

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Ibn Khaldoun–Tiaret–  
Faculté Sciences de la Nature et de la Vie  
Département Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie  
Filière : Ecologie et environnement  
Spécialité : Ecologie fondamentale et appliquée

Présenté par :  
Melle BEN HAOUARI SOUHILA

## *Thème*

# **BIOSURVEILLANCE DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE PAR LA DENDROCHIMIE DANS LA VILLE DE TIARET**

Membres de Jury:

Encadrant: Mr SARMOUM M.

Co-encadrant: Mr KADI S.

Présidente: Mm SENOUCI H.

Examineur: Mr BENCHOHRA M.

MCA, Univ Tiaret

MCA, Univ Tiaret

MCA, Univ Tiaret

MCA, Univ Tiaret

Année universitaire 2022-2023



## **REMERCIEMENTS**

Je tiens à remercier en premier lieu notre Dieu de nous avoir donné le courage et la patience pour la réalisation de ce travail.

Ensuite, J'adresse mes vifs remerciements à mon encadrant Dr SARMOUM MOUHAMED pour son attention de tout instant sur mes travaux, pour ses conseils avisés et son écoute qui ont été prépondérants pour la bonne réussite de ce travail. Son énergie et sa confiance ont été des éléments moteurs pour moi. J'ai pris un grand plaisir à travailler avec lui.

J'aimerais aussi remercier sincèrement mon co-encadrant Dr KADI SAMIR pour sa compréhension, ses conseils, son aide, sa gentillesse et ses conseils efficaces tout au long de ses années d'étude.

Nous remercions également les membres de jury, chacun a son nom, d'accepter de juger notre travail. Mme SENOUCI H et Mr BENCHOHRA M.

Nous remercions également tout le personnel du service conservation des forêts en particulier NOUAR B et DOURI F, et le directeur d'URBATIA de Tiaret, pour leur aide en nous fournissant les informations nécessaires ainsi que pour leur compréhension et leurs conseils. Nous adressons également nos profondes gratitude à tous les professeurs de faculté des sciences de la nature et de la vie en particulier ceux Dr BOUSSOUM et Dr ZEDAK M.

En fin, nos remerciements les plus sincères à tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.



## DÉDICACE

Au nom d'Allah le plus grand merci lui revient de m'avoir guidé vers le droit chemin, et tout au long de mes années d'étude.

Je dédie ce travail à mes chers parents Khaled et khadidja qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde gratitude pour leur amour, leur encouragement et leur soutien tout au long de mes études.

A tous ceux qui me sont chers

A mes frères Fathi et Mokhtar

Mes sœurs Rabiaa, Fatima, Meriem, Rachida et Houda, Atika, Fatima.

Mes amours Amel, Ibtihal, Fadhila, Rihab, Abir, Ikram, Ahlem, Fayza et Khouloude.

Enfin, à tous ceux qui ont contribué de près Ou de loin à la réalisation De ce travail.



## Table des matières

Introduction.....	1
1.1 Généralité sur la biosurveillance :.....	4
1.1.1 Principes de biosurveillance :.....	4
1.1.2 Stratégies de la biosurveillance : .....	5
1.1.3 Bio- surveillance par les végétaux : .....	7
1.2. La pollution atmosphérique .....	8
1.2. 1.Diversité Des Polluants Atmosphériques .....	8
1.2.2. Les Sources de la Pollution Atmosphérique :.....	9
1.2.3. Conséquence de la pollution atmosphérique.....	10
1.3. Métaux lourds .....	10
1.3.1. Origines de métaux lourds.....	11
1.3.2. Le cadmium métal.....	11
1.3.3. Le Plomb métal .....	12
1.3.4. Origine de la contamination des sols par les métaux lourds :.....	12
1.4. La dendrochimie : .....	13
2.1. Généralités sur le pin d'Alep .....	15
2.1.1. Répartition du pin d'Alep dans le monde .....	15
2.1.2. Répartition du pin d'Alep dans l'Algérie.....	16
2.1.3. Position systématique .....	17
2.1.4. Caractéristiques botaniques du Pin d'Alep .....	18
2.1.5. Croissance et productive .....	20
2.1.6. Conditions climatiques .....	20
2.1.7. Condition édaphiques.....	21
2.1.8. Utilisation.....	21
2.1.9. Les dangers qui menacent le pin d'Alep .....	21
3.1 Description de la zone d'étude .....	24
3.2 Situation Géographique .....	24
3.3 Les données climatiques .....	25
3.4 Synthèse climatique.....	27
3.5 Lithologie .....	30
3.6 Patrimoine forestier et couvert végétal .....	30
3.7 Le réseau routier.....	31
3.8 Les Activités Industrielles .....	32

<b>3.9 Parc automobile .....</b>	<b>34</b>
<b>3.10 Aspect socio-économique .....</b>	<b>34</b>
<b>1. Choix des sites d'échantillonnage .....</b>	<b>36</b>
<b>2. Choix des arbres.....</b>	<b>38</b>
<b>3. Prélèvement et traitement du matériel végétal .....</b>	<b>38</b>
<b>4. Traitement des échantillons et analyse des données : .....</b>	<b>39</b>
<b>5. Inter datation .....</b>	<b>40</b>
<b>6. Mesure de l'épaisseur cernes .....</b>	<b>41</b>
<b>7. Minéralisation des échantillons .....</b>	<b>41</b>
<b>8. Dosage des métaux lourds par la technique FRX .....</b>	<b>43</b>
<b>1. Analyse de la croissance radiale .....</b>	<b>46</b>
<b>.2 Evaluation des épaisseurs des cernes.....</b>	<b>47</b>
<b>3. Séries de synthèse .....</b>	<b>48</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>53</b>
<b>Référence.....</b>	<b>55</b>
<b>Résumé</b>	

## Liste des figures

Figure 1:Schéma de la symbiose lichénique. (Lounici et Boudieb, 2021) .....	8
Figure 2:conséquence de la pollution atmosphérique. (Berrouane, 2015) .....	10
Figure 3: Origine des métaux lourds dans le sol.....	13
Figure 4:carottage simple pour étudier les cernes d'arbres (Photo originale).....	14
Figure 5:Aires de répartition du pin d'Alep (Pinus halepensis Mill.), d'après les connaissances actuelles. (Tirée de Caudullo et al. (2017)).....	16
Figure 6:Aires géographique du pin d'Alep (Pinus halepensis Mill.), dans l'Algérie. ....	17
Figure 7: Arbre du pin d'Alep (parc d'attractions et de loisirs de la ville de Tiaret) (photo originale) .....	19
Figure 8: L'écorce d'arbre du pin d'Alep (photo originale) .....	19
Figure 9: Les rameaux du pin d'Alep (photo originale) .....	19
Figure 10: Les aiguilles du pin d'Alep.....	19
Figure 11 : Le fruit (cône) : à gauche cône ouvert; à droite cône fermé (photo originale).....	20
Figure 12: Arbre du pin d'Alep touchés par la cochenille et la sécheresse. (Photo originale) .....	22
Figure 13: :situation géographique de la wilaya de Tiaret (Achir, 2009).....	24
Figure 14: Précipitations moyennes de Tiaret (1991_2020) (www.climatsetvoyages.com,2023)..	25
Figure 15: Température à Tiaret période 1983/2022 Source (www.infoclimat.fr).....	26
Figure 16: Températures moyennes de Tiaret (1991 /2020) .....	27
Figure 17: Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la zone d'étude pour la période 1991 -2020.....	27
Figure 18: Climagramme d'EMBERGER pour la période (1991 à 2022). .....	29
Figure 19:Carte lithologique de la zone de transition de la wilaya de Tiaret (Conservation des forêts de la wilaya de Tiaret, 2017, Amrouni, 2022).....	30
Figure 20: les principales essences forestières (URBATIA, 2022) .....	31
Figure 21 :Tracé du chemin de fer dans la wilaya de Tiaret. ....	32
Figure 22: Répartition du parc automobile selon l'âge (wilaya de Tiaret service de carte grise, 2023).....	34
Figure 23 : le site de prélèvement du matériel végétal (URBATIA.2023) .....	37
Figure 24 : les étapes de prélèvement des carottes (photo original).....	39
Figure 25: Préparation des carottes (photo original) .....	40
Figure 26: Identification les cernes annuels (photo original) .....	41
Figure 27: Mesure et diviser et broyons les cernes (photo original) .....	41
Figure 28: L'attaque à froid l'acide nitrique et matière végétale (photo original).....	42
Figure 29: L'attaque à chaud évaporation dans bain de sable (photo original) .....	42
Figure 30: Récupérer les métaux lourds (photo original).....	43
Figure 31 : la comparaison entre les courbes individuelles. ....	54
Figure 32 : Variations interannuelles des épaisseurs des cernes (l'arbre 01) .....	54
Figure 33: Variations interannuelles des épaisseurs des cernes (l'arbre 02) .....	55
Figure 34 : les teneurs des métaux lourds 2010jusqu'a 2020. ....	56
Figure 35 : le pourcentage des métaux lourds dans la matière végétale en 2010-2015.....	51
Figure 36 : le pourcentage des métaux lourds dans la matière végétale en 2015-2020.....	51

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1: Comparaison entre la méthode in situ et la méthode des transplants.....</b>	<b>6</b>
<b>Tableau 2: les caractéristiques de Le plomb métal. ....</b>	<b>12</b>
<b>Tableau 3: Superficie du pin d'Alep dans quelques pays méditerranéens (Bentouati, 2006, Mecheri, 2018) .....</b>	<b>15</b>
<b>Tableau 4: Quotients pluviothermiques d'Emberger. ....</b>	<b>28</b>
<b>Tableau 5: Le réseau routier de Tiaret.....</b>	<b>32</b>
<b>Tableau 6: Situation des projets zone industrielle zaaroura dim tiaret 2018(URBATIA) .....</b>	<b>33</b>
<b>Tableau 7: données statistiques revue n° 527/14 ONS 5ème RGPH 2008 (URBATIA, 2022) .....</b>	<b>35</b>
<b>Tableau 8 : Caractéristiques de station écologiques.....</b>	<b>37</b>
<b>Tableau 9 : les caractéristiques de station de prélèvement.....</b>	<b>38</b>
<b>Tableau 10: Périodes de croissance favorable et faible.....</b>	<b>55</b>

## Liste des abréviations

**% : Pourcentage**

**µg : Micro gramme**

**g : Gramme**

**°C : Degré Celsius**

**E : Est**

**HNO<sub>3</sub> : Acide nitrique**

**Hcl : chlorure d'hydrogène**

**ISE : Institut für seltene erden und metalle AG**

**Km : kilomètre**

**Km<sup>2</sup> :Kilomètre carré**

**K : Kelvin**

**m: mètre**

**ml : millilitre**

**mm : Millimètre**

**Moy : moyenne**

**N : Nord**

**ONS :Organisation Mondiale de la Santé**

**POP : population**

**P : Précipitations**

**T : Température**

# INTRODUCTION

---

## Introduction

La pollution constitue l'un des problèmes majeurs au début du 21<sup>ème</sup> siècle, elle contribue en grande partie au déséquilibre du fonctionnement des systèmes biologiques à différents niveaux de perception, elle désigne l'ensemble des rejets de composés toxiques que l'homme libère dans l'écosystème, la pollution a une origine essentiellement anthropique liée, à la production et à l'utilisation des divers indices d'énergie, qu'aux activités agricole, trafic routier. . .etc.(Boutebel et Douri,2011)

La pollution atmosphérique peut être considérée comme la dégradation de la perte de l'atmosphère par les produits chimiques et les déchets qui posent des risques et des dommages pour la santé et l'environnement.

La biosurveillance de la qualité de l'air comprend la mesure systématique des polluants atmosphériques ambiants dans le but de déterminer l'exposition des récepteurs vulnérables. (Populations, animaux, végétaux) sur la base des normes et directives découlant des effets observés et identifier la source de la pollution atmosphérique (Lounici et Boudieb, 2021). Parmi les techniques de la biosurveillance végétale, la dendrochimie constitue une discipline de la dendrochronologie. Elle consiste à utiliser les arbres ligneux comme espèces bio indicatrices pour la pollution de l'air (Boutebel et Douri, 2011) à l'aide en utilisant l'information contenue dans les cernes annuels de croissance des arbres pour une analyse spatiale et temporelle des processus physiques et biologiques (Lebourgeois, 2017).

L'objectif principal de ce travail est d'évaluer la pollution atmosphérique par les métaux lourds au niveau de la ville de Tiaret en utilisant le bois de pin d'Alep comme bioaccumulateur. Il s'agit de relever les teneurs en métaux lourds dans la station située à l'intérieur de la ville de Tiaret. Pour répondre à cet objectif, basée sur s'article principalement sur trois parties.

✓ La première partie : représentant une synthèse bibliographique, elle est subdivisée en deux chapitres :

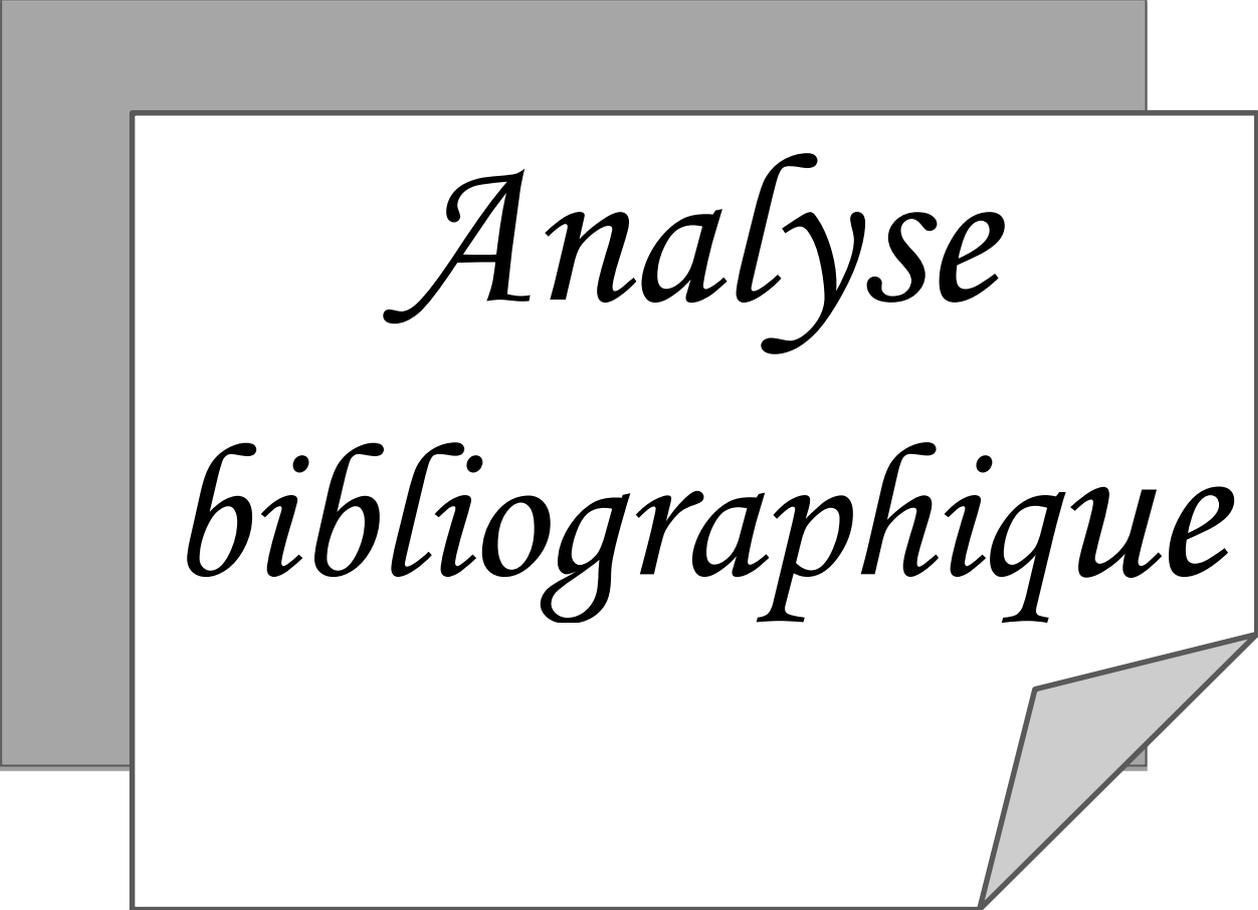
□Chapitre 01 : donne une idée générale sur la biosurveillance, pollution atmosphérique ainsi les métaux lourds et en fin la dendrochimie ;

□Chapitre 02 : Généralité sur le pin d'Alep.

✓ La deuxième partie : Il s'agit de la partie expérimentale. Elle est devisée elle-même en deux chapitres :

□Chapitre 01 : comporte une représentation générale de la zone d'étude ;

□Chapitre 02 : Matériels et Méthodes, présente les techniques expérimentales de prélèvement, de traitement des échantillons et de la mise en œuvre du dosage, et en fin, les résultats et discussions et nous avons terminer par une conclusion.



