

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun Tiaret

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme Master Académique

Domaine : Science de la nature et de la vie

Filière : Ecologie et Environnement.

Spécialité: biodiversité et écologie végétale.

Présenté par :

-DJELLAOUI NADJET

-BOUTEBEL MOKHTARIA

**Contribution a l'étude d'impact des ETM sur la biodiversité végétale dans la région de
Kbouba (Tiaret)**

Soutenu publiquement le 02/07/2019

Devant le Jury composé de :

Présidente : Mme. CHAFAA MERIEM M.C.A

Examineur: Mr. NEGADI MOHAMED M.C.B

Promoteur: Mme SOUDANI LEILA M.C.B

Co-promoteur: Mr MAAMR BEN CHOIRA M.C.A

Année universitaire 2018-2019

REMERCIEMENT

*A l'issue de ce travail de recherche, on tient tout particulièrement à remercier Madame **SOUDANI LEILA**, Maitre de conférences A à l'université de Tiaret, pour avoir accepté de diriger avec beaucoup d'attention et de soin ce mémoire. Je lui suis très reconnaissante pour sa disponibilité, sa bienveillance et son soutien permanent, et d'avoir prêté un intérêt constant au sujet du mémoire. On lui doit beaucoup pour le contenu du travail présenté, pour ses critiques constructives et son aide aux différentes entraves rencontrées, pour sa gentillesse et ses qualités humaines.*

*On remercie tout particulièrement Monsieur **MAAMAR BENCHOHRA**, Maitre de conférences A à l'université de Tiaret, pour son Co-encadrement, ses précieux conseils, ainsi que ses encouragements et sa confiance.*

*On adresse notre gratitude à Madame **CHAFAA MERIEM**, Maitre de conférences A à l'université de Tiaret, d'avoir accepté de présider le jury de notre mémoire.*

*On remercie également Messieurs **NEGUADI MOHAMED** Maitre de conférences B à l'université de Tiaret, d'avoir accepté d'examiner ce travail et participer au jury du mémoire.*

*Notre travail au laboratoire **d'écologie animal** aurait été pénible sans l'aide de: **Mr Maarouf, Mr Djellaoui Madjid et Mme Mokhfi F/Z** ; on tient à les remercier pour ses précieux conseils.*

*Notre sincère remerciement pour les membres de la conservation des forêts : **Mlle Douri Fatima/Z, Mr Mr Salay, Mr Aouad et Mr Nouar Belgacem.***

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes grands-parents ABED, BENT NEBI et BAKHTA que dieu lui offre le paradis Inchalah ;

A ma mère qui m'a mis au monde, qui a été toujours présente pour moi et qui m'a bien élevé ;

A mon père qui grâce à lui j'ai pu y aller jusqu'ici.

A ma grand sœur Fatma que dieu te garde pour moi

A mes sœurs: Chérifa, Nahawand, Racha, karima.

A mon frère Mohamed, ma sœur Zohra

A mon frère Amine Djellaoui, sa femme et sa petite karouma.

A mes neveux et nièces : Oussama, Chamsou, Fatma, Norhane, Anahid, Istabrak;

A la mémoire de Haloumti, que dieu t'offre le paradis éternel;

A Yamina, Madjid Lechmesse; merci pour votre aide à réaliser ce travail.

A toute la famille Djellaoui;

A mon mari Sofiane, mes chers enfants :Mouayad, Djoud et Djad . A toute la famille khassir surtout mon papa Hadji.

A mes chers enfants : Louay, Ouday, Ritadj, Alaa, Seifeddine.

A mon binôme MOKHTARIA, je te respect ma chère amie et sœur, tu mérites tout le bonheur du monde

A tout mes sœurs : Faty, loulou, Soumia, Yamina, Souhila, Chérifa, Assia et Krouma ;

A tout les employés de l'hémodialyse. Mme sahari, Fatima Aisset : Merci pour vos soutient morale et pour vos conseils.

Nadjet. Dj

Dédicace

*A la mémoire de ma mère,
qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour
moi.*

*A mon très cher père,
Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime,
le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour*

A mon mari et mes filles

A mes sœurs et mon frère

A toute la famille Guidoum

A mon très cher binôme

*Nadjet avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de
réussite.*

A tous les membres de ma famille,

Petits et grands

A mes chères amies

Liste des tableaux :

Tableau N°01: Teneurs normales en métaux lourds dans les plantes (mg/Kg de matière sèche).

Tableau N°02 : Données climatiques relatives à la région de Tiaret.

Tableau N°03: Classification des étages bioclimatiques en fonction des précipitations.

Tableau N°04 : statistique descriptive pour le plomb (Pb).

Tableau N°05: Analyse de la variance entre les deux classes pour le plomb.

Tableau N°06: statistique descriptive pour le zinc (Zn).

Tableau N°07 : Analyse de la variance entre les deux classes pour le zinc.

Liste des figures

Figure N°01: Classification périodique des éléments.

Figure N°02: Principaux flux des ETM dans le sol.

Figure N°03: arbre du chêne vert (*Quercus ilex*).

Figure N°04: Distribution de *Q. ilex* dans le Bassin Méditerranéen.

Figure N°05. Répartition du chêne vert en Algérie.

Figure N°6: Localisation de la zone d'étude.

Figure N° 7: Les régions naturelles de la wilaya de Tiaret.

Figure N°8: Carte lithologique de la wilaya de Tiaret.

Figure N°9: Réseau hydrologique de la région de Tiaret.

Figure N°10: Situation géographique de la zone d'étude (KBOUBA).

Figure N°11 : *Quercus ilex* de la zone d'étude.

Figure N°12: zone de prélèvement des échantillons.

Figure N°13 : La spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif (ICP-MS).

Figure N°14 : Classification hiérarchique ascendante des classes de pollution par le plomb.

Figure N°15: Classification hiérarchique ascendante des classes de pollution par le Zinc.

Liste des abréviations :

Al : Aluminium.

B : bore.

Ba : Baryum.

Cd : Cadmium

C.f.t : Conservation des forêts de la wilaya de Tiaret

CHA : Classification Hiérarchique Ascendante.

Cr : Chrome

Cu : Cuivre

Cd²⁺ : ion de cadmium.

CdSO₄ : sulfate du cadmium.

CdCl₂ : chlorure du cadmium.

CdHCO₃ : carbonate d'hydrogène du cadmium.

CdO : oxyde de cadmium.

CdCO₃ : carbonate de cadmium.

Cd(PO₄)₂ : phosphate de cadmium.

CdS : sulfite de cadmium.

DGF : Direction générale des forêts.

ETM : éléments traces métalliques

F : variable aléatoire de Fisher

Fe : fer.

g.cm³ : gramme par centimètre cube

K : Potassium.

ha: hectare

HCL : acide chlorhydrique

Hg: Mercure

HNO₃ : acide nitrique

ICP-MS : spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif

Kg : Kilogramme

m : température minimale.

M : température maximale.

m : mètre

m³:mètre au cube

mg : Milligramme

mg/kg : milligramme par kilogramme

mm : millimètre

MS : matière sèche

Mn : manganèse.

Na : Sodium

Ni : Nickel

P : phosphore

P : probabilité

Pb : plomb

Pb²⁺ : ion du plomb.

PH : potentiel hydrogène

PPm : partie par million.

PbHCO₃⁺ : carbonate d'hydrogène du Plomb.

PbOH⁺, Pb(OH)₂ : hydroxyde de plomb.

PbSO₄ : sulfate de plomb.

PbCO₃ : carbonate de plomb.

PbO, PbO(PO₄)₂ : oxyde de plomb.

Pb(PO₄)₂ : phosphate de plomb.

PbCl : chlorure de plomb.

Q. ilex : Quercus. Ilex.

Se : Sélénium

Si : Silicium

Ti : Titane

Zn : Zinc.

Zn/ha/an : la teneur du zinc par hectare par année..

Zn²⁺ : forme ionique du zinc.

ZnSO₄ : sulfate de zinc.

ZnHCO₃⁺ : carbonate d'hydrogène du zinc.

ZnCO₃ : carbonate du zinc.

ZnFe₂O₄ : ferrite du zinc.

Zn₂SiO₄ : silicate du zinc.

Zn₃(PO₄)₂ : phosphate du zinc.

Table des matières

Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction.....	1

Partie Bibliographique

Chapitre I: Biodiversité végétale et métaux lourds

I.1. Généralité sur la biodiversité végétale.....	3
I.2. Biodiversité végétale menacées.....	3
I.3. Eléments traces métalliques (ETM)	4
I.3.1. Définition	4
I.3.2. Origine des métaux lourds	5
I.3.2.1. Les sources naturelles.....	5
I.3.2.2. Les sources anthropiques.....	6
I.4. Principales propriétés physico-chimiques des métaux lourds.....	6
a- Solubilité.....	6
b- Stabilité.....	7
C- Volatilité.....	7
I.5. Transferts des ETM dans le sol.....	7
I.6. Accumulation des métaux lourds dans la plante.....	8
I.7. Toxicité et tolérance.....	8
I.8. Particularités de quelques métaux lourds.....	9

I.8.1. Le cadmium.....	9
1.8.2.Le zinc.....	9
I.8.3.le Plomb.....	10

Chapitre II. Description de l'espèce le Quercus ilex

II. Description de l'espèce.....	12
II.1. Caractères généraux du chêne vert.....	12
II.1.1 Caractères botaniques du chêne vert.....	12
a) Taxonomie du chêne vert.....	13
b) Description.....	14
c) Variétés de <i>Quercus ilex</i>	15
II.1.2. Caractères climatiques.....	15
II.1.3. Caractères édaphiques.....	16
II.2.Répartition géographique.....	16
II.2.1 : En bassin méditerranéen.....	16
II.2.2.En Algérie.....	17

Partie expérimentales

Chapitre I: Caractéristiques générales de la zone d'étude

I. zone d'étude.....	19
I.1 Localisation géographique.....	19
I.2. Relief et géomorphologie.....	20
I.3.Géologie.....	21
I.4. La couverture pédologique.....	21
1.5. Hydrologie.....	22
I.6.Le climat.....	23
I.6.1. Classification en fonction des précipitations.....	24

Références bibliographiques

I.7. Le choix des sites d'échantillonnage.....	25
------------------------------------------------	----

Chapitre II : matériels et méthodes

II.1. Choix de l'espèce végétale.....	26
II. 2.Échantillonnage et points de prélèvement.....	26
II.3. préparation des échantillons.....	27
II.4. Analyses des métaux lourds.....	28
a- Appareillage.....	28
b- Principes de fonctionnement.....	28
II.5.Choix du métal a dosé.....	29

Chapitre III : résultats et discussion

III.1.Concentration du plomb et du zinc dans le <i>Quercus ilex</i>	30
III.1.1.pour le plomb.....	30
a).Classification Hiérarchique Ascendante CHA pour le Plomb (pb).....	30
b).Statistique descriptive des deux classes.....	30
c).Analyse de variance pour les mesures répétées ANOVA.....	31
III.1.2.Pour le zinc.....	32
a). Classification Hiérarchique ascendante CHA pour le Zinc (Zn).....	32
b). La Statistique descriptive des deux classes de pollution.....	33
c). Analyse de la variance pour les mesures répétées ANOVA.....	34
III.2.Discussion.....	35

Introduction

La dégradation de la biodiversité végétale est un problème sérieux tant du point de vue environnemental, social ou économique et plus particulièrement dans les pays en développement. En outre, elle est difficile à définir et à évaluer. La dégradation des forêts est vue et perçue différemment par la pollution. **(Markku, S ; 2009)**

Actuellement, une gamme importante et très diversifiée de polluants existe dans l'environnement, il s'agit principalement des éléments traces métalliques **(Brunet ; 2018)**.

Leur origine est liée à leur présence dans la roche mère, elles peuvent être également le résultat des activités humaines, industrielles et agricoles. Ces derniers contrôlent la nature et le devenir de ces éléments, notamment celles qui ont comme source, les carrières.

Cependant, elles libèrent des éléments toxiques qui polluent les sols et influent sur biodiversité végétale. Cette pollution se fait sous forme de rejets directs à partir des sites producteurs, ou bien par retombées aériennes après la dispersion des éléments toxiques dans l'atmosphère. **(Dufay J.P, 2001)**

Il est largement avéré que la présence des éléments traces métalliques dans les différents composants de l'environnement et les végétaux constitue aujourd'hui un réel danger pour ce dernier. C'est pourquoi la compréhension du transfert de l'accumulation et du devenir de ces contaminants métalliques d'origine anthropique dans les végétaux est nécessaire du risque encouru pour les écosystèmes. **(Taktert, 1991)**.

