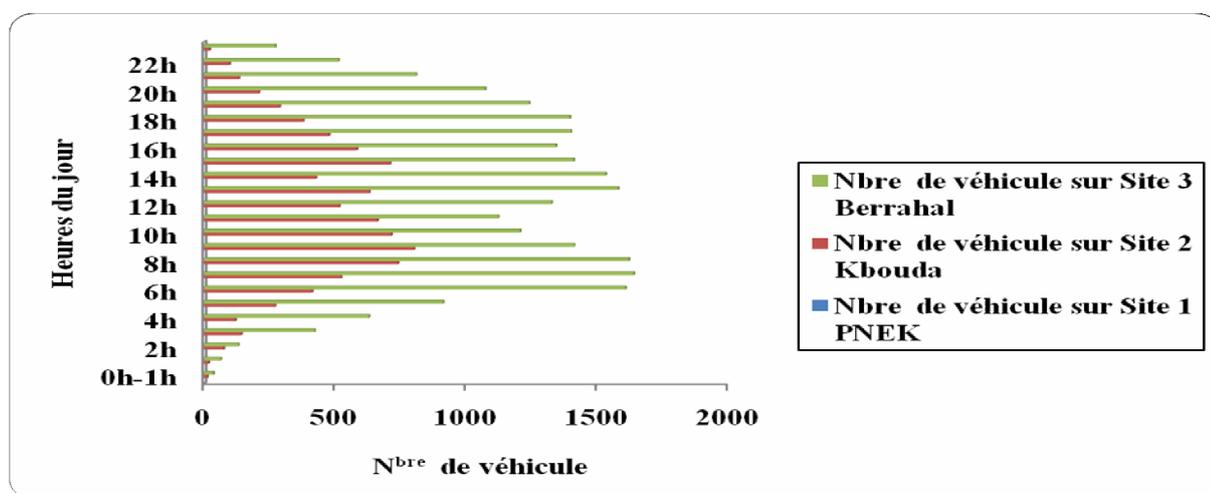


Figure n° 13 : Flux journalier de la circulation routière au niveau des sites étudiés

RESULTATS

1. Effets de la pollution atmosphérique d'origine automobile sur *Pistacia lentiscus*

1.1. Effets des rejets gazeux sur les paramètres physiologiques

1.1.1. La hauteur moyenne

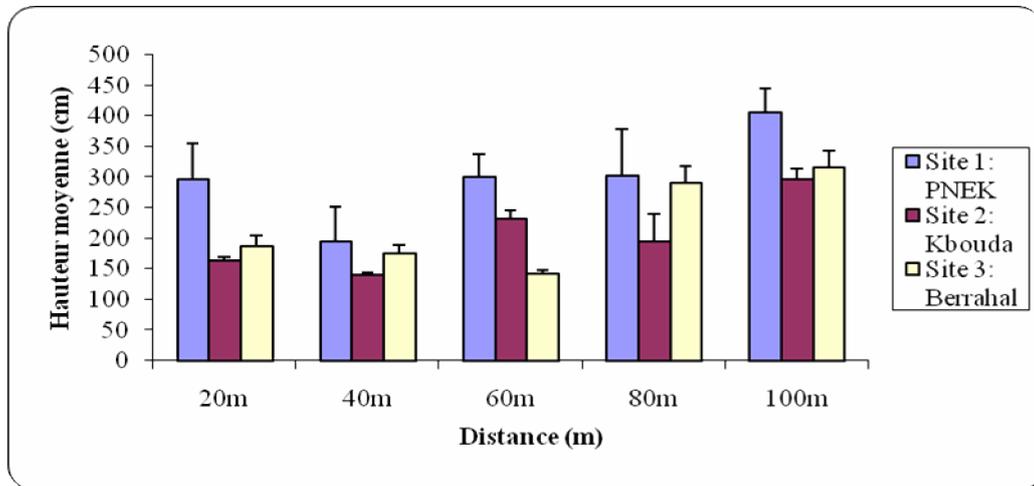


Figure n° 14: Evolution de la hauteur moyenne de *Pistacia lentiscus* sur les sites étudiés.

La figure (14) représente les variations de la hauteur moyenne des plantes mesurées à différentes distances par rapport à l'axe routier N44 ; les hauteurs moyennes des plantes ont tendance à augmenter en fonction de l'éloignement de la source de pollution. Ainsi le trafic routier a un effet inhibiteur sur la croissance du Pistachier.

L'analyse de variance a montré un effet distance, site très hautement significatif ($p=0,000$) et un effet site/distance hautement significatif ($p=0,05$). De plus le Test de Tukey a permis l'identification de trois groupes de distance (20,40m), (20, 60,80m) et (100m). Le site renferme deux groupes: PNEK et (Kbouda, Berrahal).

1.1.2. L'indice de pollution

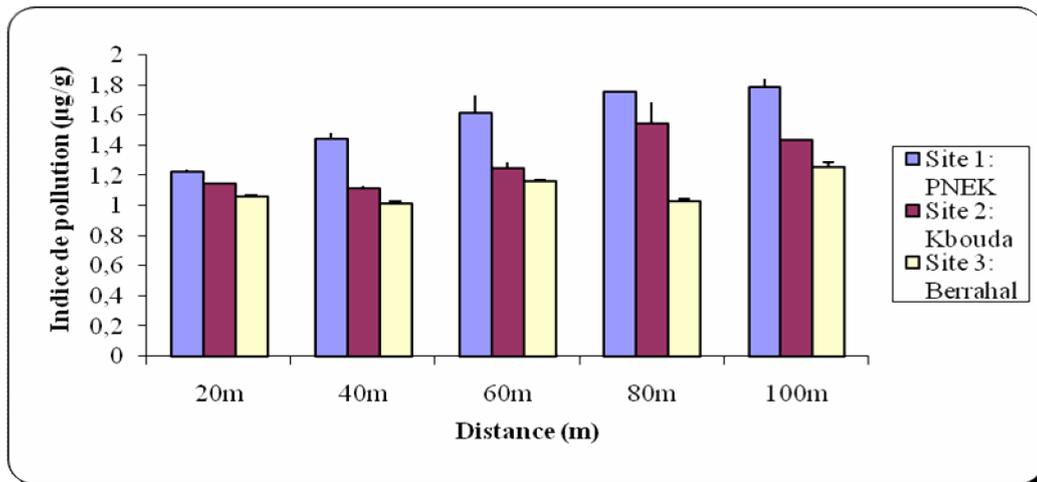


Figure 15: Variations du rapport MF/MS des feuilles de *Pistacia lentiscus* en fonction de leur emplacement par rapport à la route.

D'après la figure (15) représentant le rapport MF/MS qui détermine l'indice de pollution calculé pour les différents prélèvements des trois sites en question effectué par rapport à la route ; la variation par rapport aux distances de ce paramètre démontre une nette augmentation ce qui nous renseigne sur la pureté de l'air.

L'étude statistique révèle un effet distance, site et interaction site/distance très hautement significatif ($p=0,000$). De plus le Test de Tukey a permis l'identification de trois groupes de distances (20.40m), (60m) et (80.100m). Le site renferme aussi trois groupes: PNEK, Kbouda et Berrahal.

1.2. Effets des rejets gazeux sur les paramètres biochimiques

1.2.1. Les chlorophylles

1.2.1.1. Variation du taux de la chlorophylle a des feuilles de *Pistacia lentiscus*

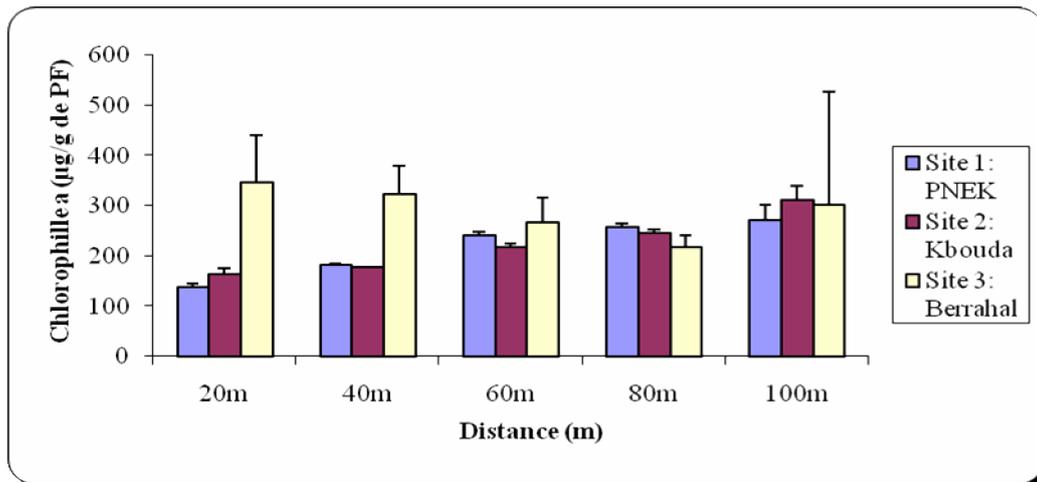


Figure 16: Evolution de la teneur moyenne en chlorophylle a des feuilles de *Pistacia lentiscus*.

D'après la figure (16) qui illustre les variations des teneurs en chlorophylle a nous constatons que les taux de cette dernière ont tendance à augmenter progressivement pour les échantillons prélevés sur les site (2 et 3) en fonction des distances (20m, 40m, 60m, 80m et 100m) et à diminuer particulièrement pour le site 1 témoin.

L'analyse statistique a décelé un effet distance non significatif ($p=0.153$) et un effet site hautement significatif ($p=0.009$), alors qu'aucune différence significative n'est observée pour l'interaction site/distance ($p=0.062$). De plus le Test de Tukye à permis l'identification de cinq groupes de distance: 20m, 40m, 60m, 80m et 100m. Le site renferme deux groupes de site: (PNEK, Kbouda) et Berrahal.