*Analyse  
bibliographique*

# CHAPITRE 01

## 1.1 Généralité sur la biosurveillance :

La biosurveillance est une technique qui utilise tout organisme sensible à son milieu environnant et qui peut s'accumuler et renfermer des substances polluantes. Il s'agit de mettre en évidence une altération de l'environnement (pollution par exemple) par ses impacts sur le fonctionnement des organismes qui y vivent. (**Manaa, 2015**)

C'est l'évaluation de la pollution à l'aide d'organismes vivants, le plus souvent des plantes. Selon la définition proposée par (**Garrec et Van Haluwyn 2002**), la biosurveillance végétale de la qualité de l'air est l'utilisation des réponses à tous les niveaux d'organisation biologique, d'un ou plusieurs organismes vivants, pour prévoir et/ou révéler une altération de l'environnement.

C'est un bon outil pédagogique pour visualiser l'action agressive d'un polluant sur l'environnement et un moyen d'aborder ses impacts sanitaires (**Markert et al, 2003, Lounici, 2015**).

L'utilisation des bio-indicateurs peut donc se faire selon les différentes facettes de la bio-indication : bio-indication, bio-intégration (ou bio-estimation), bioaccumulation et recherche de bio-marqueurs. (**Berryah ,2016**)

### 1.1.1 Principes de biosurveillance :

La bio surveillance dite sensible est celle qui utilise en fonction des niveaux de réaction des organismes qui répondent au stress causé par la pollution.

Il devient donc important de définir les termes relatifs à la bio-surveillance, en s'efforçant de différencier les mécanismes biologiques, la mesure de cette sensibilité définit quatre concepts de bio-surveillance ont été distingués :

- **bio-intégrateurs** : les effets de la pollution sont dans ce cas appréciés se situe au niveau de la population et/ ou de la communauté : variation densitaire, présence/absence d'espèces Les phénomènes d'apparition ou de disparition d'espèces sont utilisés comme des indicateurs de variations de la qualité environnementale, et peuvent être utilisés pour mettre en évidence une pollution ;  
(**Savelli ,2006**) ;
- **Bio marqueurs** : dans ce cas, les changements se situent au niveau individuel, mais toutes ces modifications ne sont pas visibles à l'œil nu. (enzyme, physiologie, génétique non visibles) ;

- **Bioindication** : observation des réponses biologiques (morphologique, physiologique, tissulaire, etc.) exemple : apparition de nécrose de plants de tabac exposés à l'ozone ;
- **Bioaccumulation** : qui sont des organismes ayant la capacité de stocker les polluants dans leurs tissus et à une concentration supérieure à celle du milieu suite à des mécanismes de fixation et/ou de transfert.

### 1.1.2 Stratégies de la biosurveillance :

D'après (**Garrec et Van Haluwyn, 2002**) La biosurveillance désigne toute utilisation d'un organisme sensible à son milieu ambiant. Il existe deux méthodes principales d'application de la biosurveillance: la méthode active, la transplantation d'échantillons et la méthode passive, qui est l'utilisation des végétaux en place.

- **Bio surveillance passive (in situ)**, cette stratégie consiste à utiliser les plantes en place qui poussent naturellement dans les endroits d'enquête. Il a l'avantage d'être rapide. Puisque les plantes ont déjà été exposées à des polluants, il ne reste plus qu'à les recueillir et à les analyser. Toutefois, les précautions suivantes doivent être envisagées :
  - Une distribution spatiale et une abondance suffisante pour être représentatifs de la zone étudiée.
  - Un mode de collecte facile
  - une saisonnalité compatible avec les objectifs à atteindre.
- **Bio surveillance active**, la méthode de transplantation ou de biosurveillance active utilise des organismes greffés que l'on peut utiliser lorsque la méthode in situ est impossible. (absence d'organismes correspondant aux critères de l'étude) Il faut plus de temps. En fait, nous devons accorder le temps nécessaire aux transplantations.

Cette phase d'exposition peut être plus ou moins longue en fonction du type d'organismes sélectionnés et du polluant à l'étude.

**Tableau 1: Comparaison entre la méthode in situ et la méthode des transplants****(Salines et Boudet, 2011, in Berryah ,2016)**

<b>In situ</b>	<b>Transplants</b>
Les résultats peuvent être obtenus en quelques jours.	Le temps d'exposition des transplants est plus long.
Les résultats démontrent la pollution des années précédentes.	Les résultats illustrent la pollution pendant la période d'exposition.
Les niveaux accumulés sont habituellement au-dessus des limites de détection (temps d'exposition plus long).	Les concentrations accumulées peuvent être indétectables sur une période d'exposition trop courte.
Faible surveillance, peu de risque de vandalisme.	Risque potentiel de vandalisme.
Coûts liés aux transports vers les de prélèvement et aux analyses chimiques.	Coûts supplémentaires relatifs aux matériaux et au temps de préparation des transplants avant exposition.
Manque potentiel d'échantillons indigènes pour obtenir une couverture géographique suffisante.	La densité des points de prélèvement, le nombre de transplants et les conditions d'étude sont contrôlés.
Taux de dépôt de pollution difficiles à estimer.	Les taux de dépôts sont calculés à partir du temps d'exposition qui est contrôlé.
Les concentrations reflètent les influences d'autres facteurs tels que l'âge de la plante, la teneur en métal du substrat et la contamination locale.	Les concentrations des polluants dans les transplants peuvent être plus directement liées à la pollution atmosphérique.

### 1.1.3 Bio- surveillance par les végétaux :

Les végétaux jouent un rôle important dans la bio-surveillance. Il s'agit d'une vaste gamme d'organismes utilisables comme les Bryophytes, Lichens, les plantes à tige ou Cormophytes qui sont employés spécifiquement ou non pour détecter un grand nombre de polluants atmosphérique.

- **Les mousses**

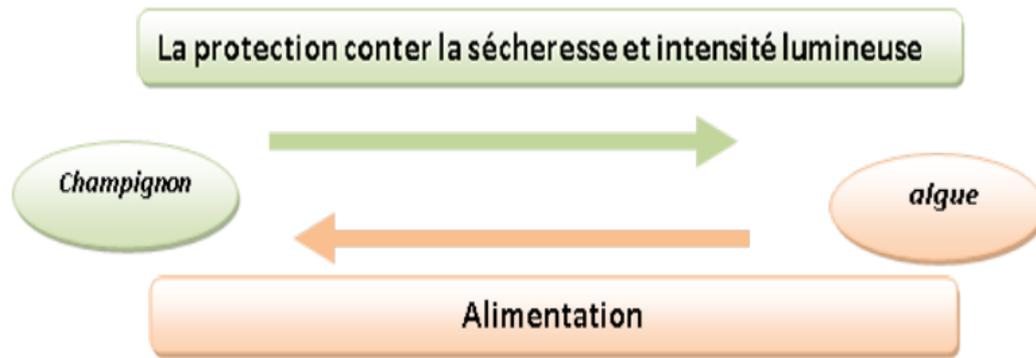
Les mousses qui présentent un certain nombre de particularités, sont de petites plantes autotrophes. Ces végétaux possèdent un rapport surface sur volume élevé, Où elles accumulent dans leurs tissus des quantités importantes de métaux lourds, qui sont très utiles pour l'étude des micropolluants.

En ce qui concerne les polluants organiques persistants, c'est plutôt la quasi-absence de cuticule et donc la capacité des mousses à absorber les grosses molécules organiques qui favorise leur accumulation.

- **Les lichens**

leur sensibilité aux atmosphères polluées a mené leur utilisation en tant que bio-indicateur et bio-accumulateur des polluants cela pour combler les lacunes que laissent les réseaux de capteurs qui permettent de faire des mesures physicochimiques et de donner des valeurs numériques sans Signal pour prévoir et révéler une altération de l'environnement et pour en suivre l'évolution. **(Rebbas et al ,2011)**

Les constituants des lichens : Les lichens ne constituant pas un groupe systématique comme les autres, mais un groupe biologique réunissant des champignons et des algues vivant en symbiose, et aussi c'est une association d'un élément fongique et d'un élément algale. Il s'agit donc d'un binôme qui doit d'abord être analysé du point de vue des photosymbiotes (algues), et mycosymbiotes (champignon) **(Messaoudene et Zermout, 2022)**



**Figure 1:Schéma de la symbiose lichénique. (Lounici et Boudieb, 2021)**

Les lichens sont des organismes pionniers colonisant tous les milieux terrestres, où ils recherchent des supports stables (roches, écorces, sol nu...). Ils participent à la formation progressive d'un sol et à l'installation des végétaux. Il a la capacité de passer rapidement, réversiblement et répétitivement de l'état sec à l'état hydraté ; Il a également la capacité de La résistance aux températures extrêmes : l'assimilation peut encore être active à - 40 °C. (**Hassani et Djeddi, 2013**)

## **1.2. La pollution atmosphérique**

La pollution atmosphérique peut être considérée comme la dégradation de la pureté de l'atmosphère par les produits chimiques et les déchets qui posent des risques et des dommages pour la santé et l'environnement. En d'autres termes, nous adopterons la définition de la pollution atmosphérique que la dégradation de la qualité de l'air à cause les activités humaines. Le développement socio-économique est accompagné, d'une manière ou d'une autre des rejets de déchets atmosphérique susceptibles d'avoir des conséquences néfastes sur la santé de les citoyens, leur environnement et leur futur.

### **1.2. 1.Diversité Des Polluants Atmosphériques**

Selon (**Berrouane, 2015**) Il existe deux types de polluants :

- Les polluants primaires : ce sont des polluants émis directement par les sources de pollution. Ce sont essentiellement : les NO<sub>x</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> et les particules en suspension ;
- Les polluants secondaires : qui sont issus des réactions chimiques de certains polluants primaires entre eux.

### 1.2.2. Les Sources de la Pollution Atmosphérique :

- **Sources Naturelles :**

L'atmosphère contient une quantité variable de substances, de gaz et d'aérosols d'origine naturelle provenant d'une grande diversité de sources:

- Les volcans émettent des gaz comme le dioxyde de soufre et de l'hydrogène sulfureux ;
- Les foudres qui émettent des oxydes d'azote et de l'ozone ;
- Les feux des forêts qui produisent des particules fines et des gaz (NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>...) ;
- Les végétaux émetteurs de pollen et de spores ;
- L'homme et les animaux qui rejettent le CO<sub>2</sub>.

- **Sources anthropiques :**

On peut mettre en évidence quatre principales sources de pollution anthropiques :

- Les installations industrielles (pétrochimie, cimenteries les activités métallurgiques) ;
- La circulation automobile (les transports et en particulier les transports par route) ;
- Les installations de combustion ;
- les sources agricoles (utilisation d'engrais et pesticides).

### 1.2.3. Conséquence de la pollution atmosphérique

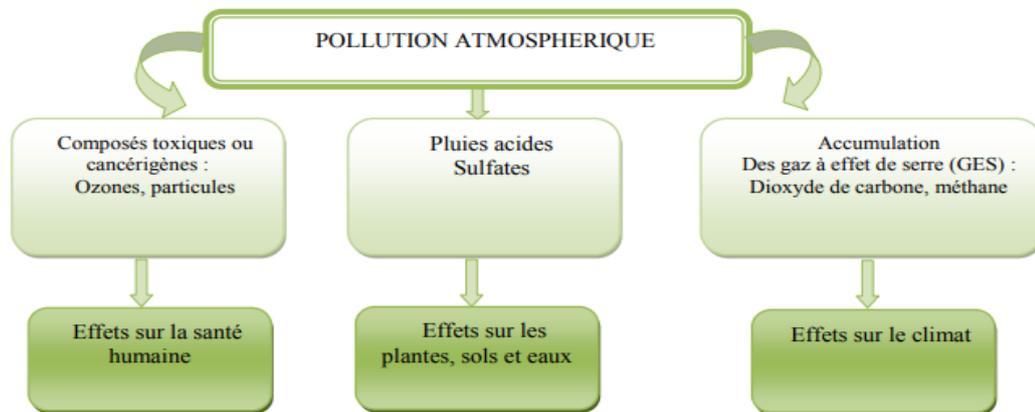


Figure 2:conséquence de la pollution atmosphérique. (Berrouane, 2015)

### 1.3. Métaux lourds

La présence de métaux lourds dans l'environnement résulte de causes naturelles et des activités humaines. Elle pose un problème particulier, car les métaux lourds s'accumulent et ils ne sont pas biodégradables dans l'environnement, On considère généralement que ce sont des éléments métalliques dont la masse volumique est supérieure à 5 g/cm<sup>3</sup>. La Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (Convention LRTAP) a été la première convention à suivre les métaux dans l'environnement et à mettre en place un Protocole international visant à réduire les émissions de trois métaux lourds (cadmium (Cd), mercure (Hg), plomb (Pb)), (Aarhus 2012)(Benjamin et Tara,2020).

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 également 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 biologiques(BELABED, 2010).

En Europe, la première réglementation date de 1982, visant à protéger la santé humaine en fixant les limites de concentration de métaux et autres polluants dans l'air ambiant.

Le texte fixe une valeur limite à 2 µg/m<sup>3</sup> d'air en moyenne pour le plomb. L'objectif de qualité a été fixé dans la réglementation française à 0,5 µg/m<sup>3</sup> (**scal air, 2013**).

Les métaux ont, de façon générale, des effets toxiques sur les êtres vivants, plus ou moins importants. Certains sont cependant des éléments indispensables pour les êtres vivants comme le cuivre, le sélénium, le zinc. Le cadmium, le mercure et le plomb n'ont pas de telles fonctions et sont toxiques à très faibles doses. Au-delà d'une certaine concentration, la plupart des métaux deviennent toxiques (**Benjamin et Tara ,2020**).

### 1.3.1. Origines de métaux lourds

- **Origines naturelles**
  - présents naturellement dans les roches ;
  - l'activité volcanique ;
  - les incendies de forêts.
- **Origines anthropiques**

Les principales sources anthropiques sont :

- Les activités pétrochimiques ;
- L'utilisation de combustibles fossiles ;
- Les transports ;
- L'incinération des déchets ;
- Les déchets urbains ;
- Les activités minières.

### 1.3.2. Le cadmium métal

Le cadmium est un métal de transition toxique, de numéro atomique 48 Sa densité est de 8650 kg/m<sup>3</sup> caractérise par des propriétés physico-chimiques proches du zinc Il fond à 320,9 °C et bout à 767 °C. Lors de l'ébullition du cadmium, il se dégage des vapeurs jaunes toxiques (**Ramade, 1992, Zeggai, 2020**)

Aujourd'hui, il est également utilisé dans les batteries rechargeables, pour la production d'alliages spéciaux et également présents dans la fumée de tabac (**INERIS, 2011, Zeggai ,2020**).

C'est le septième métal lourd le plus toxique selon Classement de l'ATSDR, puisqu'il disposait de suffisamment de données étayant la cancérogénicité de ces agents, tant chez les humains que chez les animaux sans avoir aucune utilité métabolique (ATSDR, 2012, Zeggai, 2020).

### 1.3.3. Le Plomb métal

Le plomb retrouvé dans l'environnement provient à la fois de sources naturelles et anthropiques. Le métal est présent dans le sol, eau et air (Nriagu, 1978, Baize, 2002 in El hadj et Zoubid ,2016)

Le plomb métal présente les caractéristiques suivantes :(Olivier et al ,2017)

**Tableau 2: les caractéristiques de Le plomb métal.**

Symbole	N° atomique	Poids atomique	Densité	Point de fusior	Point d'ébullition
Pb	82	207,2	11,34	327,43 °C	1740°C

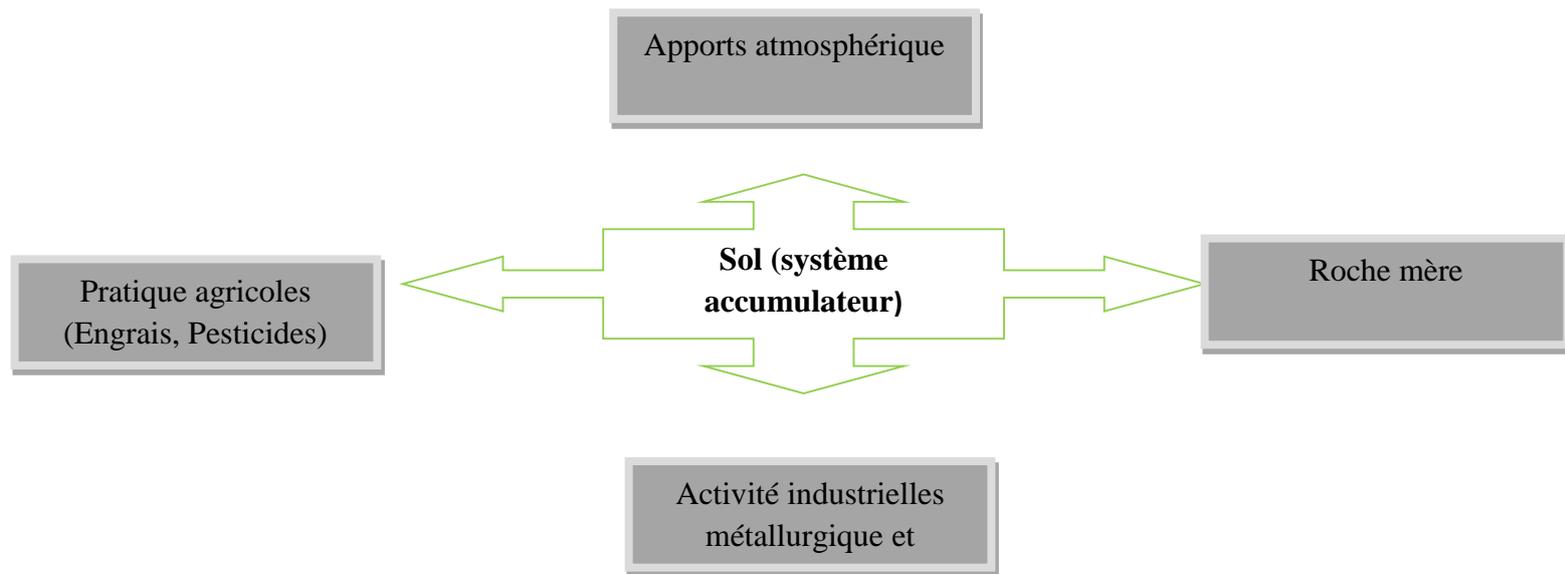
- **Différentes utilisations du plomb**

Selon (Benhamou et Bakir, 2016)

- Production d'essence au plomb ;
- Protection contre les radiations : Du fait de sa densité importante, le plomb est utilisé pour la protection contre le rayonnement ;
- Les batteries restent la principale utilisation du plomb actuellement ;
- Munitions (cartouches et grenailles de plombe) ;
- Peintures ;
- Verre et Cristal.

