

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 de Nutrition et Technologie Agro-Alimentaire

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 : écologie et environnement

Spécialité : écologie fondamental et appliqué

Présenté par :

LAROUSSE FETHI

Thème :

**Accumulation intra spécifique des
ETM.cas de quelques espèces de mousses**

Soutenu publiquement le 07/10/2020

Jury :

Président : Dr. BENREYAH Mohamed MAB

Encadrant : Dr.NEGADI Mohamed. MCB

Examineur:Dr.REZZOUGWafa Pr

Année universitaire 2019-2020

Remerciements

*Je remercie Dieu le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il me donné durant tous ces années d'étude. A terme de ce modeste travail, je voudrai remercier en premier lieu monsieur **NEGADI.M**, Maître de Conférences à l'université de Tiaret, d'avoir accepté de diriger ce travail. Ses conseils ainsi que sa gentillesse m'ont permis de mener à bien ce travail.*

*Je remercie également les membres du jury **Mr. BENREYAH.M** d'avoir accepté de présider notre jury et **Mme. REZZOUG.W.**, pour avoir accepté d'être examinatrice de mon travail de mémoire.*

Je tiens également à remercier tout le personnel de la faculté ainsi que les responsables des laboratoires de l'université de Tiaret, qui m'ont aidé à la réalisation de ce mémoire de Master.

DEDICACE

*Au nom d'Allah le plus grand
merci lui revient de nous avoir
guides vers le droit chemin, de nous
avoir Aidés tout au long de nos
années d'étude.*

*Je dédie ce mémoire à toute ma famille,
A mes très chers parents, tout mon
respect et affection en témoignage de
leur soutien, sacrifice, patience, ainsi
que pour leurs conseils et orientations
dans ma vie.*

TABLE DES MATIERES

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction General

PARTIE I:

RECHERCHEBIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I :

La Pollution Atmosphérique

Introduction	5
1.1. Définition Pollution atmosphérique	5
1.2. La composition de L'atmosphère	5
1.3. Echelle de pollution de l'air	6
1.3.1. Niveau local	6
1.3.2. Niveau régional	6
1.3.3. Niveau planétaire	7
1.4. Principales sources de la pollution atmosphérique	7
1.4.1. Les sources naturelles	7
a. Poussières du sol	8
a. Éruptions volcaniques	8
b. Les particules végétales (le pollen)	8
c. Erosion éolienne	8
d. Les autres sources naturelles	8
1.4.2. les source anthropique	8
a. Les rejets industriels	9

b.	Les émissions d'origine agricole	10
c.	Les émissions domestiques	10
d.	Les émissions dues aux transports	10
1.5.	Les différents types de substances de polluants atmosphériques	10
1.5.1.	Les polluants atmosphériques primaires	10
a.	Le dioxyde de carbone	10
b.	Monoxyde de carbone	11
1.5.2.	Les polluants atmosphériques secondaires	14
1.5.2.1.	L'ozone(O ₃)	14
1.5.2.2.	Les métaux lourds	14
a.	Origines Naturelles et humaines des métaux lourds dans l'environnement	15
□	Les sources naturelles	15
□	Les sources anthropiques	15
b.	Pollution par Les des métaux lourds	16
□	Contamination de l'air	16
□	Effets sur la santé	16
1.6.	Les conditions météorologiques favorisant la dispersion des polluants	17
1.6.1.	Vent	17
1.6.2.	Température et rayonnement	17
1.6.3.	Humidité	18
1.7.	Effets de la pollution atmosphérique sur l'homme et l'environnement	18
1.7.1.	Effets sur la santé de l'homme	18
1.7.2.	Effet de la pollution atmosphérique sur les végétaux	19
1.7.3.	Effets de la pollution atmosphérique sur l'environnement	20