L'impact de ces éléments sur la biodiversité végétal est complexe, tant leurs actions toxiques peuvent être directes ou indirectes sur les individus, les populations ou les écosystèmes. La connaissance des variations des concentrations de ces éléments dans l'environnement auraient probablement permis d'orienter la recherche des causes des perturbations observés. Ainsi, un suivi des apports des ETM est donc important même en absence d'effets toxiques avérés sur la biodiversité végétale et de l'écosystème forestier.**(Goudard,G ;2007)**

Le chêne vert (*Quercus ilex*), est un arbre forestier typique de forêt algérienne de semi-aride et qui occupe une très grande partie de cette dernière .Cet arbre a subi ces dernières décennies une dégradation importante sous l'action de différents facteurs parmi lesquels les éléments traces métalliques **(Lachebi, 2017)**

L'objectif de ce travail est de :

- déterminer les teneurs totales des métaux lourds (Plomb, Zinc) dans la partie foliaire du *Quercus ilex*.
- Étudier le pouvoir accumulateur de cette espèce vis à vis des ETM
- Définir l'effet des ETM sur la biodiversité végétale.

Notre travail est composé de deux parties, la première étant la synthèse bibliographique qui englobe deux chapitres : le premier est sur la biodiversité végétale et métaux lourds. Le deuxième présente le chêne vert. La seconde partie présente l'étude expérimentale, consacrée à la présentation du site d'étude, les méthodes utilisées et les résultats avec leur discussion. En terminant avec une conclusion et des perspectives.

I. Biodiversité végétale

I.1. Généralité sur la biodiversité végétale

Le terme biodiversité a été obtenu par la contraction des mots biologie et diversité. Biodiversité végétale désigne la diversité végétale des organismes vivants (flore) présents sur terre.

La flore correspond à l'ensemble des espèces végétales vivant dans un même espace géographique à une période donnée. **(El Hamrouni, 2011)**

En Algérie l'insécurité qui a régné pendant plusieurs années a souvent empêché la mise en œuvre de mesures de gestion ou de conservation ainsi que l'acquisition de données fiables sur le terrain **(Yahi et Benhouhou; 2010)**.

I.2. Biodiversité végétale menacées

Aujourd'hui, les végétaux disparaissent 100 à 1000 fois plus vite qu'avant l'arrivée de l'homme, et la perte additionnelle d'espèces menacées pourrait accélérer cette perte de façon significative, Aussi, chaque fois que 10 000 espèces s'éteignent, une seule nouvelle espèce a évolué, donc, le taux effectif de la perte de la biodiversité dépasse largement celui que la nature peut compenser par spéciation et adaptation **(Loreau et Hector, 2001)**.

Si toutes menaces sur la biodiversité végétale se concrétisaient, elles pourraient entraîner un épuisement des ressources naturelles, une perte des infrastructures végétales capables de résister à ces menaces, la disparition d'espèces emblématiques comme les plantes mellifères et enfin celle des informations génétiques contenues dans beaucoup d'espèces et en particulier les espèces actuellement en voie d'extinction comme par exemple les plantes endémiques **(Sammari et Gana, 1995)**

L'extinction des espèces végétales est liée principalement à l'activité anthropique, qui est à l'origine de différentes sources, tel que la pollution par les métaux lourds.

Face à ces diverses menaces l'Algérie a mis en place des dispositifs institutionnels et législatifs d'atténuer les impacts négatifs sur la biodiversité. **(Laouar, 2010)**

II. Eléments traces métalliques (ETM)

L'adjectif « trace » traduisant le fait que les métaux lourds sont présents dans tous les compartiments de l'environnement mais dans des quantités très faibles. Dans ce cas, l'appellation éléments traces métalliques ou ETM est souvent utilisée par de nombreux auteurs. Ce terme regroupe des éléments métalliques naturels trouvés à l'état de traces dans l'environnement. (Assad, M ;2017)

II.1. Définition

Les métaux « lourds » sont des éléments chimiques toxiques dont la masse volumique dépasse 5 g.cm⁻³, de numéro atomique supérieur à 20 et formant des précipités insolubles avec les sulfures. C'est le cas, par exemple, du zinc, du cuivre, du plomb, du mercure, du chrome, du manganèse, du cobalt, de l'argent, du nickel et du cadmium. Mais ce terme « métaux lourds » est discuté car imprécis et mal défini. En effet, sous ce terme sont également regroupés d'autres éléments toxiques appartenant aux metalloïdes tels que l'arsenic et le sélénium ou encore des éléments qui ne sont pas « lourds » tels que l'aluminium ou le béryllium. De plus, le terme « métaux lourds » est synonyme d'une certaine toxicité. Cependant, certains de ces éléments sont indispensables à de nombreux processus biologiques et sont ainsi appelés oligoéléments ; c'est le cas par exemple du zinc ou du cuivre.

D'autres n'ont aucun rôle biologique connu et sont donc toxiques, comme le mercure. La classification en métaux lourds est souvent discutée, car certains métaux toxiques ne sont pas particulièrement « lourds » (le zinc par exemple), tandis que certains éléments toxiques ne sont pas tous des métaux (l'arsenic notamment). Pour ces différentes raisons, la plupart des scientifiques préfèrent à l'appellation « métaux lourds », l'appellation « éléments traces métalliques » ou ETM (Wang et Chen, 2006)

Les éléments traces métalliques (ETM) correspondent aux 68 éléments minéraux constituant de la croûte terrestre avec des concentrations pour chacun d'entre eux inférieures à 0,1% représentant seulement 0,6 % du total des éléments (Baize, 1997). Ces éléments sont capables de s'accumuler dans les matrices biologiques et d'être toxiques pour les êtres vivants à des concentrations assez faibles (0.01 % de la matière sèche) (Nabuloet *al.*, 2011 ; Singh *et al.*, 2010). Certains ETM participent activement à certains processus biologiques en tant que cofacteur de certaines enzymes et sont nécessaires pour l'organisme, à de faibles concentrations. C'est le cas du bore (B), du cuivre (Cu), du fer (Fe), du manganèse (Mn), du molybdène (Mo) ou du zinc (Zn). Pour les autres éléments, comme Cd, Pb ou mercure (Hg), aucun rôle biologique n'est connu dans les organismes vivants (Alturiqi et Albedair, 2012 ; Alloway, 2013). (Fig.1)

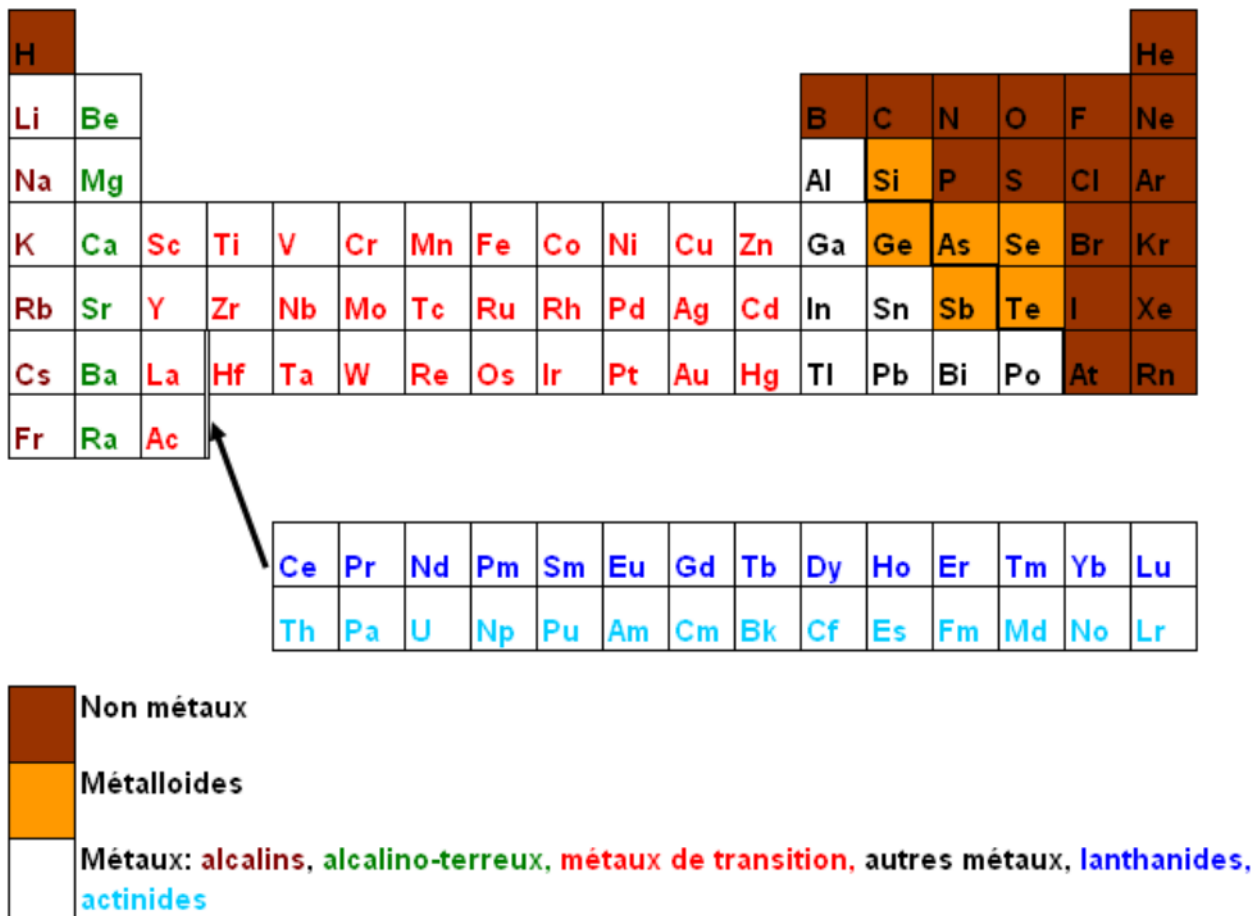


Figure1:Classification périodique des éléments (Atkins ; 2001)

II.2. Origine des métaux lourds

Les métaux lourds sont redistribués naturellement dans l’environnement par les processus géologiques et les cycles biologiques.

Les activités industrielles et technologiques diminuent cependant le temps de résidence des métaux dans les roches, ils forment de nouveaux composés métalliques, introduisent les métaux dans l’atmosphère par la combustion de produits fossilifères. Il faut différencier la part qui résulte de la contamination d’origine humaine (anthropogène) et la part naturelle. (Académie des sciences, 1998).

II.2.1. Les sources naturelles :

Parmi les importantes sources naturelles, citons l'activité volcanique, l'altération des continents et les incendies de forêts. La contribution des volcans peut se présenter sous forme d'émissions volumineuses dues à une activité explosive, ou d'émissions continues de faible volume, résultant notamment de l'activité géothermique et du dégazage du magma (**Darmendrail et al, 2000**).

II.2.2. Les sources anthropiques :

Les métaux provenant d'apports anthropiques sont présents sous des formes chimiques assez réactives et entraînent de ce fait des risques très supérieurs aux métaux d'origine naturelle qui sont le plus souvent immobilisés sous des formes relativement inertes (**Mckenzie et al, 1997**). Les sources anthropogènes sont les suivantes:

- * Activités pétrochimiques
- * Utilisation de combustibles fossiles (centrales électriques au charbon, chaudières industrielles, fours à ciment)
- * Transport (véhicules et moteurs routiers et non routiers, embarcations)
- * Incinération de déchets
- * Produits (interrupteurs électriques, amalgames dentaires, éclairages fluorescents)
- * Déchets urbains (eaux usées, boues d'épuration, ordures ménagères), agricoles

II.3. Principales propriétés physico-chimiques des métaux lourds

a- Solubilité

La solubilité dans l'eau indique la tendance à la mobilisation du métal par lessivage ou par ruissellement. La solubilité dépend de l'élément, des conditions chimiques de la phase aqueuse (pH, potentiel d'oxydoréduction, concentrations en ligands) et des phases solides environnantes. La solubilité d'un élément peut varier selon sa spéciation, c'est-à-dire sa répartition entre différents états de valence, qui représente un paramètre essentiel notamment pour l'arsenic et le chrome. (**Chafaa, M ; 2015**)

b- Stabilité

D'après **Certu (2004)**, contrairement aux contaminants organiques, les éléments métalliques sont indéfiniment stables en tant que tels et ne se dégradent pas dans l'environnement.