### 1.3.4. Origine de la contamination des sols par les métaux lourds :

La plupart des métaux lourds subsistent dans l'environnement pendant des millions d'années dans le sol, les métaux lourds par leurs propriétés non biodégradables son toxiques et responsables de beaucoup de maladies. (Fig.03)



**Figure 3: Origine des métaux lourds dans le sol**

#### **1.4. La dendrochimie :**

Cette étude utilise la dendrochimie comme outil d'analyse pour tenter d'identifier et dater des événements de pollution, cette technique consiste à étudier (via un simple carottage) les cernes des arbres, ces anneaux concentriques qui se forment année après années en formant le tronc de l'arbre. Les arbres sont en effet des témoins privilégiés de l'histoire environnementale d'un milieu car les cernes qui se forment chaque année conservent la mémoire des expositions de la plante : ils constituent un tissu conducteur permettant le transport des nutriments des racines vers les feuilles(Fig.04).

Mais ses cellules séquestrent autant des éléments chimiques provenant de la voie racinaire que de la voie foliaire. L'analyse de la composition chimique de chaque cerne permet donc de connaître précisément l'exposition en fonction de chaque année et les anomalies de composition chimique du bois (**green-news-techno ,2019**).



**Figure 4: carottage simple pour étudier les cernes d'arbres (Photo originale)**

# CHAPITRE 02

---

## 2.1. Généralités sur le pin d'Alep

### 2.1.1. Répartition du pin d'Alep dans le monde

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) est un des arbres les plus courants de la partie ouest du bassin méditerranéen, où il occupe environ 3,5 millions d'hectares (**Le Houerou, 2005 in Vennetier et al, 2011**)

Il est l'essence la plus largement utilisée en reboisement pour la protection des sols. C'est une essence qui résiste à la sécheresse et qui est peu tolérante aux autres facteurs savoir les sols peu fertiles, climat aride, etc. Il colonise pratiquement la plupart des zones subhumides et semi-arides (**Azri et Belgacem, 2018**)

Il est très répandu dans la partie occidentale du bassin méditerranéen (allant de 45° à 31° N), y compris en Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Libye), au sud de la France, en Italie, Espagne, Grèce et Malte. Il est également présent dans les zones côtières de la Croatie et de l'Albanie. On trouve des populations naturelles et artificielles en Turquie, en Jordanie, Palestine, Liban et Syrie (d'où le nom de pin d'Alep)(**Ghougali, 2011**) (**Fig.05**)

**Tableau 3: Superficie du pin d'Alep dans quelques pays méditerranéens (Bentouati, 2006, Mecheri, 2018)**

Pays	Superficie (Ha)	Source
Algérie	852.000	Mezali (2003)
Maroc	65.000	Belghazi et al., 2000
Tunisie	170.000 à 370. 000	Ammari (2001)
France	202.000	Couherte Duplat (1993)
Espagne	1.046.978	Montéro et al. (2001)
Italie	20.000	Seigue (1985)
Grèce	330.000	Seigue (1985)

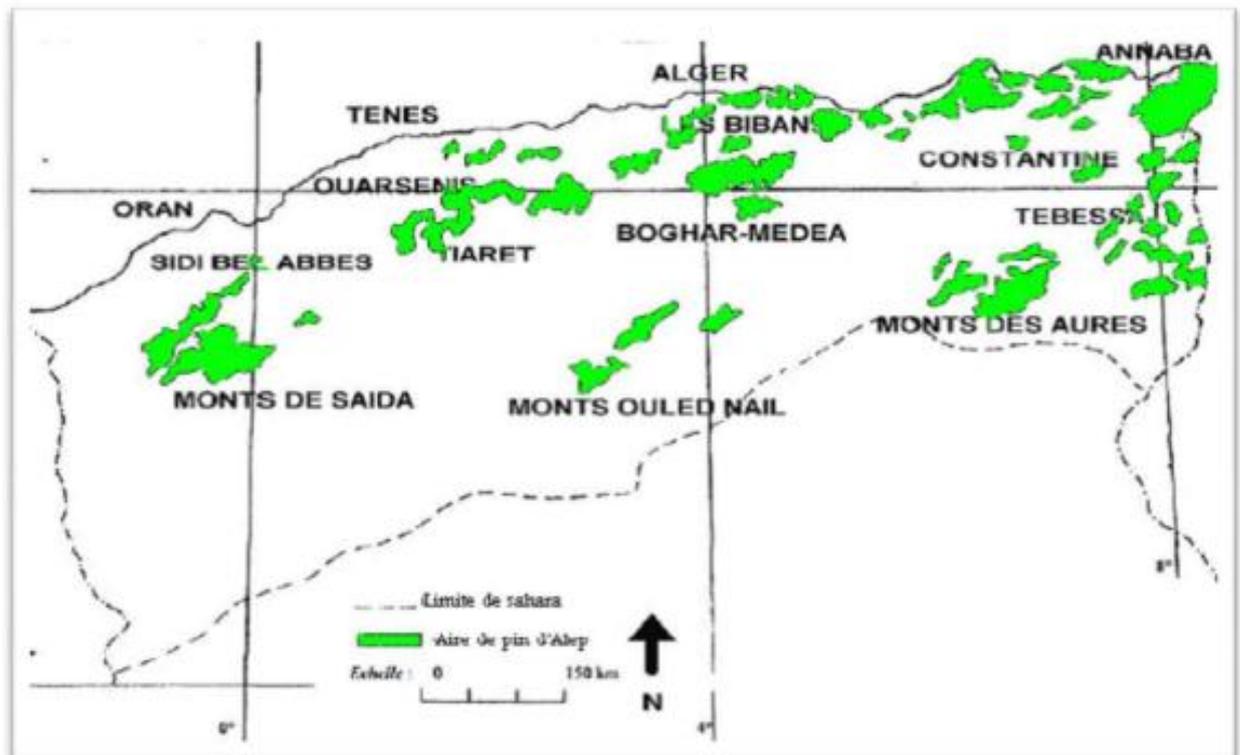


**Figure 5: Aires de répartition du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.), d'après les connaissances actuelles. (Tirée de Caudullo et al. (2017))**

### **2.1.2. Répartition du pin d'Alep dans l'Algérie**

En Algérie, les forêts de pin d'Alep (ou pin blanc) couvrent plus de 850 000 hectares (**Bentouati et Bariteau, 2005**).

Cette espèce qui est présente dans tous les étages bioclimatiques, depuis le littoral jusqu'à l'Atlas saharien, trouve son optimum de croissance essentiellement en zone semi-aride. Sa grande plasticité et son tempérament robuste ont fait d'elle une essence pionnière de grand reboisement. Dans les Aurès, le pin d'Alep est très commun. Il forme de beaux peuplements qui occupent de grands massifs, tels celui des Béni-Imloul avec 75 000 hectares et des Ouled-Yakoub de plus de 20 000 hectares. (**Bentouati et Bariteau, 2005**). (**Fig.06**)



**Figure 6: Aires géographique du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.), dans l'Algérie.**

### 2.1.3. Position systématique

*Pinus halepensis* Mill., nom donné par Philip Miller en 1768 (Nahal, 1962, Mecheri H2018). La Position systématique du pin d'Alep établie par (Nahal, 1986, Taïbi et Ziani, 2017) se résume comme suit:

Règne : Plantae.

Sous-règne : Tracheobionta.

Embranchement : Spermaphytes.

Sous-embranchement : Gymnospermes.

Classe : Pinopsida.

Ordre : Coniferales

Sous-famille : Pinoideae.

Espèce : *Pinus halepensis* Mill.

Différents noms pour le pin d'Alep, selon leur pays:

- Britanique : Aleppo Pine pour les Britanique,
- Allemagne : Aleppo Kiefer en,
- Français : Pin blanc, Pin d'Alep, Pin de Jérusalem,
- Arabe : Sanawbar el halabi,
- Espagnol : Pi blanc, Pi bord, Pincarrasco, Pinoblanquillo,
- Italien : Pino di Aleppo,
- Berbère: Tayada,

#### 2.1.4. Caractéristiques botaniques du Pin d'Alep

Le Pin d'Alep est un arbre toujours vert (**Fig. 07**), d'une hauteur d'environ 20 à 30 m, souvent penché et peu droit, à cime claire, écrasée et irrégulière (**Rameau et al, 2008 in Lakhdari, 2017**).

L'écorce : Riche en tannin, est d'abord lisse de couleur argentée (**Fig. 8**), puis devient crevassée avec des écailles de couleur gris-brunâtre (**Kadik, 1987**).

Les Rameaux : Sont verts clair, puis gris clair, assez fins (**Fig. 9**). Il est polycyclique car cet arbre fait souvent une seconde pousse la même année. Les bourgeons sont non résineux, ovoïdes, aigus, bruns avec des écailles libres frangées de blanc (**Kadik, 1987**).

Les feuilles ou les aiguilles fines et souples et réunies par deux (**Fig. 10**), mesurent 5 à 10 cm de long, de couleur vert jaunâtre (**Taibi et Ziani,2017**).

Les cônes : Sont gros avec une taille de 6 à 12 cm (**Fig. 11**), avec un pédoncule épais de 1 à 2 cm, souvent isolés et réfléchis. Ils sont pourpres puis brun lustré avec des écussons aplatis, persistant plusieurs années sur l'arbre. Les graines sont de petite taille de 05 à 07 mm à aile longue, brun gris sur une face et gris moucheté de noir sur l'autre (**Kadik, 1987**).



**Figure 7:Arbre du pin d'Alep (parc d'attractions et de loisirs de la ville de Tiaret) (photo originale)**

**Figure 8: L'écorce d'arbre du pin d'Alep (photo originale)**



**Figure 9: Les rameaux du pin d'Alep (photo originale)**

**Figure 10: Les aiguilles du pin d'Alep**



**Figure 11 : Le fruit (cône) : à gauche cône ouvert; à droite cône fermé (photo originale)**

### 2.1.5. Croissance et productive

Il est possible de résumer le cycle de vie en trois étapes (Mesboua et Saidi, 2019):

- Floraison : à lieu en février, l'abondance varie suivant les stations et les années. On remarque qu'il y a un écart entre la réception du pollen par les fleurs et leurs fécondations.
- Fructification : le pin d'Alep fructifie à partir de 12 à 15ans mais la fertilité des graines n'est assurée qu'à partir de 18 à 20ans et elle est généralement bisannuelle, les graines s'échappent du cône durant la 3eme année d'apparition de celui-ci.
- Débourrement : la période de démarrage est de très courte durée. La phase de la croissance active s'étend sur six mois environ (mi-janvier à mi-juillet), le palier marquant la fin de la croissance est obtenu tardivement (au mois de septembre).

### 2.1.6. Conditions climatiques

Le pin d'Alep se rencontre dans les étages bioclimatiques méditerranéens : arides supérieurs, semi-arides, subhumides et humides, il reste néanmoins une essence de l'étage semi-aride (Nahal, 1986).

C'est une espèce héliophile et xérophile (supportant de longues périodes de sécheresse) ; elle se développe à des températures moyennes annuelles de 11 à 19 °C mais peut supporter exceptionnellement des températures de -15 à -18 °C de courte durée (Nahal, 1962).

Il exige des précipitations annuelles de 350 à 700 mm ou 200 à 1500 mm (Quézel, 1986 in Taibi et Ziani, 2017).

### 2.1.7. Condition édaphiques

Le pin d'Alep pousse sur des substrats tels que la marne, le calcaire, les schistes ou les micaschistes ; on ne le trouve par contre pas sur les granites ou les gneiss. En fait, le Pin d'Alep semble indifférent à la nature de la roche-mère, mais semble s'installer préférentiellement sur les substrats meubles ou friables (**Quézel, 1986, Azri et Belgacem, 2018**).

### 2.1.8. Utilisation

- Le bois du Pin d'Alep est utilisé pour les meubles, les planchers et la construction navale,...etc.
- Des recherches ont démontré que l'action curative de l'huile essentielle produite à partir de ses cônes sont reconnues comme antimicrobiens, antidiabétiques, anti-inflammatoires, cytotoxiques, antiparasitaires et hépatoprotecteurs ;
- Consommé de manière alimentaire ou aromatique comme dans les plats Tunisiens ou Grecs, le Pin d'Alep ne semblerait pas toxique. Du moins en quantité raisonnable.

### 2.1.9. Les dangers qui menacent le pin d'Alep

Phénomène de rougissement physiologique causé par la sécheresse hivernale associée aux fortes amplitudes thermiques entre de belles journées ensoleillées et de fortes gelées nocturnes, ainsi que la présence d'un vent desséchant, ont favorisé en effet l'évapotranspiration en journée et des contractions gélives la nuit. en 2022, avec toutefois un taux de mortalité en général faible. Ces mortalités disséminées dans les peuplements sont associées à des attaques importantes de scolytes (**DSF, 2023**).

L'incidence des facteurs fongiques est souvent moins de dégâts par rapport les attaques d'insectes. La rouille vésiculeuse de l'écorce (*Conartium flaccidium*) est assez commune sur le pin d'Alep, n'occasionnant que peu de dégâts (dessèchement de rameaux). Le chancre des rameaux (*Crumenulopsis sororia*) peut contaminer de façon spectaculaire le pin d'Alep durant les périodes humides (**Talbi, 2019**).



**Figure 12: Arbre du pin d'Alep touchés par la cochenille et la sécheresse. (Photo originale)**

Le pin d'Alep est un arbre important dans les forêts algériennes, il occupe largement dans les zones forestières montagneuses et les hauteurs accidentées des montagnes, et est considéré comme l'un des arbres résistants à la sécheresse et à la chaleur extrême. Il est également utilisé à de nombreuses fins économiques et industrielles. C'est aussi purifie l'air et améliore sa qualité.

La végétation à Tiaret est dominée par le chêne vert et le pin d'Alep, les principales forêts sont : La forêt domaniale de Tiaret est une bonne végétation de 41480ha en pin d'Alep de 20 ans, dégradée par les délits. (Urbatia ,2022)



*Partie  
expérimentale*

# CHAPITRE 03

---

### 3.1 Description de la zone d'étude

La ville de Tiaret est capitale de la wilaya de Tiaret est située à 1 080 m d'altitude sur le mont du Guezoul et à 280 km à l'Ouest de la capitale Alger. Elle s'étend sur une superficie de 111,45 km<sup>2</sup> sur une surface totale de sa wilaya 20 060 km<sup>2</sup>.

La wilaya de Tiaret composée de 14 Daïras et de 42 communes regroupant une population évaluée à 839 417 habitants (recensement de 2022 **URBATIA**).

### 3.2 Situation Géographique

#### ➤ Les coordonnées géographiques

Latitude : 35.3879, Longitude : 1.32282

35° 23' 16" Nord, 1° 19' 22" Est

L'altitude par rapport au niveau de la mer : 1031 m

Limites de la ville de Tiaret

- Nord : La commune d'OUED LILI et la commune de GUERTOUGA
- EST : La commune de DAHMOUNI.
- Sud : La commune d'AIN BOUCHEKIF et la commune de MELLAKOU
- Ouest : La commune de TAGDEMPT.



Figure 13: situation géographique de la wilaya de Tiaret (Achir, 2009)

### 3.3 Les données climatiques

Le climat de Tiaret est méditerranéen, avec quelques caractéristiques continentales, et semi-aride. L'hiver est plutôt frisquet, tandis que l'été est extrêmement chaud. De plus, en hiver, la ville subit des périodes de grand froid et des précipitations neigeuses.

#### ➤ Les précipitations

Le taux de précipitations est très faible dans la zone d'étude, atteignant 370 millimètres annuellement : le mois le moins pluvieux (juillet) avec 3 mm, dans les mois les plus pluvieux (janvier, avril, novembre, décembre) elles s'élèvent à 45 mm.

