

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



Université Mouloud Mammeri de Tizi – Ouzou  
Faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques  
Département de sciences biologie



# Mémoire

De fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Ecologie et environnement  
Spécialité : Biodiversité et environnement

## Thème

*Evaluation de la pollution automobile en milieu  
urbain par la quantification de certains métaux  
lourds sur trois espèces végétales (Fraxinus  
excelsior, Olea europaea, Pistacia lentiscus)*

Présenté par : M<sup>elle</sup> Haouche Safia

### Devant le jury:

Présidente : M <sup>eme</sup> SMAIL N	Professeur	U.M.M.T.O
Promoteur: M <sup>r</sup> OUDJIANE A	Maître assistant A	U.M.M.T.O
Co-promotrice: M <sup>elle</sup> OUADJIR H	Ingénieure laboratoire	C.R.D
Examinatrice: M <sup>eme</sup> CHOUAKI S	Maître assistant A	U.M.M.T.O

Promotion 2018 /2019

## Remerciements

*Avant tout, je remercie ALLAH tout puissant, de m'avoir accordé la force, le courage, la volonté et la patience pour terminer ce modeste travail.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon promoteur M<sup>er</sup> Oudjiane A, maitre assistant et chargé de cours au département de biologie à l'UMMTO pour ses précieuses orientations, son aide, ses conseils et son souci de réaliser ce travail de recherche ; et à ma Co-promotrice Ouadjir H, ingénieur de laboratoire du département de l'environnement du CRD.*

*Je remercie aussi très sincèrement les membres de jury, la présidente M<sup>eme</sup> Smail N maitre de conférence et chargé de cours au département de biologie à l'UMMTO et les examinatrice M<sup>eme</sup> chouaki S maitre assistant et chargé de cours au département de biologie à l'UMMTO d'avoir bien voulu accepté d'évaluer mon travail.*

*Je voudrai aussi témoigner ma reconnaissance et exprimer toute ma gratitude à mes enseignants qui ont participé à ma formation.*

*Je tiens à remercier mes amis pour nous avoir donné le courage, le soutien moral pour mener à bien ce modeste travail.*

*Enfin, j'adresse un grand merci à ma famille et à toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail et à tous ceux qui m'ont apporté leur aide.*



# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents FATEMA et MOHAMED pour leur soutien moral et matériel tout au long de mes études que dieu tout puissant me les gardent*

*A mes frères : MARZOUKE, SOFIANE et BOUSSADE*

*A mes très chères sœurs : GHANIA et NAIMA*

*A mes chers amis SCHIFF AMGHID, AMGHAR DIHIA qui m'ont soutenu dans mon parcours de préparer mon mémoire.*

*A tout mes amis surtout l'équipe .....A toute la promotion biodiversité et environnement (2018) sans exception.*

*A tous ceux et celles qui m'aiment.....*



## La liste des figures :

Figure n°1	Les feuilles du frêne .....14
Figure n°2	Les feuilles d'olivier.....16
Figure n°3	Les feuilles du pistachier ..... 18
Figure n°4	le diagramme ombrothermique de la commune de Tizi-Ouzou.....22
Figure n°5	Le four à moufle.....24
Figure n°6	L'étuve.....24
Figure n°7	La torche a plasma .....26
Figure n°8	Les concentrations de Pb obtenues chez les trois espèces dans les deux stations.....28
Figure n°9	Les concentrations de Cd obtenues chez les trois espèces dans les deux stations .....28
Figure n°10	Les concentrations de Cr obtenues chez les trois espèces dans les deux stations.....29
Figure n°11	Les concentrations de Fe obtenues chez les trois espèces dans les deux stations.....29
Figure n°12	Les concentrations de Zn obtenues chez les trois espèces dans les deux stations.....30
Figure n°13	Les concentrations de Ni obtenues chez les trois espèces dans les deux stations.....30
Figure n°14	Les concentrations de Cu obtenues chez les trois espèces dans les deux stations.....31
Figure n°15	Les concentrations totales des éléments traces métalliques obtenues chez les trois espèces dans les deux stations.....31
Figure n°16	Les concentrations totales obtenues chez les trois espèces.....32

## Liste des abréviations :

ETM : Eléments Trace Métalliques

ICP : Inductively Coupled Plasma

Z : Nombre atomique

MS : Matière Sèche

ONM : Office national Métrologique

CRD : centre de recherche et développement

## La liste des tableaux :

<b>Tableau n° 1</b>	Les différentes sources de pollution atmosphérique.....	3
<b>Tableau n°2</b>	La composition des différents carburants .....	6
<b>Tableau n°3</b>	Les données thermiques de la commune de Tizi-Ouzou.....	20
<b>Tableau n°4</b>	Pluviométrie moyenne mensuelle de Tizi-Ouzou.....	21
<b>Tableau n°5</b>	Régime saisonnier des précipitations.....	21
<b>Tableau n°6</b>	Les concentrations de Pb (mg/kg de MS) obtenues chez les trois espèces dans les deux stations.....	32
<b>Tableau n°8</b>	Les concentrations de Cd (mg/kg de MS) obtenues chez les trois espèces dans les deux stations.....	33
<b>Tableau n°9</b>	Les concentrations de Cr (mg/kg de MS) obtenues chez les trois espèces dans les deux stations.....	33
<b>Tableau n°10</b>	Les concentrations de Fe (mg/kg de MS) obtenues chez les trois espèces dans les deux stations.....	33
<b>Tableau n°11</b>	Les concentrations de Zn (mg/kg de MS) obtenues chez les trois espèces dans les deux stations.....	34
<b>Tableau n°12</b>	Les concentrations de Ni (mg/kg de MS) obtenues chez les trois espèces dans les deux stations.....	34
<b>Tableau n°13</b>	Les concentrations de Cu (mg/kg de MS) obtenues chez les trois espèces dans les deux stations.....	34
<b>Tableau n°14</b>	Les concentrations totales des éléments tracs métallique (mg/kg) obtenues chez les trois espèces dans les deux stations.....	35
<b>Tableau n°15</b>	Les concentrations totales (mg/kg) obtenues chez les trois espèces.....	35

# Table de matières :

<b>Introduction générale.....</b>	<b>01</b>
<b>Partie théorique : Synthèse bibliographique.</b>	
<b>Chapitre I : Généralité sur la pollution.....</b>	<b>03</b>
1- Définition de la pollution atmosphérique .....	03
-Les sources de la pollution .....	03
2-1- Sources naturelles .....	04
2-2- Sources anthropique .....	05
3-Les niveaux de la pollution .....	07
3-1-La pollution à l'échelle locale .....	07
3-2- La pollution à l'échelle régionale .....	08
3-3- La pollution à l'échelle planétaire .....	08
4- Les métaux lourds dans l'air .....	09
4-1- Définition des métaux lourds.....	09
4-2-Les caractéristiques des métaux lourds .....	09
4-2-1-Plomb .....	10
4-2-2-Cadmium .....	10
4-2-3-Zinc .....	11
4-2-4-Chrome .....	11

4-2-5-Fer .....	11
4-2-6- Nickel .....	12
4-2-7-Cuivre .....	12
6-Impact de la pollution sur la végétation .....	12
<b>Chapitre II : Généralités sur les espèces étudiées .....</b>	<b>13</b>
<b>Le frêne .....</b>	<b>13</b>
1-Présentation .....	13
2-La systématique .....	13
3-Les caractéristiques .....	13
<b>L'olivier .....</b>	<b>15</b>
1-Présentation .....	15
2-La systématique .....	15
3-Les caractéristiques .....	15
<b>Pistachier lentisque .....</b>	<b>17</b>
1-Présentation .....	17
2-La systématique .....	17
3-Les caractéristiques .....	17
<b>Chapitre III : Présentation de la région d'étude :</b>	
➤ <b>Tizi-Ouzou .....</b>	<b>19</b>
1-La situation administrative et géographique .....	19
2- Climat .....	19

2-1-Température.....	20
2-2-Précipitation.....	21
3- Synthèse climatique de la commune de Tizi-Ouzou.....	22
3-1- Diagramme ombrothermique de Bagnols et Gausсен .....	22
➤ Attouche .....	23

## **Partie pratique :**

<b>Chapitre IV : Matériels et méthodes .....</b>	<b>24</b>
1-Matériels .....	24
1-1-Le matériel biologique.....	24
1-2-Le matériel physique .....	24
2- Méthodes.....	25
2-1-Mode d'échantillonnage .....	25
2-2-Préparation des échantillons .....	25
2-3-la Minéralisations .....	25
2-4-la torche à plasma .....	26
2-4-1-le principe .....	27
2-4-2-composition d'un spectromètre ICP-AES .....	27
<b>Chapitre V : Résultat et discussion.....</b>	<b>28</b>
1-Présentation des résultats .....	28
2-Discussion des résultats .....	37
<b>Conclusion.....</b>	<b>38</b>
<b>Perspectives.....</b>	<b>38</b>

## **Bibliographique**

## **Annexe**

## Introduction générale

---

La pollution de l'air a commencé dès l'antiquité avec les regroupements d'hommes et d'animaux. Elle est la résultante de multiples facteurs : croissance de la consommation d'énergie, développement des industries extractives, métallurgiques et chimiques, de la circulation routière et aérienne, de l'incinération des déchets ménagers, des déchets industriels, etc. Ainsi la production et l'utilisation d'énergie en sont les principaux moteurs. La pollution atmosphérique sévit surtout en milieu urbanisé et dans les zones d'activités, non seulement par suite de la concentration des industries et des foyers domestiques, mais aussi à cause de la circulation des véhicules à moteurs (Fontan, 2004).

Durant le dernier siècle, l'industrialisation et l'essor des transports ont joué un rôle essentiel dans l'évolution de la société. Ces activités étaient synonymes de progrès, de modernité et d'enrichissement. En effet, de grandes quantités de substances chimiques sont relâchées dans l'environnement, la plupart d'entre elles étant considérées comme dangereuses. L'introduction de ces composés implique des risques sérieux non seulement pour l'environnement et les organismes vivants, mais aussi pour la santé humaine (Amri, 2007).

La pollution atmosphérique est l'une des pollutions les plus étudiées à l'heure actuelle, l'un des problèmes majeurs de notre société. Quand on considère que chaque individu (adulte) respire 15000 litres d'air par jour, on conçoit que le maintien de sa qualité naturelle figure au premier plan de nos préoccupations.

Depuis les années soixante dix, de nombreuses recherches ont été menées sur l'utilisation des végétaux comme bio-indicateurs et bio-accumulateurs de la pollution atmosphérique (Maizi *et al*, 2010). Ces végétaux ont la propriété, soit de réagir très rapidement et d'une façon très visible aux polluants, soit d'accumuler très fortement les polluants présents (Garrec, 2007).

Le développement des infrastructures en Algérie et plus précisément l'installation de grandes autoroutes, peut augmenter le taux de polluants dans l'air et peut affecter les êtres vivants dont la végétation. Donc la quantification de cette pollution est possible par des espèces végétales qui peuvent être soit de strate arborescente ou arbustive. Ces espèces végétales représentent une ressource vitale pour notre vie, jouant un rôle écologiques (purifiant l'aire, protégeant le sol contre l'érosion et améliorant la qualité de l'eau) ; et socioéconomiques important.

# Introduction générale

---

Notre étude consiste à utiliser des espèces végétales pérennes (ligneux) pour l'évaluation de la pollution atmosphérique d'origine automobile.