C- Volatilité

La volatilité influe sur la libération par évaporation naturelle des polluants infiltrés dans les sols. D'une façon générale, les métaux sont à considérés comme non volatils à l'exception du mercure. (**Chafaa, M ; 2015**)

II.4. Transferts des ETM dans le sol

Le devenir des ETM va dépendre de différents facteurs, tels que les paramètres physico-chimiques et biologiques des sols, qui vont contrôler les processus d'adsorption sur les surfaces des particules solides (argiles, hydroxydes, matières organiques), de complexation avec des ligands organiques, de précipitation de surface, d'échanges ioniques ou de précipitation sous forme de sels ou Co précipitation (**Vymazalet al., 2010 ; ElBishlawiet al., 2013**). Les flux de sortie des ETM du sol sont variés et assez difficiles à évaluer. Les ETM peuvent atteindre les eaux de surface ou souterraines via le transfert latéral ou vertical dans les sols (**fig.02**), ils peuvent être absorbés par les plantes ou les organismes du sol ainsi que par l'homme (**Pagnanelliet al., 2009**).

Les transferts latéraux et verticaux des ETM peuvent être sous forme de particules colloïdales (tels que les argiles, la matière organique dissoute, les microorganismes) ou solubles (**Walling et Collins, 2008 ; Rickson, 2013**). La méso- et macro-faune contribuent aussi au transfert des éléments traces métalliques (**Fernandez et al., 2007**).

Dans les sols, on admet généralement que les éléments traces sont ceux dont la concentration moyenne dans la croûte terrestre est inférieure à 0,1 %. Ils représentent ainsi 0,6 % du total, alors que les 12 éléments majeurs (Si, Al, Fe, Ca, Na, Mg, K, Ti, P, Mn, S et Ba) interviennent pour 99,4 % (**Baize, 1997**). La majorité des ETM présents dans les sols appartiennent à la famille chimique des métaux et métalloïdes, mais seulement une partie d'entre eux présente un intérêt écologique, biologique ou économique. Bien que le terme « éléments traces métalliques » (ETM) reste vague, il sera employé dans ce manuscrit car il est couramment admis dans la communauté scientifique et reste plus précis que son prédécesseur « métaux lourds ». L'aluminium, le fer et le manganèse, non considérés comme « traces », seront également considérés comme des éléments dangereux, car ils sont également toxiques pour les plantes ou les microorganismes à fortes doses. (**Assad, M ; 2017**). (**Fig 02**)

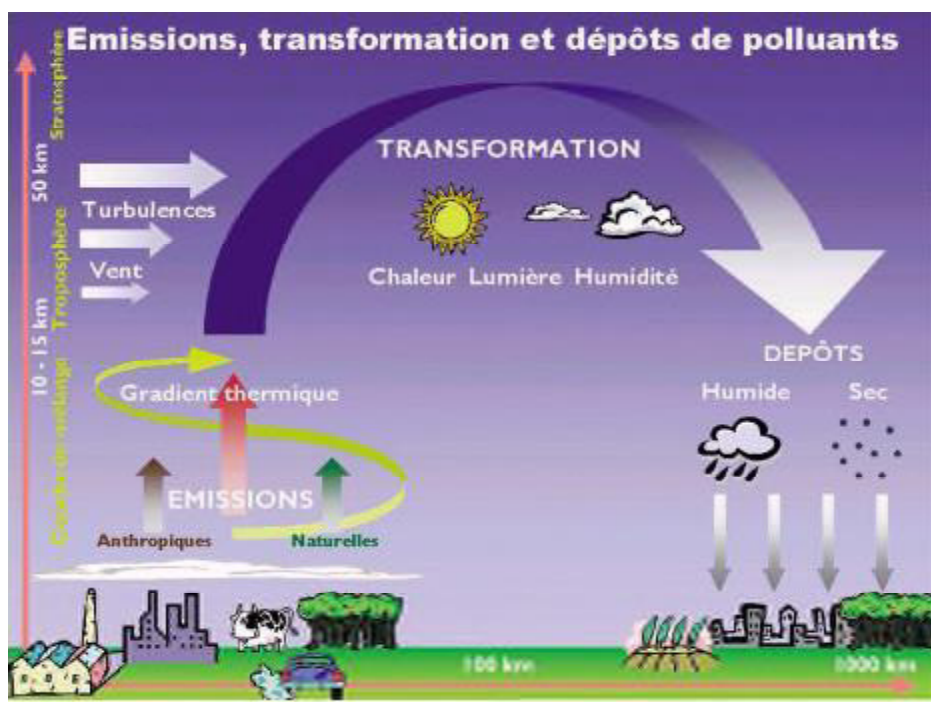


Figure 02 : Principaux flux des ETM dans le sol et dans l'atmosphère. (Baazaoui, 2009)

Il est à noter l'existence de circulations préférentielles des eaux et des colloïdes dans les sols en lien avec la porosité du sol, les galeries racinaires ou de vers de terre. L'érosion hydrique ou éolienne joue aussi un rôle important dans les transferts des ETM en surface de sols (Rickson, 2013).

II.5. Accumulation des métaux lourds dans la plante

Parmi l'ensemble des métaux lourds, une vingtaine d'entre eux sont indispensables aux processus physiologiques majeurs, en particulier la respiration, la photosynthèse ou l'assimilation des macronutriments comme l'azote, soufre...etc (Chafaa, 2015)

II.6. Toxicité et tolérance

Le premier effet des métaux lourds observable chez les végétaux est une inhibition de la croissance. Celle-ci s'accompagne très souvent de nombreux autres indices de dysfonctionnement : chlorose foliaire, importantes lésions nécrotiques, jaunissement progressif, repliement ou dessèchement du feuillage. La tolérance aux métaux résulte principalement de processus internes de détoxification active des cations métalliques (Baker, 1981), qui demeurent à l'heure actuelle encore mal connus.

Pour survivre, les espèces tolérantes ont dû développer des capacités physiologiques existantes ou en créer des nouvelles.

Le tableau ci-dessus présente les seuils de tolérances de certaines ETM vis avis des plantes

Tableau N°1: Teneurs normales en métaux lourds dans les plantes (mg/Kg de matière sèche (Prasad et al ,2003).

ETM	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Mn	Zn	Co	Fe
Teneur dans les plantes	0,05	1.5	10	1.5	1.0	200	50	0.2	150

II.6.particularités de quelques métaux lourds

II.6.1. Le cadmium :

Dans le sol, le Cd se trouve sous les formes chimiques suivantes:

Cd²⁺, CdSO₄, CdCl₂, CdHCO₃⁺, CdO, CdCO₃, Cd(PO₄)₂, CdS .

Le cd est Très disponible, le Cd peut s'accumuler dans les racines ou les parties aériennes. Le chaulage peut diminuer le transfert du Cd vers les plantes. Le Cd est plus mobile dans le sol que le Cu et le Pb, donc plus disponible pour les plantes. Le Cd est considéré comme cancérigène pour l'homme et il présente des effets génotoxiques (**Bourrelier et al., 2008**). Les apports anthropiques de Cd dans les sols sont importants par rapport aux autres métaux lourds, par l'industrie (essentiellement par voie atmosphérique), les engrais phosphatés, l'épandage de déchets.

II.6.2.le zinc :

Dans le sol, le Zn est sous les formes chimiques suivantes:

Zn²⁺, ZnSO₄, ZnHCO₃⁺, ZnCO₃, ZnFe₂O₄, Zn₂SiO₄, Zn₃(PO₄)₂

Le Zn est fortement disponible, et se trouve en quantités plus élevées dans les racines que dans les parties aériennes. Le chaulage diminue le transfert du Zn vers les plantes.

Les formes solubles de Zn sont facilement assimilables par les plantes. La vitesse d'absorption dépend largement du genre, de l'espèce et de la variété (450g de Zn/ha/an pour une culture de maïs, 670gZn/ha/an pour hêtraie de 130ans).

Le Zn est peu toxique pour l'homme et ses dangers résultent plutôt d'une déficience. De même, la carence en Zn est plus fréquente chez les ruminants que ses manifestations toxiques (**Bourrelier et al, 2008**).

Les apports anthropiques de Zn résultent de trois groupes d'activités majeures (**Baize et al, 1997**) :

- Les sources minières et industrielles: traitement du minerai, raffinage, galvanisation du fer, gouttières, toitures, fabrication de piles électriques, piments, matières plastiques, caoutchouc.
- Les épandages agricoles: on retrouve le Zn en abondance dans les lisiers.
- De nombreuses activités urbaines et le trafic routier libèrent du Zn dans l'environnement, toitures, gouttières, usure de pneus de voitures, incinération des déchets domestiques.

II.6.3.Plomb :

Dans le sol le Pb se trouve sous les formes chimiques suivantes:

Pb²⁺, PbHCO₃⁺, PbOH⁺, PbSO₄, Pb(OH)₂, PbCO₃, PbO, Pb(PO₄)₂, PbO(PO₄)₂, PbCl⁺

Le Pb est très peu prélevé par les racines des plantes où il s'accumule. Le transfert sol-plante du Pb est négligeable par rapport au dépôt direct sur les parties aériennes de poussières contenant du Pb, surtout dans les zones urbaines ou industrielles ou le long des grands axes routiers.

Le Pb est très toxique pour l'homme. Le fœtus et le jeune enfant sont particulièrement sensibles à l'effet toxique neurocomportemental du Pb, caractérisé par une baisse peu ou pas réversible des facultés cognitives (**Pugh et al, 2002**).

Les apports anthropiques de Pb résultent de cinq groupes d'activités (**Baize, 1997**) :

- Les sources principales sont liées à l'utilisation de composés organométalliques comme antidétonants dans les moteurs à explosion. Le métal est alors rejeté par les gaz d'échappement. Les sources industrielles: libération de Pb par les usines de traitement du minerai ou lors de recyclage des batteries.
- Les déblais des mines, carrières et les poussières des crassiers.
- Les boues de station d'épuration.

- Certains pesticides étaient fabriqués à base de Pb.
- Le Pb est l'un des polluants métalliques les moins mobiles dans le sol.

II. Description de l'espèce

II.1. Caractères généraux du chêne vert

II.1.1 Caractères botaniques du chêne vert

Le chêne vert *Quercus ilex* L. est une espèce sempervirente de la famille des Fagacées. Il est considéré comme l'une des espèces les plus caractéristiques de la région méditerranéenne. (Boudy, 1952).(Fig°03)



Figure N°03 : Arbre du chêne vert (*Quercus ilex*), cliché (Djellaoui, Boutebel ; 2019)

a) Taxonomie du chêne vert**Embranchement :** Spermaphytes**Sous-embranchement :** Angiospermes**Classe :** Dicotylédone**Ordre :** Fagales ou « Apétales »**Famille :** Fagacées ou « cupulifères »**Genre :** *Quercus***Espèce :** *Quercus ilex***b) Description**

Le chêne vert est très polymorphe. Aussi est-il difficile de le décrire avec précision. Pourtant on l'identifie facilement car il est l'un des rares chênes à feuilles persistantes. On le distingue bien de *Quercus suber*, lui aussi à feuilles persistantes mais caractérisé par son écorce. On le distingue de *Quercus coccifera* dont les feuilles, également persistantes, sont petites et piquantes, et dont la fructification est bisannuelle. Parfois, cependant, on a signalé bien à tort la présence de chênes verts là où n'existait que le chêne Kermès.

L'arbre a un enracinement pivotant, profond, pouvant atteindre 10 m et des racines latérales, traçantes et drageonnâtes. Il peut dépasser 20 m en hauteur. On trouve des arbres de 25 à 30 m de hauteur, et de plus de 3 m de circonférence.

Les feuilles restent sur l'arbre pendant plus d'une année, parfois jusqu'à la troisième et même la quatrième année. Elles sont coriaces, concaves, ne se plient pas selon la nervure centrale. Leur forme et leur taille sont variables : elliptiques, lancéolées, arrondies, longues de 2 à 9 cm, large de 1 à 4 cm parfois plus. Sur le même sujet, parfois sur la même branche, on peut trouver des feuilles, de forme et de dimension très différentes, selon qu'elles ont poussé à la base ou à l'extrémité du rameau.