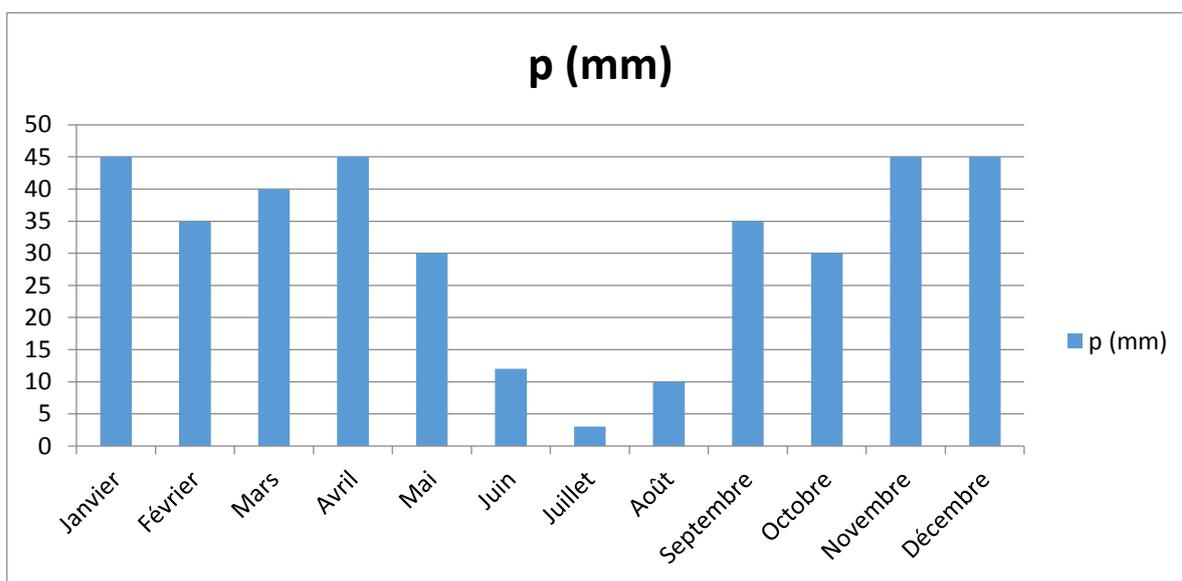


Figure 14: Précipitations moyennes de Tiaret (1991\_2020) ([www.climatsetvoyages.com](http://www.climatsetvoyages.com),2023)

#### ➤ Températures

La température est considérée comme le facteur climatique le plus important car elle constitue un facteur écologique fondamental et un élément vital affectant directement les processus biologiques et chimiques dans la biosphère (Guechgal, 2021).

Les températures moyennes annuelles portant sur la période de 39 ans d'observation (1983-2022), sont représentées dans la figure 15. Nous remarquons que les températures moyennes annuelles de la wilaya de Tiaret sont variables, en effet, elles oscillent entre 13,7°C et 16,7°C. L'année la plus chaude est enregistrée durant l'année 2017 et 2020 jusqu'à 2022 avec respectivement 16,1°C et 16,7°C, tandis que la période la moins chaude a été marquée dans l'année 1992, 2013 et 2018 avec seulement 13,7°C, 14,7°C respectivement.

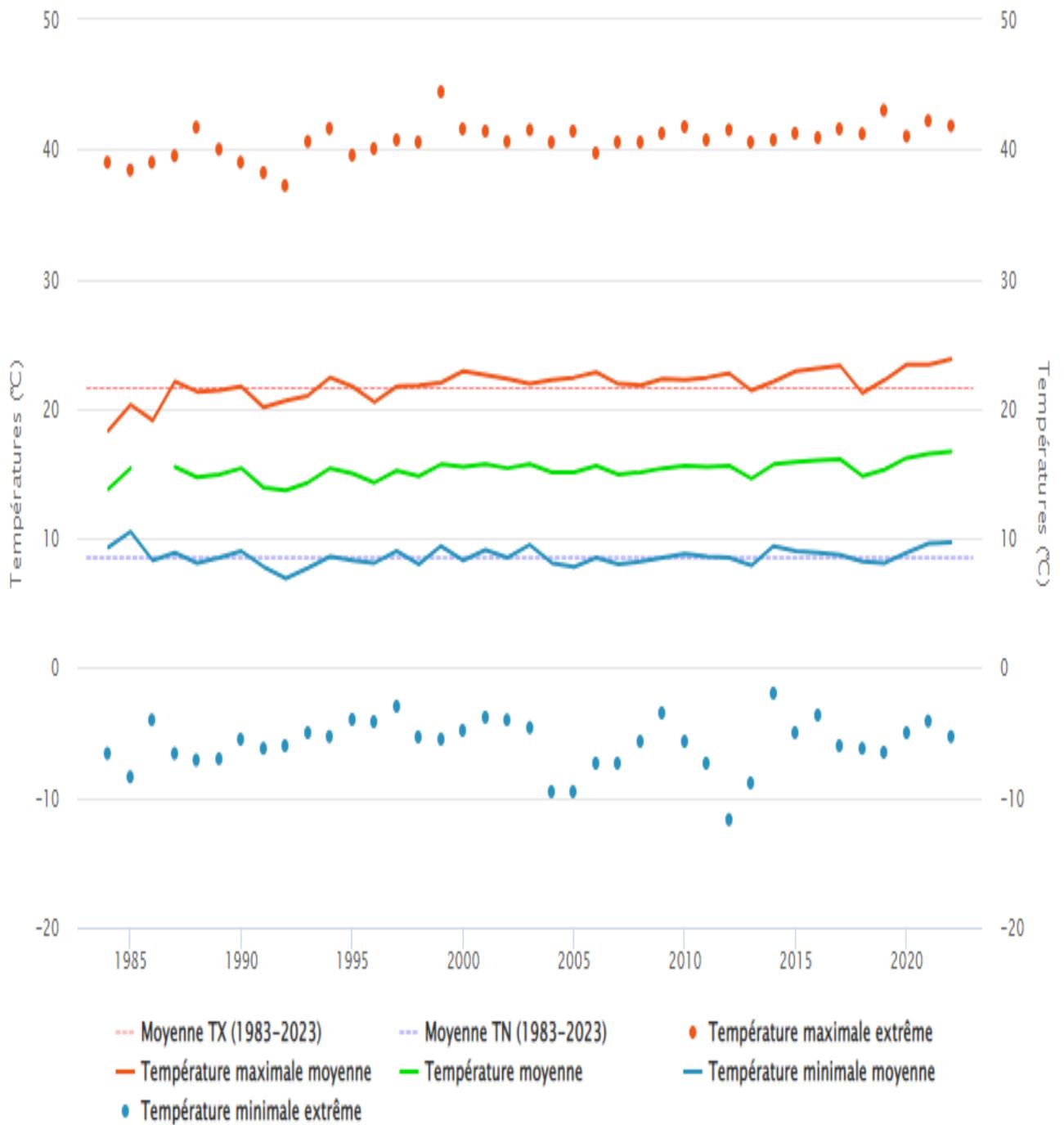


Figure 15: Température à Tiaret période 1983/2022 Source (www.infoclimat.fr)

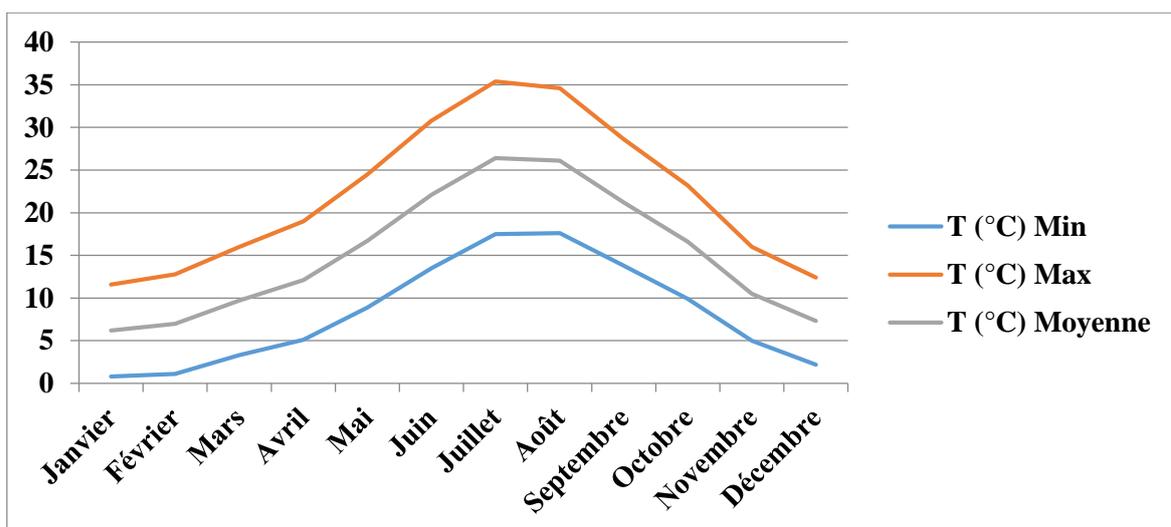


Figure 16: Températures moyennes de Tiaret (1991 /2020)

### 3.4 Synthèse climatique

#### ➤ Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

D'après (Bagnouls et Gausсен, 1954, in Moula, 2011) le mois est sec lorsque «  $P$  est inférieur ou égal à  $2T$  ». La comparaison entre des moyennes mensuelles des températures en °C avec celles des précipitations en mm ; nous permet de dégager la durée de la période sèche, Comme le montre la figure.

A travers la courbe (Fig.17), nous remarquons que la période sèche qui s'étend généralement de Mi-mai jusqu'à mi-octobre pour notre zone d'étude.

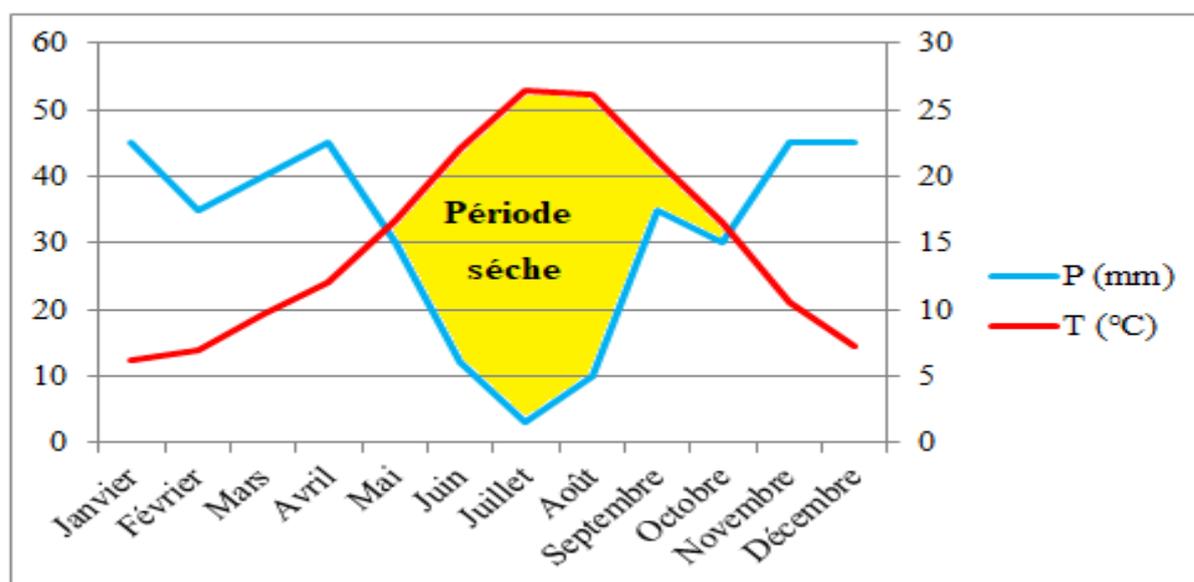


Figure 17: Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la zone d'étude pour la période 1991 -2020

➤ **Le quotient pluviothermique d'Emberger**

Selon (**EMBERGER, 1954, Moula, 2011**) a établi un quotient pluviothermique « Q2 » qui est spécifique au climat méditerranéen. Le diagramme correspondant permet de déterminer la position de chaque station météorologique et de délimiter l'aire bioclimatique d'une espèce ou d'un groupe végétale.

$$Q2 = 1000 P / (M+m/ 2) (M-m) \text{ Ou encore } Q2 = 2000 P / M2 - m2$$

La deuxième formule **STEWART en 1996**

$$Q2 = 3.34 P / M-m$$

Où : **P** : Moyenne des précipitations annuelles (mm)

**M** : Moyenne des maxima du mois le plus chaud (K°)

**m** : Moyenne des minima du mois le plus froid (°K)

$$(T+273^{\circ}\text{K})$$

**Tableau 4: Quotients pluviothermiques d'Emberger.**

Régions	P (mm)	m		M		Q2	Etage bioclimatique
		(°C)	(°K)	(°C)	(°K)		
<b>Tiaret</b>	364.54	0.17	273.17	36.72	309.72	34.22	Semi-aride

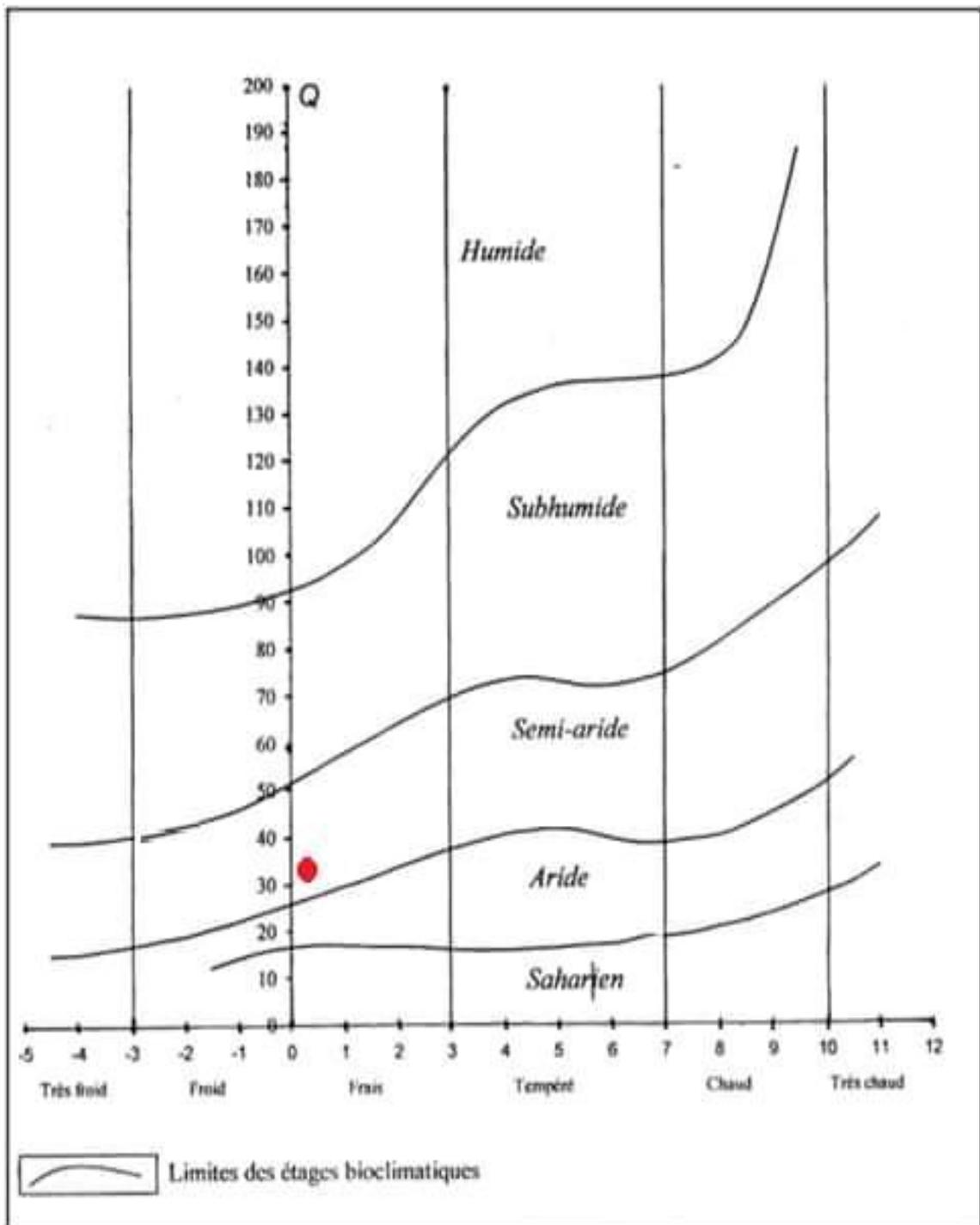


Figure 18: Climagramme d'EMBERGER pour la période (1991 à 2022).

Ces valeurs nous à permet de placer notre zone d'étude dans l'étage bioclimatique Semi-aride avec un hiver frais soit un quotient égale à 34,22.

### 3.5 Lithologie

La région steppique est principalement composée de sols calcaires accompagnés par d'autres formations pédologiques, Sur (Fig. 19) ci-jointe, On remarque qu'elle se forme d'alluvions et de sables; Ces formations sont présentes dans les environs du chott Chergui, de Ksar Chellala et de l'Oued Touil.