L'objectif de ce travail est double : Savoir si les feuilles de frêne, olivier et pistachier sont des espèces accumulatrices des ETM (élément trace métallique) et quelle espèce accumule le plus de ETM. Pour cela nous avons choisi deux sites en fonction de la densité du trafic automobile dans la willaya de TIZI OUZOU, le premier, la région Attouche dans la commun de Makouda c'est un zone rurale loin des voies de circulation, et l'autre sur une avenue considérée comme la plus encombrée de la ville de Tizi-Ouzou (Boulevard Krim Belkacem). Ce travail fait suite à celle de Boukhalfa et Chikhaoui(2014).ces dernières ont mis en évidence l'impacte de la pollution automobile sur les feuilles du frêne par l'analyses de quelques éléments trace métallique.

Sept éléments trace métalliques (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) ont été analysés sur les feuilles des arbres des trois espèces en utilisant la méthode de la torche à plasma. Le travail expérimental a été réalisé au laboratoire geominérale du Département Environnement de la Division Laboratoires de Sonatrach de Boumerdes (CRD).

Le présent mémoire se divise comme suit :

- Chapitre I : Généralités sur la pollution.
- Chapitre II : Généralités sur le frêne, olivier et pistachier
- Chapitre III : Présentation de la région d'étude.
- Chapitre IV : Matériels et méthodes.
- Chapitre V : Résultats et discussions.
- Conclusion générale.

### 1) Définition de la pollution atmosphérique :

Plusieurs définitions ont été attribuées au terme "Pollution Atmosphérique". En Algérie, elle est définie, dans l'article 3 de la loi 03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, comme suit : "Pollution de l'Atmosphère : l'introduction de toute substance dans l'air ou dans l'atmosphère provoquée par l'émanation de gaz, de vapeurs, de fumées ou de particules liquides ou solides susceptibles de porter préjudice ou de créer des risques au cadre de vie, à la santé ou à la sécurité publique ou à nuire aux végétaux, à la production agricole et aux produits agroalimentaires, à la conservation des constructions et des monuments ou au caractère des sites"( J.O.R.A ,2003).

La pollution de l'air est la résultante de multiples facteurs qui caractérisent la civilisation contemporaine : croissance de la consommation de l'énergie, développement et concentration des industries extractives, métallurgique et chimique, de la circulation routière et aérienne, de l'incinération des ordures ménagères, des déchets industriels. De ce fait, surtout en milieu urbanisé, elle constitue sans aucun doute la plus évidente des dégradations de l'environnement (Emilian, 2004).

### 2) Les sources de la pollution atmosphérique :

Les sources de la pollution atmosphérique peuvent avoir une origine naturelle ou humaine.

**Tableau n° 1** : les différentes sources de pollution atmosphérique

Sources naturelles	-Eruptions volcanique, foudre, érosion -La végétation, algues
Sources anthropiques	-rejets industriels -production d'énergie (combustible fossile, Energie nucléaire) -circulation automobile

**2-1) Les sources naturelles :****2-1-1) l'éruption volcanique :**

Les éruptions volcaniques peuvent injecter dans l'atmosphère de très grande quantités de gaz et de particules ; par exemple :

-le volcan Etna émet en moyenne 3000 tonnes de dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ) par jour.  
-l'éruption d'El Chichon au Mexique, en 1982 a introduit plus de 3 millions de tonnes de dioxyde de soufre dans l'atmosphère.

-plus récemment l'éruption de Pinatubo (philippine en 1999), a libéré 12 millions de tonnes de dioxyde de soufre.

Les particules éruptions volcaniques ont la propriété de diminuer le rayonnement solaire à la surface du sol, et donc, d'entraîner une baisse de la température ambiante (Elichegaray, 2008).

**2-1-2) le pollen :**

Les grains de pollen ou les gamètes des fleurs des végétaux sont portés par les étamines. Grâce à l'action des insectes et du vent, ils peuvent être dispersés et ainsi féconder d'autres fleurs de leur espèce, mais elles peuvent aussi pénétrer dans nos voies respiratoires et provoquer des réactions allergiques, parfois violentes, chez les sujets sensibles (Elichegaray, 2008).

**2-1-3) Les autres sources naturelles :**

-La foudre, en oxydant l'azote atmosphérique, produit de grandes quantités d'oxyde d'azote( $\text{NO}_x$ ).

-Les algues, à la surface des océans, émettent du sulfure d'hydrogène( $\text{H}_2\text{S}$ ).

-les zones humides, les marais où la végétation se décompose, les rizières, les tourbières, ou les lacs peu profonds produisent du méthane( $\text{CH}_4$ ), qui est un puissant gaz à effet de serre.

-L'érosion éolienne introduit de nombreuses particules dans l'atmosphère, la désertification se traduit par le réenvol de quantités considérables d'éléments terrigènes. Les dépôts de poussières rougeâtres d'origine sahariennes après un fort vent de sud proviennent de ce phénomène (Elichegaray, 2008).

**2-2) les sources anthropique :****2-2-1) les rejets industriels :**

Quelques exemples des procédés industriels réputés polluants sont indiqués ci-après avec les principaux aéro-contaminants émis (en plus du CO<sub>2</sub>).

- Industries de bois, des insecticides (dioxines et furanes).
- Industries des accumulateurs (plomb).
- Bâtiment et travaux publics (particules).
- Cimenteries, plâtres (poussières, métaux lourds).
- Electricité et électronique (hexafluorure de soufre SF<sub>6</sub>).
- Usine de pâte à papier (SO<sub>2</sub>, produits malodorants, mercure).
- Industries des matières plastiques et de caoutchouc (SO<sub>2</sub>, hydrocarbures, aldéhydes, métaux-traces).
- Raffineries de pétrole (SO<sub>2</sub>, hydrocarbures, mercaptans, gaz, aldéhydes et autres composés organiques volatils) (Viala et botta, 2005).

L'industrie rejette également certains polluants plus spécifiques : les installations de traitement des minerais émettent des métaux lourds comme le cadmium, le zinc et le plomb, le mercure, quant à lui, provient surtout de l'incinération des ordures ménagères

(Elichegaray, 2008).

**2-2-2) la combustion :**

Pour tous les processus de combustion, on utilise couramment des combustibles constitués principalement de carbone (charbon, fuel, bois, gaz naturel), source de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).

Ces combustions ne sont jamais complètes et dégagent du monoxyde de carbone (CO) et des hydrocarbures imbrûlés. En présence de l'azote de l'air, se forment des oxydes d'azote. Le soufre présent dans les fuels et le charbon s'oxyde pour devenir du dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) (Elichegaray, 2008).

**2-2-3) Energie nucléaire :**

Des incidents ou accidents (ex : explosion de la centrale de Tchernobyl en avril 1986) peuvent se produire dans les centrales nucléaires, avec production de la pollution à distance pour tous les milieux de vie, la flore, la faune, répercussions sur l'homme (Viala et botta, 2005).

**2-2-4) la pollution automobile :****2-2-4-1) définition de la pollution automobile :**

C'est une contamination de l'atmosphère liée à une circulation routière importante, provoquée principalement par la combustion de combustibles fossiles (en particulier de pétrole sous forme d'essence et de gazole).

Le gazole et l'essence sont composés de plusieurs éléments, (tableau N° :2) :

**Tableau n°2:** la composition des différents carburants (Pagatto, 1999).

Le carburant	La composition
Essence	<ul style="list-style-type: none"> <li>-hydrocarbures variés (de l'ordre de 150 constituants individuels différents). (CFBP, 1998), de C<sub>4</sub> et C<sub>10</sub> (Guibert et martin, 1987) dont l'hexane, et l'octane pour les principaux, et des H, A, P tel que (naphtalène, pour le principal).</li> <li>-Métaux à des doses infinitésimales. (Shabeen, 1999), sauf Pb quand essence plombé.</li> <li>-du soufre (0.15%-0.2% en masse).</li> </ul>
Gazole	<ul style="list-style-type: none"> <li>-hydrocarbures variés (de l'ordre de 1000 constituants individuels différents). (CFBP, 1998), de C<sub>10</sub> et C<sub>20</sub> (Guibert et martin, 1987) dont des H, A, P (naphtalène, fluorène et phénanthrène, pour les principaux)</li> <li>-Métaux à des doses infinitésimales.</li> <li>-du soufre (environ dix fois plus que l'essence). (Guibet, 1990)</li> </ul>

**2-2-4-2) les principaux polluants émis par les véhicules :**

Les polluants caractéristiques du trafic automobile sont :

- le monoxyde de carbone(CO)
- l'oxyde d'azote (NO<sub>x</sub>)
- les poussières
- les hydrocarbures non méthaniques (NMHC) ou composé organiques volatils (COV)
- le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) : c'est le seul polluant réglementé provenant peu des automobiles (Masclat, 2005).

**3) Les niveaux de la pollution atmosphérique :**

Les pollutions et leurs effets se produisent à des échelles de temps et d'espace très variables puisque cela va de l'habitation jusqu'à l'ensemble de la planète.

La notion de pollution atmosphérique a connu de profondes mutations. Elle évolue et change d'échelle ; elle intègre des phénomènes complexes et interdépendants allant de l'échelle globale à l'échelle locale, du changement climatique planétaire aux modifications dans la biodiversité (Fontan, 2004).

**3-1) La pollution à l'échelle locale :**

Dans les agglomération urbaines, ou encore dans les sites industriels, les émissions sont importantes et les concentrations en polluants primaires vont atteindre des valeurs élevées, en particulier lors des situations météorologiques défavorables à la dilution. On observe ainsi de fortes concentrations dioxyde de soufre, de d'oxyde d'azote, de particules, d'hydrocarbures. Leurs situations les plus défavorables pour l'accumulation de ces polluants primaires vont se rencontrer en hiver lors de situations de haute pression atmosphérique, souvent accompagnées de brouillard ou de nuages bas, mais aussi en été par ciel clair avec alors des pics de pollution le matin ou le soir.

La pollution locale (ou micro métrologique) qui apparait dans les agglomérations, où la densité des émissions est forte et les concentrations élevées, va se traduire par des effets sur la santé de l'homme, des animaux, sur la végétation, sur les bâtiments (Ramade, 2002 ., Fontan ,2004).

**3-2) La pollution à l'échelle régionale :**

La pollution de l'atmosphère se manifeste aussi à l'échelle régionale (d'une dizaine à plusieurs centaines, voir le millier de kilomètres), encore appelée méso météorologique. Les niveaux de concentrations ne sont pas aussi élevée que localement et les effets, principalement dus aux polluants secondaire. (Ramade, 2002., Fontan ,2004 ).

**3-3) La pollution à l'échelle de la planétaire :**

Enfin, la pollution atmosphérique est un phénomène qui affecte l'ensemble de la planète, avec deux types de manifestation. Le premier est la destruction de la couche d'ozone dans la stratosphère (formée à la suite de la photodissociation de l'oxygène par le rayonnement solaire ultraviolet de courte longueur d'onde), accompagnée d'une augmentation dangereuse pour l'homme et la biosphère de rayonnement ultra-violet qui arrive au sol.

La seconde est l'augmentation de la concentration de certain gaz peu réactifs chimiquement dans la troposphère et qui peuvent donc s'accumuler puisqu'ils y sont émis et non détruits. Ils sont transparents pour le rayonnement solaire dont une fraction variable est captée par le sol. Une partie de l'énergie reçue est émise sous forme de rayonnement infrarouge qui est particulièrement absorbé par ces gaz et donc capté par l'atmosphère, d'où un réchauffement des basses couches ce phénomène est « appelé effet de serre ».