Elles sont à la face supérieure glabre et d'un vert foncé, grise et pubescentes à la face inférieure. Leur bord peut être uni ou finement denté et ondulé. Elles portent de sept à douze paires de nervures. Le pétiole a environ 0,5 à 2 mm de longueur. Depuis longtemps on distingue les chênes verts à feuilles oblongues et les chênes verts à feuilles arrondies.

Dans les taillis, le chêne vert est précoce et fructifie la quatrième ou la cinquième année. Le gland peut être fertile vers six ou sept ans mais la glandée n'est abondante que vers dix ou quinze ans.

C'est une espèce monoïque et vraisemblablement dotée d'un système d'auto-incompatibilité, la pollinisation est anémophile.

Les chatons des fleurs mâles sont allongés et pubescents, très abondants et parfois recouvrent entièrement l'arbre d'une couleur jaune à reflets roux.

Les fruits (glands) sont sessiles sur les ramuscules de l'année, la fructification annuelle

(Novembre-Décembre) ne commence que lorsque l'individu atteint douze ans environ, devient appréciable vers vingt-cinq-trente ans et abondante entre cinquante et cent ans

Les glands sont de forme très variable : ovoïdes, subsylindriques, globuleux ; leurs longueur varie de 1,5 à 3 cm et leur diamètre de 1 à 1,5 cm.

La plupart des glands sont amers et ne sont pas comestibles pour l'homme, mais ils sont tous très appréciés des animaux. **(Boudy, 1952).**

c) Variétés de *Quercus ilex* :

Les variétés que l'on a pu distinguer chez *Quercus ilex* sont très nombreuses. **(Camus, 1936-1954)** en cite une bonne cinquantaine, basée sur la forme de la feuille, du pétiole, des rameaux, de la cupule, de la saveur du gland, etc....

De nos jours une distinction tend à prévaloir, entre *Quercus ilex* et une espèce voisine : *Quercus rotundifolia*. Elle est basée essentiellement sur la forme des feuilles : longues et abondamment nervurées pour *Quercus ilex*, rondes et pauvrement nervurées pour *Quercus rotundifolia*. On reconnaît aux deux espèces des tempéraments et des aires de répartition sensiblement différents.

Mais pour beaucoup d'auteurs, quand on parle de *Quercus ilex*, ce sont les deux espèces que l'on désigne, et *Quercus rotundifolia* est qu'une variété méridionale et occidentale de *Quercus ilex*.

Les deux espèces s'hybrident d'ailleurs très facilement entre elles, ce qui complique la distinction.

Toutes deux s'hybrident, en outre, fréquemment avec *Quercus coccifera* pour donner *Quercus Auzendi* dont la feuille est proche de celle de *Quercus coccifera* et le fruit proche de celui de *Quercus ilex* pour ses cupules à écailles sont piquants. Plus rarement, *Quercus ilex* s'hybride avec *Quercus suber* pour donner *Quercus morosic* dont la cupule est assez proche de celle de *Quercus suber* mais l'écorce est très faiblement liégeuse.

II.1.2. Caractères climatiques :

Le chêne vert est une essence robuste, très plastique, qui s'accommode à différents types de climats.

Il supporte autant les froids hivernaux que les grandes sécheresses estivales. En effet, le chêne vert peut supporter un indice xérothermique de 0 à 150.

Vis-à-vis de la température, le chêne vert supporte une variation de température minimale (*m*) allant de -3°C à + 7°C, atteignant une valeur de -7°C au Maroc ; la limite inférieur extrême étant -15°C. Il résiste à des températures maximales (*M*) pouvant atteindre 42°C.

Quant aux précipitations, il admet une tranche pluviométrique variant de 384 mm à 1462 mm (**Sauvage, 1961**) ; mais il peut atteindre un minimum de 250 mm selon (**Barry et al, 1976**).

Le tri des espèces par le froid placerait le chêne zeen et le chêne vert en tête ; suivis en ordre décroissant par le pin d'Alep, l'alfa, le thuya et le chêne liège (**Alcaraz, 1970**).

Pour les précipitations, le classement serait le suivant : *chêne zeen*, *chêne liège*, chêne vert, *oleastre* et *thuya* (**Sauvage, 1961**).

Son aptitude à s'accommoder à des conditions climatiques variées permet aussi de couvrir plusieurs étages bioclimatiques semi-aride, sub-humide dans leurs variantes froides, fraîches et tempérées et même très froides au Maroc.

Dans l'étage semi-aride il représente le type xérophile de la chênaie verte, localisée en Algérie, dans les Aurès et les montagnes du sud Oranais. Mais c'est dans les étages subhumide et humide qu'il connaît son plein développement en peuplant de vastes massifs forestiers surtout dans la partie occidentale de l'Algérie.

II.1.3. Caractères édaphiques :

Le chêne vert présente une grande plasticité édaphique. Il est indifférent à la composition chimique du substrat (Maire, 1926 ; Boudy, 1952 et Quezel, 1976, 1979). En effet, en Algérie on le rencontre sur grès, calcaires, marno-calcaire, dolomies et schistes. Il s'accommode de tous les types de substrat siliceux ou calcaire et de sols superficiels ou profonds. Cependant le chêne vert, comme les principales essences forestières, fuit les substrats mobiles et les sols hydromorphes (Achhal, 1979).

II.2. Répartition géographique :

II.2.1 : En bassin méditerranéen :

L'aire de distribution du chêne vert au niveau du bassin méditerranéen est représentée sur la figure suivante :

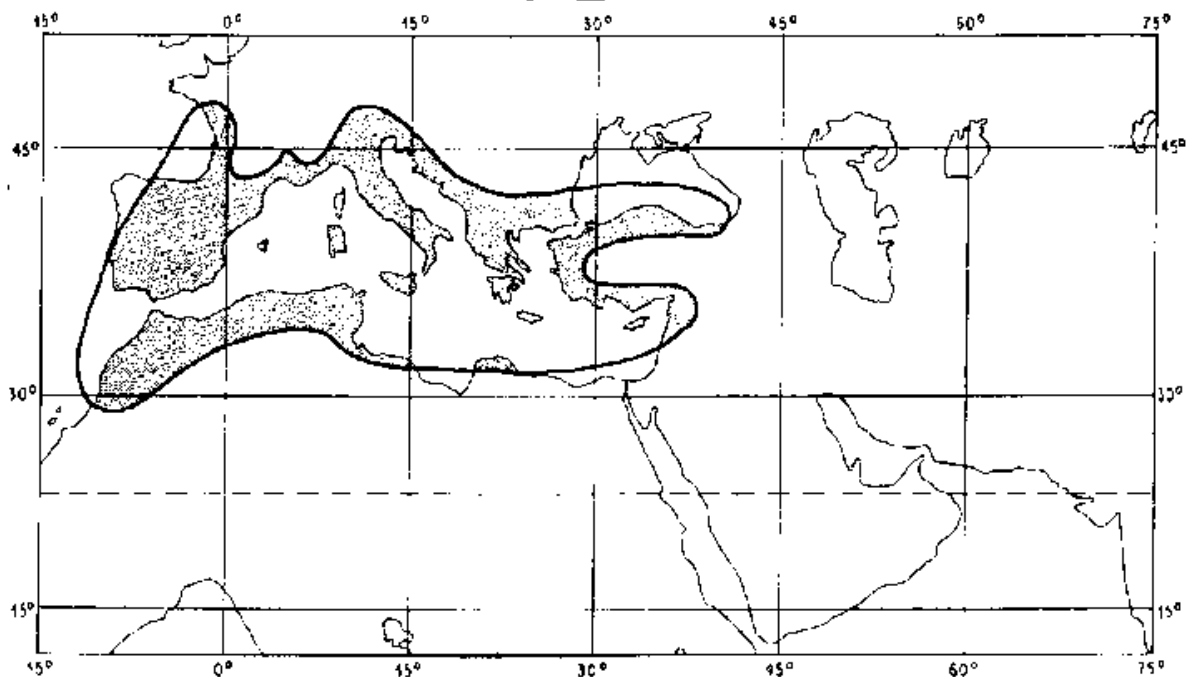


Figure N°04 : Distribution de *Q. ilex* dans le Bassin Méditerranéen. (Barbero et Loisel, 1980)

Quercus ilex s'étend sur presque tout le bassin méditerranéen; parfois il le déborde. C'est cependant dans le bassin occidental de la Méditerranée qu'il est le plus répandu

Le chêne vert est une espèce à vaste répartition, les formations les plus âgées se rencontrent en Asie centrale ; il s'étend depuis la Grande Bretagne jusqu'en Himalaya (**Boudy, 1955**). *Quercus ilex* se trouve principalement dans la partie occidentale du bassin méditerranéen et voit son aire de distribution diminuée dans la partie centrale du bassin pour disparaître totalement dans la zone orientale. La limite septentrionale de cette aire de distribution semble résulter de la concurrence avec des espèces mieux adaptées, plutôt que d'une inadaptation aux conditions climatiques, car l'amplitude écologique du chêne vert est très importante tant du point de vue climatique (thermique et hydrique) qu'édaphique (**Barbero et al, 1992**).

Il est difficile de donner une statistique de la répartition de cette espèce parfois disséminée, parfois mélangée et souvent très dégradée. C'est seulement pour le bassin occidental de la Méditerranée que l'on peut avancer des chiffres, avec beaucoup de prudence notamment quand il n'y a pas d'inventaire forestier.

Espagne 2890.000 ha

Portugal 530.000 ha

France 350.000 ha

Italie 380.000 ha

Tunisie 80.000 ha

Algérie 680.000 ha

Maroc 1340.000 ha

II.2.2.En Algérie :

Le chêne vert occupe une très grande partie de la surface forestière Algérienne : Les plus importantes chênaies sont localisées en Oranie, en peuplements purs ou mélangés avec le pin d'Alep dans la région de Tiaret, et de Saïda. Il se trouve sous forme de futaies âgées dans la région de Tlemcen. (**fig N°5**)

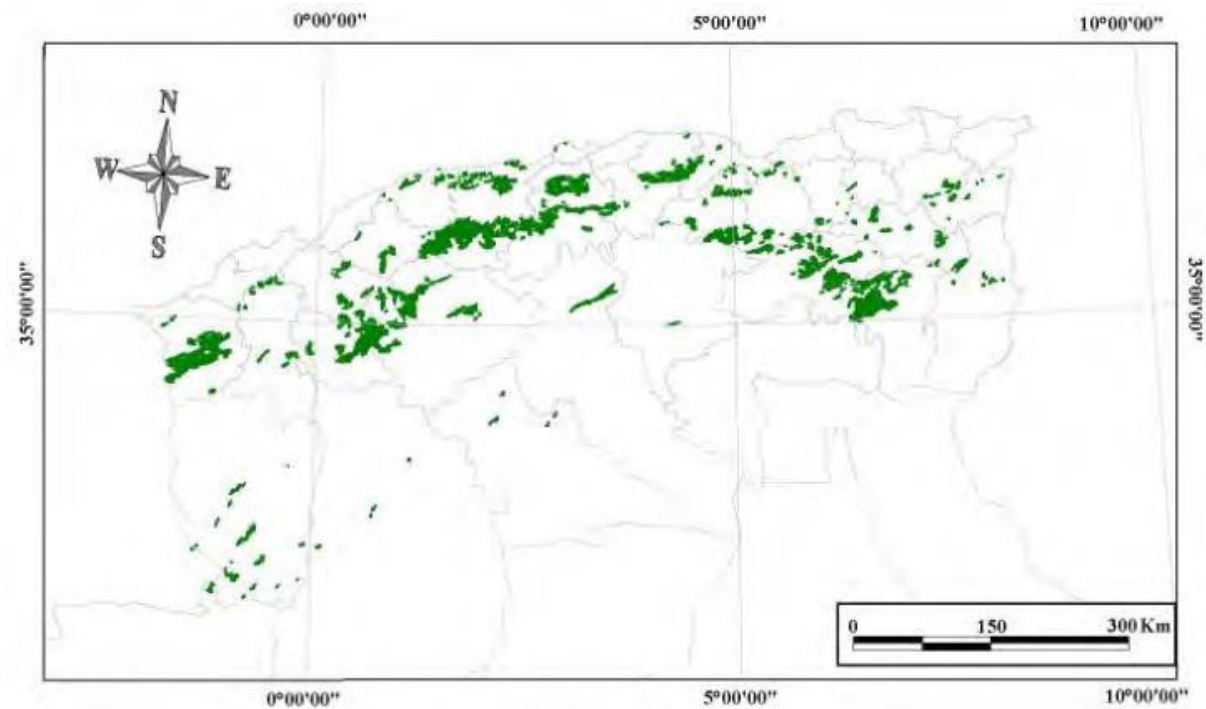


Figure N°05 : Répartition du chêne vert en Algérie Source : **DGF Modifié 2007**

On trouve le chêne vert sur les régions côtières, les massifs montagneux, littoraux et l'Atlas Tellien inclus dans le domaine Maghrébin-Méditerranéen où il se mélange au cèdre, au chêne zeen et au chêne afares ; dans l'étage humide frais (**Barry et al., 1976**).