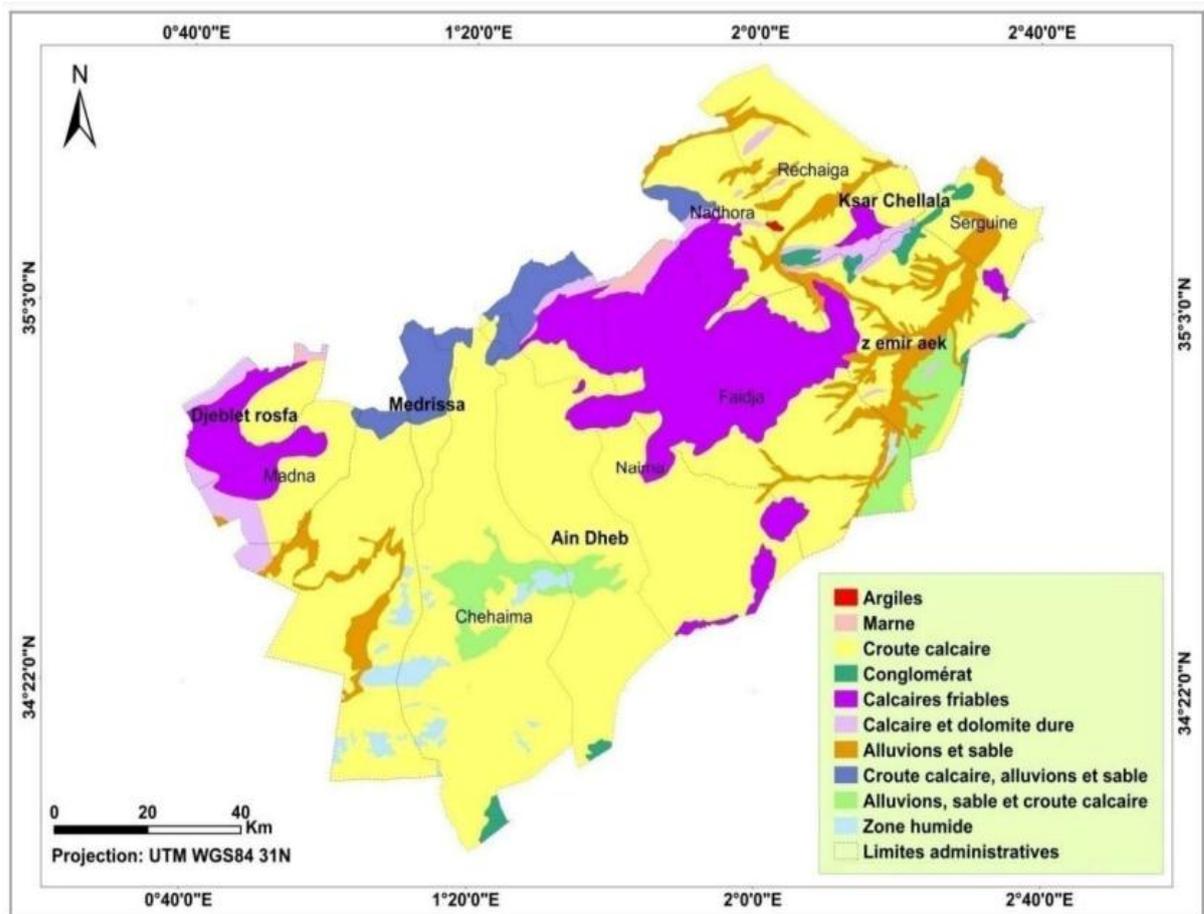


Figure 19: Carte lithologique de la zone de transition de la wilaya de Tiaret (Conservation des forêts de la wilaya de Tiaret, 2017, Amrouni, 2022)

### 3.6 Patrimoine forestier et couvert végétal

Dans la figure suivante montre la formation des différentes principales essences d'arbre dans la région de Tiaret. (Fig.20)

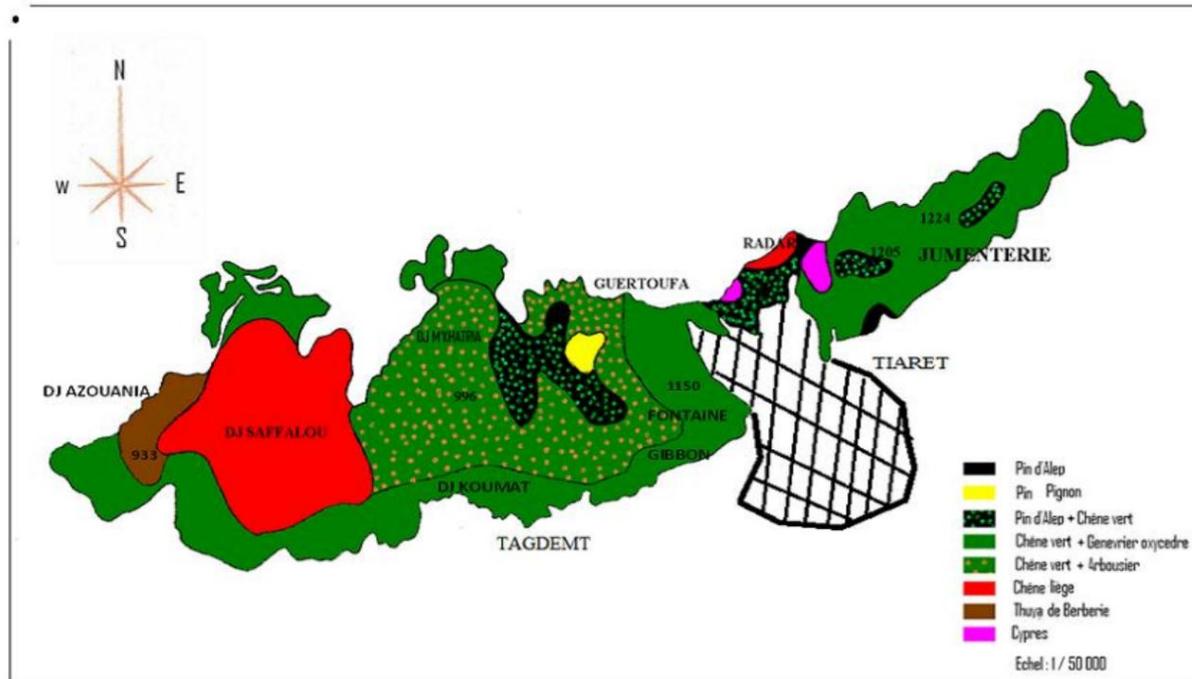


Figure 20: les principales essences forestières (URBATIA, 2022)

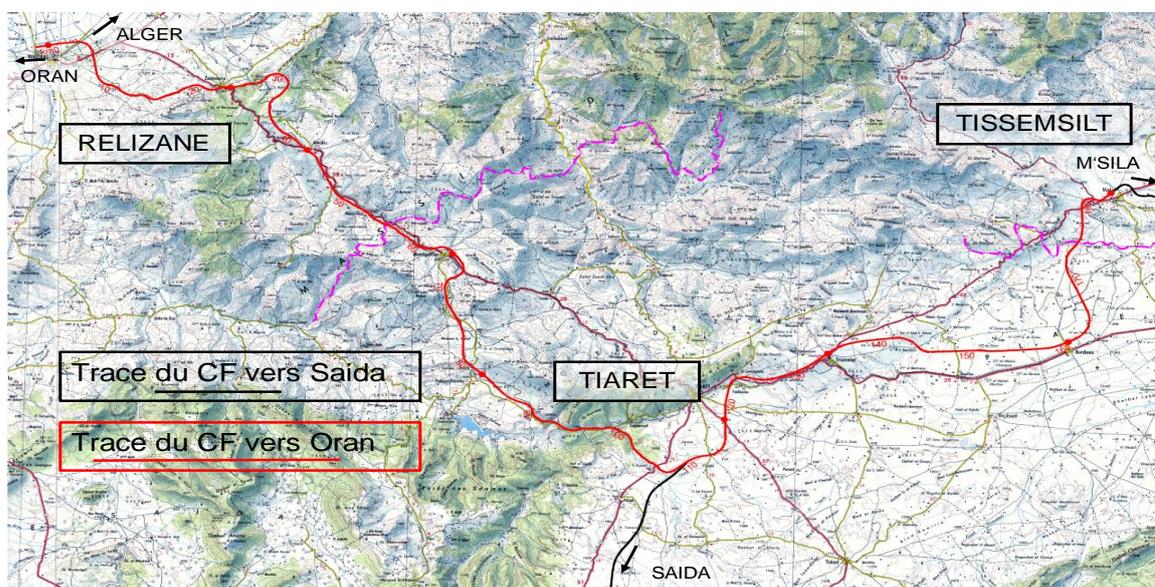
### 3.7 Le réseau routier

Selon (URBATIA ,2022) Le réseau routier de Tiaret interne compte 384 km de voie primaires et secondaire. Les heures de pointe occupe une large tranche de temps allant de 10h du matin à 17 h au soir durant les jours ouvrables, alors c'est pourquoi l'ancien centre-ville est devenu infranchissable durant les heures de pointe.

La ville de Tiaret se trouve actuellement désengorgée suite d'une part à la conception d'un plan de circulation de la ville, avec un trafic interne réglementé par la mise en place d'une signalisation horizontale et verticale adéquate et la création d'aires de stationnement dans des endroits judicieux permettant ainsi de faciliter la bonne fluidité, et d'autre part suite notamment à l'ouverture de plusieurs artères au sein du tissu urbain, on cite entre d'autres les tronçons suivants: (voie ZMALA reliant la R.N14 à l'hôpital YUCEF DAMARDJI, voie reliant l'Est et l'Ouest de Tiaret et passant par la cité FIDA, cité SONATIBA et arrivant à la cité Oued Tolba), elle sera encore plus soulagée une fois les contournements prévus seront totalement réalisés à savoir le contournement Nord et le contournement Sud –Est.(Fig.21)

**Tableau 5: Le réseau routier de Tiaret.**

Le réseau routier	Autoroute	Route Nationale	Chemin Wilaya	Voie Expresse	Voie Expresse 2X2	Chemin Communal	Total Réseau (kml)
Tiaret ville	0	30	3	11	29	6	79

**Figure 21 : Tracé du chemin de fer dans la wilaya de Tiaret.**

### 3.8 Les Activités Industrielles

#### ➤ Zone industrielles

La wilaya de Tiaret et en particulier la ville de Tiaret renferme des aptitudes importantes pour développer un maillage industriel de petites entreprises utilisant les ressources locales et liées aux complexes existants pour la production de biens stratégiques.

La ville qui a déjà acquiert une tradition industriel notamment dans les textiles et sidérurgiques n'en possède pas moins des potentialités pour la valorisation de l'ensemble des ressources locales (agriculture ; élevage ; carrières ....ect).

La zone industrielle existante et l'aménagement d'une nouvelle zone (parc) constituent des opportunités certaines pour atteindre deux objectifs :

Le premier est relatif à la redynamisation des activités existantes, le second est de multiplier l'offre foncière industrielle pour attirer l'investissement productif.

Le projet de la raffinerie constitue un autre catalyseur pour le renouveau industriel de Tiaret et de tout le bassin du Sersou (à l'arrêt en ce moment) (URBATIA, 2022)

**Tableau 6: SITUATION DES PROJETS ZONE INDUSTRIELLE ZAAROURA DIM TIARET 2018(URBATIA)**

SITUATIONS DES PROJETS	NOMBRE	NOMBRE DE LOTS	SUPERFICIE M <sup>2</sup>	TAUX
	D'OPERATEURS			
<b>PROJETS NON LANCES</b>	60	107	280 763,59	11%
<b>PROJETS EN COURS DE REALISATION</b>	97	196	497147,04	20%
<b>PROJETS A L'ARRET</b>	10	20	186 157,51	7%
<b>PROJETS ACTIFS</b>	52	118	552 213,51	62%
<b>TERRAINS DISPONIBLES</b>	0	1	1 490,40	0%
<b>TOTAL</b>	219	442	517 772,05	100%

### 3.9 Parc automobile

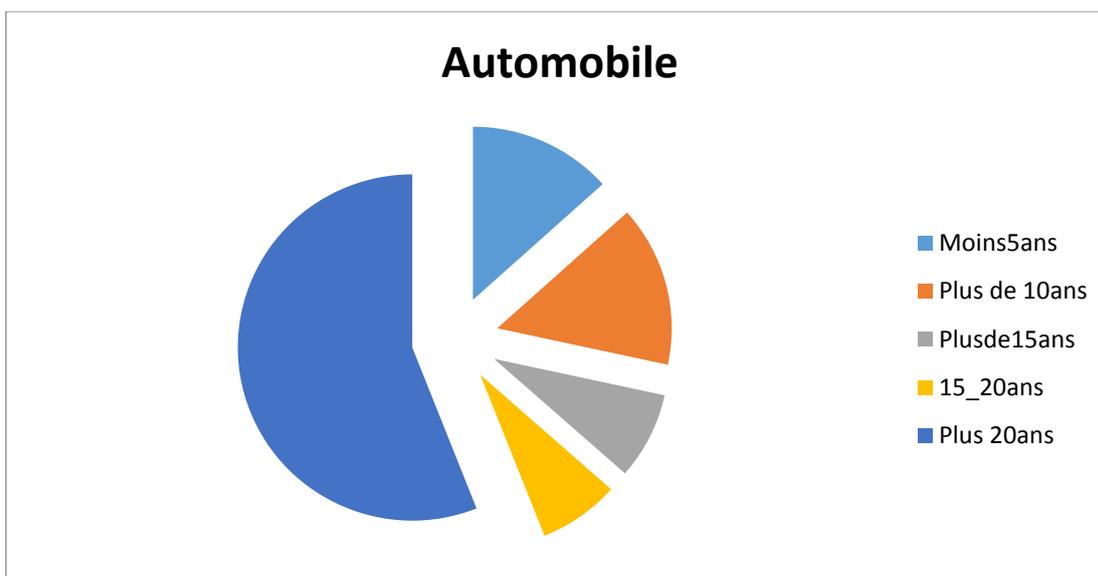


Figure 22: Répartition du parc automobile selon l'âge (wilaya de Tiaret service de carte grise, 2023)

### 3.10 Aspect socio-économique

#### ➤ Evolution de la population

D'occupation des sols est un facteur indirect de changement de l'augmentation la croissance de la population (Mhawish et Saba, 2016), et particulièrement dans les zones steppiques telles que la wilaya de Tiaret souffrent actuellement.

La zone est devenue semi-aride menacées par la désertification et la dégradation des sols par l'érosion et l'ensablement progressif.

La réduction globale du couvert végétal, l'appauvrissement des populations pastorales les plus démunies et l'exode de celles-ci vers les villes, marquent la steppe d'aujourd'hui. **(Bencherif, 2013)**.

La réduction des espèces pérennes et annuelles à vocation pastorale en sont qui entraîne des perturbations écologiques. **(Sbaiss et Yebda, 2021)**

- **Les projections** ont été effectuées sur la base d'un taux d'accroissement moyen annuel, propre à chaque commune.

**Tableau 7: données statistiques revue n° 527/14 ONS 5ème RGPH 2008 (URBATIA, 2022)**

<b>Communes</b>	<b>RGPH 2008</b>	<b>POP 2016</b>	<b>POP 2017</b>	<b>POP 2018</b>	<b>POP 2019</b>	<b>POP 2020</b>
Tiaret	201 234	234 391	237 673	241 000	248413	253 381

# CHAPITRE 04

## 1. Choix des sites d'échantillonnage

Il existe plusieurs types d'échantillonnage :

### ➤ Echantillonnage subjectif

Est la forme la plus simple et la plus intuitive d'échantillonnage. L'observateur juge les emplacements représentatifs des conditions du milieu et choisit comme échantillons les zones qui lui paraissent particulièrement homogènes et représentatives d'après son expérience.

### ➤ Echantillonnage stratifié

Il est particulièrement utilisé quand l'aire étudiée est divisée en zones différenciées. Les strates peuvent correspondre à des divisions administratives, des unités de gestion, à des zones à topographie ou accessibilité différente... Il consiste à subdiviser une population hétérogène en sous-populations ou strates plus homogènes.

### ➤ Echantillonnage systématique

Ce type d'échantillonnage consiste à répartir les échantillons de manière régulière (tous les «x» mètres par exemple). Il est moins demandeur en temps qu'un échantillonnage aléatoire. On utilise habituellement un quadrillage (souvent positionné sur la photographie aérienne du territoire étudié). Les points d'échantillonnage sont ainsi faciles à localiser à chaque relevé, c'est un avantage considérable dans le cadre d'un suivi permanent.

### ➤ Echantillonnage aléatoire simple

Est une méthode qui consiste à prélever au hasard et de façon indépendante «n» unités d'échantillonnage d'une population de «N» éléments. Les échantillons sont répartis au hasard. Chaque point dans l'espace étudié a donc une chance égale d'être échantillonné. Les données ainsi récoltées ne sont pas biaisées. A partir d'une carte ou d'une photographie aérienne, l'œil humain ne sait pas choisir les échantillons.