1.2.1.2. Variation du taux de la chlorophylle b des feuilles de *Pistacia lentiscus*

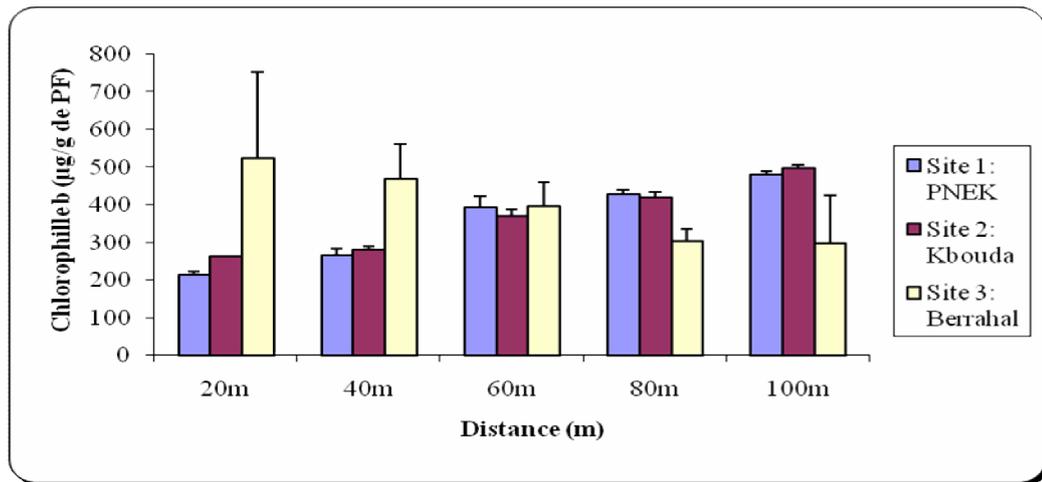


Figure 17: Evolution de la teneur moyenne en chlorophylle b des feuilles de *Pistacia lentiscus*.

La figure (17) met en évidence l'évolution de la chlorophylle b pour les échantillons des 3 sites prélevés à différentes distances (20m, 40m, 60m, 80m et 100m) ; on constate que le taux de la chlorophylle b est (2fois) plus élevé par rapport à la chlorophylle a. Les gaz d'échappements provoquent une diminution des teneurs en chlorophylle b pour les sites (2 et 3) et une augmentation particulière pour le 3^{ème} site.

L'analyse de la variance a montré un effet distance et site non significatif ($p=0.079$; 0.289) et un effet site/distance très hautement significatif ($p=0.000$). De plus le Test de Tuky à permis l'identification de cinq groupes de distance: 20m, 40m, 60m, 80m et 100m. Le site renferme trois groupes de site: PNEK, Kbouda et Berrahal.

1.2.1.3. Variation du taux de la chlorophylle a+b des feuilles de *Pistacia lentiscus*

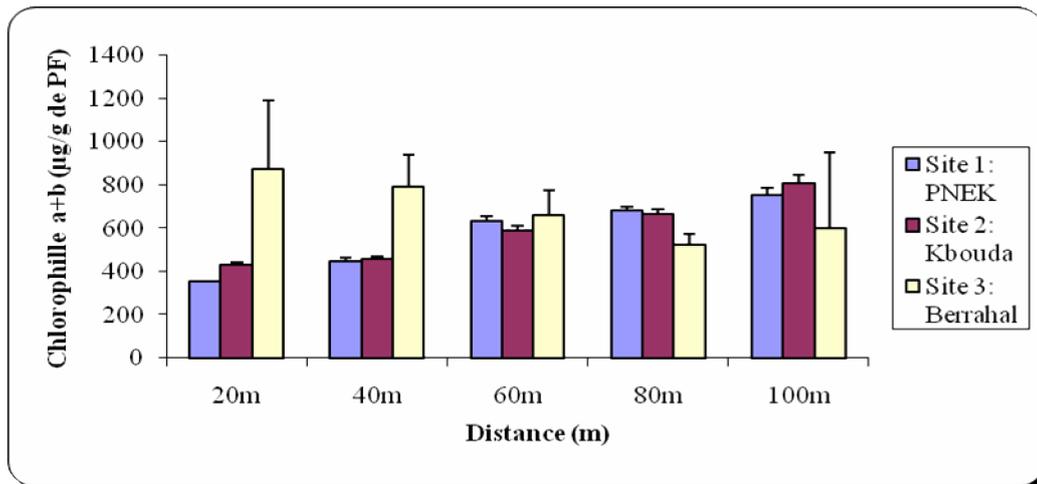


Figure 18: Evolution de la teneur moyenne en chlorophylle a+b des feuilles de *Pistacia lentiscus*.

La figure (18) met en évidence un effet distance, site et interaction site/distance très hautement significative ($p=0.000$). De plus le Test de Tukey a permis l'identification de cinq groupes de distance: 20m, 40m, 60m, 80m et 100m. Le site renferme trois groupes: PNEK, Kbouda et Berrahal.

1.2.2. Evolution du taux de proline en fonction des sites étudiés

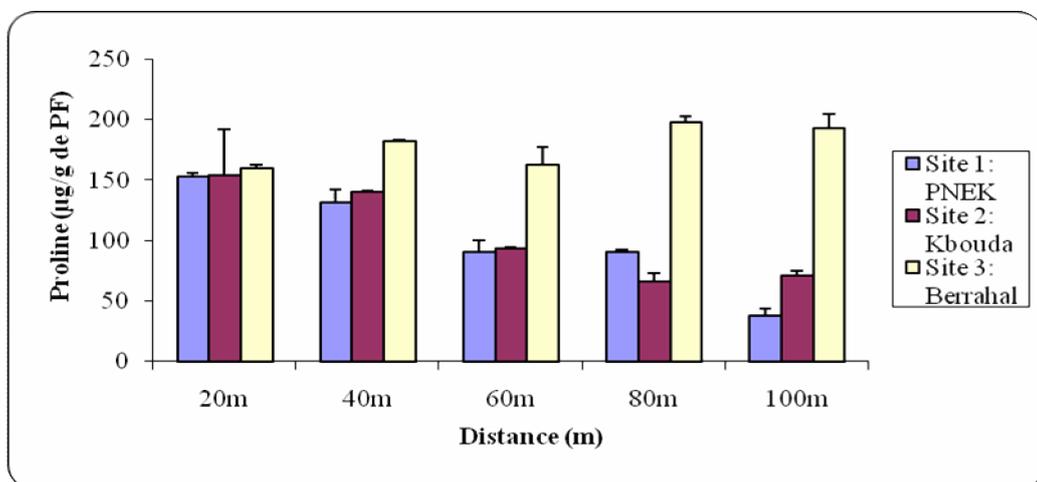


Figure 19: Variation de la teneur moyenne en proline des feuilles de *Pistacia lentiscus*.

Selon la figure (19) la teneur en proline a tendance à augmenter pour le site 3 quelle que soit la distance, se qui révèle l'état critique de la pollution automobile au niveau de ce site. Nous constatons par ailleurs une baisse très nette (3fois) moins de la teneur en proline pour les sites (1 et 2) à 100 m de la source de pollution automobile. Ces résultats ont été confirmé par l'analyse de variance qui a décelé un effet distance, site et une interaction site/distance très hautement significatifs ($p=0,000$). De plus le test de Tukey a permis l'identification de trois groupes de distances (20,40m), (60,80m) et (60,100m). Le site renferme deux groupes: (PNEK,Kbouda) et Berrahal.

1.2.3. Evolution du taux de protéines totales en fonction des sites étudiés

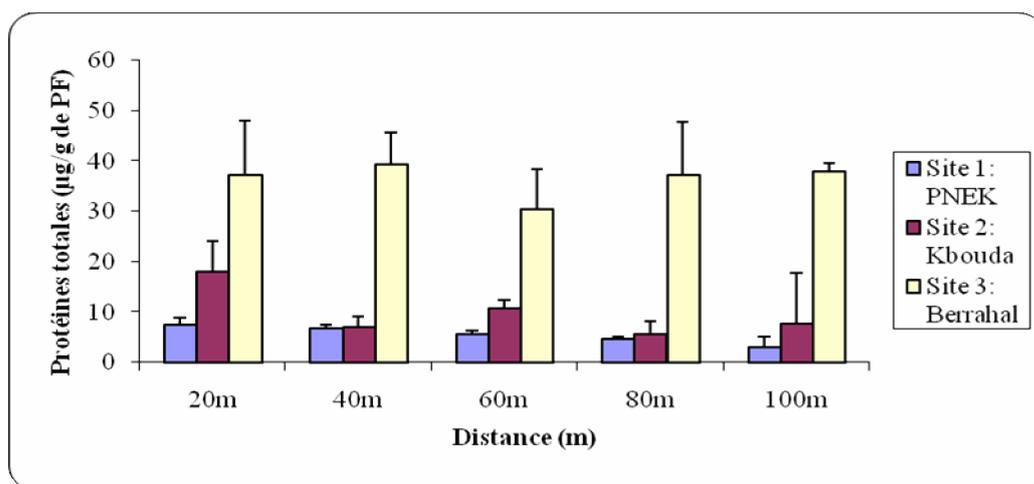


Figure 20: Variation de la teneur moyenne en protéines totales des feuilles de *Pistacia lentiscus*.

D'après la figure (20) on observe une diminution du taux de protéines en fonction de l'éloignement de la route pour les sites (1 et 2), par contre taux de protéines totales reste presque constante pour le site 3.

Les résultats obtenus selon l'étude statistique montrent un effet distance non alors significatif ($p=0.275$), et un effet site très hautement significatif ($p=0.000$), qu'aucune différence significative n'est observée pour l'interaction site/distance ($p=0.364$), de plus le Test de Tukey a permis l'identification de cinq groupes de distance (20m), (40m), (60m) et (80m) et (100m). Le site renferme deux groupes: (PNEK, Kbouda) et Berrahal.

1.3. Effets des rejets gazeux sur les bio- marqueurs 1.3.1. Le glutathion GSH

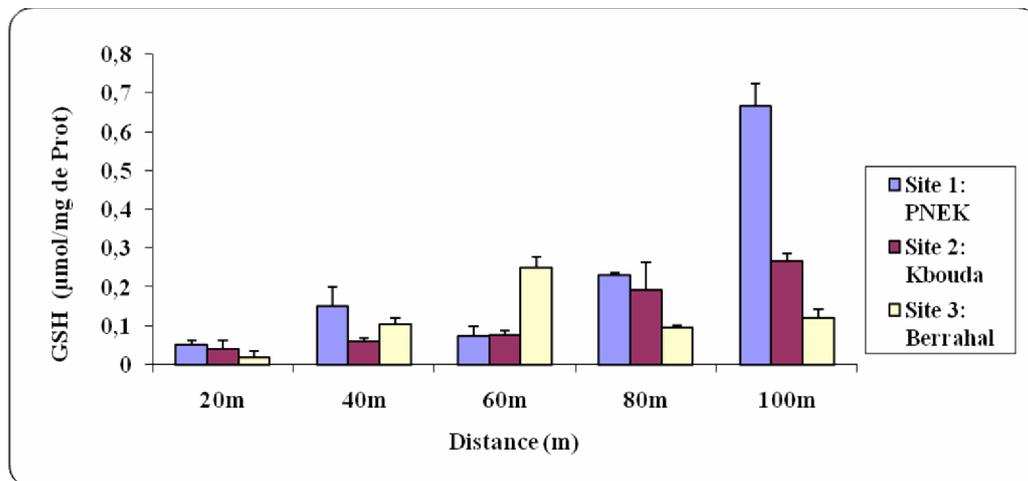


Figure 21: Variation de la teneur moyenne en Glutathion réductase (GSH) des feuilles de *Pistacia lentiscus*.