Dans l'étage sub-humide, il entre en concurrence avec le chêne liège (sur sol silicieux) ou encore avec le pin d'Alep. Dans son faciès continental, de l'étage semi-aride froid et frais lié au domaine magrébin-steppique, il se mélange au pin d'Alep et au genévrier rouge. Dans la variante tempérée du semi-aride, il entre en contact avec le Thuya.

I. zone d'étude :

I.1 Localisation géographique :

Située à 340 km de la capitale Alger au nord-ouest du pays, la wilaya de Tiaret se présente comme une zone de contact entre le Nord et le Sud. Le territoire de la wilaya est constitué de zones montagneuses au Nord, de hautes plaines au centre et des espaces semi-arides au Sud. Elle s'étend sur un espace délimité entre 0.34° à 2.5° de longitude Est et 34.05° à 35.30° de latitude Nord.

Tiaret occupe une superficie de 20.086,62 km², elle couvre une partie de l'Atlas tellien au Nord et les hauts plateaux au centre et au Sud. Elle est délimitée au Nord par les wilayas de Relizane, Chelef et Tissemsilt, à l'Ouest par les wilayas de Mascara et Saida, à l'Est par la wilaya de Djelfa, au Sud et Sud-est par Laghouat et El Bayadh (**Site officiel de la wilaya, 2018**).

Notre zone d'étude nommée Kbouba est un maquis dégradé situé dans la commune d'Oued Lili, wilaya de Tiaret (Fig.°6). Elle couvre une superficie de 12,80 ha dont le chêne vert occupe 45% de la superficie totale. (**CFT, 2019**)

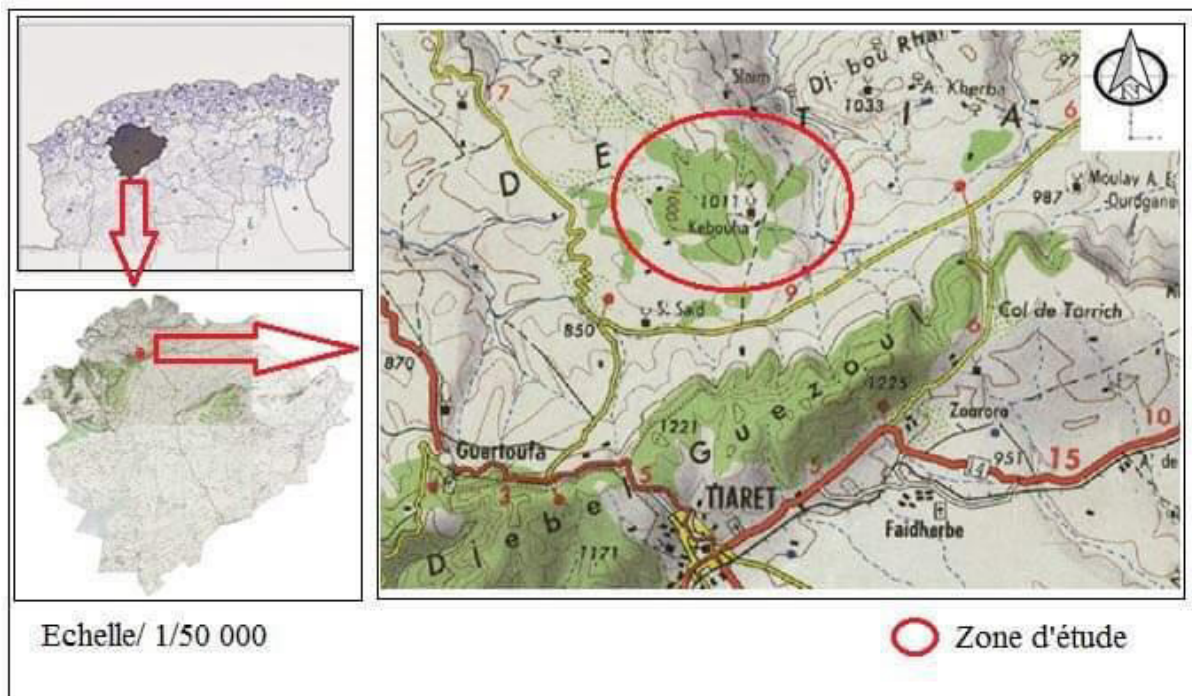


Figure N°06 : Localisation de la zone d'étude (CFT, 2019).

I.2. Relief et géomorphologie :

L'analyse des photographies aériennes (1/100.000), permet d'identifier quatre unités géomorphologiques distinctes et plus ou moins homogènes. (Duvignaud, 1992). Il s'agit de : l'unité des bas piémonts l'Ouarsenis, l'unité des collines de Tiaret, l'unité du plateau du Sersou et les parcours steppiques (fig.N°07)

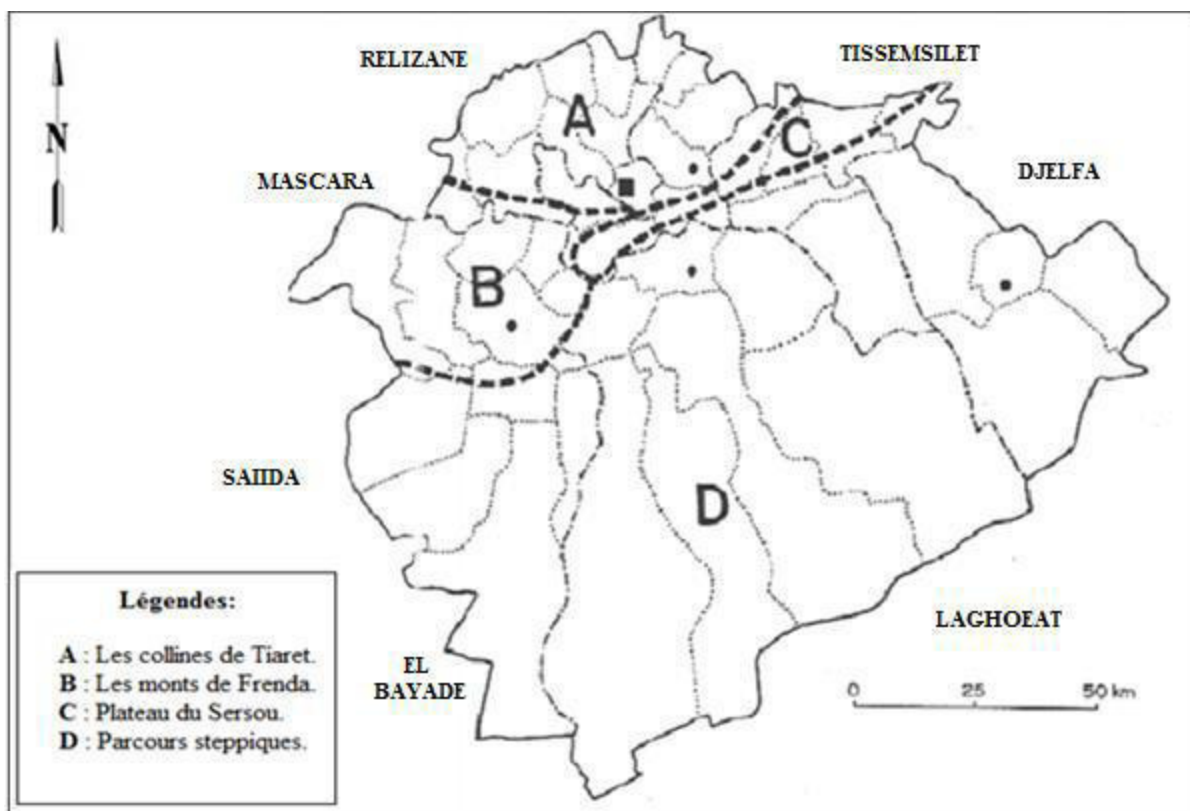


Figure N°7 : Les régions naturelles de la wilaya de Tiaret (Duvignaud, 1992).

D'une manière globale le relief est caractérisé par le versant méridional du chaînon de l'Atlas tellien (Ouarsenis) qui constitue sa limite septentrionale, au Sud-Ouest par les monts de Frenda.

La caractérisation des différentes zones a été synthétisée à partir d'une étude récente portant rapport sur les ressources naturelles et évaluation des terres établie en 1995 par

l'Institut Technique des Grandes Cultures, Algérie (ITGC) et l'Institut Agronomico per l'Oltremare, Italie (IAO).

La majeure partie de notre zone d'étude s'étale dans les collines de Tiaret (zone A) **(P.A.W.T, 1988)**.

I.3.Géologie :

Du point de vue géologique le territoire de la wilaya est subdivisé en deux domaines : le domaine tellien et le domaine pré-Atlassique **(P.A.W.T, 1988)**.

Contrairement au domaine pré-Atlassique qui couvre particulièrement les zones steppiques, notre zone d'étude appartient au domaine Tellien, ce dernier caractérisé par les formations qui correspondent aux placages Plio-Quaternaire abritant la zone du Sersou; le Miocène supérieur et moyen relatif à l'ensemble de MechraaSfa Tagdempt et Djebel Guezoul; le Miocène inférieur s'étend de Tiaret à Dahmouni; l'Oligo - Miocène correspond aux Tiaret et enfin, l'Eocène calcaire se trouve au Nord-Ouest de la wilaya s'étalant de Rahouia à Djillali Ben Amar **(P.A.W.T, 1988)**.

I.4. La couverture pédologique :

Le sol reste l'élément principal de l'environnement, qui règle la répartition des espèces végétales. La mise en place du climat, de la végétation et des sols méditerranéens est très ancienne et très complexe. Elle commença au début du quaternaire et s'affirme à partir de l'holocène. Il s'agit dans ce contexte de sols anciens selon le concept de **(Duchaufour, 1983)** c'est-à-dire des sols ayant évolué pendant plus de dix milles ans, avec des phases d'accélération et de ralentissement, mais dont le processus fondamental est resté pratiquement le même pendant toute la durée de l'évolution.

Les sols les plus répandus dans la wilaya de Tiaret sont déterminés dans la **(figure N°8) (IFN, 2009)**

- Les sols marneux.
- Les sols calcaires et dolomites dures.
- Les sols calcaires friables.
- Conglomérat, alluvions et sables.

- Conglomérat.