En conclusion, il y a trois échelles où se manifeste la pollution atmosphère. A l'échelle locale avec surtout (mais pas uniquement) des effets sur la sante humaine, à l'échelle régionale où les effets les plus spectaculaires sont l'acidification des eaux de surface et le dépérissement des forêts, et enfin l'échelle planétaire avec la destruction de l'ozone stratosphérique et l'augmentation de l'effet de serre avec des risques de modification climatiques et des répercussions sur la biosphère, sur les niveaux des océans, mais aussi sur la sante de l'homme(Ramade, 2002., Fontan ,2004 ).

#### 4) les métaux lourds dans l'air :

##### 4-1) Définition des éléments trace métalliques :

Les définitions des métaux lourds sont multiples et dépendent du contexte dans lequel on se situe ainsi que de l'objectif de l'étude à réaliser. D'un point de vue purement scientifique et technique, les métaux lourds peuvent être définis comme :

Tout métal ayant une densité supérieure à 5.

Tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieur à celui du sodium ( $Z=11$ ).

Tout métal pouvant être toxique pour les systèmes biologique (Anfossi *et al*, 1997).

Ils peuvent se trouver dans l'air, dans l'eau et dans le sol. Comme le pétrole, le charbon et le bois contiennent presque tous les éléments chimiques et, parmi eux, aussi les métaux lourds, en quantités différentes, il s'en suit que lors des procédés de combustion, ces métaux lourds et/ou leurs composés parviennent dans l'air et peuvent atteindre le sol directement, souvent adsorbés sur des aérosols ou absorbés dans les eaux des précipitations.

En principe, certains métaux, comme aussi les autres éléments, peuvent être essentiels pour un organisme, par exemple une plante ou un animal. D'autres métaux ne sont pas nécessaires à la vie, mais ils perturbent souvent le cours normal des processus métaboliques, même à l'état de traces ; à l'exception de faibles doses tolérables, de tels métaux ont souvent un effet toxique.

Le fait qu'un élément soit essentiel ou non dépend de sa participation ou non à des réactions biochimiques dans l'organisme correspondant.

Le Nickel par exemple, constitue un polluant pour les plantes, par contre il est essentiel à des traces pour la vie de certains animaux (Bliefert et Perraud, 2001).

##### 4-2-les caractéristiques des métaux lourds :

Les métaux lourds sont des polluants engendrés par l'activité humaine qui ont un fort impact toxicologique. Les métaux toxiques sont nombreux, mais on peut citer surtout le plomb, le chrome, le cadmium, le cuivre, le zinc, le Nickel, le fer. Ils ont des impacts sur les végétaux, les animaux, les produits de consommation courante et sur l'Homme (Anfossi *et al*, 1997).

**4-2-1-Le Plomb (Pb)**

Elément de numéro atomique  $Z=82$  et de masse atomique  $A=207$  dont le corps simple est un métal gris bleuâtre, mou et ductile et de densité 11. Il s'agit d'un métal lourd très toxique pour les êtres vivants (Ramade, 2000).

Largement répandu à la surface du globe, le plomb est utilisé essentiellement comme additif antidétonant des essences, la protection contre les rayonnements, les alliages, en cristallerie, en verrerie, en peinture, en poterie, fabrication des projections pour armes de guerre et de chasse (Anfossi *et al*, 1997).

Les apports naturels de plomb dans l'environnement ne représentent qu'environ 4% des émissions totales et se font essentiellement sous forme inorganique. Les émissions de cet élément sont donc notamment liées à des activités anthropiques, l'industrie minière.

La métallurgie et la sidérurgie représentant environ 80% des émissions de Pb dans l'environnement (Nriagu, 1979 ; Fergusson, 1990; Bouchereau, 1992 ; Nriagu, 1996 in Matias, 2008).

**4-2-2-Le Cadmium (Cd)**

Le cadmium est un élément chimique de symbole Cd et de numéro atomique 48. Le cadmium fut découvert en 1808 par Magnus Martin af Pontin, mais c'est en 1817 que l'allemand Friedrich Stromeyer le prépara pour la première fois (Mahan, 1987 in Matias, 2008).

Le cadmium est utilisé pour protéger l'acier contre la corrosion, pour la commande des réacteurs nucléaire et le blindage d'appareils de mesure. Le cadmium est un stabilisant des matières plastiques (Anfossi *et al*, 1997).

Les activités industrielles telles que le raffinage des métaux non ferreux, la combustion du charbon et des produits pétroliers, les incinérateurs d'ordures ménagères et la métallurgie de l'acier constituent les principales sources de rejet du cadmium dans l'atmosphère.

Dans l'eau, le cadmium provient de l'érosion naturelle, du lessivage des sols (engrais phosphatés) ainsi que des décharges industrielles et du traitement des effluents industriels et des mines (Stellio, 2005).

**4-2-6-Chrome(Cr) :**

Le chrome est un élément chimique de symbole Cr de masse atomique 52 et de numéro atomique 24. Il existe deux formes du Chrome (trivalent et hexa-valent). Les sels de seconde forme sont de toxicité importante et peuvent soulever localement de redoutables problèmes éco toxicologiques lors du rejet d'effluent pollués par ces derniers plus particulièrement en milieu aquatique (Ramade, 1993).

Le Chrome, et utilisé dans l'industrie métallurgique, dans l'industrie chimique, pour la production d'aciers inoxydables et d'alliages divers.

Le chrome est également employé comme pigment pour la peinture, le caoutchouc, le papier, l'encre d'imprimerie, ou encore pour le tannage des peaux et pour assurer une bonne résistance à la corrosion atmosphérique (Anfossi *et al*, 1997).

**5-2-3- Le Fer(Fe) :**

Corps simple biogène de numéro atomique 26 et d'une masse atomique 55,85 dont le corps simple est un métal. Le fer est un oligoélément indispensable à tous les être vivants et joue un rôle dans le fonctionnement des écosystèmes aquatique. L'inhalation de grandes doses peut provoquer des toxicités (Ramade, 2002).

**4-2-4-Le Zinc (Zn)**

Le zinc est un élément chimique, de symbole Zn et de numéro atomique 30. Le zinc est un métal, moyennement réactif (Matias, 2008).

Les apports anthropique de Zinc dans l'environnement résultent des sources minières industrielles (traitement du minerai, raffinages, galvanisation du fer, gouttières de toitures piles électriques, pigments, matières plastique, caoutchouc), des épandages agricoles et des activités urbaines (trafic routier, incinération des ordures) (Stellio, 2005).

Les sources naturelles de zinc dans l'environnement sont l'altération de roches (56%), le Volcanisme (22%) et la végétation. Cependant, il a été calculé que ces sources naturelles ne représentent qu'environ 7% des émissions totales de cet élément dans l'environnement, étant donné que la production et le traitement du minerai et les activités industrielles

représentent 75% et 18% respectivement, des émissions du Zn dans le milieu naturel (Matias, 2008).

#### **4-2-7- Nickel (Ni) :**

Le Nickel est un élément chimique de symbole Ni de masse atomique 58,7 et de numéro atomique 28 dont le corps simple est un métal blanc, brillant et inoxydable. Il est utilisé pour la fabrication d'alliages, en particulier d'acier inoxydable, ou comme catalyseur dans l'industrie chimique et pour la fabrication de pigments. Il est toxique à des faibles concentrations. L'extraction de Nickel est la cause de graves dommages à l'environnement (Ramade, 2002).

#### **4-2-5- Cuivre (Cu) :**

Le cuivre est un élément chimique de symbole Cu de masse atomique 63,5 et de numéro atomique 29, le cuivre est un élément biogène intervenant dans la constitution prosthétique de divers enzymes végétale ou animaux. Il présente une toxicité assez importante pour les êtres vivants à des concentrations relativement faibles. Certains de ces sels sont utilisés comme fongicides (Ramade, 2002).

### **5-Impact de la pollution atmosphérique sur la végétation :**

Les dommages causés par la pollution atmosphérique peuvent se manifester de plusieurs façons. Ils peuvent apparaître rapidement sur le feuillage, sous la forme de lésions nécrotiques (tissus morts). Ils peuvent aussi être lents à se manifester et entraîner le jaunissement ou la chlorose de la feuille. On peut aussi remarquer un ralentissement de croissance au niveau de différentes parties de la plante. Il arrive que les plants meurent tout de suite, mais la mort se produit habituellement après des attaques répétées (Heather, 2003).

**I-Généralité sur le frêne :****1-Présentation du frêne :**

Le frêne commun ou *Fraxinus Excelsior* est un arbre de la famille des oléacées, il est dit « polygame » car selon les sujets il peut être male, femelle ou bisexué. On le trouve en Europe, en Asie mineure (Coello, 2007).

**2-la systématique :**

La systématique du frêne selon Chadefaut et Emberger (1960) est suivante :

Embranchement	: Spermaphytes
Sous Embranchement	: Angiospermes
Classe	: Dicotylédones
Sous classe	: Sympétales
Ordre	: Ligustrales
Famille	: Oléacées
Genre	: <i>Fraxinus</i>
Espèce	: <i>Fraxinus Excelsior</i>

**3- les caractéristiques du frêne :**

Le frêne commun présente un tronc droit, élancé, parfois fourchu. Il peut atteindre 20 à 30 m selon les stations. Son écorce, tout d'abord lisse et verdâtre, devient progressivement grise et fissurée. Les bourgeons sont noirs. Les jeunes rameaux et les feuilles (composées) sont opposés. Les fruits, appelés samares, sont regroupés en bouquets denses à l'extrémité des rameaux (Wallender, 2008).

C'est un arbre à croissance rapide, sa floraison a lieu au printemps, avant le feuillage qui se déroule en avril-mai. Ces fleurs peuvent-êtres unisexuées ou hermaphrodites (Adeline, 1997).

Ses abondantes régénérations naturelles, son fort potentiel de croissance et la qualité de son bois font du frêne une essence importante en forêt de feuillus. En écologie, il est aussi, et à plus d'un titre, remarquable. Il accueille en effet de nombreuses espèces d'insecte et d'oiseaux et parfois de mammifères. Une cinquantaine d'espèces appartenant à tous les grands

groupes d'insectes le fréquentent. Les samares mures sont très appréciées des oiseaux granivores mais aussi des écureuils, qui en font une grande consommation. Les rameaux et les bourgeons des jeunes frênes sont consommés par la faune. En automne, les feuilles tombent encore vertes et se décomposent très rapidement, produisant une litière riche en éléments minéraux.

Grâce à son réseau racinaire étendu et dense, le frêne contribue à la stabilisation de pentes menacées par des mouvements de terrain et tout particulièrement celles des berges, des torrents et rivières (Duflot, 2002).



Feuilles du frêne

**Figure n°1:** Les feuilles du frêne

(Haouche, 2018)

**II- Généralités sur l'olivier :****1-Présentation du l'olivier :**

L'olivier ou *Olea Europeae* est une espèce typique de l'aire bioclimatique méditerranéenne. Sa rusticité et sa plasticité écologique lui ont permis une large répartition même si il ne supporte les basses températures. En effet il n'est pas retrouvé au dessus de 1000 mètres d'altitude. Sa culture remonterait à la préhistoire (Loussert et Brousse, 1978).