La figure (21) illustre la variation du taux moyen de GSH en fonction des différentes distances (10m, 40m, 60m, 80m et 100m). On observe une baisse importante au fur et à mesure qu'on se rapproche de la source de pollution pour les 3 sites, ces valeurs restent toujours inférieures à ceux du site témoin, qui sont respectivement (0.7µmol/mg de Prot pour le témoin, 0.25 µmol/mg de Prot pour site 2 et 0.1 µmol/mg de Prot pour le site 3) à 100 m

Les résultats obtenue montrent un effet distance, site et interaction site/distance très hautement significative ($p=0.000$). De plus le Test Tukey à permis l'identification de quatre groupes de distance (20m), (40.60m), (60.80m) et (100m). Le site renferme aussi trois groupes: PNEK, Kbouda et Berrahal.

1.3.2. La Catalase CAT

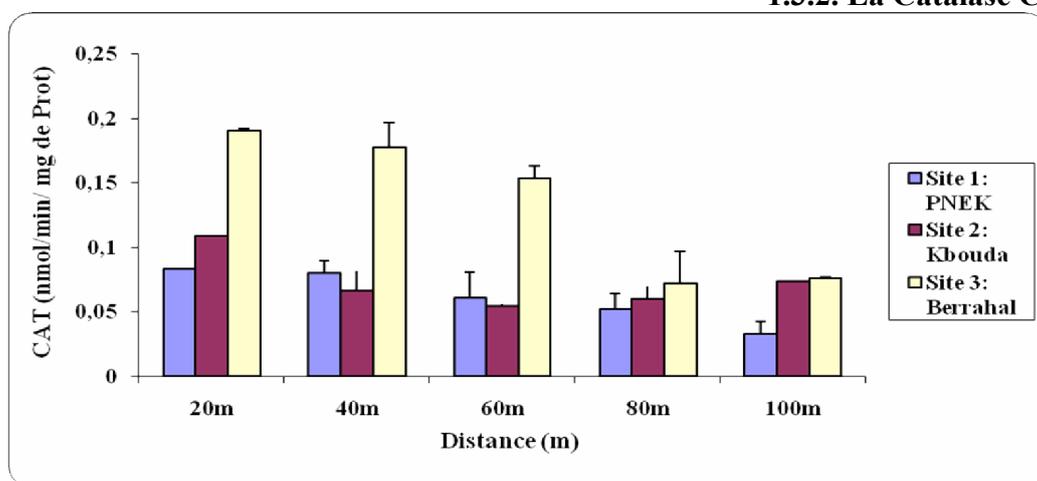


Figure 22: Variation de l'activité CAT en fonction des sites étudiés

Les résultats du suivi de l'activité catalase, sont enregistrés dans la figure (22) et révèlent que cette dernière augmente pour le site Berrahal ; cette augmentation est de 50% pour les distances (20m, 40m, 60m) par rapport aux deux dernières distances (80m et 100m) ou nos résultats semblent presque similaires par rapport au site 1 et site 2.

L'analyse de la variance a décelé un effet distance, site et une interaction site/distance très hautement significatifs ($p=0,000$). De plus le test tukey à permis l'identification de trois groupes de distance (20.40m), (60m) et (80.100m). Le site renferme aussi trois groupes: PNEK, Kbouda et Berrahal.

1.4. Effets des rejets gazeux sur le métabolisme respiratoire

1.4.1. Variation du métabolisme respiratoire des racines isolées de *Pistacia lentiscus* prélevées à une distance de 20m par rapport à l'axe routier

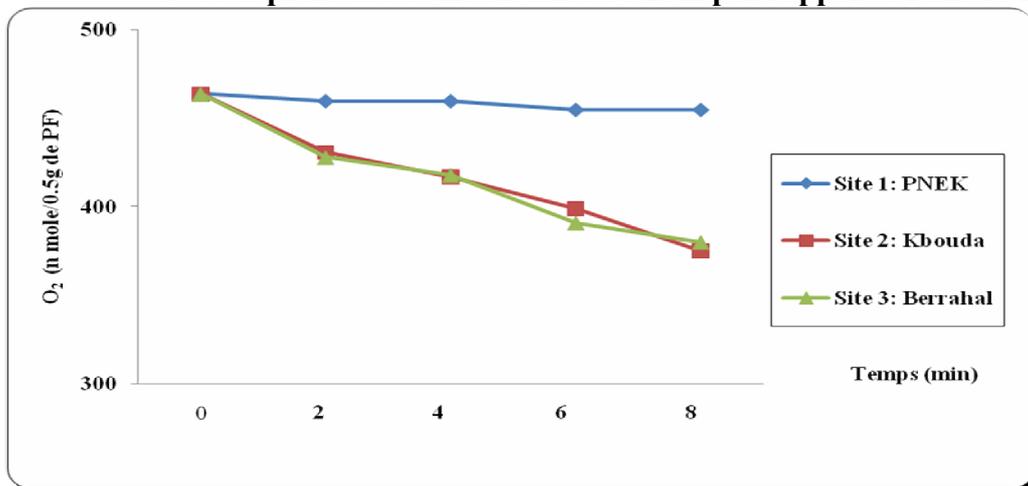


Figure 23: Variation du métabolisme respiratoire des racines isolées de *Pistacia lentiscus* prélevées à une distance de 20m par rapport à l'axe routier.

La figure (23) montre que l'activité respiratoire des racines témoins du site 1 est plus au moins constante en fonction du temps, par contre chez les échantillons prélevés au niveau de Kbouda, nous constatons une stimulation de l'activité respiratoire observée au temps 4'.

Enfin les racines provenant du site 3 Berrahal présentent à 4' activité respiratoire très proche de celle du site 2 au même moment.

1.4.2. Variation du métabolisme respiratoire des racines isolées de *Pistacia lentiscus* prélevées à une distance de 40m par rapport à l'axe routier

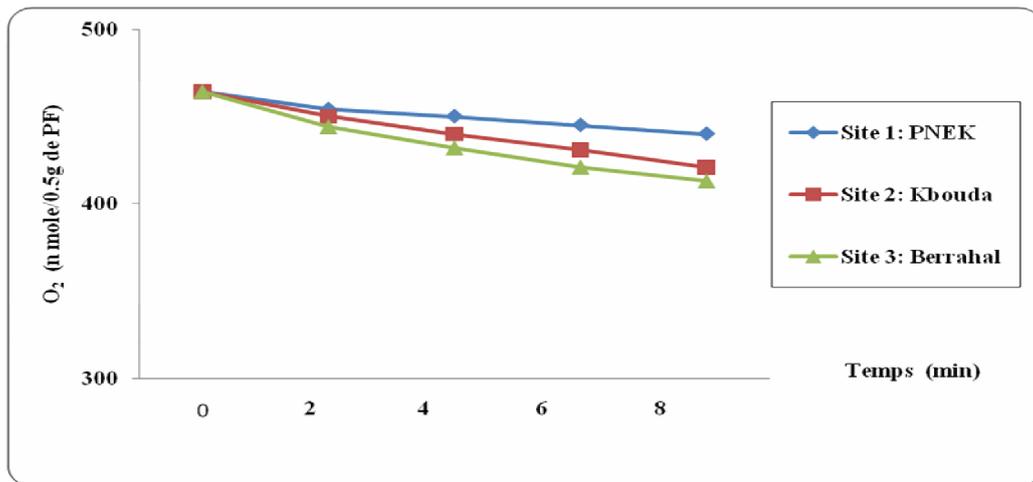


Figure 24: Variation du métabolisme respiratoire des racines isolées de *Pistacia lentiscus* prélevées à une distance de 40m par rapport à l'axe routier.

On constate que les racines témoins présentent une respiration tout à fait normale avec une consommation d'O₂ proportionnelle au temps de mesure. On constate que le métabolisme respiratoire est légèrement stimulé par rapport à celui des échantillons témoins. Il ressort de ces résultats que la pollution routière perturbe sensiblement et de façon importante la respiration des racines isolées des plantes de Pistachier.

1.4.3. Variation du métabolisme respiratoire des racines isolées de *Pistacia lentiscus* prélevées à une distance de 60m par rapport à l'axe routier

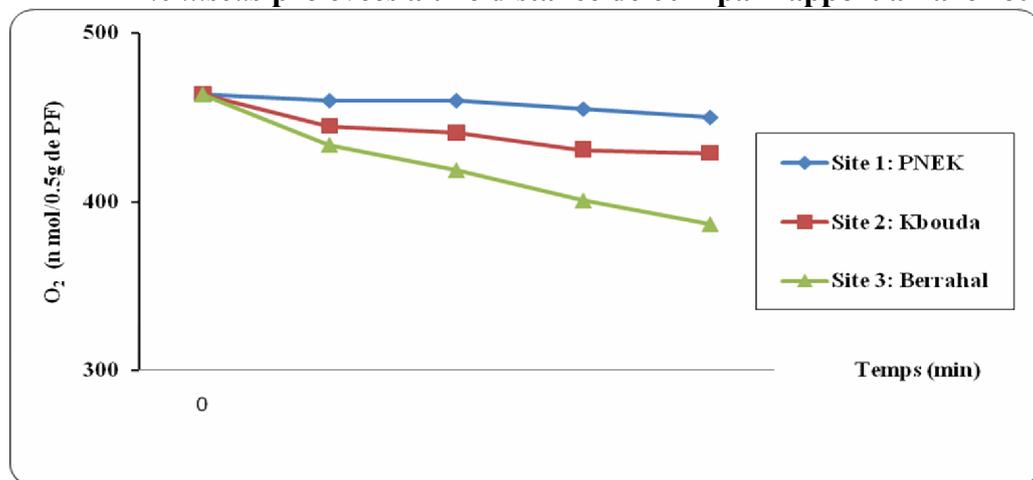


Figure 25: Variation du métabolisme respiratoire des racines isolées de *Pistacia lentiscus* prélevées à une distance de 60m par rapport à l'axe routier.

On remarque que l'activité respiratoire des racines témoins est plus au moins constante en fonction du temps et par rapport aux racines prélevées du site 2 et site 3, en revanche le métabolisme respiratoire des racines du site 3 est fortement stimulé par rapport au témoins.