Pour notre étude, l'échantillonnage subjectif a permis de localiser notre site d'échantillonnage au niveau du Parc d'attraction et de loisirs de Tiaret pour le dosage des métaux lourds (cuivre, zinc, plomb). Ce site se caractérise par la dominance du pin d'Alep et un fort trafic routier puisque il se trouve à la proximité de la sortie nord de la ville de Tiaret(Fig23).

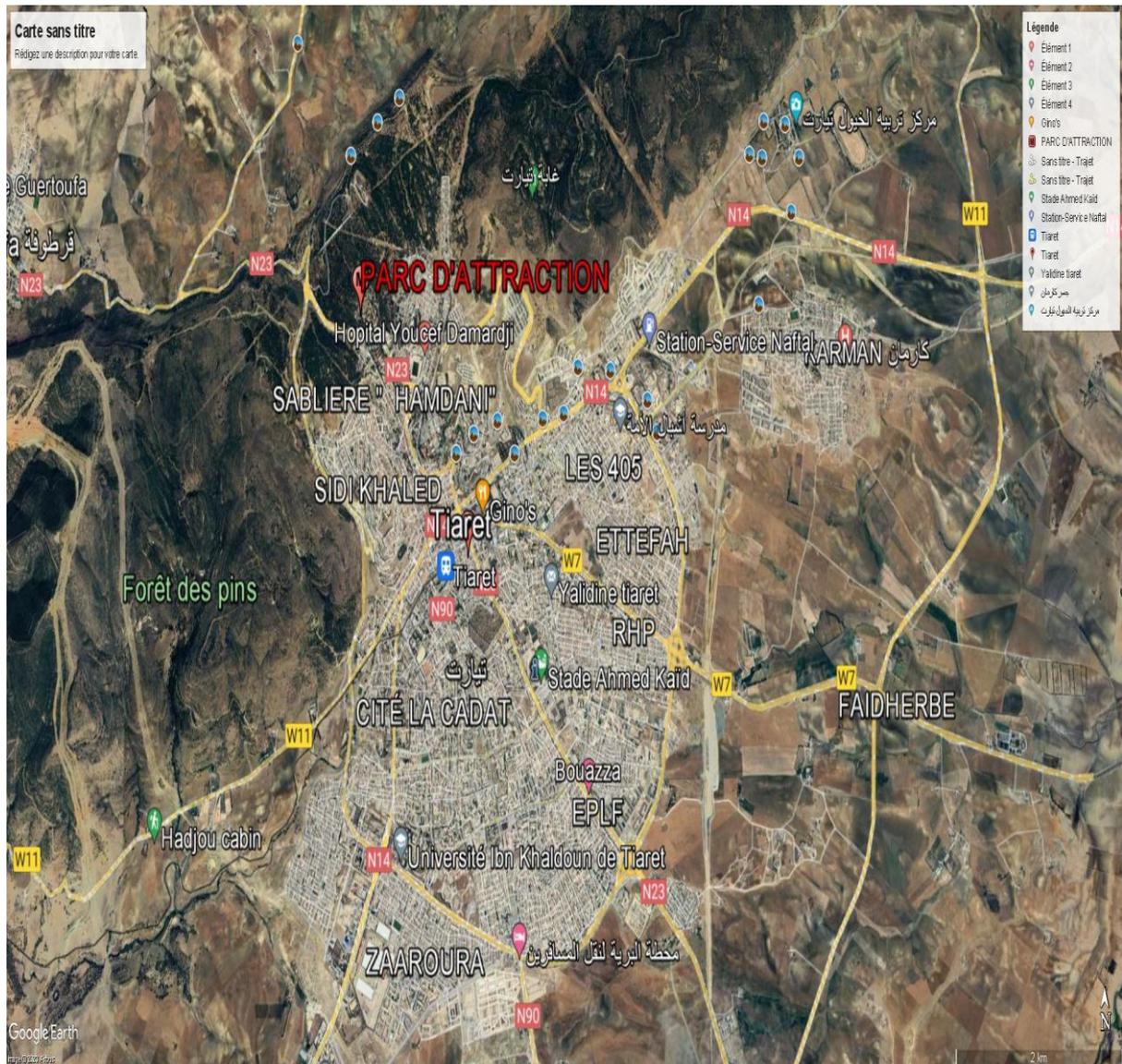


Figure 23 : le site de prélèvement du matériel végétal (URBATIA.2023)

Tableau 8 : Caractéristiques de station écologiques

<b>Station</b>	Parc d'attraction et de loisirs
<b>Altitude</b>	1111m
<b>Exposition</b>	Sud Est
<b>Pente</b>	Faible
<b>Sol</b>	terrain végétale <b>100%</b>
<b>Composition en essence</b>	Forêt claire du pin d'Alep

## 2. Choix des arbres

Les critères du choix des arbres sont :

- La santé de l'arbre ;
- Les branches de l'arbre ne sont pas coupées, aussi ne sont pas cassées ;
- L'ancienneté de l'arbre (âge) ;
- Proche de la route.

**Tableau 9 : les caractéristiques de station de prélèvement**

Zone	Numéro des arbres	Les coordonnées géographiques	Le code	La distance entre l'arbre et les arbres
Parc d'attraction et de loisirs Tiaret	01	X=35°23'10'' N Y=1°18'32'' E	N23	D= 7 m
	02	X= 35°23'11'' N Y=1°18'32'' E		D= 4 m
	03	X=35°23'12'' N Y=1°18'31'' E		D= 13 m

## 3. Prélèvement et traitement du matériel végétal

Le carottage des arbres échantillonnés se fait généralement à la hauteur de 1.3 m, on évitant les défauts visibles (les nœuds, les blessures). Chaque carotte porte un matricule approprié et préserver dans un sachet numéroté.

Après l'extraction, les trous de sondage peuvent être rebouchés par une baguette la plaie de l'écorce étanchéifiée par un cicatrisant pour ceci évite l'attaque de parasites ou de champignons. (Fig. 24)



**Figure 24 : les étapes de prélèvement des carottes (photo original)**

#### **4. Traitement des échantillons et analyse des données :**

- Préparation des échantillons :

Après le prélèvement de carotte, on l'enlève du l'extracteur puis, on le place dans la paille pour l'opération de séchage pendant 2 jours, et pour éviter toute contamination entre les échantillons.

Avant la mesure des cernes proprement dite, les échantillons doivent être préparés de façon à améliorer la lisibilité des cernes. Une préparation soignée assure une parfaite observation des moindres détails de la structure du bois.

Les carottes ont été collé sur des réglettes en bois, poncer avec le papier verre à grain fin et planer avec un cutteur.



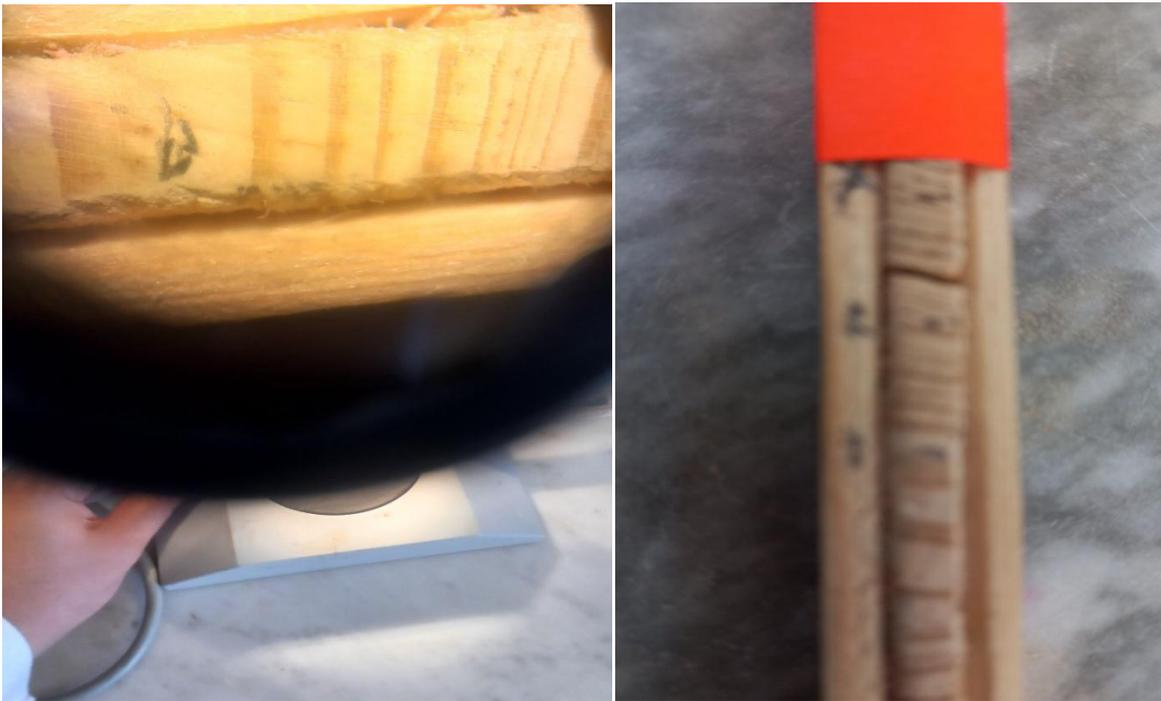
**Figure 25: Préparation des carottes (photo original)**

### **5. Inter datation**

La reconnaissance exacte des cernes annuels constitue la base de l'expertise dendrochronologique.

Les systèmes de mesures des largeurs des cernes sont multiples : analyse d'images et scanner, machine Eklund...etc. quel que soit le type de système utilisé, la mesure des largeurs est une étape essentielle qui nécessite rigueur et précision.

Dans cette expérience, nous avons utilisé la loupe binoculaire (grossissement \*10, \*40) pour faciliter la lecture des cernes et on fait des traits avec un crayon pour identification les cernes annuels pour datation. **(fig.26)**



**Figure 26: Identification des cernes annuels (photo original)**

### 6. Mesure de l'épaisseur des cernes

Nous avons mesuré l'épaisseur des cernes à l'aide d'une loupe graduée à un dixième de millimètre (fig.27).



**Figure 27: Mesure et division et broyage des cernes (photo original)**

### 7. Minéralisation des échantillons

Une fois l'identification est réalisée, le bois est découpé en morceaux de 05 ans puis broyer.

➤ L'attaque a froid :

Faire réagir 0.1 g de matière végétale sèche avec 10 ml d'acide nitrique ( $\text{HNO}_3$  à 69%) dans un matras pendant une nuit. Ensuite, on ajoute 10 ml d'Hcl (35%), et on ajuste le volume par l'eau distillée jusqu'à 100 ml. (Fig.28)



**Figure 28: L'attaque à froid l'acide nitrique et matière végétale (photo original)**

➤ L'attaque à chaud :

Évaporer-le à sec sur un bain de sable ou une plaque chauffante. (Fig.29)



**Figure 29: L'attaque à chaud évaporation dans bain de sable (photo original)**

Après l'évaporation des acides, on ajoute dans chaque fiole 10ml de l'eau distillé avec la filtration et on le vide dans les tubes à essai. **(Fig.30)**



**Figure 30: Récupérer les métaux lourds (photo original)**

## **8. Dosage des métaux lourds par la technique FRX**

La spectrométrie de fluorescence x c'est l'une des méthodes les plus couramment utilisés pour permettant la détermination qualitative et quantitative de la composition élémentaire d'un échantillon sous forme liquide massif ou poudre. **(CRAPC expertise)**

### **➤ Principe de l'appareil**

L'échantillon à analyser est placé sous un faisceau de rayons X. Sous l'effet de ces rayons X, les atomes constituant l'échantillon passent de leur état fondamental à un état excité. L'état excité est instable, les atomes tendent alors à revenir à l'état fondamental en libérant de l'énergie, sous forme de photons X notamment. Chaque atome, ayant une configuration électronique propre, va émettre des photons d'énergie et de longueur d'onde propres. C'est le phénomène de fluorescence X qui est une émission secondaire de rayons X, caractéristiques des atomes qui constituent l'échantillon. L'analyse de ce rayonnement X secondaire permet à la fois de connaître la nature des éléments chimiques présents dans un échantillon ainsi que leur concentration massique. **(Valérie, 2016)**

➤ **Avantages de la spectrométrie FRX**

- Pas besoin d'eau, d'air comprimé ou de gaz
- Faible consommation électrique
- Meilleure résolution du système
- Analyse élémentaire simultanée



*Résultats et  
discussions*

# CHAPITRE 05

## 1. Analyse de la croissance radiale

L'analyse des courbes (**Fig. 31**) montre la croissance des arbres tout en négligeant l'effet de l'âge, on observe deux groupes de cernes en indiquant les années caractéristiques par rapport à l'indice de croissance.

**L'arbre 01: -Cerne minces :** 1970, 1971, 1977,1975-1982, 1985-1989,1991-1995, 2001,2006, 2007,2009, 2017,2019, 2020 ;

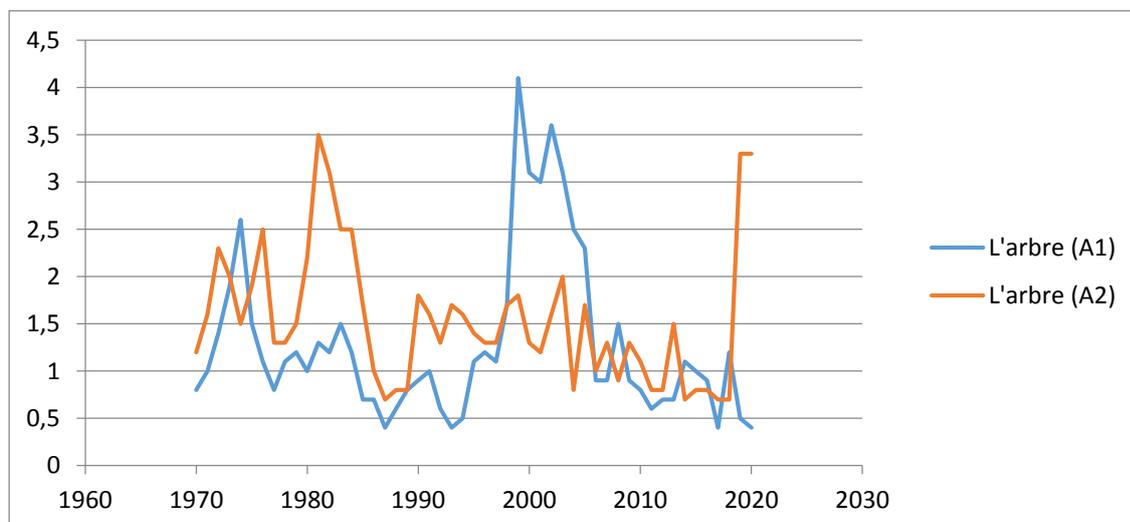
**-Cernes épais :** 1972, 1973, 1974, 1983, 1984, 1990,1996- 2000, 2002-2005,2018.

**L'arbre 02: -Cerne minces :** 1971, 1975\_1980, 1982\_1988, 1998, 2007, 2008,2010, 2013, 2016, 2017,2019, 2020 ;

**-Cernes épais :** 1970,1972, 1974, 1981, 1989,1990\_1995, 2000\_2006, 2009,2018.

Dans le cas des chronologies individuelles, les variations liées à l'orientation sont moindres. En revanche, ces chronologies contiennent les fluctuations propres à chaque arbre.