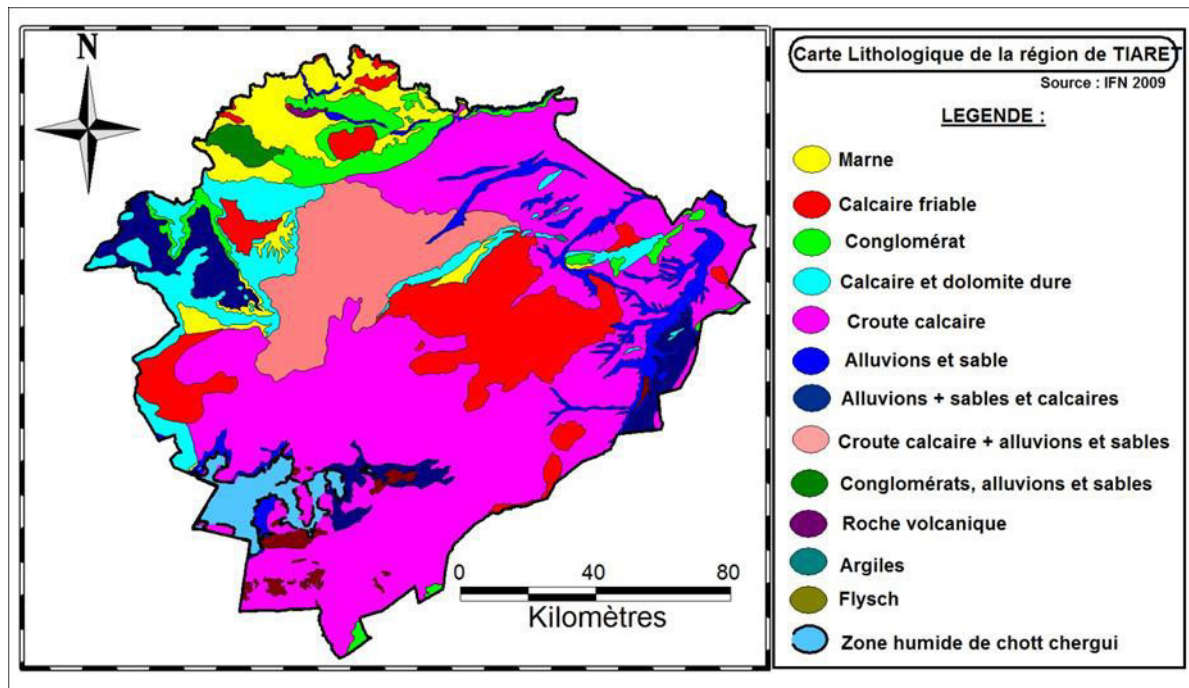


Figure N°8 : Carte lithologique de la wilaya de Tiaret (CFT, 2014)

1.5. Hydrologie :

D'après le site officiel de la Direction de l'Hydraulique (www.wilaya-tiaret.dz/dhw.html, 2014), les nappes aquifères reconnues à travers le territoire de la Wilaya recèlent d'importantes ressources hydriques dont 53% sont utilisées au profit de l'alimentation en eau potable, à l'irrigation et l'alimentation des unités industrielles. Ces nappes sont mal délimitées et mal quantifiées. Elles nécessitent un bilan hydrogéologique et un suivi rigoureux.

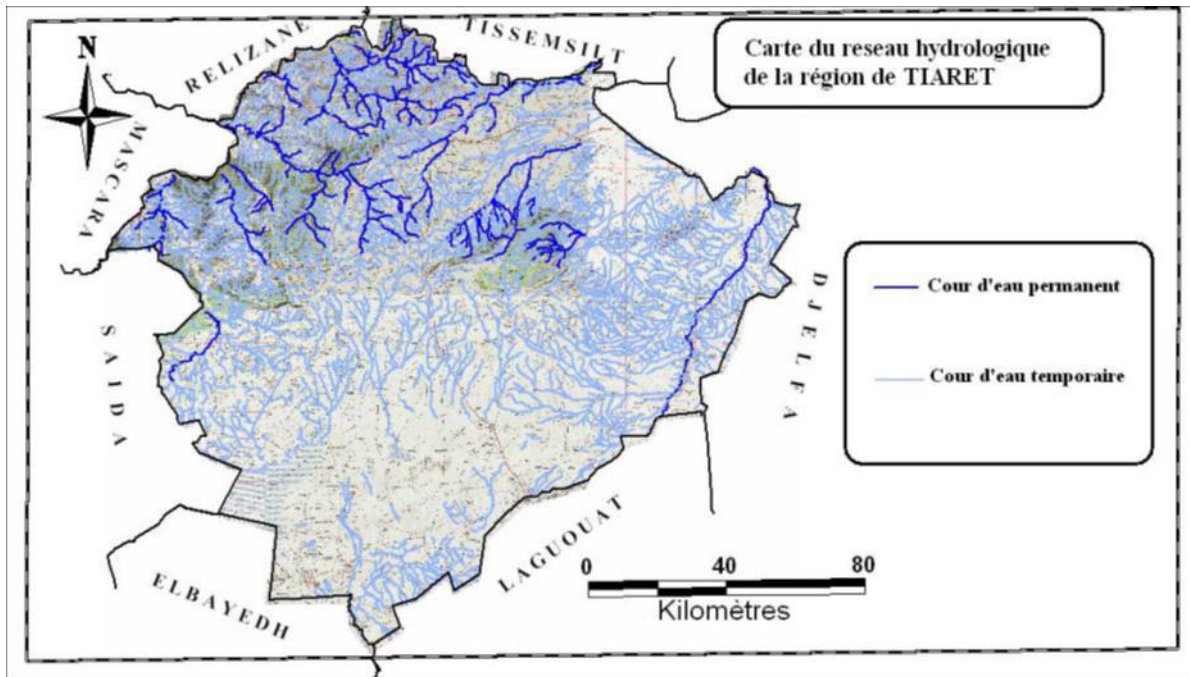


Figure N° 9 : Réseau hydrologique de la région de Tiaret (CFT, 2018).

Le climat est un élément primordial, son irrégularité spatiale et temporelle implique des études de plus en plus fines pour mieux comprendre son action sur la distribution des différentes espèces végétales. Il s'agit donc de mettre en évidence les relations qui existent entre la végétation et les facteurs climatiques.

Emberger, (1930 et 1971) a particulièrement souligné ce rôle en ce qui concerne la végétation méditerranéenne et en **1939** il montre que les données écologiques, et en particulier bioclimatiques, influent considérablement sur l'individualisation de la végétation.

I.6.Le climat :

Le climat de la région de Tiaret est de type semi-aride à hiver froid, les précipitations annuelles moyennes s'élèvent à plus 350 mm. Les températures connaissant de grandes fluctuations dans la région (en dessous de 0°C). Cette influence de la température freine quelque peu le processus d'alimentation des nappes souterraines qui en fait ne s'opère que sur une période assez courte (janvier à avril).

Les données climatiques de la région de la période 2006-2018 sont figurées sur le tableau 10.

Tableau N°02 : Données climatiques relatives à la région de Tiaret (Source : Station météorologique d'AIN BOUCHEKIF, Wilaya de Tiaret, 2018)

Année	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
T moy Annuelle (°C)	15.8	14.8	15	15.4	15.5	15.3	14.2	14.6	15.8	15.7	15.7	16.0	14.7
PP totale annuelle (mm)	534.4	410.9	382.2	542.5	492.5	355.8	396.7	662.1	551.9	278.1	334.0	299.1	615.1

I.6.1. Classification en fonction des précipitations :

La délimitation des étages des végétations a été faite selon (**Rivas-Martinez, 1981**) où le climat est divisé en étages bioclimatiques(**tab N°03**)

Tableau N°03 : Classification des étages bioclimatiques en fonction des précipitations

Etages bioclimatiques	Précipitations en (mm)
Sub-humide	600-800
Semi-aride	400-600
Aride supérieur	300-400
Aride moyen	200-300
Aride inférieur	100-200
Sahara	<100

Selon les données du tableau 03, le climat de la région de Tiaret est classé de la manière suivante :

- Le Sub-humide pour la période de 1918-1938 avec une moyenne annuelle des précipitations égale à 622mm.
- L' Aride supérieur pour la période de 1984-2014 avec une moyenne annuelle des précipitations égale à 349,1 mm.

I.7. Le choix des sites d'échantillonnage :

Nous avons choisi onze stations différentes. L'espèce du chêne vert qui fait l'objet de notre étude provient de la forêt domaniale de Torriche, région de Kbouba wilaya de Tiaret.

Le choix des sites est dicté par les conditions suivantes :

La présence des sources anthropiques de contamination, elle est à mettre en relation avec sa localisation dans une zone de carrière, à proximité du trafic routier et près des terres agricoles comme les présente la fig. N°10

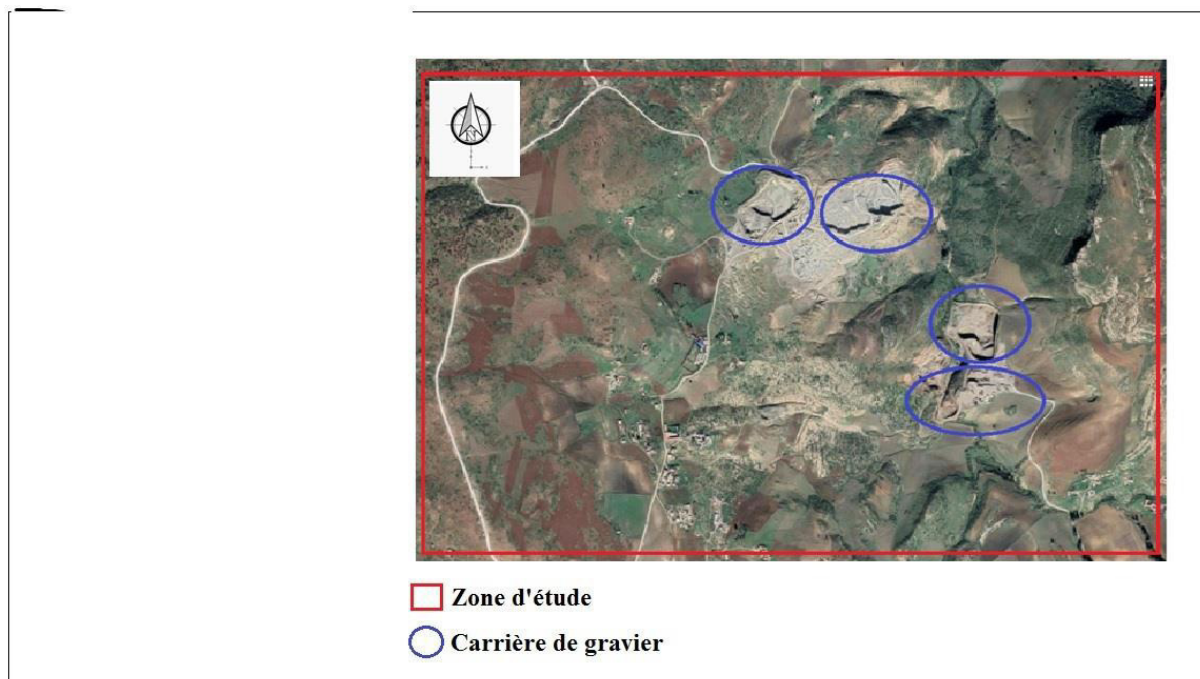


Figure N°10: Situation géographique de la zone d'étude (KBOUBA).

II.1. Choix de l'espèce végétale :

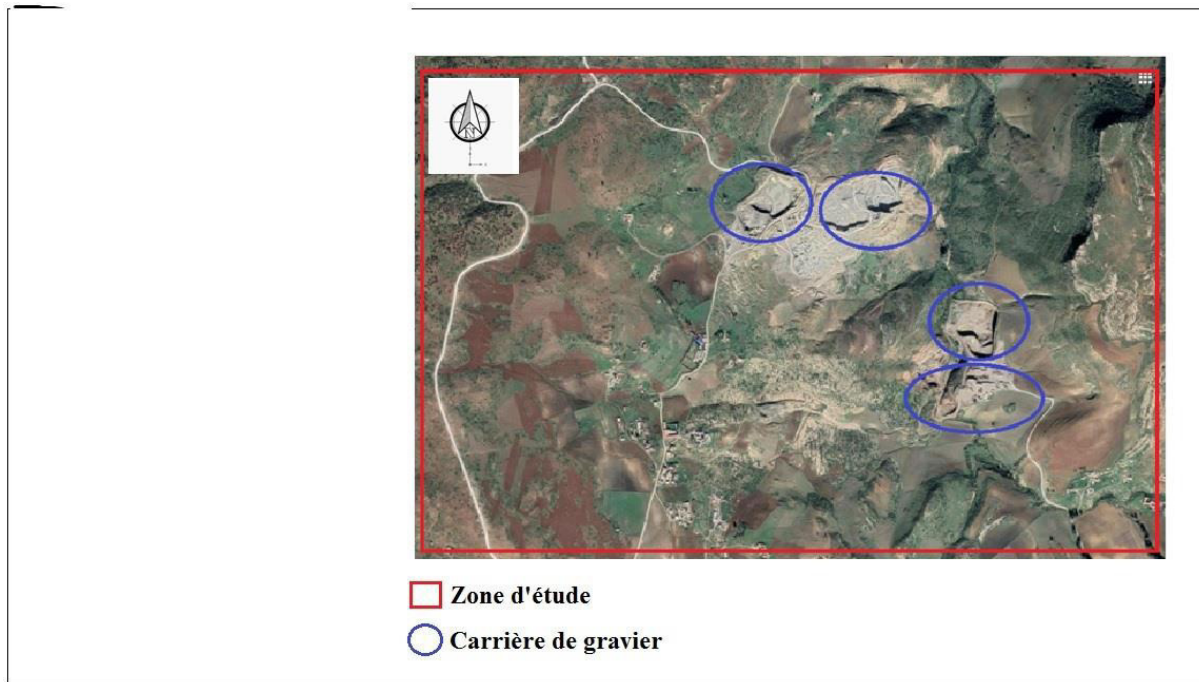
Le choix de *Quercus ilex* s'est porté sur sa forte disponibilité dans la zone d'étude (45% de couverture végétale) (CFT, 2019) et sur son utilisation dans la bio-indication (Lachebi, 2017).