1.4.4. Variation du métabolisme respiratoire des racines isolées de *Pistacia lentiscus* prélevées à une distance de 80m par rapport à l'axe routier

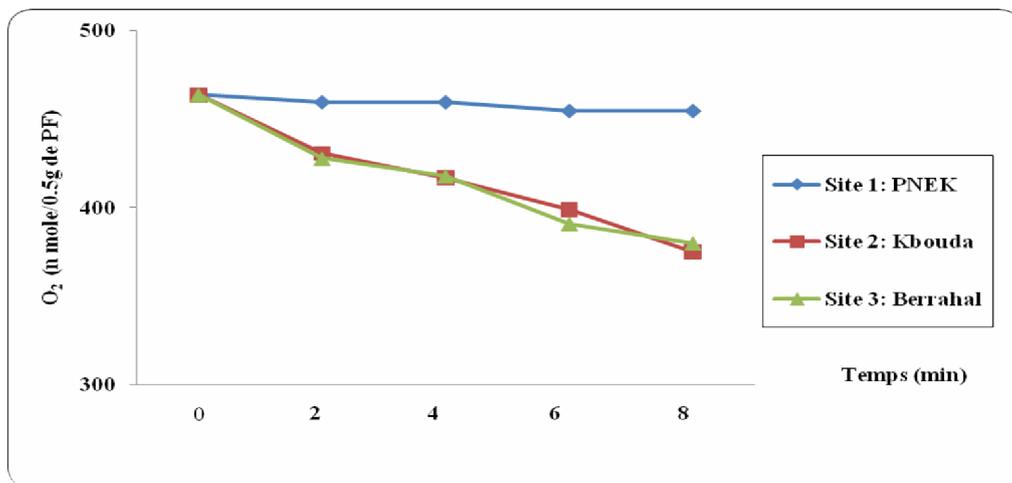


Figure 26: Variation du métabolisme respiratoire des racines isolées de *Pistacia lentiscus* prélevées à une distance de 80m par rapport à l'axe routier.

On constate que les racines témoins présentent une respiration tout à fait normale avec une consommation d'O₂ proportionnelle au temps de mesure. L'exposition des plantes aux gaz d'échappements montre que le métabolisme respiratoire des racines prélevées du site 2 et site 3 est fortement é par rapport au témoin.

1.4.5. Variation du métabolisme respiratoire des racines isolées de *Pistacia lentiscus* prélevées à une distance de 100m par rapport à l'axe routier

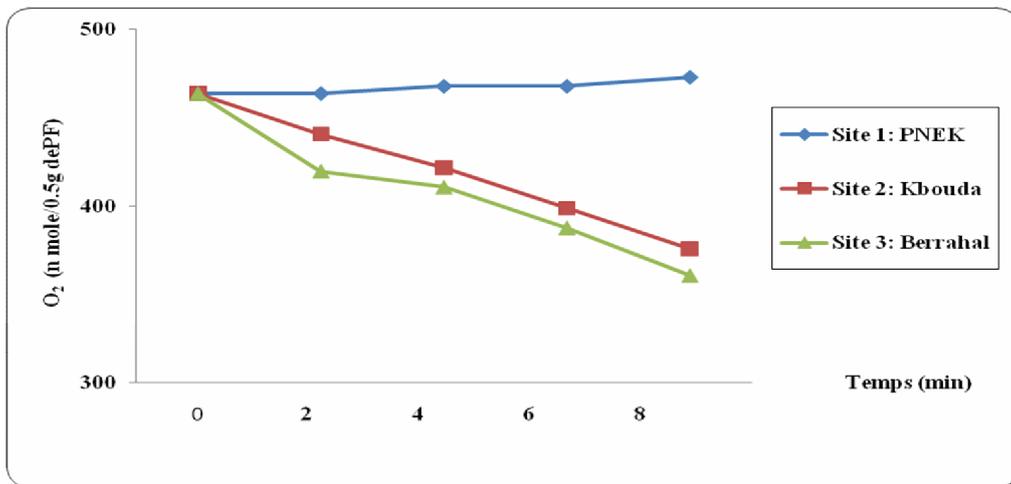


Figure 27: Variation du métabolisme respiratoire des racines isolées de *Pistacia lentiscus* prélevées à une distance de 100m par rapport à l'axe routier.

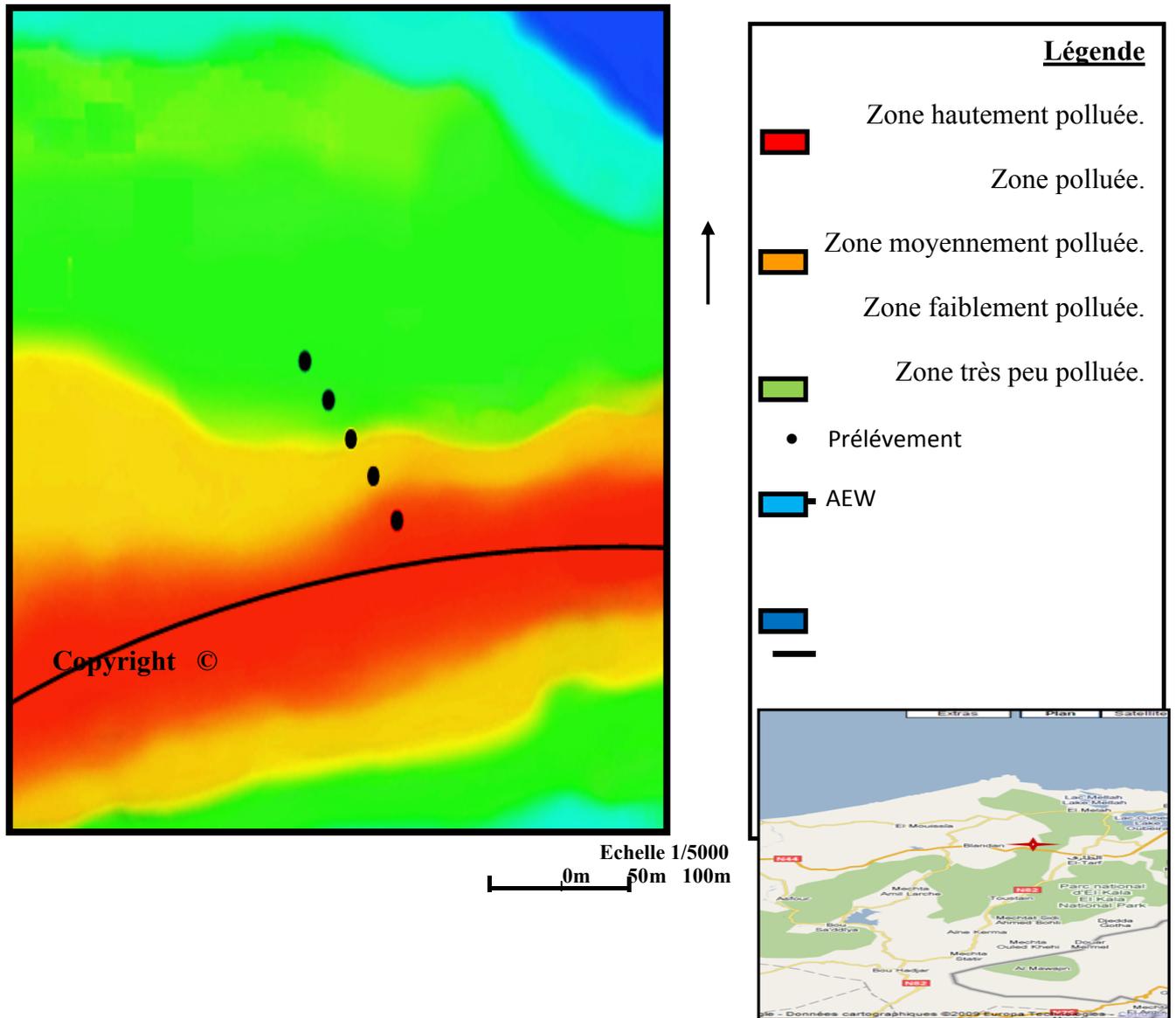
Il ressort de ces résultats que même à très faible exposition voir 100 m cette dernière perturbe sensiblement et de façon importante la respiration des racines isolées des plantes de *Pistacia lentiscus*.

1.5. Cartographie de la distribution de la pollution automobile au niveau des sites étudiés

1.5.1. CARTOGRAPHIE DE LA DISTRIBUTION DE LA POLLUTION AUTOMOBILE AU NIVEAU DU SITE 1 : PNEK en utilisant *Pistacia lentiscus*

L.

Par : AOUADI Asma et DJEBAR Mohammed Réda (essai à 1/5000 éme).

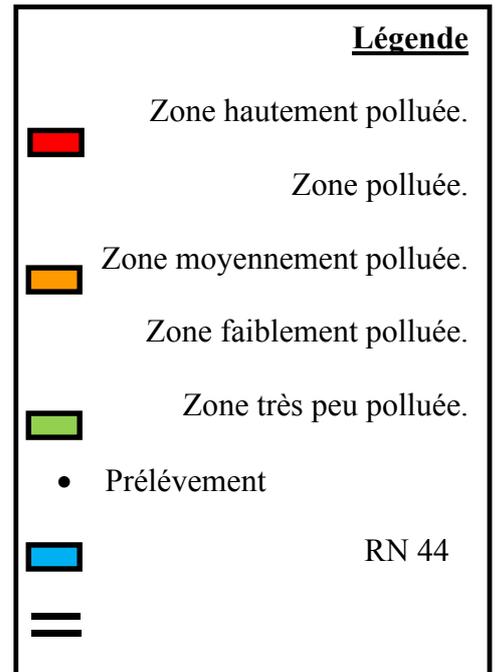
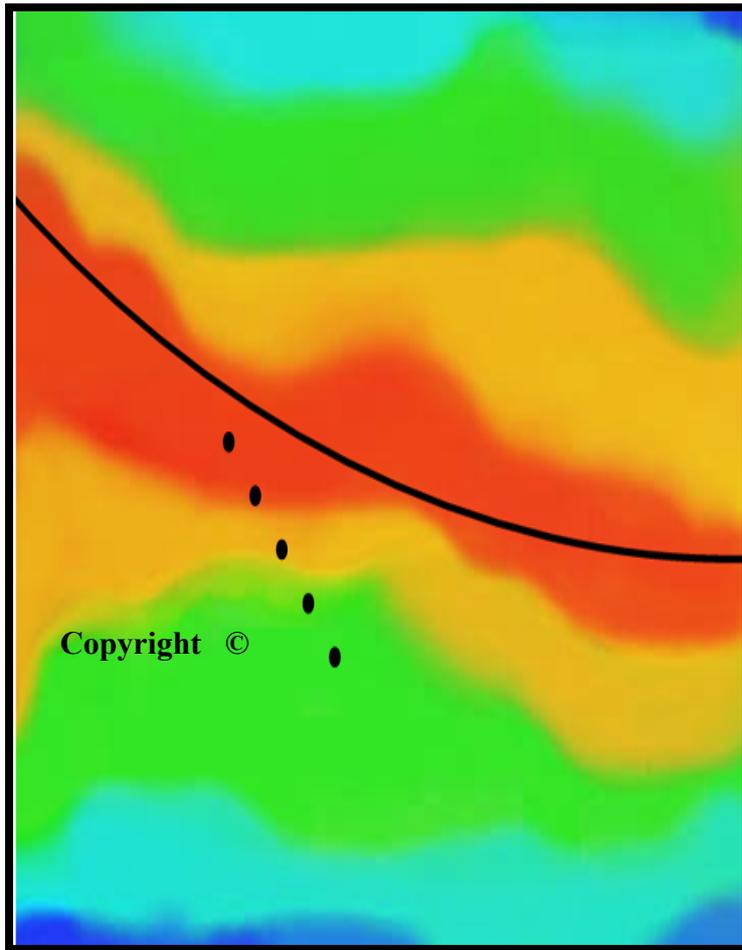