**2-la systématique :**

Selon Loussert et Brousse (1978), cette espèce se classait comme suit :

Embranchement	: Spermaphytes (phanérogames).
Sous embranchement	: Angiospermes
Classe	: Dicotylédones
Sous classe	: Astérides
Ordre	: ligustrales.
Famille	: Oléacées
Genre	: <i>Olea</i>
Espèce	: <i>Olea europeae L</i>

**3- les caractéristiques de l'olivier :**

L'extension de la culture d'olivier se confond dans le bassin méditerranéen avec l'histoire de ces civilisations.

L'olivier se distingue des autres espèces par sa très grande longévité pouvant donner des arbres plusieurs fois centenaires.

L'olivier a un tronc droit et circulaire, au fur et à mesure de son vieillissement, son aspect devient tourmenté.

Les fleurs d'olivier sont réunies en grappes axillaires, longues et flexibles, portant 10 à 40 fleurs par grappes suivant la variété de l'olivier. Les fleurs sont petites, régulières, de couleur

blanc- jaunâtre ou jaune- verdâtre. Elles se forment à l'aisselle des feuilles de l'année précédente.

Le fruit est une drupe à mésocarpe charnu, riche en lipides, de forme ovoïde ou ellipsoïde, de couleur brun-noir à maturité (Loussert et Brousse, 1978).



**Figure n°2:** Les feuilles d'olivier

(Haouche, 2018)

**III-Généralité sur le pistachier lentisque :****1-Présentation du pistachier lentisque :**

Le pistachier lentisque ou le *Pistacia lentiscus* est une espèce appartenant à la famille des Anacardiaceae (pistaciaceae) (Quezel et Santa, 1962). C'est une espèce forestière, originaire du sud européen (Crété, 1965) qui s'est notamment répandue sur tout le pourtour du bassin méditerranéen, Asie, Europe, Afrique jusqu'aux canaries, (Boullard, 2001 ; Brousse, 2005).

**2-la systématique :**

Selon Spichiger *et al*(2004), *Pistacia lentiscus* se classe comme suit :

Embranchement	: Spermaphytes
Sous embranchement	: Angiospermes
Classe	: Eudicotylédones
Sous classe	: Résidées
Ordre	: Sapindales
Famille	: Anacardiaceae
Genre	: <i>Pistacia</i>
Espèce	: <i>Pistacia lentiscus</i> L

**3-Les caractéristiques du pistachier lentisque :**

Selon Brousse (2005), le pistachier lentisque est un arbrisseau d'environ trois mètres de haut, bien qu'il puisse atteindre cinq à six mètres sous certaines conditions climatiques ou édaphique.

C'est un nanophanérophyte qui présente un port buissonnant et arrondi lorsqu'il est jeune, l'écorce est grisâtre et les branches les plus jeunes rougeâtres (Negre, 1962).

Les feuille de cette plante ligneuse sont persistantes, coriaces, composées, alternes, et paripennées de quatre a dix folioles elliptiques (Boullard ,2001).de deux à quatre cm de long sur cinq à dix mm de large, pourvues d'un pétiole ailé. (Hilmi, 2004 ; Brousse, 2005).

Les fleurs unisexuées sont portées par des plants différents (plantes dioïques), Elles sont apétales et ont de deux à trois mm de large. Elles sont groupées en épis courts, serrés et latéraux. (Bossard et Cuissance, 1984 ; bayer *et al* ,1990).

Le fruit est une petite drupe charnue, globuleuse de quatre mm de large, rouge puis noire à maturité, (Bossard et Cuissance, 1984)

La floraison du lentisque se fait au printemps (Avril-Mai) et fructifie en octobre – novembre (Brousse, 2005).



Feuilles de pistachier  
lentisque

**Figure n° 3** : les feuilles de pistachier lentisque

(Haouche, 2018)



**2-1-température :**

Pour calculer les températures moyennes annuelles et l'amplitude thermique, nous avons utilisé les données thermiques de l'ONM de Tizi-Ouzou (office national de météorologie de Tizi-Ouzou) de la période allant de 2001 à 2017.

Les données thermiques qui correspondent à la commune d'étude sont figuré dans le tableau suivant :

**Tableau n°3: les données thermique de la commune de Tizi-Ouzou (2001-2017)**

Température Mois	T M (°C)	T m (°C)	(M+m)/2 (°C)
Janvier	15,6	6,4	11
Février	16,2	6,9	11,55
Mars	19,4	8,8	14.1
Avril	22,2	11,1	16,65
Mai	26,3	14,1	20.2
Juin	32	18,1	25.05
Juillet	35,9	21,4	28,65
Aout	35,3	22	28.65
Septembre	31,1	18,7	24.9
Octobre	27,9	15,9	21.9
Novembre	19,9	11,4	15.65
Décembre	16,4	7,7	12.05

**T M** : températures mensuelles maximales en (°C)

**T m** : températures mensuelles minimales en (°C)

**(M+m)/2** : Températures moyennes mensuelles en (°C)

Le tableau ci-dessus montre pour la commune de Tizi-Ouzou que les mois juillet et aout sont les plus chauds avec une température de 28.65 °C et le mois de janvier est le plus froid avec une température de 11 °C.

## 2-2-Les précipitations :

Tableau n°4: pluviométrie moyenne mensuelle de Tizi-Ouzou (2001-2017)

Mois	Précipitation en mm
Janvier	137.87
Février	98.61
Mars	92.93
Avril	75.32
Mai	60.97
Juin	11,2
Juillet	2.25
Aout	5.86
Septembre	36,39
Octobre	58,10
Novembre	117,55
Décembre	130,40
Total	827.45

Les données pluviométriques consignées dans le tableau suivant montrent une pluviométrie annuelle de **827,45 mm** sur une période de 17 ans. D'après ces données, nous remarquons une irrégularité dans la distribution des précipitations moyennes mensuelles. La moyenne maximale est enregistrée au mois de janvier **137,87 mm**, et la moyenne minimale aux mois de juillet **2,25 mm** et aout **5,86 mm**

## 2-2-1-Le régime pluviométrique saisonnier :

Tableau n°5 : régime saisonnier des précipitations (2001-2017).

Saisons	Hiver			Printemps			Eté			Automne			Type
Mois	Déc	Jan	Fé v	mar	Av r	Mai	Jun	Jui	Aou	Se p	Oct	Nov	<b>H.A.P. E</b>
<b>P (mm)</b>	366,88			229,22			19,1			212,04			

Le régime saisonnier durant la période (2001-2017) est de type H.A.P.E (Hiver, Automne, Printemps, Eté). Les valeurs obtenues, montrent une concentration des précipitations durant la saison hivernale avec **366,88 mm**, viennent ensuite le printemps et l'automne où les pluies sont peu abondantes avec respectivement **229,22mm**, **212,04 mm**. Enfin nous avons l'été où les précipitations sont faibles avec une valeur de **19,1 mm**.

### 3-Synthèse climatique de la commune de Tizi-Ouzou :

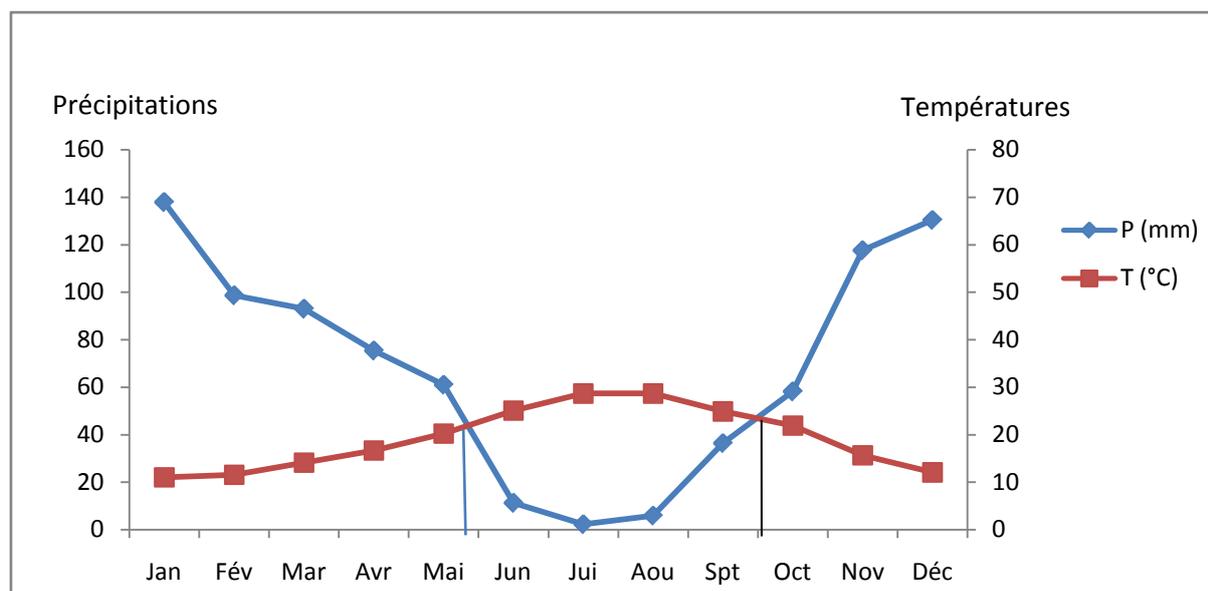
#### 3-1-diagramme ombrothermique de Bagnols et Gaussen :

Selon Mutin (1977), le diagramme ombrothermique de Bagnols et Gaussen permet de définir les périodes sèches. C'est un mode de représentation classique du climat d'une région déterminée (Dajoz, 2000).

Bagnols et Gaussen(1953), définissent un mois sec comme celui où les précipitations exprimées en millimètres, sont inférieure ou égales au double de la température moyenne en °C.

La construction du diagramme se fait en portant sur l'axe des abscisses les mois de l'année.

En ordonnées, les précipitations sont présentées à gauche et les températures moyennes à droite de telle façon que  $1^{\circ}\text{C}$  corresponde à 2 mm ( $P=2T$ ). La figure n°1 représente le diagramme ombrothermique obtenu pour la commune de Tizi-Ouzou.



**Figure n°4 : le diagramme ombrothermique de la commune de Tizi-Ouzou (2001-2017).**

D'après ce diagramme, la période de sécheresse s'étale aussi sur quatre mois pour la commune de Tizi-Ouzou, de fin Mai jusqu'à la fin de mois de septembre, tandis que la période humide s'étale d'octobre à la fin du mois Mai.

➤ **Attouche :**

La région de Attouche est située au nord-ouest de la wilaya de Tizi-Ouzou, à mi-chemin entre Tizi-Ouzou et Tizirt (19 km au nord de Tizi-Ouzou et 19 km au sud de Tizirt).elle est limité au nord par la daïra de Tizirt, au sud par la commune de Tizi-Ouzou et la commune de ait Aissa Mimoun, au sud-ouest par sidi Namane, a l'ouest par la wilaya de Boumerdés et à l'est par la commune de Boudjima.

Le climat est typiquement méditerranéen, chaud et sec en été, humide et pluvieux en hiver. Etant donné sa proximité avec la station météorologique Boukhalfa d'où sont issues nos données météorologique pour la ville de Tizi-Ouzou, nous avons pensé qu'il n'était pas nécessaire de réaliser des extrapolations à partir de cette ville pour caractériser le climat de Attouche.