Figure N°11 : *Quercus ilex* de la zone d'étude (cliché : Djellaoui et Boutebel ; 2019)

II.2. Échantillonnage et points de prélèvement :

L'étude a été faite sur onze stations entourées de carrières, d'une zone agricole et un trafic routier. Chaque station contient trois à six pieds de chêne vert



.Figure N° 12 : zone de prélèvement des échantillons (CFT, 2019)

II.3.préparation des échantillons :

Après avoir récolté la partie foliaire on a effectué les étapes suivantes :

- Le séchage dans une étuve à une température de 105°C pendant 24 heures.
- Le broyage des échantillons déshydratés à l'aide d'un broyeur.
- Mettre 0.25g de poudre broyée de chaque échantillon dans des creusés en porcelaine dans un four à moufle à une température de 450°C pendant 07heures afin d'éliminer la matière organique
- L'ajout de 100 ml de la solution préparée d'un mélange d'HCL et l'HNO₃ (5/1.V/V)
- Effectué une minéralisation sous haute des cendres à l'aide d'un bain de sable. Puis, l'ajout de 10 ml d'eau distillée sur les échantillons dans des tubes à essai.

II.4. Analyses des métaux lourds :

a- Appareillage

La quantification des métaux lourds en solution est réalisée par la spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif (ICP-MS). **Figure N° 13**

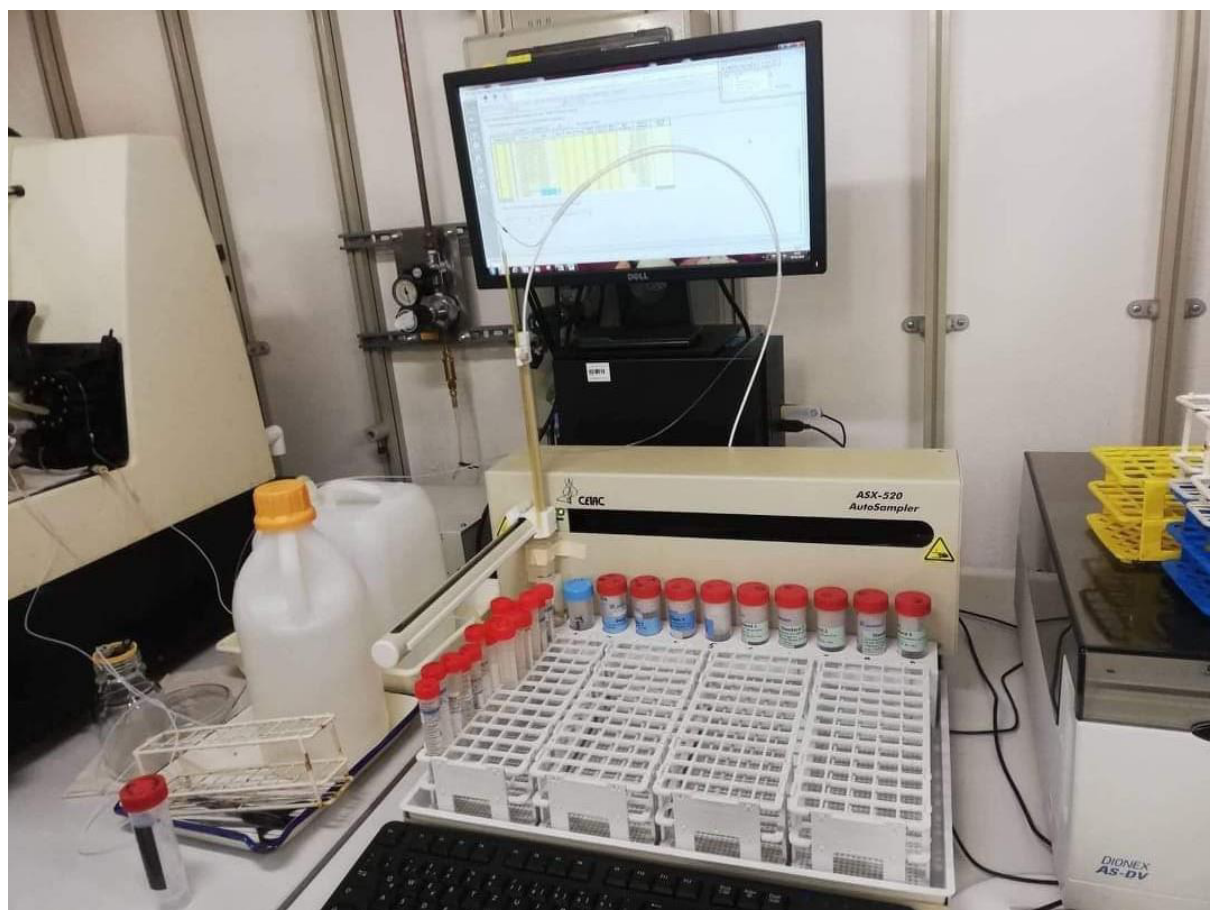


Figure N°13 : La spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif (ICP-MS)(**cliché soudani ;maamar 2019**)

b- Principes de fonctionnement

La spectrométrie (ICP-MS) est une technique instrumentale d'analyse reposant sur la séparation, l'identification et la quantification des éléments constitutifs d'un échantillon en fonction de leur masse. Elle est basée sur le couplage d'une torche à plasma générant des ions et d'un spectromètre de masse quadripolaire.

La méthode analytique varie également selon le métal et la concentration à déterminer. Les métaux les plus couramment dosés sont le cadmium (Cd), le plomb (Pb) et le zinc (Zn), classiquement analysés dans le cas d'étude d'impact de projets routiers. Les autres métaux [le cuivre (Cu), le cobalt (Co), le chrome (Cr), et le fer (Fe)] sont plus souvent recherchés dans le cas d'étude de sols de type friche industrielle (**Pinta ,1980**).

II.5.Choix du métal a dosé :

Dans ce travail, nous avons déterminé divers polluants particulièrement le zinc et le plomb, afin d'évaluer le risque de contamination de la partie foliaire du chêne vert, nous avons également comparé les résultats avec celles des valeurs normales et avec d'autres études.

L'interprétation des données obtenues par ICP_MS a été faite par logiciel **STATISTICA version 8**

wIII.1. Concentration du plomb et du zinc dans le *Quercus ilex* :

III.1.1. pour le plomb:

a). Classification Hiérarchique Ascendante CHA pour le Plomb (pb) :

Pour mieux comprendre les résultats obtenus et pour les simplifier, nous opté à faire une classification hiérarchique qui groupe tous les résultats de même ampleur en classe. Les résultats de la CHA sont représentés dans la figure suivante :

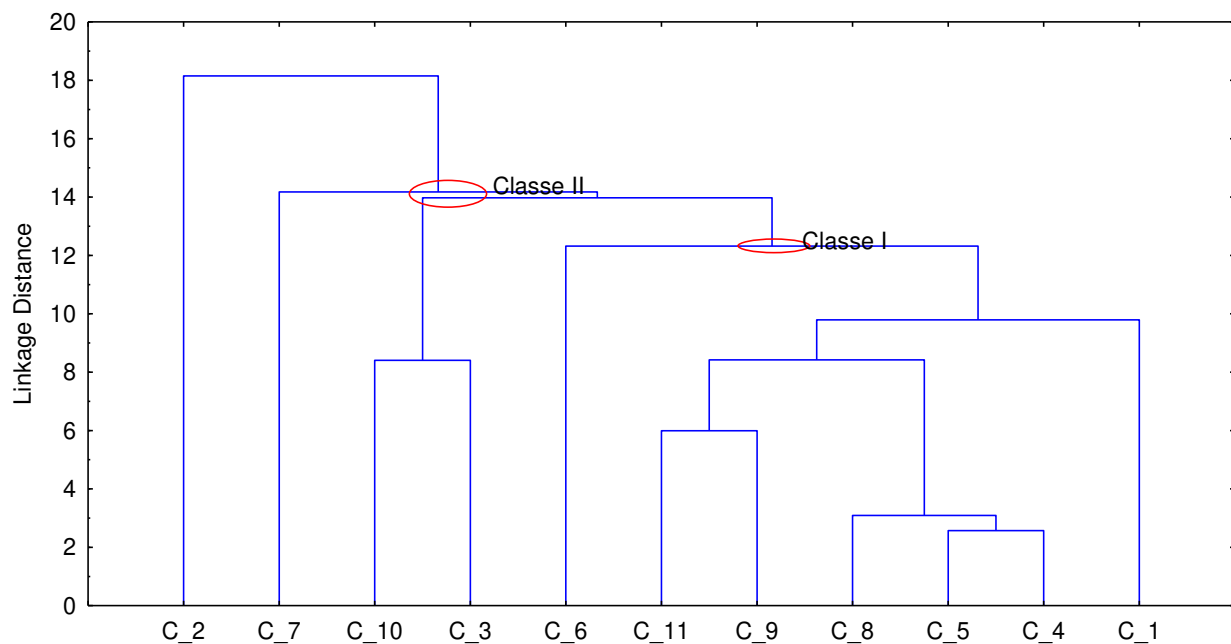


Figure N° 14: Classification hiérarchique ascendante des classes de pollution par le plomb.

La classification automatique a permis de ressortir deux classes de pollution du plomb.

b). Statistique descriptive des deux classes :

Cette classification est suivie d'une étude statistique descriptive qui fait détailler les principaux résultats. L'ensemble des résultats sont récapitulés dans le tableau en dessus :

Tableau N° 04: statistique descriptive pour le plomb (Pb).

	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Classe I	7	48,15	36,78	65,16	10,28
Classe II	4	54,93	19,50	96,75	38,92

La lecture du tableau, nous permet de distinguer deux classes, une première avec une moyenne de (48,15±10,28 ppm) et un maximum de 65,16 ppm et une deuxième avec une moyenne de (54,93 ±38,92 ppm) et un maximum de 96.75 ppm de plomb (Pb). A partir de ce tableau, nous constatons que les concentrations du plomb dépassent les valeurs normales selon le (**tab n°01**) ; ils constituent un grand risque pour l'arbre.

Les plus fortes concentrations sont enregistrées dans la deuxième classe regroupant les stations les plus pollués.

Les faibles concentrations sont aperçues dans la première classe, en effet, cette classe se situe dans un secteur routier relativement faible.

c).Analyse de variance pour les mesures répétées ANOVA :

Afin de montrer les différences existées entre les deux classes nous avons fait appel à l'ANOVA pour les mesures répétées, les résultats de cette analyse sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau N°05 : Analyse de variance entre les deux classes pour le plomb

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	P
Intercept	21497,01	1	21497,01	26,44537	0,014249*
Error	2438,65	3	812,88		
R1	76,38	1	76,38	0,08688	0,787398
Error	2637,49	3	879,16		

*effet significatif

D'après le tableau, il existe une différence significative entre les deux classes, ce nous mène à dire que les stations de la première classe accumulent nettement moins du plomb comparée en celle que renferment les stations de la seconde classe ($p < 0.0$). Ces résultats sont peut être due à la position des stations (localisation).