★ Localisation du site étudié

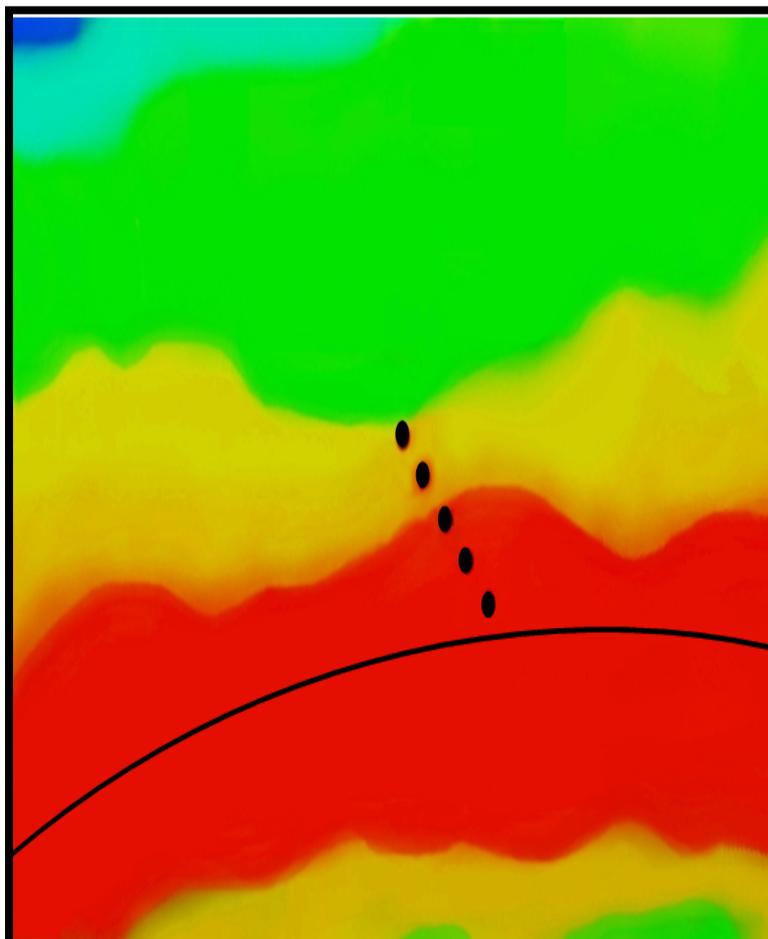
1.5.2. CARTOGRAPHIE DE LA DISTRIBUTION DE LA POLLUTION AUTOMOBILE AU NIVEAU DU SITE 2 : Kbouda en utilisant *Pistacia lentiscus*

L.

Par : AOUADI Asma et DJEBAR Mohammed Réda (essai à 1/5000 éme).



 Localisation du site étudié



1.5.3. CARTOGRAPHIE DE LA DISTRIBUTION DE LA POLLUTION AUTOMOBILE AU NIVEAU DU SITE 3 :

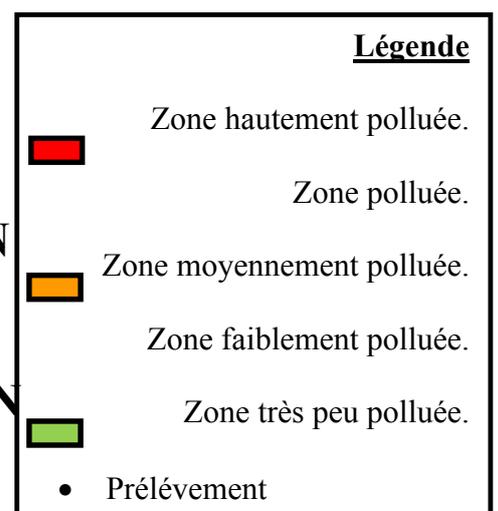
Berrahal en utilisant

Pistacia lentiscus L.

Par : *AOUADI Asma et*

DJEBAR Mohammed Réda

(essai à 1/5000 éme).





Echelle 1/5000
0m 50m 100m



Localisation du site étudié

Les relevés adoptés dans le présent travail sont de type linéaire. Le choix de cette méthode repose sur des images satellitaires à haute résolution.

Deux types d'images ont été utilisées IKONOS (2004) et Quick Bird (2004) assemblées sur une même toile (fond photographique).

Un GPS (système de positionnement géographique) de type Garmin Etrex a été utilisé pour relever les coordonnées précises des échantillons de terrains. Le GPS a été préalablement étalonné sur le système UTM.WGS 84.

Le calage ou géoréférencement permet de positionner l'emplacement des échantillons sur des images de satellite et sur une carte topographique utilisant la même projection UTM zone 32.nord.

Dans notre cas les distances reliant les trois stations (Berrahal, Kbouda, Bourdim) ne peuvent être rassemblées sur une seule feuille topographique au 1/200.000, seule la feuille de Constantine à petite échelle 1/500.000 pourrait rassembler les échantillons ou l'assemblage des feuilles au 1/200.000 de Annaba et Skikda. Les cartes (Fig 11, 12).

Dans notre étude, la cible étant de surface réduite, le positionnement c'est fait à l'aide d'un logiciel Arc Map version 9.2.

La position des stations a été effectuée de façon automatique à l'aide de l'outil informatique.

L'analyse statistique des paramètres étudiés révèle l'incidence des gaz d'échappements sur le bio-indicateur utilisé en l'occurrence le lentisque.

A l'aide d'un logiciel Arc GIS 9.2 des simulations de pollution sont retracées sur carte à l'échelle 1/5000 ou (1Cm représente 50 m). Ce qui retient l'attention c'est que la pollution est présente même au niveau du tracé de l'autoroute (non encore mis en circulation).

Cette zone se situe à 330 m de distance de l'actuelle route nationale 44 Annaba- El Tarf, dans une zone encaissée ou s'accumulent forcément les rejets gazeux.

Il est donc permis de penser que l'autoroute qui va drainer un flux de circulation plus important sera à l'origine d'une pollution à court terme sur une distance pouvant aller jusqu'à 500 m de part et d'autre de l'axe routier

DISCUSSION

Notre discussion comporte deux parties: La première concernera les effets du trafic routier sur les paramètres physicochimiques, les paramètres morfo physiologiques et biochimiques des racines et feuilles de l'espèce étudiée «*Pistacia lentiscus*» particulièrement le métabolisme respiratoire tandis que la seconde portera sur la cartographie de la pollution atmosphérique d'origine automobile élaborée sur trois sites sur la route national RN 44, Berrahal (W. Annaba), Kbouda (W. El Tarf) et sur le nouveau tracé de l'autoroute Est-Ouest qui fait jonction avec le Parc National d' El Kala au niveau de la réserve intégrale de Bourdim.

Les résultats obtenus montrent que l'exposition aux xénobiotiques affecte sensiblement la croissance des plantes de *Pistacia lentiscus*. Des études similaires montrent que le cadmium a tendance à affecter sensiblement les paramètres de croissance (CHUGH et SAWHNEY, 1995 ; HERRIECHE, 2004). Les végétaux utilisent certains polluants disponibles au niveau de leurs racines, la dissipation de concentration de ces substances dans le sol fait qu'une quantité infime amenée au contact de racines des plantes est utilisée comme éléments nutritifs. Cette faible quantité va légèrement influencer la croissance des plants, (FARAGO, 1994).

Nous avons procédé au dosage des teneurs moyennes 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 obtenus montrent une stimulation du taux de chlorophylle (a, b et a+b) chez les plantes situées au bord des axes routiers pour les trois sites. 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 BARCKER, 1967) qui mettent en évidence un effet toxique de l'ammonium sur la synthèse des chlorophylles de même qu'une perturbation de l'aspect morphologique externe et interne des chloroplastes des feuilles de *Lycopersicon esculentum* qui apparaissent suite au traitement à l'ammonium. D'autres travaux, (HAVAUX, 1988 ; DJEKOUN et YKHLEF, 1996) montrent une réduction de la photosynthèse, suite à une sécheresse. Cette réduction de la photosynthèse est liée, d'une part à la fermeture des stomates (JOHNSON et al., 1984) .

En revanche 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 du taux de 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.

L'autre élément indicateur d'un effet de stress chez le végétal est l'augmentation du taux du proline. Dans notre travail, nous avons mis en évidence une augmentation significative du taux de proline chez les feuilles traitées. La proline peut jouer un rôle osmoprotecteur (PALEG et al., 1984 ; DELAUNEY et VERMA, 1993 ; TAYLOR, 1996). Stabilisateur des protéines (KUZNETSIV et SHEVEYAKOVA, 1997, SHAH et DUBEY, 1998), inhibiteur des métaux (FARAGO et MULLEN, 1979) et inhibiteur de la peroxydation (MEHTA et GAUR, 1999).

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 allègement 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). Selon (MONNERVEUX et NERMANN, 1989), l'accumulation de proline est associée à la résistance de la plante au stress, ce qui pourrait donc être l'un des facteurs qui expliquent le mieux la stratégie d'adaptation des plantes.

Ainsi, il apparaît que *Pistacia lentiscus* s'adapte parfaitement aux conditions les plus extrêmes en déclenchant des phénomènes métaboliques adéquats.