La localité d'Attouche est située sur le versant sud de la chaine littorale à une altitude de 380 m. La formation végétale dominante est la formation à *Olea europae* avec son cortège floristique notamment, *Pistacia lentiscus*. La pente est très variable mais peut atteindre par endroit 30% (Observations personnelles).

**1-Matériels :****1-1-matériel biologique :**

Le matériel biologique utilisé est constitué de feuilles d'arbres de frêne (*Fraxinus Exelsiore*), d'olivier (*Olea Europeae*) et de pistachier lentisque (*Pistacia Lentiscus*).

Les feuilles de frêne sont des feuilles de cette année, mais les feuilles d'olivier et de pistachier lentisque sont des feuilles de l'année précédente.

**1-2- matériel physique :**

- Un moulin à café : pour le broyage des feuilles.
- Une étuve : pour le séchage des feuilles.
- Un four à moufle : pour l'incinération des feuilles.



**Figure n° 5:** le four à moufle (Haouche , 2018).

**Figure n° 6:** l'étuve (Haouche,2018).

- l'ICP
- la balance
- les pipetes

**Les réactifs :**

- Acide chlorhydrique (HCL) (Acide chlorhydrique 35-38%).
- Acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) (Acide nitrique 65%).
- Eau distillée.

**2- méthode :****2-1- méthode d'échantillonnage :**

La récolte des feuilles a été réalisée sur deux sites : le premier, Attouche en zone rurale loin des voies de circulation, et l'autre sur une avenue considérée comme la plus encombrée de la ville de Tizi-Ouzou (Boulevard Krim Belkacem), au niveau du carrefour dit de l'Habitat. Pour chaque espèce, cinq arbres ont été choisis au hasard, et les feuilles ont été récoltées à hauteur d'homme.

Les feuilles ont été mises dans des sacs en plastique et ramenés au laboratoire.

**2-2- préparation des échantillons :**

Les feuilles bien rincées à l'eau courante, sont laissées à l'air libre. Ensuite, elles sont séchées à l'étuve sous une température de 75°C jusqu'à obtention d'un poids constant.

Enfin chaque échantillon a été broyé à l'aide d'un moulin à café afin d'obtenir une poudre fine utile pour la minéralisation.

**2-3- La minéralisation**

La minéralisation par voie sèche suit les étapes suivantes :

- Calcination de 0.5 g de la matière organique dans un four à moufle à 500 C° pendant trois heures.

- Dissolution des cendres en milieu HCL (réagir les cendre avec 2 ml d'acide chlorhydrique en agitant pendant 1 minute pour que les cendres soient dissoutes).
- Reprise éventuelle en  $\text{NHO}_3$  de la solution obtenue (cendre+ HCL) en rajoutant 10 ml d'acide nitrique.
- On rajoute dans le tube de l'eau distillée jusqu'à 20 ml.
- Enfin, on obtient la solution (cendre+HCL+NHO<sub>3</sub>+eau distillée), dans un tube spécifique pour la torche à plasma. A l'aide de cet appareil, on mesure les concentrations des ETM.

#### 2-4: La torche à plasma :

La torche à plasma est un appareil d'analyse chimique (rattachée à la photométrie d'émission atomique) permettant de doser la quasi-totalité des éléments simultanément (l'analyse prend quelques minutes, hors préparation). On utilise fréquemment le terme anglais ICP( inductively coupled plasma).



Figure n° 7 : la torche à plasma

**2-4-1- le principe :**

L'ICP\* est une méthode d'analyse par spectrométrie d'émission atomique dont la source est un plasma généré par couplage inductif. \*ICP=raccourci pour "ICP-AES" = "Inductively-Coupled-Plasma/Atomic-Emission-Spectrometry", ou encore OES pour Optical Emission, car les raies analysées sont souvent des raies ioniques et pas seulement atomiques (Fuger, 2011).

**2-4-2-composition d'un spectromètre ICP-AES :**

Un spectromètre ICP peut être divisé en quatre parties :

- Les systèmes d'introduction de l'échantillon
- Le système d'atomisation et d'excitation
- Le système optique
- Le système de détection (Fuger, 2011).

**3-Analyse statistique :**

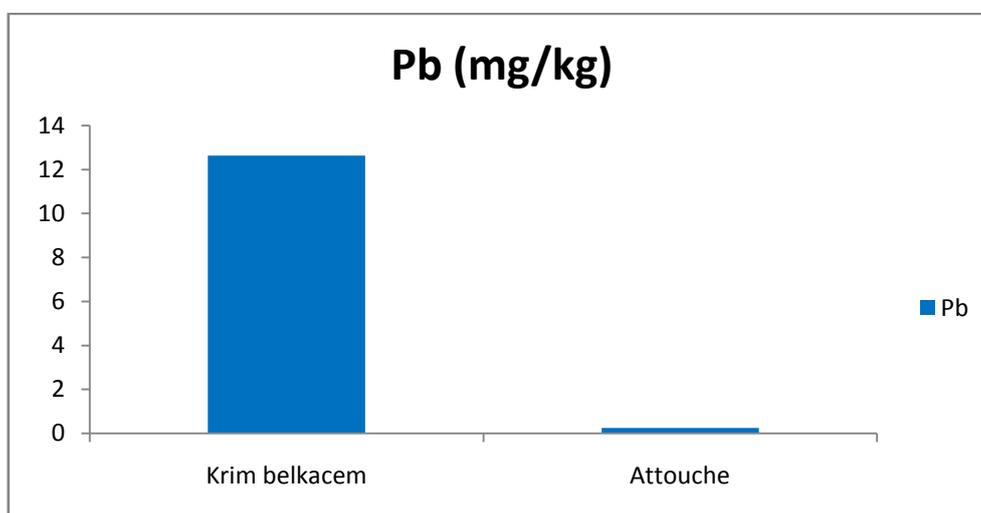
Une analyse statistique a été appliquée pour comparer les concentrations d'ETM entre les espèces et les stations. L'anova à deux facteurs n'a pas été utilisée suite à la non normalité des résultats. Ensuite à chaque fois qu'une série de résultats suit la loi normale, nous faisons recours à l'anova à un facteur, suivi du test de Student en cas de significativité des résultats. Quand la normalité n'est pas vérifiée, le test Kruskal Wallis a été utilisé suivi du test de Wilcoxon en cas de significativité des résultats. Le logiciel utilisé est le R version 3.4.1/2017.

### 1-présentation des résultats :

Les résultats des différentes concentrations des ETM en fonction de l'espèce et de la station sont donnés sous forme d'histogrammes. L'analyse statistique a affiné ces résultats (voir tableaux de 7 à 15). Quand les espèces sont flanquées de la même lettre alphabétique, il n'y a pas de différence significative entre elles. Le même nombre d'étoiles implique la non significativité entre les deux stations.

#### Plomb (Pb) :

Les concentrations de Plomb sont représentées par la figure suivante. Nous remarquons que les échantillons issus de la station du boulevard Krim Belkacem présentent des concentrations significativement plus élevées que ceux de la station d'Attouche (voire Tableau n° 7).



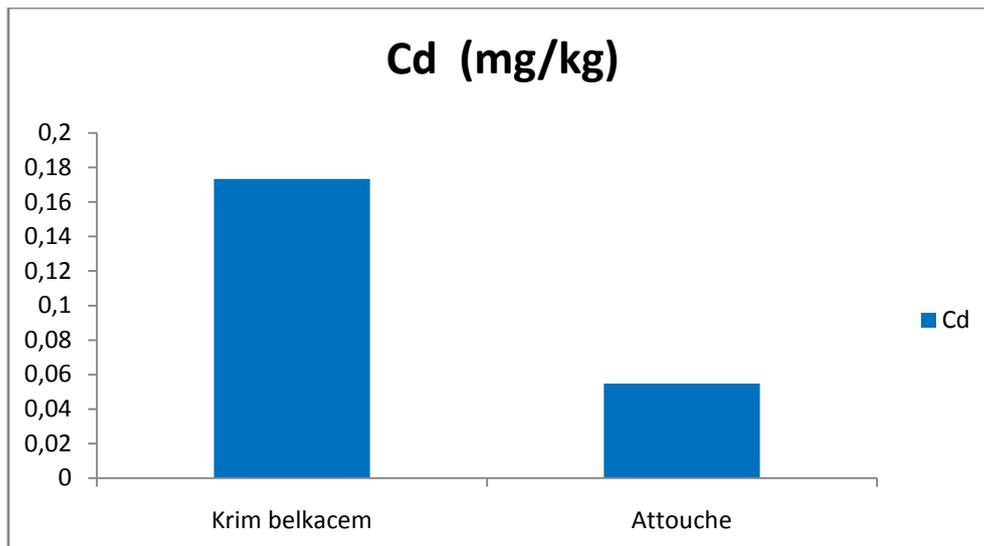
**Figure n°8:** variation des concentrations du Pb dans les deux stations d'étude.

**Tableau n° 7:** Les concentrations de Pb (mg/kg de MS) obtenues chez les trois espèces dans les deux stations

Krim belkacem		Attouche	
Les espèces	Moyenne des concentrations de Pb	Les espèces	Moyenne des concentrations de Pb
Olivier	2.18** <sup>a</sup>	Olivier	0* <sup>a</sup>
Frêne	33.695** <sup>a</sup>	Frêne	0.103* <sup>b</sup>
Pistachier lentisque	2.0456** <sup>a</sup>	Pistachier lentisque	0.634* <sup>b</sup>

**Cadmium (Cd) :**

Les concentrations de Cadmium sont représentées par la figure suivante. Nous remarquons que les échantillons issus de la station du boulevard Krim Belkacem présentent des concentrations significativement plus élevées que ceux de la station d'Attouche (voire Tableau n° 8).



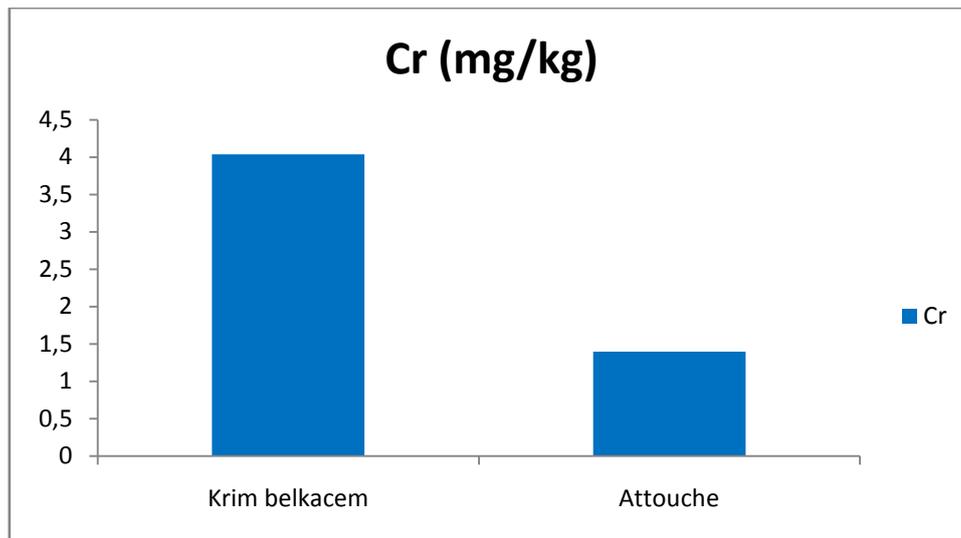
**Figure n°9:** variation des concentrations du Cd dans les deux stations d'étude.