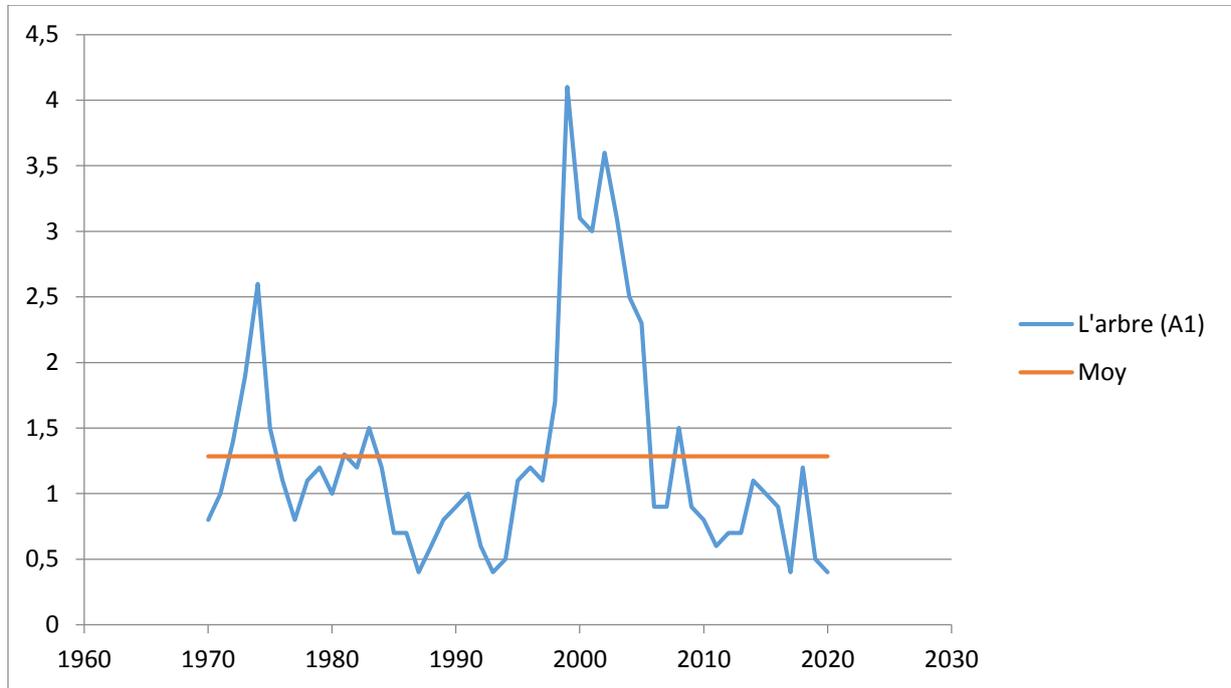
En effet, l'examen des courbes individuelles montre aussi, des variations importantes des épaisseurs des cernes entre les séries individuelles, ces variations sont liées aux conditions microstationnelles et intrinsèques de l'arbre (**MESSAOUDENE, 1989 ; SARMOUM, 2008, Moula, 2010**). A partir de la figure, on remarque que les courbes ont des significations différentes pour les arbres d'une même station. (**Fig.31**)



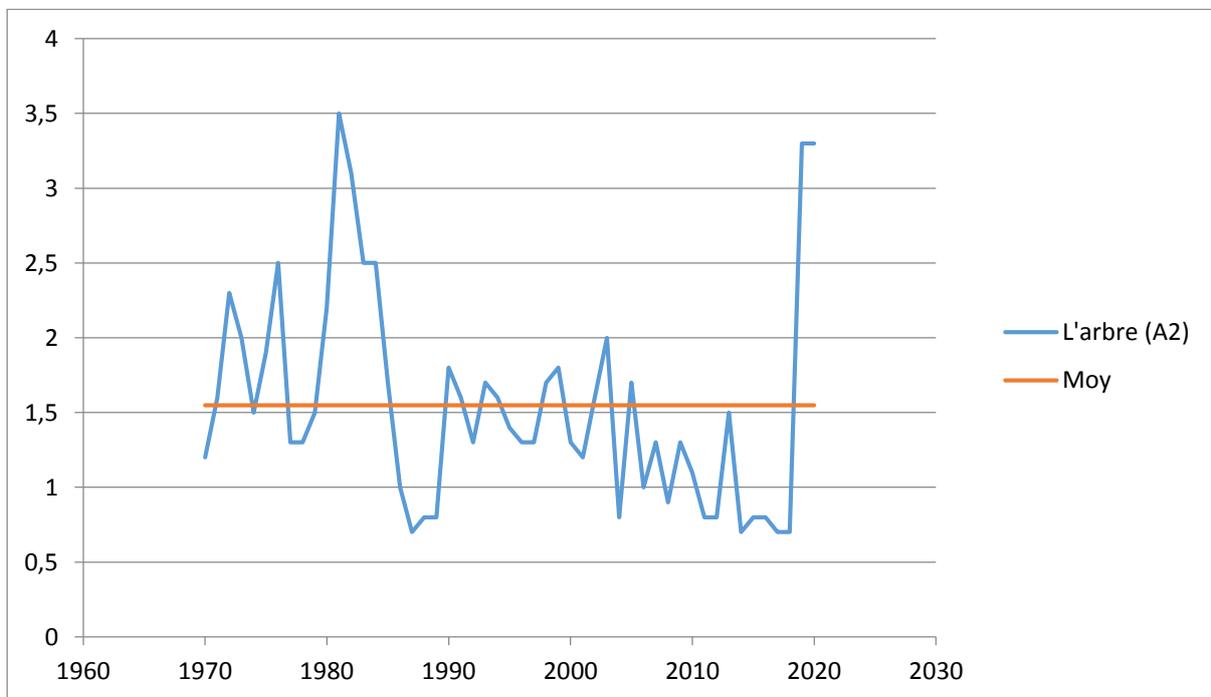
**Figure 31 : la comparaison entre les courbes individuelles.**

## 2. Evaluation des épaisseurs des cernes

Les figures 32 et 33 montrent les variations interannuelles des épaisseurs des cernes dans la station.



**Figure 32 : Variations interannuelles des épaisseurs des cernes (l'arbre 01)**



**Figure 33: Variations interannuelles des épaisseurs des cernes (l'arbre 02)**

### 3. Séries de synthèse

Pour étudier les changements annuels d'épaisseur des cernes, nous avons analysé les figures 32 et 33 montre les fluctuations observées sur les séries chronologiques de la croissance radiale des arbres 01 et 02, on observe des périodes de croissance favorable et d'autres caractérisées par une croissance faible.

**Tableau 10: Périodes de croissance favorable et faible.**

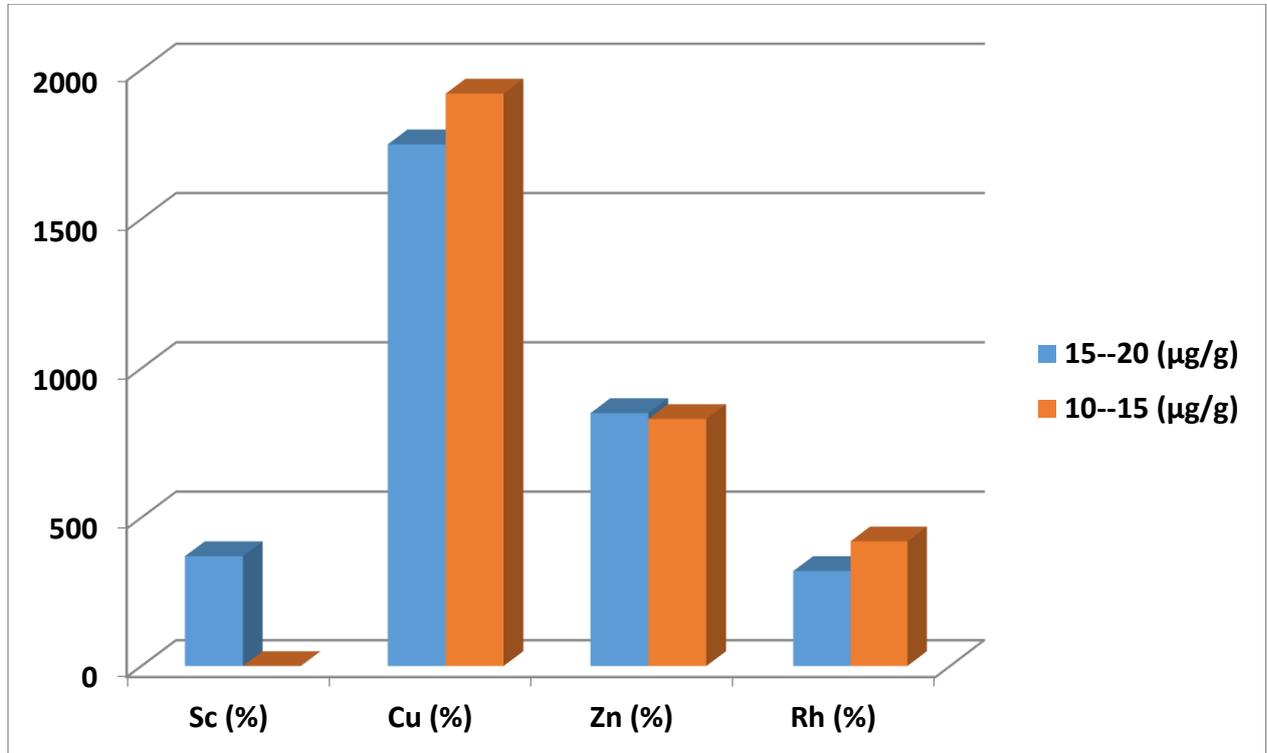
	L'arbre 01	L'arbre 02
<b>Haute fréquence</b>	4	3.5
<b>Basse fréquence</b>	0.3	0.7
<b>Moyenne fréquence</b>	1.3	1.54

Selon **LEBOURGEOIS (2008)**, on peut distinguer 3 échelles temporelles du modèle linéaire de croissance qui sont :

- **Haute fréquence:** Intègre les variations interannuelles de la croissance des arbres concernant la physiologie de l'espèce (fluctuation aléatoire) sont exprimées par des cernes très minces ou très larges. Ce sont les conditions environnementales qui agissent sur la croissance radiale. La période (l'arbre 01 : 1997-2005 et l'arbre 02 :1979-1985,2018-2022)
- **Moyenne fréquence :** Permet de mettre en évidence les variations de croissance sur un intervalle d'années. Ces variations peuvent être d'origine climatique, un résultat des pratiques sylvicoles ou de phénomène de dépérissement. La période (l'arbre 01 : 1981-1983 et l'arbre 02 :1989-1994,2004-2005)
- **Basse fréquence:** Traduit la tendance de la croissance liée à l'âge des arbres. La période (l'arbre 01 : 1975-1997et l'arbre 02 :2005-2018)

## 2. Dosage les métaux lourds

Les résultats obtenus sont présentés dans la figure 34 pour les chronologies 2010-2015 et 2015-2020.



**Figure 34 : les teneurs des métaux lourds 2010 jusqu'à 2020.**

- L'accumulation du Scandium Il était inexistant en 2010-2015 jusqu'à ce qu'il devienne une valeur de 370 (µg/g) dans la période 2015-2020;
- L'accumulation du Cuivre varie d'une valeur maximale de 1920(µg/g) dans la période 2010-2015 à une valeur minimale de 1750 (µg/g) correspondant à la période 2015-2020 ;
- L'accumulation du Zinc varie d'une valeur minimale de 830 (µg/g) dans la période 2010-2015 à une valeur maximale et correspondant à la période 2015-2020 ; 850(µg/g);
- L'accumulation du Rhodium varie d'une valeur maximale de 420(µg/g) dans la période 2010-2015 à une valeur minimale de 320 (µg/g) correspondant à la période 2015-2020.

### 3. Des interprétations concernant l'origine de ces métaux

#### Scandium (Sc)

C'est un métal de transition rare, On ne trouve pas naturellement de scandium métallique. Le scandium a été découvert par Lars Fredrick Nilson en 1879 lors de recherches des terres rares, à partir de minerai d'euxénite et de gadolinite. Afin d'isoler l'élément il traita 10 kilogrammes d'euxénite afin d'obtenir 2 grammes d'oxyde de scandium ( $\text{Sc}_2\text{O}_3$ ) très pur. En 1937, pour la première fois du scandium métallique est produit par électrolyse d'un mélange de potassium, de lithium, et d'oxyde de scandium fondu vers 700 à 800 °C. (Geowiki, 2021)

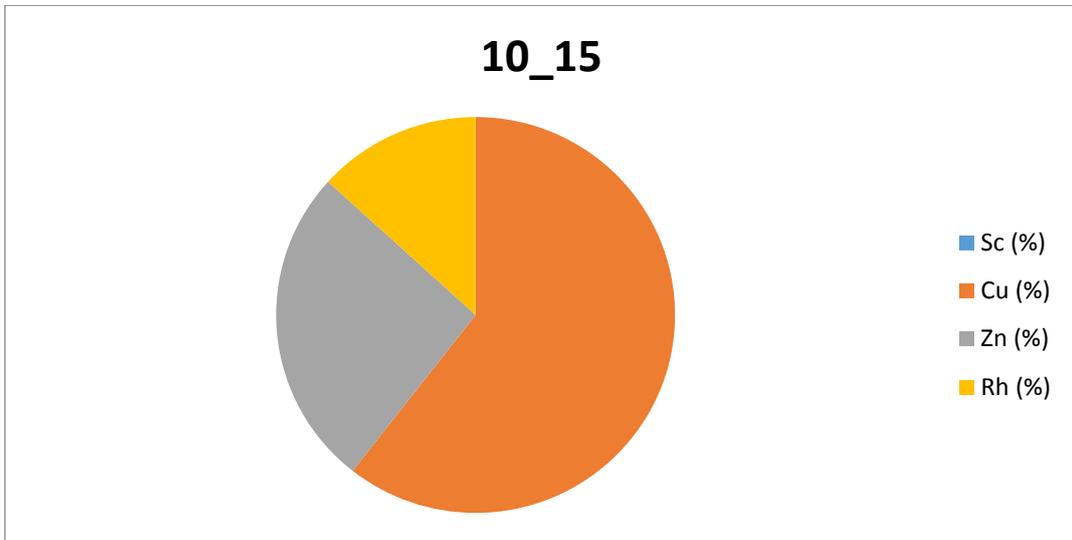
#### Le rhodium (Rh)

C'est un élément très rare et coûteux qui est extrait du platine natif. (ISE, 2023), Le rhodium est principalement utilisé par l'industrie automobile dans la fabrication des catalyseurs d'échappements – ou pots catalytiques – car il permet de limiter l'émission de gaz polluants, notamment l'oxyde d'azote (NOx).

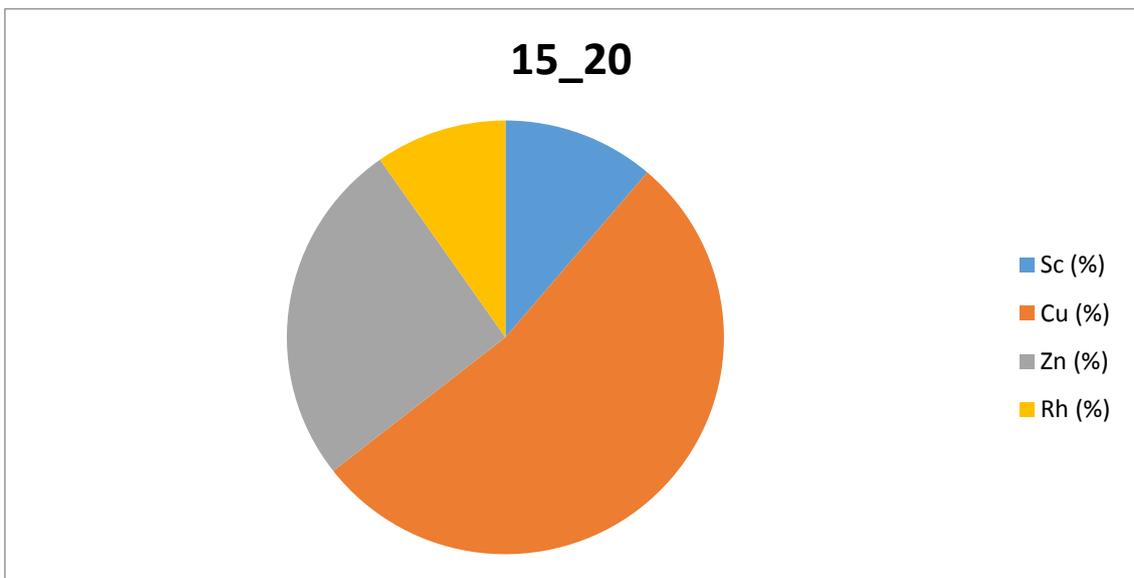
Le cuivre (Cu) est une substance solide qui peut nuire à l'environnement et à la santé humaine. Le cuivre est émis dans l'atmosphère à partir de sources ponctuelles d'origine anthropique telles que la combustion du charbon, la combustion de combustibles solides et les incinérateurs de déchets, les activités industrielles les pesticides en général...

Bien que le zinc (Zn) soit important, il peut être toxique à des concentrations plus élevées. Et d'autres composés présents dans l'atmosphère avec des particules de zinc lors de l'extraction, de la fusion et du raffinage des métaux, les activités industrielles les pesticides en général...