Afin de confirmer l'état de stress provoqué chez nos échantillons nous avons suivi également l'évolution du taux de proline, connue comme étant un marqueur du stress

chez les végétaux. Nos résultats ont mis en évidence une augmentation du taux de proline concordent avec ceux de (BENSOLTANE, 2006) qui a enregistré une augmentation de la proline lors d'un stress du 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), Ainsi avec ceux de (GHERROUCHA *et* DJEKOUN, 1997) qui ont montré que l'application foliaire de l'IAA et GA_3 et leur interaction sur la croissance du blé, sous condition de salinité induit une augmentation de la teneur en proline en fonction des concentrations de sel.

Pour confirmer ce stress en milieu pollué nous nous sommes intéressés aux variations du taux de protéines totales dans les feuilles. 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 détoxification des xénobiotiques, particulièrement les métaux. (STALT *et al.*, 2003) rapportent que près de 80% du xénobiotique est détoxifié par ce type de protéines.

Nos résultats montrent une augmentation du taux de protéine totales dans les feuilles de *Pistacia lentiscus* cette augmentation est significative au niveau des échantillons prélevés sur les différents sites ce qui montre l'état critique du site 3 Berrahal.

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 détoxification ont lieu grâce aux phytochélatines. Ceci induit la formation d'un complexe protéine/ métal. Les phytochélatines piègent 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 détoxification, pourrait expliquer dans notre cas l'augmentation du taux de protéines totales que nous avons mis en évidence.

La mesure de l'activité respiratoire montre une stimulation significative, cette augmentation de l'intensité respiratoire des racines de *Pistacia lentiscus* est due à l'absorption des différentes substances et polluants que contient le sol après lessivage de ces dernières par la pluie.

Selon *MEKSEM, (2007)* la pénétration des xénobiotiques à l'intérieur de la plante serait à l'origine du déclenchement des phénomènes de détoxification/biodégradation, ce phénomène fait appel aux oxygénases à cytochromes P450, d'où cette avidité pour l'O₂ traduite par la stimulation respiratoire observée.

Dans notre cas, nous pouvons supposer que la profondeur du système racinaire des plantes placées près de la source de pollution, favorise une augmentation de la consommation énergétique de la racine. Selon *GRENE, (2002)*, (*KISS et al. (2003)*), (*KUCIEL et MAZURKIEWIEZ, 2004*) ; les ROS dérivent du métabolisme respiratoire et photosynthétique.

Cependant et contrairement à nos résultats, il n'est pas toujours vrai ou évident, qu'un xénobiotique, entraîne une stimulation de l'intensité respiratoire (IR), ce même xénobiotique pourrait perturber le métabolisme respiratoire (*SBARTAI, 2008*). L'un des mécanismes de défense contre les phénomènes de pollution chez les végétaux supérieurs, c'est au contraire une diminution de l'activité respiratoire suivie d'une augmentation des teneurs en cytochrome P450 produits lors de la production de l'anion superoxyde (*GARDS-ALERT et al., 2003*). Par contre nos résultats concordent avec ceux de *KELECHE (2005)*.

Le glutathion est un peptide faisant partie d'un système enzymatique complet comprenant notamment la GST et jouant un rôle central dans le mécanisme d'élimination du peroxyde d'hydrogène, aussi que la prise en charge des lipides peroxydés, en plus des phytochélatines qui servent à séquestrer les métaux. Le glutathion réduit GSH est utilisé aussi comme donneur d'électrons pour la production de l'enzyme clé du système qui est la glutathion peroxydase (*GRENE et al., 2002*). Ainsi, nous avons mis en évidence une augmentation du taux de GSH pour les plantes Prélevées a une distance approximative de la source de pollution, ce résultat concorde avec ceux de (*FABRIZIO et al., 2003*) qui ont montré une augmentation du taux de glutathion lors d'un stress au Cadmium chez les roseaux *Phragmites australis*, aussi que ceux de (*KAMARA et PFLUGMACHER, 2006*), sur deux espèces *Phragmites australis* et *Quercus robur* planté dans des eaux polluées.

Afin de mettre en évidence l'intervention des systèmes de détoxification, dans l'adaptation de la plante aux variations du milieu, notamment en présence de polluant, nous avons ainsi suivi l'évolution d'enzyme de détoxification dont la catalase qui est connue dans la réduction des taux d'H₂O₂ 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 (YOUBI, 2006) et (MEKSEM, 2007) qui ont travaillé sur une variété de blé dur *Triticum durum* par deux fongicides Artea et Punch et ont mis en évidence une augmentation de l'activité catalase.

METHODOLOGIE POUR L'ETUDE DE LA DISTRIBUTION DE LA POLLUTION AUTOMOBILE

Pour cartographier les risques environnementaux produits par les émissions de gaz d'échappement des véhicules, il faut préalablement créer l'information géographique relative aux deux termes qui déterminent le risque : l'aléa (la pollution) et la vulnérabilité (la sensibilité des écosystèmes face à cette menace).

La capacité de dispersion des différents sites

La capacité de dispersion des sites influe sur les niveaux de pollution, au même titre que la quantité de véhicules qui y passe. Pour quantifier cette faculté de dispersion, nous avons utilisé un compteur à main. Cette branche du travail s'appuie sur les données de trafic, les mesures journalières du flux de circulation au niveau de la chaussée et les données météorologiques effectuées simultanément aux mesures de pollutions.

La quantification/spatialisation de la pollution et des risques

Pour déterminer l'impact de polluant retombant au sol en tous points du secteur étudié, nous avons analysé des échantillons prélevés dans les écosystèmes de part et d'autre de la route. Comme la pollution routière est commandée par la réalité physique du réseau routier dont la structure est éminemment linéaire, l'analyse spatiale et la modélisation statistique sont les outils les plus adaptés. Les techniques

de géostatistiques comme l'IKONOS par exemple ont toutefois été testées même si elles sont a priori plus adaptées à des champs de variation plus homogènes. Le modèle mis en œuvre pour la réalisation d'une carte de la pollution repose sur la décroissance des niveaux de pollution avec l'éloignement à la route, éloignement intégrant le relief.



Figure n° 28: Model hypothétique de représentation d'une évaluation de la pollution atmosphérique d'origine automobile (Aouadi et Djebbar, 2010)

CONCLUSION GENERALE

La pollution atmosphérique d'origine automobile est d'autant plus importante que le flux de circulation des véhicules est important c'est ainsi que le site de Berrahal (Foret de Balout Zaouch) présente un niveau de pollution plus élevé de celui de Kbouda.

D'ailleurs l'observation des sujets de lentisque : *Pistacia lentiscus* et de la végétation qui se trouve sur le bord immédiat des accotements de cette route et qui sont secoués par le souffle au passage des véhicules sont fortement altérés (branches et feuilles détériorés et asséchés).

Du point de vue biochimique, l'altération dépend de l'intensité des rejets atmosphériques, des facteurs climatiques et de l'importance du couvert végétal.

Les deux sites sur la RN 44 (Berrahal et Kbouda) révèlent un métabolisme perturbé qui se traduit principalement par l'augmentation de la proline l'activité Catalase.

Quant à la station de Bourdim (PNEK) situé sur une vallée encaissée n'est pas épargnée par la pollution qui stagne à El Khanga au passage de la RN 44 Bouteldja-El Tarf.

Le stress est cependant amoindri, ce résultat prouve que l'exposition joue un rôle important dans la concentration de la pollution atmosphérique.

Nous pensons également que les précipitations agissent sur la réduction de la pollution accumulée par les végétaux en lessivant les polluants.

En raison de la pollution automobile, la réglementation en vigueur prescrit les cultures légumières sur 200 m de l'axe des routes à grande circulation, cette mesure s'avère insuffisante, il y'a des situations où cette pollution dépasse cette distance comme le cas relevé au niveau du Bourdim.

Dans cette étude nous avons abordé la pollution atmosphérique, mais il y a d'autres types de pollution ayant un impact négatif sur les écosystèmes fragiles comme le Bourdim dont la richesse spécifique équivaut à celle du Lac Tonga tel que: le bruit, les eaux résiduaires et les risques de pollution accidentelle. Des mesures de protection doivent être envisagées le long des routes (plantation d'arbres et de lits filtrants).

PERSPECTIVES

L'utilisation et le traitement des images de satellite par les techniques du SIG étant utilisés et complétés par l'analyse de laboratoire nous a permis de dresser une carte de simulation de la pollution d'origine automobile (model numérique de terrain MNT).

Les activités humaines n'étant pas seulement le fait de la circulation automobile, plusieurs signes de dégradation du milieu sont visibles sur le terrain, il serait utile d'élargir le champ d'investigation aux autres sources de pollution dont l'impact se répercute de manière négative sur des écosystèmes fragiles comme ceux du Parc National d' El Kala, classé comme Réserve de la Biosphère et utilisé comme Hot Spot de la biodiversité sur la région méditerranéenne. Ses données sont utilisées dans le suivi des changements climatiques qui affectent la planète.

Selon une étude en ligne faite par la NASA (Institut d'Etudes Spéciales Goddard : GISS), la décennie qui vient de s'écouler a été la plus chaude dans les annales de la planète, se qui a été confirmé par la NOAA (l'Administration Nationale Océanique et atmosphérique).

Si cette tendance au réchauffement se poursuit, il n'est pas exclus qu'il arrivera un moment ou en raison de pics de pollution (durant les journées de stabilité atmosphérique, de température élevée), la circulation automobile sera réglementée comme c'est le cas dans certains pays d'Europe.

En se qui concerne l'espèce étudiée il serait intéressant de :

- Réaliser une analyse des métaux lourds au niveau de la plante par absorption atomique.
- Développer les dosages des bio- marqueurs.
- Faire une analyse des huiles essentielles de la plante
- Faire une étude histologique sur les feuilles de la plante
- Les données climatiques saisonnières étant variables il serait intéressant de voir l'évolution de la pollution en fonction des facteurs climatiques.
- Cette étude serait une référence permettant de comparer l'évolution de cette pollution après la mise en service de l'autoroute afin d'élaborer un plan de lutte ou au moins de réduction des impacts de cette pollution.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ACI, 1966 : (Association Cartographique Internationale)

ALIOUA, A., 2001: Détection de la pollution plombique d'origine automobile à l'aide de bios indicateurs végétaux dans l'agglomération de Skikda (Algérie). Thèse de Doctorat. Université Josèphe Fourier Grenoble, p. 136.

ARNON, DL., 1949: Cooper enzymes in isolated chloroplasts poly phénoloxydse in (*Betavulgaris*) plants physical, p.24.

BAKARIA, F., 2002: Contribution à l'étude de la biologie de la reproduction de la population de Giffete moustac *Chlidonias hybridus hybridus* (Pallas, 1811) dans les zones humides du Nord-Est Algérien : Cas du lac Tonga. Mémoire de Magister. Université d'Annaba. 55p.