**Tableau n° 8 :** Les concentrations de Cd (mg/kg de MS) obtenues chez les trois espèces dans les deux stations

Krim belkacem		Attouche	
Les espèces	Moyenne des concentrations de Cd	Les espèces	Moyenne des concentrations de Cd
Olivier	0.25** <sup>a</sup>	Olivier	0* <sup>a</sup>
Frêne	0.102** <sup>a</sup>	Frêne	0.16* <sup>a</sup>
Pistachier lentisque	0.166** <sup>a</sup>	Pistachier lentisque	0* <sup>a</sup>

**Chrome (Cr) :**

Les concentrations de Chrome sont représentées par la figure suivante. Nous remarquons que les échantillons issus de la station du boulevard Krim Belkacem présentent des concentrations significativement plus élevées que ceux de la station d'Attouche (voire Tableau n° 9).



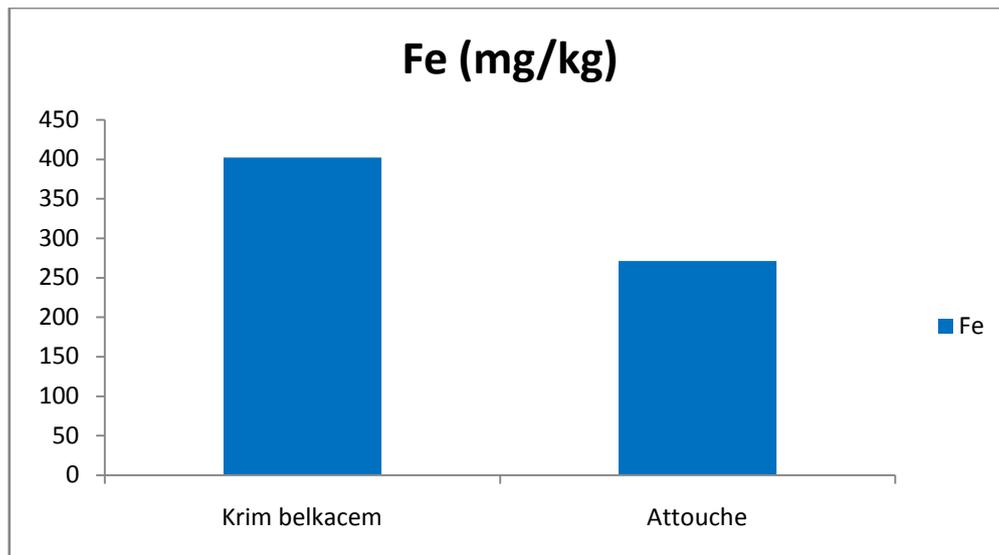
**Figure n°10:** variation des concentrations du Cr dans les deux stations d'étude.

**Tableau n° 9 :** Les concentrations de Cr (mg/kg de MS) obtenues chez les trois espèces dans les deux stations

Krim belkacem		Attouche	
Les espèces	Moyenne des concentrations de Cr	Les espèces	Moyenne des concentrations de Cr
Olivier	3.301** <sup>a</sup>	Olivier	1.475* <sup>a</sup>
Frêne	3.019** <sup>a</sup>	Frêne	1.607* <sup>a</sup>
Pistachier lentisque	5.795** <sup>a</sup>	Pistachier lentisque	1.112* <sup>a</sup>

**Fer (Fe):**

Les concentrations de Fer sont représentées par la figure suivante. Nous remarquons que les échantillons issus de la station du boulevard Krim Belkacem présentent des concentrations significativement plus élevées que ceux de la station d'Attouche (voire Tableau n° 10).



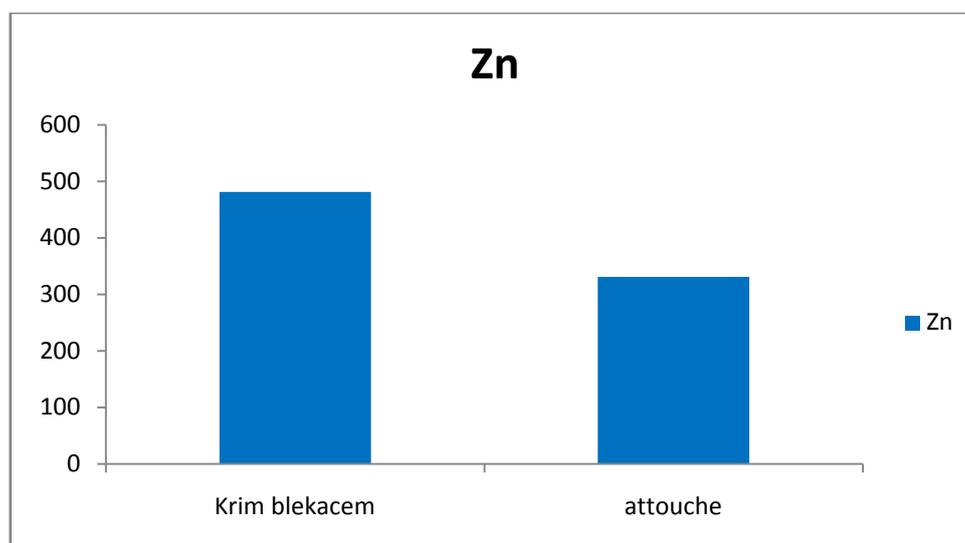
**Figure n°11:** variation des concentrations du Fe dans les deux stations d'étude.

**Tableau n° 10 :** Les concentrations de Fe (mg/kg de MS) obtenues chez les trois espèces dans les deux stations

Krim belkacem		Attouche	
Les espèces	Moyenne des concentrations de Fe	Les espèces	Moyenne des concentrations de Fe
Olivier	414.656** <sup>a</sup>	Olivier	206.36* <sup>a</sup>
Frêne	396.792* <sup>a</sup>	Frêne	321.456* <sup>a</sup>
Pistachier lentisque	395.592* <sup>a</sup>	Pistachier lentisque	286.56* <sup>a</sup>

**Zinc (Zn) :**

Les concentrations de Zinc sont représentées par la figure suivante. Nous remarquons que les échantillons issus de la station du boulevard Krim Belkacem présentent des concentrations significativement plus élevées que ceux de la station d'Attouche (voir Tableau n° 11).



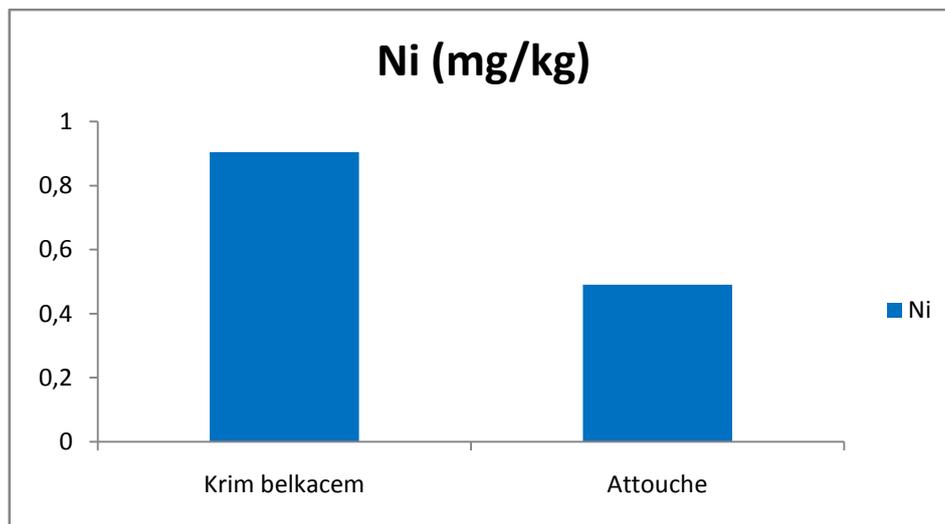
**Figure n°12:** variation des concentrations du Zn dans les deux stations d'étude.

**Tableau n° 11 :** Les concentrations de Zn (mg/kg de MS) obtenues chez les trois espèces dans les deux stations

Krim belkacem		Attouche	
Les espèces	Moyenne des concentrations de Zn	Les espèces	Moyenne des concentrations de Zn
Olivier	1114.52* <sup>a</sup>	Olivier	585.24* <sup>a</sup>
Frêne	330* <sup>ab</sup>	Frêne	408.08* <sup>a</sup>
Pistachier lentisque	0* <sup>b</sup>	Pistachier lentisque	0* <sup>a</sup>

**Nickel (Ni) :**

Les concentrations de Nickel sont représentées par la figure suivante. Nous remarquons que les échantillons issus de la station du boulevard Krim belkacem présentent des concentrations significativement plus élevées que ceux de la station d'Attouche (voire Tableau n° 12).



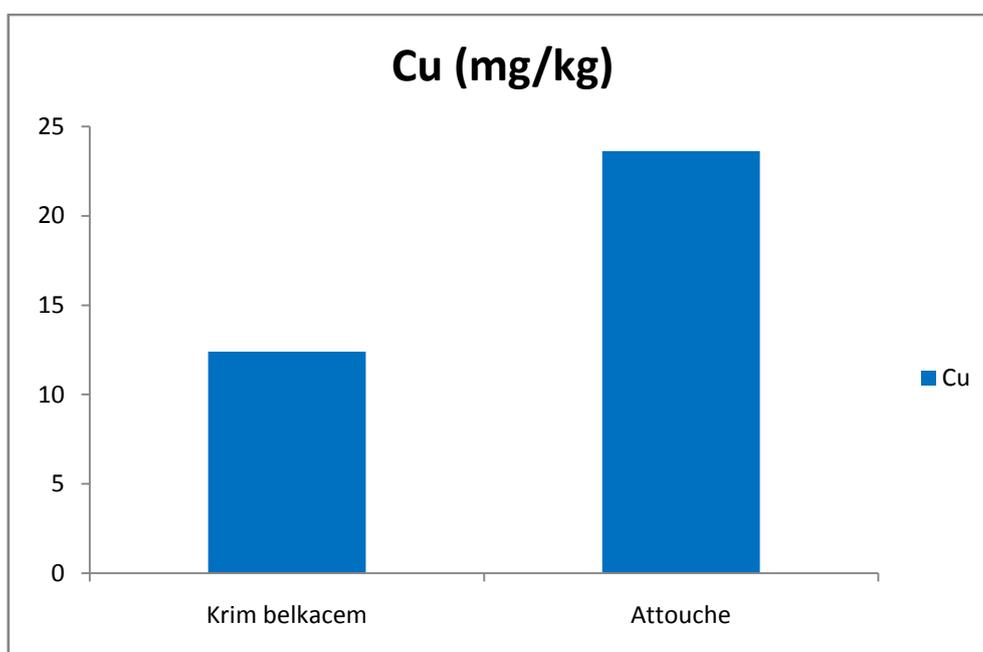
**Figure n°13:** variation des concentrations du Ni dans les deux stations d'étude.