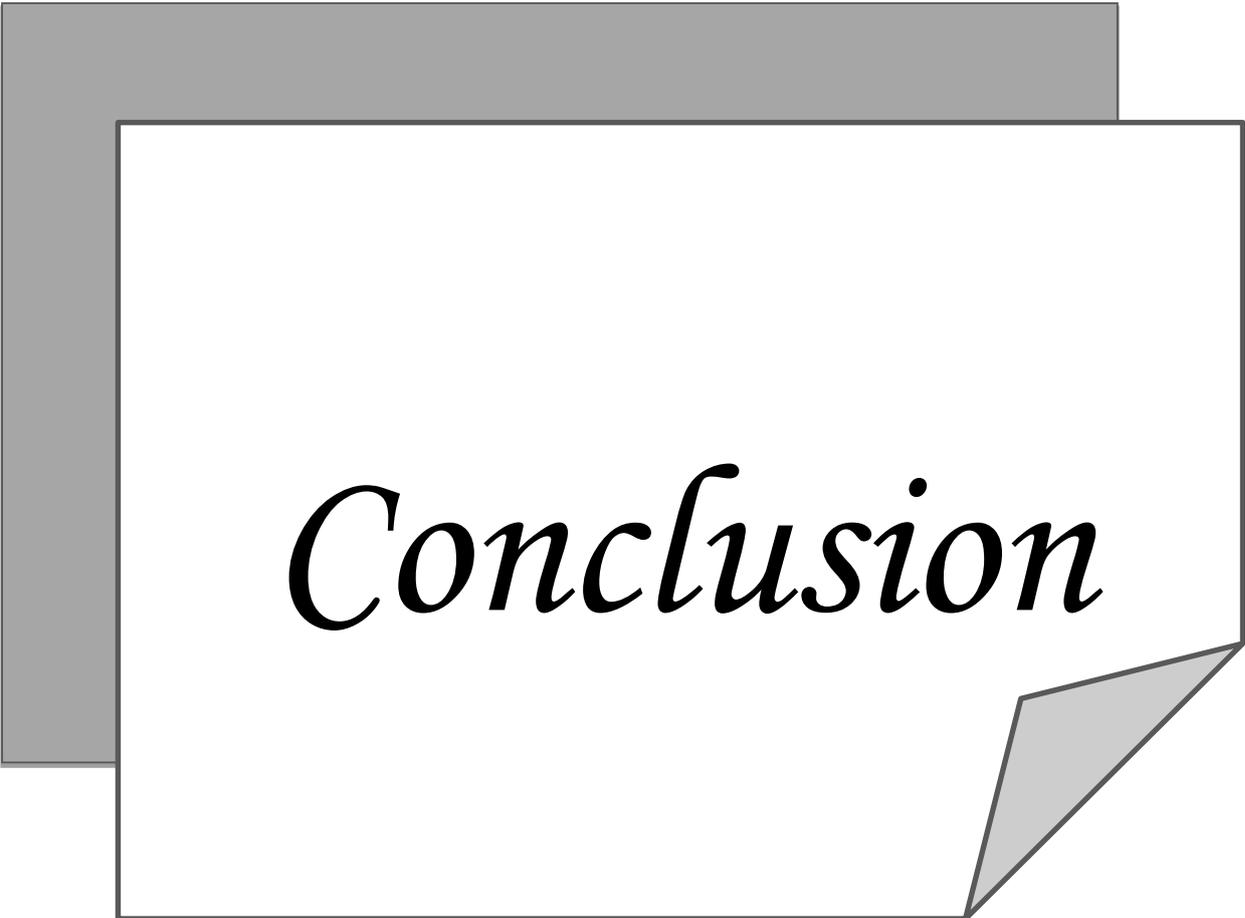
D'après les résultats, on note que le pourcentage des métaux lourds a augmenté, notamment Scandium en 2015-2020.



**Figure 35 : le pourcentage des métaux lourds dans la matière végétale en 2010-2015.**



**Figure 36 : le pourcentage des métaux lourds dans la matière végétale en 2015-2020.**



*Conclusion*

## Conclusion

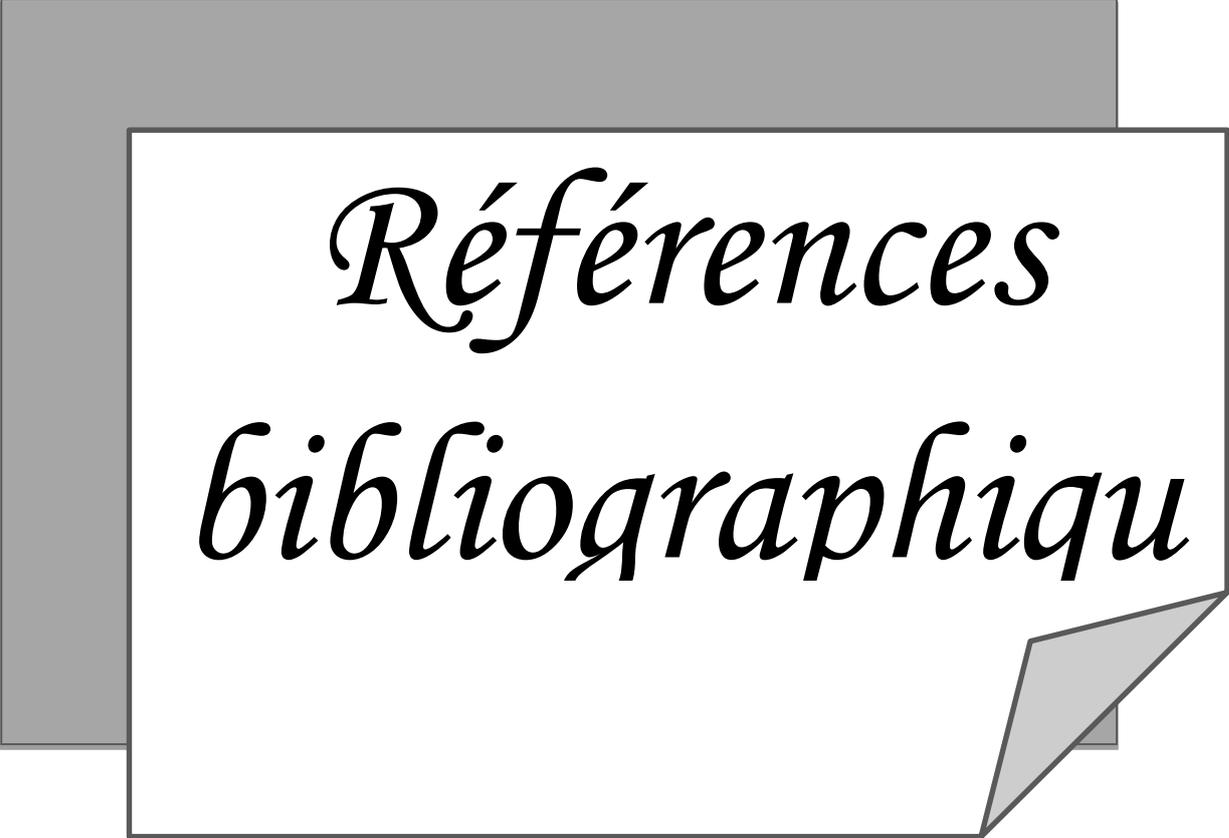
Au terme de ce travail, notre objectif principal est d'évaluer la pollution atmosphérique par les métaux lourds au niveau de la ville de Tiaret en utilisant le bois de pin d'Alep comme bioaccumulateur. Présents dans les écosystèmes terrestres, le pin d'Alep forme une part importante de la biodiversité de nos milieux naturels,

Ce travail est basé sur les techniques de la dendrochronologie qui consiste à étudier l'épaisseur des cernes des arbres et leurs fluctuations dans l'espace et dans le temps en fonction des facteurs écologiques et la dendrochimie qui consiste à doser les métaux lourds dans les cernes. Pour ce faire une population de trois arbres du pin d'Alep a été sélectionnée dans la ville de Tiaret.

Les résultats montrent que sur une période de 50 ans, la croissance du Pin d'Alep montre des fluctuations plus ou moins importantes d'une année à l'autre. Il est présumé que cela est causé par divers facteurs, tels que le climat, la sécheresse, l'effet de serre, les pluies acides, l'âge avancé des arbres ou d'autres éléments inattendus tels que la pollution de l'air.

Les teneurs en métaux lourds du bois de pin d'Alep peuvent parfois être très élevées en raison comme c'est le cas du zinc et du cuivre. La dynamique des teneurs des métaux lourds suggère des pics d'accumulation et un changement de l'environnement de l'arbre.

La biosurveillance de la pollution atmosphérique par la dendrochimie, dans la ville de Tiaret s'avère pertinente depuis les études déjà réalisées et par cette étude qui vient de les compléter.



*Références  
bibliographiques*

## Référence

### Bibliographie et webographie

- ❖ **ACHIR, 2009** : évaluation et modélisation de l'érosion hydrique ; étude comparative entre la région céréalière de Rahouia et la région steppique de faïdja wilaya de Tiaret 38p
- ❖ **AMROUNI, 2022** : Dynamique de l'occupation du sol par télédétection de la zone de transition des deux Atlas tellien et saharien dans la wilaya de Tiaret (Algérie).27p
- ❖ **AZRI et BELGACEM, 2018** : Contribution à l'étude de L'effet de pin d'Alep sur la nature du sol dans la région de Tébessa 2p
- ❖ **BAGNOULS et GAUSSEN, 1954, in MOULA, 2011** : Contribution à l'étude de l'impact de la pollution atmosphérique sur le pin d'Alep dans la région de Tiaret 30-40p
- ❖ **BELABED, 2010** : La pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba « Sources de contamination des écosystèmes aquatiques »p15
- ❖ **BENHAMOU et BAKIR, 2016** : Effet du plomb sur quelques paramètres biométriques de la fève (*Vicia faba* L.) 7-13p
- ❖ **BENJAMIN et TARA, 2020** : Émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques en France Métaux lourds.
- ❖ **BENTOUATI et BARITEAU, 2005** : Réflexions sur le dépérissement du Cèdre de l'Atlas des Aurès (Algérie)
- ❖ **BENTOUATI, 2006, MECHERI, 2018** : Réflexions sur le dépérissement du Cèdre de l'Atlas des Aurès (Algérie)
- ❖ **BERROUANE, 2015** : Biosurveillance de la pollution atmosphérique par les lichens au niveau de l'arboretum du jardin d'essai du Hamama 10p
- ❖ **BERRYAH, 2016** : *Biosurveillance de la qualité de l'air à l'aide des lichens et de mousses dans le groupement urbain de Tlemcen* 3-8p
- ❖ **BOUTEBEL et DOURI, 2011** : Etude de la pollution atmosphérique par le zinc à l'aide d'une méthode dendrochimique chez les *Eucalyptus camaldulensis* dans la ville de Tiaret.1p
- ❖ **DSF, 2023** : Département de la santé des forêts
- ❖ **GARREC et VAN HALUWYN, 2002** : Biosurveillance végétale de la qualité de l'air, 117p **MARKERT ET AL, 2003, LOUNICI, 2015** :

- ❖ **GHOUGALI, 2011** : Contribution à l'évaluation de la diversité et du contrôle génétique de la croissance et de la fructification chez les pins de types halepensis (*Pinus brutia*-*Pinus halepensis*) p7
- ❖ **GUECHGAL, 2021** : Impact du changement climatique sur le rendement du blé dur dans la wilaya de TIARET 36p
- ❖ **HASSANI et DJEDDI, 2013** : Les lichens de Béjaia : témoins de la qualité de l'environnement p13
- ❖ **KADIK, 1987** : contribution à l'étude du pin d'Alep (*pinus halpensis* Mill) en Algérie, écologie, dendrométrie, morphologie, office des publications universitaires Alger 182-187p
- ❖ **LE HOUEROU, 2005 in VENNETIER et AL, 2011** :Évaluation de la croissance du pin d'Alep en région méditerranéenne française
- ❖ **LEBOURGEOIS, 2008** : Introduction à la dendrochronologie. LERFOB- Ecologie Forestière. 56p.
- ❖ **LEBOURGEOIS, 2008** : Principes et méthodes de la dendrochronologie 19-22p
- ❖ **LOUNICI et BOUDIEB, 2021** : Bioaccumulation des HAP atmosphérique Par *Xanthori parietina* dans la région de Beni Amrane (Boumerdes) 3p
- ❖ **MANAA, 2015** : Biosurveillance de la pollution atmosphérique par l'utilisation des lichens bioindicateurs dans la ville de Tlemcen 5-14 p
- ❖ **MESBOUA et SAIDI, 2020** : Contribution à l'étude phytochimique et à l'étude de l'activité antioxydante des extraits de *Pinus halepensis* et *Centaurea pungens* 23p
- ❖ **MESSAOUDENE et ZERMOUT, 2022** : Etude de l'effet bio insecticide de la poudre lichénique de *Parmelia acetabulum* sur les charançons du riz (*Sitophilus oryzae* L., 1753) 11p
- ❖ **MHAWISH ET SABA, 2016** : *Impact of Population Growth on Land Use Changes in Wadi Ziqlab of Jordan between 1952 and 2008 .7-14p*
- ❖ **MOULA, 2010** : Contribution à l'étude de l'impact de la pollution atmosphérique sur le pin d'Alep dans la région de Tiaret
- ❖ **NAHAL, 1986** : taxonomie et air géographique des pin de groupe halpensis option Méditerranéen série détude CIHEAM86/1 1-9p
- ❖ **NRIAGU, 1978, BAIZE, 2002 in EL HADJ et ZOUBID ,2016** : Effets du plomb sur les paramètres chimiques de la tomate 4p.
- ❖ **Olivier et al, 2017**, Contribution à la caractérisation et à l'identification des écotypes d'olivier *Olea europaea*. L dans la région des Aurès

- ❖ **QUEZEL, 1986 IN TAIBI et ZIANI, 2017 :**
- ❖ **RAMADE, 1992, ZEGGAI, 2020 :** La Contamination De L'eau Par Les Métaux Lourds 18p
- ❖ **RAMEAU et AL, 2008 IN LAKHDARI, 2017 :**
- ❖ **REBBAS et al ,2011 :** Inventaire des lichens du Parc national de Gouraya (Béjaïa, Algérie) K. Rebbas , L. Boutabia , Y. Touazi1 , R. Gharzouli , Y. Djellouli , D. Alatou 1p
- ❖ **SAVELLI ,2006 :** Biosurveillance de la qualité de l'air dans la région d'Ajaccio : mise en œuvre de quelques protocoles et d'opérations de communication.18p
- ❖ **SBAISS ET YEBDA, 2021 :** Cartographie et modélisation de l'ensablement des parcours steppiques de la région de Tiaret.42
- ❖ **TAIBI et ZIANI, 2017 :**Effet de la contrainte thermique (hautes et basses températures) sur les jeunes plants du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans la région de M'sila 2-4p
- ❖ **TALBI, 2019 :** Contribution à l'étude du dépérissement du pin d'Alep *Pinus halepensis* Mill. (Symptôme, cause et traitement) cas de la forêt de Draa El-Aoud à Mecheria (Wilaya de Naâma) 4-12p
- ❖ **GREEN-NEWS-TECHNO ,2019 (site web) <https://www.green-news-techno.net/>**
- ❖ **[https://agriculture.gouv.fr/sites/default/files/documents/pdf/Plaqueette PIN AL EP2812 cle0d2f58.pdf](https://agriculture.gouv.fr/sites/default/files/documents/pdf/Plaqueette_PIN_AL_EP2812_cle0d2f58.pdf)**
- ❖ **SCAL AIR, 2013 :** Association Calédonienne de Surveillance de la Qualité de l'Air Mesure des métaux lourds dans l'air ambiant à Nouméa 2012-2013 [https://www.scalair.nc/images/phocadownload2/rapport/Scal-Air\\_Mesure\\_des\\_métaux\\_lourds\\_a\\_Noumea\\_en\\_2012-2013\\_VF.pdf](https://www.scalair.nc/images/phocadownload2/rapport/Scal-Air_Mesure_des_métaux_lourds_a_Noumea_en_2012-2013_VF.pdf)
- ❖ **TIREE DE CAUDULLO et AL. (2017) :[https://www.researchgate.net/figure/Carte-presentant-laire-de-repartition-naturelle-du-pin-dAlep-Pinus-halepensis\\_fig1\\_359439126](https://www.researchgate.net/figure/Carte-presentant-laire-de-repartition-naturelle-du-pin-dAlep-Pinus-halepensis_fig1_359439126)**
- ❖ **VALERIE, 2016 :** <https://hal.science/hal-01393984/document>
- ❖ **Geowiki, 2021 <https://www.geowiki.fr/index.php?title=Scandium>**
- ❖ **(ISE, 2023) Institut für seltene erden und metalle AG <https://fr.institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/strategische-metalle-2/rodium>**

## Résumé

L'objectif principal de ce travail est d'évaluer la pollution atmosphérique au niveau de la ville de Tiaret en utilisant le bois de pin d'Alep comme bioaccumulateur par l'étude de la croissance et le dosage des métaux lourds (Sc, Cu, Zn, Rh). L'analyse des variations interannuelles mesurées sur quelques années a permis d'interpréter les différents facteurs influençant la croissance radiale du pin d'Alep. D'après les résultats, on note que le pourcentage des métaux lourds a augmenté, notamment en 2010-2015 jusqu'à 2015-2020.

Mots clés : Pollution Atmosphérique, Biosurveillance, les métaux lourds, Trafic Routier, Tiaret.

## الملخص :

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو تقييم التلوث الجوي في مدينة تيارت باستخدام خشب الصنوبر الحلبي كمتركم حيوي من خلال دراسة نمو وجرعة المعادن الثقيلة (Sc، Cu، Zn، Rh). إن تحليل التغيرات السنوية التي تم قياسها على مدى عدة سنوات جعل من الممكن تفسير العوامل المختلفة التي تؤثر على النمو الشعاعي لصنوبر حلب. وبحسب النتائج نلاحظ ارتفاع نسبة معادن الثقيلة خاصة في الفترة 2010-2015 حتى الفترة 2015-2020.

الكلمات المفتاحية: التلوث الجوي، الرصد الحيوي، العناصر الكيميائية، حركة المرور، تيارت.

## Summary

The main objective of this work is to evaluate atmospheric pollution in the city of Tiaret using Aleppo pine wood as a bioaccumulator by studying the growth and dosage of heavy metals (Sc, Cu, Zn, Rh). The analysis of interannual variations measured over several years made it possible to interpret the different factors influencing the radial growth of the Aleppo pine. According to the results, we note that the percentage of heavy metals increased, particularly in 2010-2015 until 2015-2020.

Keywords: Atmospheric Pollution, Biomonitoring, heavy metals, Road Traffic, Tiaret.