BARBAULT, J., 2000: Ecologie générale: structure et fonctionnement de la biosphère. Edition: Dounod, p. 237.

BEGUIM, M., et PUMAIN, D., 2003: La représentation des données géographiques statistiques et cartographiques. Edition : « Armand Colin » /192 p.

BELLINGER, Y., BENSOUUD, A., et LARHER, F., 1989: Physiologie breeding of winter cereals for stress environments. *Colloque, N°3, Montpellier, France.*

BELTRANDO, G., CHEMERY, L., 1995: Dictionnaire du climat, Paris. Edition: Larousse, p. 187- 191.

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.

BENYACOUB, S., 1993: Ecologie de l'avifaune forestière nicheuse de la région d'El-Kala (Nord-Est algérien). Thèse. Univ. Bourgogne Dijon.

BENYACOUB, S., LOUANCHI, M., BABA AHMED, R., BENHOUBOU, S., BOULAHBAL, R., CHALABI, B., HAOU, F., ROUAG, R., et ZIANE, N., 1998: Plan directeur de gestion du parc national d'El -Kala et du complexe de zones humides (Willaya d'El Taref). 300p.

BENYACOUB, S., et CHABI, Y., 2000: Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d'El-Kala. Synthèse n°7. 98p.

BLANDIN, P., 1986: Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. Edition: Bull; Ecol, p. 17.

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

BONTEMPS, 2004 : Cartographie et interprétation de l'évolution du développement territorial par télédétection spatiale au Cambodge. Mémoire de fin d'études de la faculté des sciences agronomiques, UCL, Louvain-la-Neuve.

BORNAND, M., LAGACHERIE, P., et ROBBEZ-MASSON, JM., 1995: Cartographie des pédopaysages et gestion de l'espace. Rencontres Internationales La Cartographie pour la Gestion des Espaces Naturels, Saint-Étienne. 13-17/11/1995.

BOULAHBAL, R., CHALABI, B., HAOU, F., ROUAG, R., et ZIANE, N. (1998): Plan directeur de gestion du parc national d'El –Kala et du complexe de zones humides (Willaya d'El Taref). 300p.

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.

BRAHMIA, Z., 2002 : Rôle fonctionnel du lac Oubrira et du lac El Mellah pour les oiseaux marins (Parc National d'El Kala). Mémoire de Magister. Université d'Annaba. 80 p.

C.I.T.E.P.A., 2004: Calcule des émissions dans l'air, principes et méthodologies généraux, p. 16-17.

CAKMAK, I et HORST, WJ., 1991: Effect of aluminum on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*), *physiol plant* 83, p. 463-468.

CAM, C., FROYER, D., MOULIN, J., RASSINEUX, J., et SERVANT, J., 1996: Représentation cartographique de la sensibilité des sols à l'infiltration hydrique verticale. Carte thématique à l'infiltration verticale. *Etude et Gestion des Sols*, 3(2). Cartographie à 1/25.000. Thèse Doct.3^e cycle Joseph Fourier de Grenoble.

CFC, 1990 : (Comité Français de Cartographie).

CHOVIN, L et ROUSSEL, A., 1999: Physicochimie et pathologie des polluants atmosphériques, p. 7-8.

DE BASAC, EF., 1959: La végétation forestière de la kroumirie. *Ann. Ecole des eaux et forêts*, 131p.

DE BELAIR, G., (1990): Structure, fonctionnement et perspectives de gestions de quatre éco- complexes lacustres et marécageux (El-Kala, Est algérien) Thèse doc.Univ. Montpellier 193 p.

DEFOURNY, 2004: Géomatique appliquée à l'environnement, Notes de cours, Faculté des Sciences Agronomiques, UCL, Louvain-La-Neuve.

DELAUNEY, AJ., AND VERMA, DPS., 1993: Proline biosynthesis and osmoregulation in plant. 14: 215-223.

DELETRAZ, G., 2003: Caractéristiques spatiales et pollution automobile en montagne: modèle de diffusion intégrant la topographie et capacité de dispersion appliqués aux vallées Pyrénéennes de Biriadou et d'ASPE (SOMPORT). 6èmes Rencontres de Théo Quant. Février 2003, p. 2.

DENGRE, J., et FRANCAIS, S., 2004 : Les systèmes d'information géographiques 2^{ème} édition 2004 éditions PUF collection (ISBN 2130539238).

DERUELLE, S., 1983: Ecologie des lichens du bassin Parisien, impact de la pollution atmosphérique (engrais, SO₂ et Pb) et relations avec les facteurs climatiques. Thèse de Doctorat d'état. Université Pierre et Marie Curie, p. 356.

DEWEZ, D., DIDUR, O., VINCENT-HEROUX, J., et POPOVIC, R., 2007: Validation of photosynthetic-fluorescence parameters as biomarkers or isotopum toxic effect on alga scenedesmus obliquus. *Department of Chemistry, Environmental Toxicology Research Center. TOXEN, 2101, Montreal, Quebec, Canada.* 70: 134-140.

DIDIER, M., 1990: Unité et valeur de l'information géographique, Paris, Economica.

DJEBAR, MR., DJEBAR, H., 2000: Bioénergétique, les mitochondries végétale. Publication dans la Revue Synthèse des Sciences et Technologie, Edition: Végator, P.23-25-103.

DJEKOUNE, A., et 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

DTP, 2008 :(Direction de Travaux Publics)

DUCHAUFOR, P., 1961: Pédologie XI, pédogénèse et classification, Tome 1, 2^{ème} édition. Masson, Paris

- DUPOUEY, JL., THIMONIER, A., LEBOURGEOIS, F., et al., 1993:** Changements de végétation dans les forêts du Nord- Est de la France entre 1970 et 1990. Revue Forestière Française, vol. LI (2), p. 387.
- DUPUIS, J., 1967:** Carte pédologique de la France à 1/1000000. S.E.S.C.P.F.I.N.R.A., 51p.
- EMBERGER, L., 1930 :** Sur une formule climatique applicable en géographie botanique. CR. Acad. Sc. (191), p. 390.
- EMBERGER, L., 1955:** Une classification biogéographique des climats. Rec. Tr. Lab. Bot. Go. Zoo. Fac. Sci. Montpellier, ser Bot. 7:3-43.
- EMBERGER, L., 1971:** La végétation de la région méditerranée une (Essai d'une classification des groupements végétaux) In « Travaux de botanique et d'écologie ». Edition Masson et Gie. Paris. 25-50.
- ESTIENNE, P., GODARD, A., 1970:** Climatologie, Paris, Armand Colin, p. 69-75.
- FARAGO, M.F., et MULAN, W.A., 1979:** Plants with accumulate metals. Part IV. A possible copper-proline complex from the roots of *Amorpha maritima* Tnorg chin-Acta. 32: L93-L94.
- FISCHESSER, B., 1998:** La vie de la montagne, Paris. Edition: La Martinière, p. 346.
- GARDES-ALBERT, M., BONNEFONT-ROUDELLOT, D., ABEDINZADEH, Z., AND JORE, D., 2003:** Espèces réactives de l'oxygène. *L'actualité chimique*, pp 91-96.
- GAUSSEN, H., 1930 :** «La carte des productions végétales», Annales de géographie, Paris, t.39.
- GAUSSEN, H., 1936 :** « Le choix des couleurs dans les cartes botaniques », Bulletin Société botanique de France Paris, t.83.
- GAUSSEN, H., 1947:** « L'emploi des couleurs en cartographie », Comptes rendus de l'Académie des sciences, Paris,t .224.
- GEHU, JM., KAADECHE, M. et GHARZOULI, R. 1994:** Phytosociologie et typologie des habitats des rives des lacs de la région d'El Kala. Algérie. Colloque phytosociologique 22. Syntaxonomie typologique des habitats, Bailleul 1993, 289 p.
- GERMAIN G., 2006:** La pollution atmosphérique Rappel des objectifs de notre association, Observatoire des Nuisances Aériennes, le 22 Février 2006, p.3- 4-6.
- GESSLER, PE., 1990:** Geostatistical modelling of soil-landscape variability within in GIS framework. M. S. thesis. Univ. Of Wisconsin, Madison.

- GHERROUCHA, H., et DJEKOUN, A., 1997:** Effet de l'application foliaire de IAA et GA₃ et leur interaction sur la croissance du blé (*Triticum durum* Desf. Var Leucomilan, AL) en conditions de salinité. 128p.
- GILLIOT, JM., 1994 :** Traitements et interprétation d'images satellitaires SPOT: application à l'extraction des voies de communication, Thèse de doctorat, Université Paris V, 205 p.
- GRENE, R., ERTURK, N., et HEATH, LS., 2002:** Role of superoxide dismutase (SODS) in controlling oxidative stress in plants. *Journal of Experimental Botany* 53(372): 1331-1341.
- GUINCHET, M. , 1973:** Phytosociologie. 227 p, 1 carte h. t. Masson. Paris.
- HARE, P.D., et CRESS, WA., 1997:**Metabolism implecation of stress. Induced praline accumulation In plant. *Pant growth regule.* 21: 79-102.
- 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.
- HERNANDEZ, Z., 2003:** Guide de l'air, Edition: Seuil, p.26.
- HERREBOUDT, F., 1999:** Compte-rendu de la réunion du C.A. du 18 mars 99, Direction de la communication de Renault, AGM-ITA - Revue - Numéro 48 - Pollution automobile.
- HERRIECHE, 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.
- HOLDEN, M., 1975:** Chlorophylls in chemistry and biochemistry plant pigments. 2nd Edition: Académie press, New York, p. 137
- 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., et 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.
- IFEN., 2001:** (l'Institut français de l'environnement) , Transport routier et nuisances atmosphériques, des efforts à poursuivre, Document publié dans le numéro 69 des données d'environnement, rubrique: air en Septembre 2001, p.1.

JAHNICH, M., 2003: Le traitement multimédiatique 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.

JOLEAUD, L., 1936: Etude géologique de la relation de Bône et de la calle. Bul. Sev. Carte géol. De l'Algérie. 2eme série stratigraphique. Descriptions régionales N°12, 185 p.

KADID, Y., 1989: Contribution à l'étude de la végétation aquatique du lac Tonga (PNEK) Thèse Ing INA 100 p.

KAMARA, S., et PFLUGMACHER, S., 2006: *Phragmites australis* and *Quercus robur* leaf extracts affect antioxidative system and photosynthesis of *Ceratophyllum demersum*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* **67**: 240–246.

KLÈCHE, M., 2005: Modifications physiologiques biochimiques observées chez "*Phragmites australis*" placée dans une eau polluée "Cas de oued Meboudja". *Mémoire de Magister. Université d'Annaba*. 66p.