**Tableau n° 12 :** Les concentrations de Ni (mg/kg de MS) obtenues chez les trois espèces dans les deux stations

Krim belkacem		Attouche	
Les espèces	Moyenne des concentrations de Ni	Les espèces	Moyenne des concentrations de Ni
Olivier	0.922* <sup>a</sup>	Olivier	0.769* <sup>a</sup>
Frêne	1.562* <sup>a</sup>	Frêne	0.431* <sup>a</sup>
Pistachier lentisque	0.227* <sup>b</sup>	Pistachier lentisque	0.271* <sup>a</sup>

**Cuivre (Cu) :**

Les concentrations de Cuivre sont représentées par la figure suivante. Nous remarquons que les échantillons issus de la station d'Attouche présentent des concentrations plus élevées que ceux de la station du boulevard Krim Belkacem. Cette différence n'est pas significative sur le plan statistique (voire Tableau n° 13).



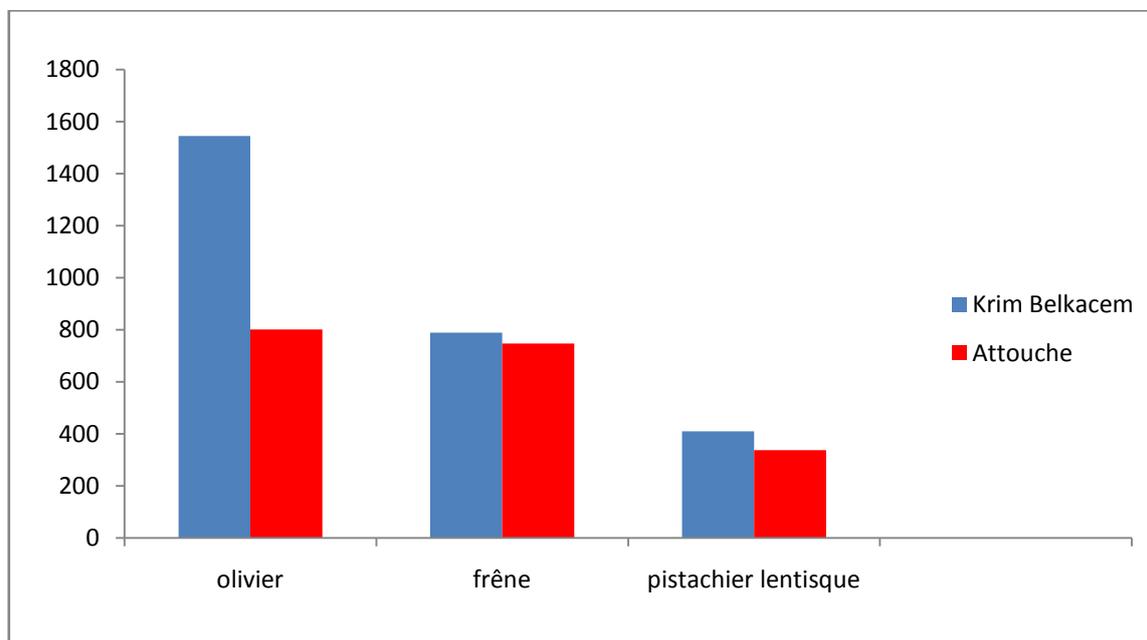
**Figure n°14:** variation des concentrations du Cu dans les deux stations d'étude

**Tableau n° 13 :** Les concentrations de Cu (mg/kg de MS) obtenues chez les trois espèces dans les deux stations

Krim belkacem		Attouche	
Les espèces	Moyenne des concentrations de Cu	Les espèces	Moyenne des concentrations de Cu
Olivier	8.440* <sup>a</sup>	Olivier	6.838* <sup>a</sup>
Frêne	23.289* <sup>b</sup>	Frêne	15.742* <sup>a</sup>
Pistachier lentisque	5.477* <sup>c</sup>	Pistachier lentisque	48.275* <sup>a</sup>

**Total des ETM en fonction de l'espèce et de la station :**

Les concentrations totales des ETM chez les trois espèces dans les deux stations sont représentées par la figure suivante.



**Figure n°15:** variation des concentrations totales des ETM chez les trois espèces dans les deux stations d'étude.

Nous remarquons que les échantillons issus de la station de Krim belkacem présentent des concentrations significativement plus élevées que ceux de la station d'Attouche (voir Tableau n°14).

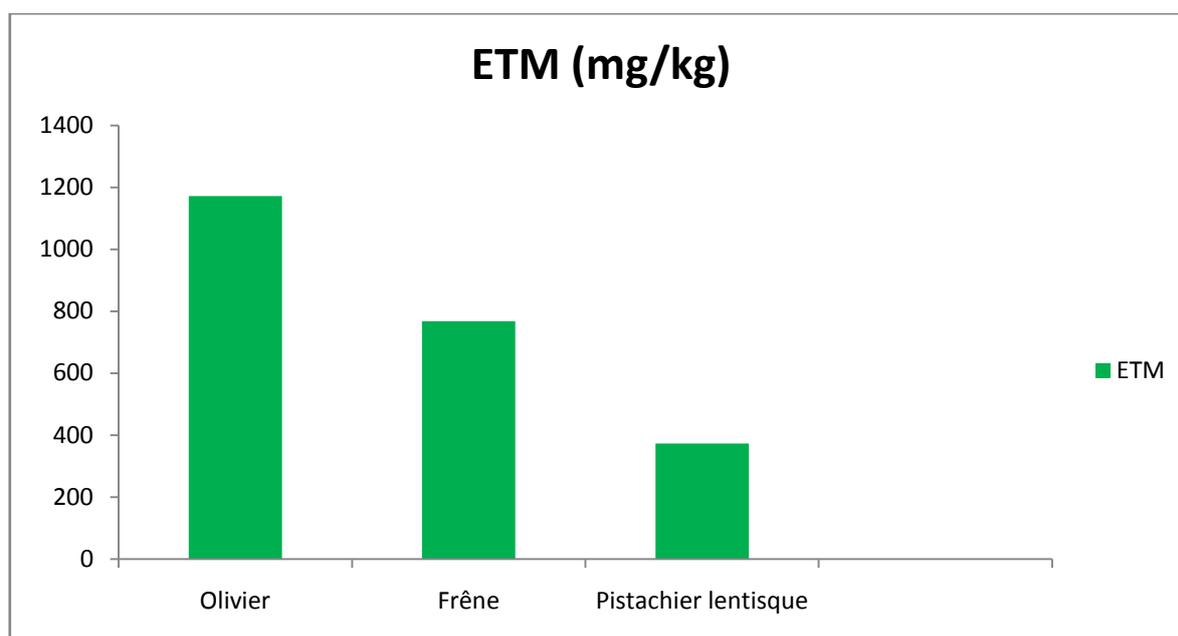
**Tableau n° 14 :** Les concentrations totales des éléments traces métalliques (mg/kg) obtenues chez les trois espèces dans les deux stations

Krim belkacem		Attouche	
Les espèces	Moyenne des concentrations d'ETM	Les espèces	Moyenne des concentrations d'ETM
Olivier	1544,27288 <sup>a</sup>	Olivier	800,682856 <sup>b</sup>
Frêne	788,46016 <sup>a</sup>	Frêne	747,585128 <sup>a</sup>
Pistachier lentisque	409,304104 <sup>a</sup>	Pistachier lentisque	336,85392 <sup>a</sup>

### Total des ETM en fonction de l'espèce :

Les concentrations totales des ETM chez les trois espèces sont représentées par la figure suivante.

Nous remarquons que les concentrations des ETM représentent une différence significative entre les trois espèces, sont plus élevé chez l'olivier puis le frêne et le pistachier lentisque.



**Figure n°16:** Variation des concentrations totales des ETM chez les trois espèces

**Tableau n° 15 :** Les concentrations total (mg/kg) obtenues chez les trois espèces

Les espèces	Moyenne des concentrations d'ETM
Olivier	1172,47787 <sup>a</sup>
Frêne	768,022644 <sup>ab</sup>
Pistachier lentisque	373,079012 <sup>b</sup>

### 3-Discussion des résultats:

Les concentrations de Pb, Cd, Cr, Fe des échantillons prélevés à la station « boulevard Krim Belkacem » sont significativement plus élevés que les concentrations enregistrées à la station de Attouche. Par contre, les concentrations de Ni, du Cu et du Zn ne présentent pas de différences significatives entre les deux stations. Ces résultats reflètent l'importance de la pollution due à la circulation automobile au niveau du boulevard Krim Belkacem. Ce dernier présente la circulation la plus intense au niveau de la ville de Tizi-Ouzou. Cependant la pollution au Ni, Cu et Zn doit avoir d'autres sources que la pollution automobile puisque les différences ne sont pas significatives entre les deux stations. Ces résultats corroborent les conclusions d'autres études consacrées à ce sujet (Zaidi and al, 2005; Demirayak A, 2011)

L'espèce qui paraît être la plus accumulatrice d'éléments trace métallique est l'olivier, suivie du frêne et puis du pistachier. Le total des concentrations des éléments trace métallique retrouvé chez l'olivier est significativement différents chez l'olivier. Il faut signaler que trois individus du pistachier échantillonné sont assez loin de la route. Ceci peut expliquer les faibles résultats obtenus chez ce dernier. Il est important de rappeler que les feuilles échantillonnées chez l'olivier et le pistachier sont celles de l'année précédente, les deux espèces présentant un feuillage persistant. Il apparaît à la lumière de ces observations que l'olivier peut être pris comme modèle pour évaluer la pollution atmosphérique puisqu'il présente une large répartition au niveau de la région et que son feuillage persistant peut permettre une évaluation annuelle. (Aghabrati and al, 2008; Dilek Turan and al, 2011) .

Le frêne présente aussi une bonne accumulation des métaux lourds. Son statut d'arbre d'alignement sur les routes ainsi que son utilisation comme fourrage aérien dans les localités rurales peuvent faire de lui aussi un modèle pour la mesure de la pollution atmosphérique. Cela a déjà été confirmé par des études plus anciennes ( Aksoy & Demirezen , 2005 ; Zaidi *et al*, 2005).

### **Conclusion :**

Au terme de cette étude et à la lumière des résultats obtenus, les conclusions suivantes peuvent-être énoncées :

- La pollution atmosphérique paraît être très importante au boulevard KB, caractérisé par une forte densité humaine donc probablement avec un fort impact sanitaire.
- Les deux stations présentent des concentrations proches en Zn, Ni et Cu. Cela signifie que d'autres sources de pollutions que l'automobile est à suspecter. La combustion des déchets ménagers est assimilés par les citoyens de la localité de Attouche (la commune n'assurant pas le ramassage ces déchets) peut être une de ces sources. Les polluants peuvent aussi circuler par le jeu des courants atmosphériques et atteindre des localités loin de leurs sources initiales.
- L'olivier est l'espèce qui accumule le plus le total des métaux lourds étudiés. Cependant l'analyse des concentrations des métaux lourds pris individuellement, rend ce résultat plus nuancé, notamment par rapport au frêne. La large répartition de l'olivier, le caractère persistant de son feuillage et son potentiel accumulateur démontré par cette étude le rendent éligible comme modèle pour l'estimation de la pollution atmosphérique dans la région.

### **Perspectives :**

Pour compléter cette étude, nous suggérons de multiplier le nombre de stations pour une cartographie globale de la pollution au niveau de la région. En parallèle, d'autres espèces spontanées de la région doivent être étudiés et comparées. L'impact de cette pollution sur le métabolisme de ces plantes doit aussi être évalué.