III.1.2. Pour le zinc :

a) Classification Hiérarchique ascendante pour le Zinc (Zn) :

Pour la simplification des résultats et pour mieux comprendre les différentes tendances, Nous avons réalisé une CHA comme l'indique la figure suivante :

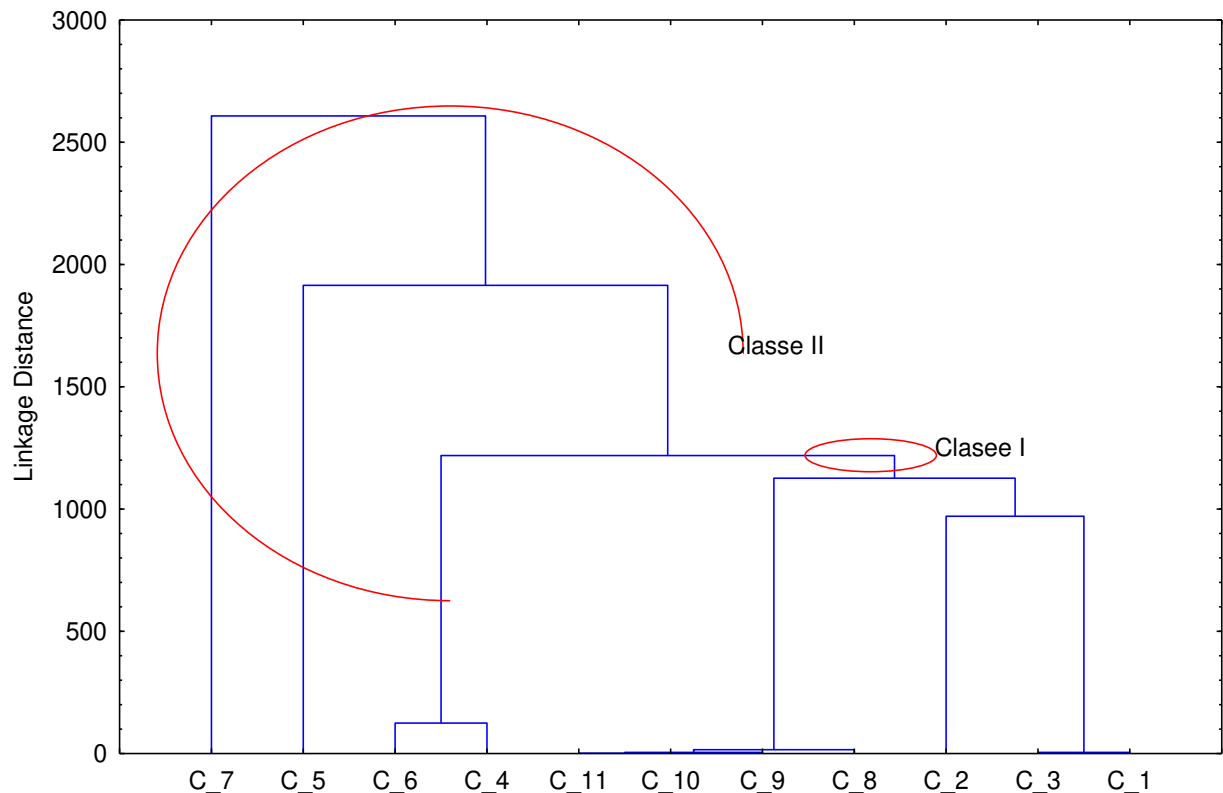


Figure N° 15: Classification hiérarchique ascendante des classes de pollution par le Zinc.

La classification automatique a permis de ressortir deux classes de pollution du Zinc.

b). La Statistique descriptive des deux classes de pollution :

La classification automatique a permis de ressortir deux classes de pollution du zinc.

Le tableau représente les résultats de la statistique descriptive des deux classes :

Tableau N° 06: statistique descriptive entre les deux classes pour le zinc

	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Classe I	6	787,63	45,10	2170,00	878,53
Classe II	4	5092,25	3389,00	8037,00	2173,85

La lecture du tableau, nous permet de distinguer deux classes, une première avec une moyenne de (787.63±878.53 ppm) et un maximum de 2170.00 ppm et une deuxième avec une

moyenne de (5092.25 ±2173.85 ppm) et un maximum de 8037.00 ppm de Zinc (Zn). A partir de ce tableau, nous constatons que les concentrations de ce métal dépassent le seuil selon le tableau n°01

Les plus fortes concentrations sont enregistrées dans la deuxième classe, regroupant les stations les plus pollués.

Les faibles concentrations sont aperçues dans la première classe.

c). Analyse de la variance pour les mesures répétées ANOVA :

Pour visualiser s'il existe des différences entre les deux classes de pollution, un test d'ANOVA a été fait.

Tableau N° 07: Analyse de la variance entre les deux classes pour le zinc.

	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	P
Intercept	78122375	1	78122375	45,07374	0,006744**
Error	5199638	3	1733213		
R1	30962233	1	30962233	8,29836	0,063493
Error	11193385	3	3731128		

**hautement significatif

D'après le tableau, il existe une différence significative entre les deux classes, ce nous mène à dire que les stations de la première classe accumulent nettement moins du zinc comparée en celle que renferment les stations de la seconde classe ($p < 0.0$). Ces résultats sont peut être due à la position des stations (localisation)

III.2. Discussion

De nombreuses recherches ont été menées sur l'utilisation des végétaux comme des bio-accumulateurs (**Maiziet *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 (**Garrec et al., 2002**). Parmi ces végétaux, le chêne vert (**Bargagli ; 1998**).

Les résultats obtenus ont montrés que cette espèce a un pouvoir accumulateur vis avis les métaux lourds. En effet, **Lachebi, 2017** ; a montré dans son étude que le *Quercus ilex* accumule fortement le zinc et le cuivre.

Les teneurs des éléments déterminées dans l'espèce étudiée, dépassent largement les normes indiqués dans le tableau N° 01(**Prasad et al ,2003**).

Les poussières de carrières, les pratiques agricoles inappropriées en plus le trafic routier peuvent être les principales causes de la contamination du chêne vert dans notre zone d'étude.

Des fortes accumulations du zinc ont été remarquées dans la partie foliaire du chêne par rapport au plomb. Des résultats similaire du **Mir Soumia 2016**, ont montré que les teneurs des métaux lourd dans les différents parties foliaires du blé dur sont présenté par un ordre décroissant d'absorption suivant $Zn > Pb > Cd$. On peut ainsi suggérer que l'accumulation des métaux dans les parties des plantes dépendent des paramètres physiologiques des plantes et pédologiques des sols (**Belaid ,2010**).

Les valeurs élevées des ETM peuvent provoquer une décroissance totale de l'espèce végétale est accompagné de nombreux indices de dysfonctionnement : chlorose foliaire, importantes lésions nécrotiques, jaunissement progressif, repliement ou dessèchement du feuillage puis sa disparition au cours des dizaines d'années.(**Kabata-Pendias, 1992**).

Une surconsommation de zinc chez les plantes entraîne divers symptômes tels qu'un ralentissement de la croissance, des malformations des feuilles et des tiges, et une chlorose (Tâches sombres sur les feuilles) (**Kabata-Pendias, 1992**)

Les effets néfastes du plomb sur les plantes ont fait l'objet de plusieurs études [48,49]. Les études ont montrés que ces effets varient en fonction de la durée d'exposition, de l'intensité du stress et du stade de développement de la plante. A l'échelle macroscopique, le plomb entraîne des effets néfastes sur les plantes. En premier lieu, la germination est

fortement inhibée par les ions Pb^{2+} et ce, à de très faibles concentrations (**Tomulescu et al, 2004**). De plus fortes doses conduisent à une inhibition totale de la germination chez les espèces végétales.

Une exposition à une faible concentration de plomb conduit au développement de racines plus courtes mais plus compactes. Le plomb peut se fixer, en grandes quantités, sur les composants des parois ou des membranes. Cette fixation conduit notamment à une minéralisation de la paroi (**Wierzbicka, 1998**)

La minéralisation pariétale entraîne un changement dans les propriétés physiques et chimiques de la paroi, et en particulier dans sa plasticité. Cette diminution de plasticité affecte de nombreux mécanismes cellulaires comme la division ou l'élongation. Le plomb ne perturbe pas seulement les enveloppes externes en se liant à elles, il va également désorganiser les réseaux de microtubules, même à de faibles doses (**Wierzbicka, 1998**)

Cette désorganisation a un impact très important, puisque les microtubules jouent un rôle majeur dans de nombreux processus tels que le trafic intracellulaire, la mitose et la morphogenèse, déterminant la polarité de croissance et la forme des cellules. La conséquence de cette interaction entre le plomb et les microtubules est l'apparition de formes cellulaires anormales et d'inégalités dans les épaisseurs de la paroi (**Wierzbicka, 1998**).

Conclusion

Il existe, à la surface de globe, plusieurs espèces végétales qui présentent une grande diversité de formes et de modes de vie. Cette biodiversité végétale a connu un grand risque par sa contamination par les éléments traces métalliques.

C'est dans ce contexte que nous avons effectué un dosage des métaux lourds dans la partie foliaire du chêne vert (situé à proximité des carrières, zones agricoles et de trafic routier) pour déterminer les teneurs de ces derniers, le pouvoir accumulateur de l'espèce vis-à-vis les métaux lourds et l'effet des ETM sur la biodiversité végétale.

Les résultats obtenus montrent que le *Quercus ilex* accumule les ETM (plomb et zinc) avec des concentrations très élevées et qui dépassent les normes, dont le plomb avec une teneur moyenne de (51.54 ± 24.60) ppm et le zinc avec une teneur moyenne de (2939.94 ± 1526.19) ppm.

Ces éléments provoquent l'altération des milieux par l'affaiblissement des organismes et leur capacité à se reproduire et la disparition des espèces au cours des années. Cette transformation du milieu se traduit en générale par un appauvrissement de la biodiversité végétale puis par la perturbation du fonctionnement des écosystèmes.

En perspective, afin d'étudier l'effet des éléments traces métalliques sur la biodiversité végétale, un certain nombre de travaux complémentaires nous paraissent essentiels à réaliser :

- Dosage de ces éléments sur les différentes parties de la plante (tige, feuille et racines)
- Etudier les concentrations des ETM dans le sol
- Faire un dosage pendant plusieurs années pour avoir l'évolution des concentrations des ETM dans le *Quercus ilex*

- la sensibilisation de la population et son information sur les répercussions néfastes de la perte de la biodiversité ne peuvent suffire pour la conservation de la biodiversité végétale, si on ne leur offre rien en échange et si on ne leur propose pas des projets alternatifs qui leur permettent de subvenir à leurs besoins, par exemple de limiter l'exploitation des sols forestiers par l'urbanisation, l'agriculture, les carrières, les mines et les trafics routiers, afin d'éliminer la contamination et la pollution des végétaux par leurs émissions des métaux lourds.

Résumé

Les métaux lourds sont présents naturellement dans l'environnement, ils ne sont pas dégradables alors leur concentration augmente dans les ses différents compartiments. Le présent travail a pour objectif de déterminer les concentrations des ETM (Pb et Zn) dans *Quercus ilex*, et leurs effet sur la biodiversité végétale dans la zone KBOUBA, wilaya de tiaret, située près des carrières, zone agricole et d'un réseau routier.

Les teneurs en Zinc et Plomb ont été déterminées à l'aide d'un ICP-MS.

Les résultats trouvés, montrent que les valeurs obtenues dépassent largement les normes limites; dont la teneur moyenne du plomb de (51.54 ± 24.60) ppm et celle de zinc est de (2939.94 ± 1526.19) ppm.

Ces analyses ont permis de conclure que l'accumulation des éléments traces métalliques dépend de l'espèce étudiée et de l'exposition du végétal.

Mots clés : ETM, contamination, ICP-MS, *Quercus ilex*, environnement.

Abstract

Heavy metals are naturally present in the environment. They are not degradable, so their concentration increases in different compartments . The present work aims to determine the concentrations of ETM uch as (Pb and Zn) in *Quercus ilex*, and theirs effects on vegetal biodiversity in the aerea Kbouba located near quarries, agricultural aerea and road network.

The levels of zinc and lead were determined by ICP-MS.

The results show that the values are far exceed the limit standards ; whose lead content is with an average of (51.54 ± 24.60) pbm and zinc is with an average of (2939.94 ± 1526.19) pbm.

These analyzes have concluded that the accumulation of trace metals depends on the species studied and plant exhibition.

Keywords: Heavy metals, Kbouba, contamination, ICP-MS, *Quercus ilex*, environment