KISS, SA., VARGA, IS., GALBACS, Z., MARIA, TH., et CSIKKEL, AS., 2003: Effect of age and magnesium supply on the free radical and antioxidant content of plants. *Acta Biologica Szegediensis* **47(1-4)**: 127-130.

KUCIEL, R., et MAZURKIEWIKZ. A., 2004: Formation and detoxification of reactive oxygen species. *Biochemistry and molecular biology education* **32(3)**: 183-186.

KUZNETSOV, V.V., et SHEVYAKOVA, NI., 1997: Stress Responses of tobacco cells to high temperature and salinity: Proline phosphorylation of polypeptides. *Physiol. Plant.* 100: 320-386

LAMBERT, S., 1995: Manuel de l'environnement à l'usage des industriels, Edition: Afnor, p. 10.

LAUNDON, JR., 1967: A study of the lichen flora of London, Edition: Lichenologist, p.3.

LE GAC, E., MIRALLES-BRUNEAU, M., BROSSEAU, L., et DE CHAMPEAUX, E., 2005: Les lichens: structure, écologie et intérêt. Licence de biologie des organismes. Université de Rennes I, p. 35.

LEGROS, JP et BORNAND, M., 1989: Système d'informations géographique et zonage agro-pédoclimatique. Séminaire Agro-météo INRA. INRA - Science du Sol, Montpellier, France.

- LEGROS, JP., 1996** : Cartographie des sols : de l'analyse spatiale à la gestion des territoires. Edition : « Presses polytechniques et universitaires Romades » /321 pages.
Les enjeux environnementaux
- LEVY, J., 2004** : la carte en jeu contemporain, la documentation photographique, la documentation française, Paris.
- LIDIA, B., VYSOTSKAYA, N., TATYANA, N., LEILA, TIMERGALINA, V., ALEKSANDR, DEDOV, YU., et STANISLOV., 2004**: Effect of partial root excision on transpiration, root hydrolic conductance and leaf growth in wheat seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry* 1 42(3): 251-255.
- 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
- MACKENZIE, A., BALLA, S et VIRDEES, R., 2000**: L'essentiel en écologie. Edition: Berti, p. 328.
- MARRE, A. (1987)**: Etude géomorphologique du Tell oriental algérien de Collo à la frontière Tunisienne. Univ. Aise. Marseille 2. U.E.R. de géographie 559p.
- MARTIN, JM., CHATEAU, B., 2000**: Traverser les Alpes : la route en question, Grenoble. Presses Universitaire de Grenoble, p. 31.
- MASCLET, P., 2005**: Pollution atmosphérique, causes, conséquences, solutions et perspectives. Edition: Ellipses, Paris, p.54.
- MAUCORPPS, 1975**: Science du sol, 1.
- MEHTA, S.K., et GAUR, JP., 1999**: Heavy metal-induced praline accumulation an dits role in amelioring metal toxicity in chorella vulgaris. *New phytol.* 143: 253-259.
- 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. 162 p. *Thèse de doctorat d'état en biologie végétale. Université d'Annaba.* 162 p.
- MERABTI, K., 2008**: Utilisation des lichens comme indicateurs biologiques de la pollution atmosphérique dans la région Est d'Alger. Thèse de Magister. Université Badji Mokhtar, Annaba, p. 30-32.
- MILLARD, P., PRTEIT, N et MARTINEZ, J., 2002**: Prospective des évolutions réglementaires relatives aux déjections animaux en Bretagne, p. 14-23.

MIRI, Y. (1996): Contribution à la connaissance des ceintures de végétation du lac Oubeira (PNEK) : approche phyto-écologique et analyse de l'organisation spatiale : thèse Magister INA el Harrach, 99 p.

OBER, ES., et SHARP, RE., 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.

OFEFP., 2004 : (Office fédéral de l'environnement, des forêts et des paysages) Émissions de polluants atmosphériques dues au trafic routier entre 1980 et 2030. Fiche 2. Berne, le 3 Septembre 2004, p. 1.

ORTIZ, DF., KREPPPEL, L., SPERSER, DM., SCHEEL, G., MC DONALD, G., OW., et DW., 1992: Heavy metals tolerance in the fission yeast requires an ATP binding cassette- type vacuolar membrane transporter. *EMBO/* 11: 3491-3499.

OULMOUHOU, S., et LABOUDI, B., 1999: Etude synchronique et diachronique d'une subéraie incendiée dans la région d'El Kala. Mémoire d'Ingéniorat. INA. Alger. 86 p.

OULMOUHOU, S., 2002: Contribution à l'étude des subéraies de la région d'El Kala : dynamique post-incendie des successions végétales et leur biodiversités. Mémoire de Magister. INA. Alger. 88 p.

OZENDA, P et BOREL, JL., , 2006 : « La végétation des Alpes occidentales, un sommet de la biodiversité », Braun-Blanquetia, Camerino It., n°41.

OZENDA, P., 1963 : « Principes et objectifs d'une cartographie de la végétation des Alpes à moyenne échelle », Documents pour la carte de la végétation des Alpes, Grenoble, n°1.

OZENDA, P., 1977 : «La cartographie écologique », Courrier du CNRS, Paris, n°24.

PALEG, LG., STEWART, GR., et BRADBEER, JW., 1984: Proline and glycine betaine influence protein solvation. *Physiol* 75: 974-978.

PEKKARINEN, A., 2002: Image segment-based spectral features in the estimation of timber volume, *Remote Sensing of Environment*, n°82.

PIKE, LH., 1978: The importance of epiphytic lichens in mineral cycling, Edition: Bryologist, p.81.

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.

PROQA: (Plan Régional de la Qualité de l'Air) Les enjeux environnementaux.

- PURITCH, GS., et BARKER, AV., 1967:** Structure and function of leaf tomato chloroplasts during ammonium toxicity. *Plant. Physiol* (42): 1229-1238.
- QUEZEL, P., et SANTA, S., 1963:** Nouvelle flore de l'Algérie. Tomes 1 et 2. C.N.R.S. Paris 1170p.
- RAMADE, F., 1995:** Précis d'Écotoxicologie, Edition: Masson, Paris, p. 300.
- REY, P., 1960 :** « De la clarté en toute chose, même en cartographie de la végétation », 97e Colloque international de la recherche scientifique, Paris CNRS.
- REY, P., 1966 :** « Analyse et synthèse chromatiques en cartographie biogéographique », Bulletin du Comité français de cartographie, Paris, fasc.30.
- REY, P., 1971 :** « La carte de la végétation », Bulletin d'information de l'IGN, Paris, n°15.
- REY, P., 1992 :** « Henri Gaussen et la carte de la végétation de la France », Bulletin du Comité français de cartographie, Paris, fasc. 134.
- REY, P., 1954:** « L'analyse écologique des cartes de la végétation », 8° Congrès international de botanique, Paris, section 7.
- RIMBERT, S., 1990 in CADENE, 2004:** Cartographie, Paris, Hermès.
- ROBERT, D., et ROLAND, JC., 1998:** Organisation cellulaire: Biologie végétale. *Ed Doin* 1: 125-345.
- SALITCHEV, 1967 :** Geographical cartography in the resolution of problems in nature management and in the location of productive forces.
- SAMASAFIA, 2004:** Surveillance et information sur la qualité de l'air d'Alger.
- SANDERMAN, H., 1992.:** Plant metabolism of xenobiotics. *Trends Biochem. Sci* 17: 82-84.
- SBARTAI, H., 2008:** Etude des effets du cadmium sur la tomate (*Lycopersion esculentum. L.*): essai in vivo et in vitro. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar, Annaba, p.66-68.
- SELTZER, P., 1946:** Le climat de l'Algérie. Alger. 219 p.
- SEMADI, A., 1989:** Effets de la pollution atmosphérique (pollution globale, fluorée et plombique) sur la végétation dans la région da Annaba (Algérie). Thèse de Doctorat d'état. Université Pierre et Marie curie, Parie VI, p. 339.
- 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.

- SKYE, E., 1968**: Botanical indications of air pollution, Edition: Seuc, p. 50.
- SOLT, JP., SNELLER, F.E.C., BRYNGELSSON, T., LUNDBORG, T., et SCHT, H., 2003**: Phytochelatin and cadmium accumulation in wheat. *Environmental and experimental botany* 49: 21-28.
- SHAH, K., et DUBEY, R.S., 1998**: Effect of cadmium on proline accumulation and ribonuclease activity in rice seedling: role of proline as a possible enzyme protectant. *Biol plant* 40: 121-130.
- STEINBERG, J., 2003**: Cartographie, Systèmes d'information géographique: Télédétection.
- SUBRA, P., 2001**: Le transport routier en France : aspects géopolitiques d'une question environnementale, Edition: Hérodote, vol. 100, p.165.
- TOUBAL, O., 1986**: Phytoecologie, biogeographie et dynamique des principaux groupements végétaux du massif de l'Edough (Algerie nord orient). Thèse Doct.3^e cycle Joseph Fourier de Grenoble.
- TRISURAT, Y., EIUMNOH, A., MURAI, S., HUSSAIN, MZ., SHRESTHA, RP., 2000** : Improvement of tropical vegetation mapping using a remote sensing technique: a case of Khao Yai National Park, Thailand, *International Journal of Remote Sensing*, vol 21, n°10.
- VAN HALUWYN, C et LEROND, M., 1986**: Les lichens et la qualité de l'air, Evaluation méthodologique et limites.
- VIALA, 1998**: Eléments de toxicologie. Edition: Lavoisier, Paris, p. 328-330.
- VIJAYARAJ, V., O'HARA, C et YOUNAN N., 2004**: Quality analysis of pansharpened images, *Geoscience and remote sensing*.
- VINK, P., 1963**: Aspects de pédologie appliquée. A la Baconnière, Neufchâtel, 174 p.
- VOGLI-LANGE, R., et WANGNER, GJ., 1990**: Subcellular localization of cadmium-binding peptides in baccolleaves-plant. *Physiol* 92: 1082-1093.
- WILLEKENS, H., CHAMNOONGPOL, S., DAVEY, M., VAN MONTAGU, C., INZE, D., et VAN CAMP, W., 1997**: Catalase is a sink for H₂O₂ and is indispensable for stress defense in C₃ plants. *The EMBO. Journal* 16(16): 4806-4816.
- 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.*

ZERAIA, L., 1983: Liste et localisation des espèces assez rares, rares et rarissimes.
I.N.F. Alger. 136p.

ZIENK, NH., 1996: Heavy metal detoxification in higher plant a review-gene. 179:
21-30.