# Bibliographie

---

- **Adeline p, 1997** : traduction de l'allemande édition française © les éditions Eugen ulmer 5 rue de Charonne, 750n paris.
- **Aghabrati A., hosseini S M. et Maralian H., 2008**: heavy metal contamination of Soil and Olive Trees (*Olea europeae L*) in suburban Areas of Tehran, Iran. Research journal of Environmental Sciences 2(5).pp:323-329.
- **Aksoy A. et Demirezen D., 2005**: Fraxinus Excelsior as a biomonitor of heavy metal pollution. Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 15, N°. 1. pp: 27-33.
- **Amri B., 2007** : Pollutions et nuisances dans la ville de Constantine: effets et impacts sur l'environnement. Sciences & Technologie D – N°26. pp : 21-30.
- **Anfossi S., Billiard E., Bonnet M., Henriot F., Kraemer F., Lechenne L., Le Herissier M. et Lorin S., 1997** : Analyse des métaux lourds, mémoire d'ingénieur en « Génie des procédés » centre SPIN, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne. pp : 5-8.
- **Bagnols S F. et Gaussen H., 1953** : saison sèche et indice xérothermique, bull, Soc. HIST. NAT. Toulouse, 88. pp : 193-239.
- **Bayer E., Butler k., finkenzeller x. et grau J., 1990** : Guid de la flore méditerranéennes. Édition Del chaux et Nestlé. 287p.
- **Bliefert C. et Perraud R., 2001**: Chimie de l'environnement air, eau, sols, déchets. 2<sup>ème</sup> édition : Boeck et Larcier Bruxelles.478p.
- **Bossard. et Cuissance., 1984** : Arbres et arbustes d'ornement des régions tempérées et méditerranéennes .829p.
- **Boullard B., 2001** : plante médicinales du monde : croyances et réalités. Édition. ESTEM.636p
- **Brousse G., 2005** : dictionnaire des Arbres et arbustes. Larousse des arbres. Edition technique et documentation. Lavoisier.336p.
- **Chadefaud M. et Emberger L., 1960** : Traité de botanique systématique, Tome : II. Les végétaux vasculaires. Édition. Masson et Cie paris. pp : 753-1539.
- **Coello J., 2007** : les frênes (*fraxinus Excelsior* et *F. Angustifolia*) a bios. Edition : centre de proprietat forestal. 08130 sauta perpétua de Mogoda. pp : 22-28.
- **Crété., 1965** : précis de botanique. Systématique angiospermes. Tome II, Édition Masson et Cie. 224p.
- **Dajoz R., 1982** : précis écologique. 8eme édition. sciences sup, Dunod. 640p.

# Bibliographie

---

- **Demirayak A., Kutbay H G., Kilic D. et Bilgin A., 2011:** Heavy Metal Accumulation in Some Natural and Exotic Plants in Samsun City. *Ekoloji* 20, 79. pp: 1-11.
- **Dilek T., Cafer T., Cemre K., Pinar K., Handan G., Levent A. et Sait C S, 2011 :** The use of olive tree (*Olea europaea* L.) leaves as a bioindicator for environmental pollution in the Province of Aydın, Turkey. *Environ Sci Pollut Res* 18.pp: 355–364.
- **Duflot H., 2002:** le frêne en liberté. 2<sup>ème</sup> Edition institut pour le développement forestier. 192p.
- **Elichegaray C., 2008 :** la pollution de l'air : source, effets, prévention. Édition : DUOND.208p.
- **Emilian K., 2004 :** traitement des pollutions industrielles: Eau. Air. Déchet. Boues. 2<sup>ème</sup> édition. 569p.
- **Fontan J., 2004 :** les pollutions de l'air : les connaître pour les combattre. Édition : VUIBERT, 1<sup>ère</sup> Edition : 211p.
- **Fuger D., 2011 :** mise en application de processus analytique complexe ,analyse de métaux par ICP-AES.
- **Garrec J P., 2007 :** L'expertise technique et scientifique de référence. Laboratoire Pollution atmosphérique INRA – Centre de recherche de Nancy.
- **Guyot G., 1999 :** climatologie de l'environnement. Édition DUNOD.169p.
- **Heather., 2003 :** effet de la pollution atmosphérique sur les cultures agricoles.
- **Hilmi H., 2004 :** les plantes naturelles en Algérie. 1<sup>ère</sup> Edition .pp 168-169.
- **J O R A., 2003 :** Journal Officiel de la République Algérienne n°43, Décret n°03-10 de 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.
- **Loussert R. et Brousse G., 1978 :**L'Olivier. Coll. Des Techniques agricoles et Productions méditerranéennes, G. P. Maisonneuve et Larose, Paris, 447 p.
- **Masclet p., 2005 :** pollution atmosphérique, causes, conséquences, solutions et perspectives. Édition : ELLIPEES.163p.
- **Matias M., 2008 :** contamination en métaux lourds des eaux de surface et des sédiments du val de Milluni (Andes boliviennes) par des déchets miniers approches géochimique, minéralogique et hydro chimique. Thèse de doctorat de l'université de Toulouse. pp : 14-23.

# Bibliographie

---

- **Maizi N., Alioua A., Ali Tahar A., Semadi F. et Fadel D., 2010** : Utilisation des végétaux inférieurs comme bio indicateurs de la pollution plombique d'origine automobile dans la région de Annaba (Algérie). J. Mater. Environ. Sci. pp: 251-266.
- **Negre R., 1962** : petite flore des régions arides du Maroc occidental. Édition: CNRS. Tome II. 566p.
- **Pagatto C, 1999** : étude sur l'émission et le Transfert dans les eaux et les sols des éléments traces métallique et des hydrocarbures en domaine routier. Thèse de doctorat : école des mines en Nantes.
- **Quezel p. et santa S., 1962** : nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales, tome I, centre nationale de la recherche scientifique. 611p.
- **Ramade F., 2000**: Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Edition : EDISCIENCE.
- **Ramade F., 1993** : Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Édition : EDISCIENCE.
- **Ramade F., 2002** : Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement, 2<sup>ème</sup> Édition : dunod.
- **Spichiger R E., Figeat V M. et Momod D J., 2004** : Botanique systématique des plantes à fleurs. Une approche phylogénétique nouvelle des Angiospermes des régions tempérées et tropicales. 3<sup>ème</sup> Édition : presses polytechnique.
- **Stellio C., 2005** : Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen. Thèse de Doctorat : Océanologie biologique, Environnement marin. pp : 10-85.
- **Stewart ph., 1974** : cours de sylviculture. INA. EL Harrach. 74p.
- **Viala. et Botta., 2007**: toxicologie. 2<sup>ème</sup> édition : Lavoisier. 1065p.
- **Wallender E, 2008**: Systematics of Fraxinus (Oleaceae) and evolution of dioecy. Springer-verlag.
- **Zaidi M I., Asrar A., Mansoor A. et farooqui M A., 2005**: the heavy metal concentration along roadside trees of Quetta and its effects on public health. Ed: Asian Net work for scientific information.

## Annexe

---

**Annexe 1 :** Les concentrations finales de Cadmium dans les deux sites :

Arbre	Krim belkacem	Attouche
O1	0.3796	0
O2	0.2264	0
O3	0.2428	0
O4	0.2088	0
O5	0.202	0
F1	0.1948	0
F2	0.016	0
F3	0.2624	0.8216
F4	0.0352	0
F5	0	0
P1	0.6736	0
P2	0.0296	0
P3	0	0
P4	0	0
P5	0.1288	0

**Annexe 2 :** Les concentrations finales de Chrome dans les deux sites :

Arbre	Krim belkacem	Attouche
O1	2,27136	1,30656
O2	4,07816	3,22576
O3	2,68936	0,68736
O4	1,54856	0,56096
O5	5,92216	1,59616
F1	3,28296	0,70856
F2	1,69296	2,25736
F3	7,05816	0,66656
F4	1,48896	3,75256
F5	1,57456	0,65216
P1	1,11256	0,69016
P2	2,31096	0,84776
P3	22,50216	1,39296
P4	1,59616	0,97496
P5	1,45736	1,65656

## Annexe

---

**Annexe 3:** Les concentrations finales de Cuivre dans les deux sites :

Arbre	Krim belkacem	Attouche
O1	7,7704	6,8944
O2	6,0104	5,6224
O3	7,7384	6,3664
O4	9,0024	5,3384
O5	11,6824	9,9704
F1	13,6584	5,1904
F2	8,4264	7,1384
F3	67,2344	9,9504
F4	10,4944	38,9064
F5	16,6344	17,5264
P1	5,6104	185,3
P2	4,8944	6,0344
P3	2,5756	7,1824
P4	8,4704	22,4704
P5	5,8344	20,3904

**Annexe 4 :** Les concentrations finales de Fer dans les deux sites :

Arbre	Krim belkacem	Attouche
O1	422,6	310,08
O2	444,6	160,72
O3	443,8	153,04
O4	305,68	89,52
O5	456,6	318,44
F1	543,4	279,28
F2	199,68	294,92
F3	679,4	230,68
F4	261,48	408,2
F5	300	394,2
P1	198,72	168,04
P2	685,4	202,52
P3	416,2	231,04
P4	419	399,8
P5	258,64	431,4

## Annexe

---

**Annexe 5 :** Les concentrations finales de Nickel dans les deux sites :

Arbre	Krim belkacem	Attouche
O1	0,9452	0,57
O2	1,1356	0,1856
O3	0,7928	0,5936
O4	0,9852	0,32268
O5	0,7524	2,1736
F1	2,4156	0,28848
F2	0,7868	0,38676
F3	3,2144	0,4624
F4	0,742	1,0212
F5	0,652	0
P1	0,124	0,30048
P2	0	0,5604
P3	0,23012	0
P4	0,346	0,03192
P5	0,436	0,4648

**Annexe 6 :** Les concentrations finales de Plomb dans les deux sites :

Arbre	Krim belkacem	Attouche
O1	3,152	0
O2	1,388	0
O3	1,64	0
O4	1,584	0
O5	3,136	0
F1	5,952	0
F2	0,736	0
F3	159,988	0
F4	0,596	0
F5	1,204	0,516
P1	1,008	0
P2	0,64	0,096
P3	5,368	1,348
P4	1,268	0,488
P5	1,944	1,24

## Annexe

---

**Annexe 7 :** Les concentrations finales de Zinc dans les deux sites :

Arbre	Krim belkacem	Attouche
O1	1427	0
O2	0	743
O3	2340,6	1773,8
O4	102,4	409,4
O5	1702,6	0
F1	0	0
F2	1392,6	1531
F3	257,4	509,4
F4	0	0
F5	0	0
P1	0	0
P2	0	0
P3	0	0
P4	0	0
P5	0	0

**Annexe 8:** Total des ETM dans le site de Attouche

Arbre	Total des ETM
O1	318,85096
O2	912,75376
O3	1934,48736
O4	505,14204
O5	332,18016
F1	285,46744
F2	1835,70252
F3	751,98096
F4	451,88016
F5	412,89456
P1	354,33064
P2	210,05856
P3	240,96336
P4	423,76528
P5	455,15176

## Annexe

---

### Annexe 9 : Total des ETM dans le site de Boulevard Krim Belkacem

Arbre	Total des ETM
O1	1864,11856
O2	457,43856
O3	2797,50336
O4	421,40896
O5	2180,89496
F1	568,90376
F2	1603,93816
F3	1174,55736
F4	274,83656
F5	320,06496
P1	207,24856
P2	693,27496
P3	446,87588
P4	430,68056
P5	268,44056