Chapitre II :
généralité sur les bryophytes

Introduction	22
1. Définition	23
2. Classification des bryophytes	23
2.1. Les anthocérotes	25
2.2. Les hépatiques	25
2.3. Les mousses	26
3. Appareil végétatif	27
4. Cycle de vie des bryophytes	28
5. Reproduction	28
5.1. Reproduction sexuée	28
5.2. Reproduction asexuée	29
6. Morphologie	29
6.1. Morphologie du gamétophyte et du sporophyte	30
6.1.1. Le gamétophyte se présente sous deux grands types morphologiques	30
6.1.2. Le sporophyte se compose	30
7. Ecologie des mousses	31
7.1. L'eau	31
7.2. La lumière	32
7.3. La température	32
7.4. Le sol	32
7.5. Les facteurs biotiques	33
8. Rôles et intérêt des mousses	33

9.	Utilisation des mousses comme bio indicateurs de pollution	34
10.	Mécanisme de piégeage et de rétention des métaux	34
11.	Facteurs influent sur les concentrations de métaux traces dans la mousse	35

PARTIE II:

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre I :

généralité sur la ville de tiaret

1.	Cadre géographique	38
2.	Cadre topographique	39
3.	Cadre climatique	39
4.	Présentation de la commune de Tiaret	41
5.	Voies de communications	41
5.1.	Consistance du réseau routier interne	41
5.2.	Etat du réseau	42
5.3.	Le réseau routier externe	42

CHAPITRE II :

la mise en place du protocole expérimentale

Introduction	45
1.Méthodologie pour l'exposition, le dosage et l'exploitation des résultat	45
1.1.Plan d'échantillonnage	45
1.2.prélèvements des mousses	47
1.3.Identification des mousses	48
1.4.Traitement des échantillons au laboratoire	48
1.4.1.Déshydratation	49

1.4.2.Broyage	49
1.4.3.Calcination	50
1.4.4.Minéralisation et mise en solution	50
1.4.5.La mise en solution	51
1.4.6. Dosage des échantillons	51

CHAPITRE III :

Résultats et discussion

3.1.Classes de la pollution de la zone d'investigation	53
3.1.1Casduplomb	53
3.1.2.Cas du zinc	55
3.1.3.Cas du cuivre	57
3.2.4. Cas du Cadmium	59
3.2.Discussion	61
Conclusion	63

Liste des Abréviations

ANDI: Agence Nationale de Développement de l'Investissement

As : Arsenic

Cd: Cadmium

CERTU : Centre d'étude sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques

Co: monoxyde de carbone

CO₂ : dioxyde de carbone

Cr : Chrome

Cu: cuivre

CW : Chemin Wilaya

°C: Degrés Celsius

ETM : Eléments Trace Métallique

Fe : fer

g : Gramme

g.ml⁻¹ = mg/l : milligramme par litre

HCl : Acide chlorhydrique

HNO₃: Acide nitrique

Hg:mercure

Km: Kilomètre

m²: Mètre carré

m³: Mètre cube

mm: Millimètre

MS:matière sèche

Mn: Manganèse

Ni :nickel

No: Nobelium

NO₂dioxyded'azote

NO_x :oxyded'azote

NO :oxyded'azote

O₂ :Oxygène

O₃ : ozone

OMS: Organisation Mondial de la Santé

ONS : Office National des Statistiques

Pb : Plomb

P :Précipitation

RN : route nationale

SO₂: Dioxyde de soufre

T°:Température

TSP : Particules Totales en Suspension

Zn : Zinc

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 : Schéma structurel de l'atmosphère terrestre.	-4-
Tableau 02 : Les sources naturelles de la pollution atmosphérique.	-6-
Tableau 03 : Émissions des métaux lourds par les industries.	-10-
Tableau 05 : Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement.	-11-
Tableau 06: Principaux effets des métaux lourds	-12-
Tableau 07: Les polluants et leurs effets sur la santé.	-14-
Tableau 08: Les polluants et leurs effets sur l'environnement	-15-
Tableau 09: Coordonnées géographiques des zones échantillonnées.	-36-
Tableau 10 : coefficient de recouvrement et de fréquence.	-37-
Tableau 11: Statistique descriptive des classes de pollution en plomb (mg,kg-1) selon la classification automatique	-42-
Tableau 12: Statistique descriptive de classe de pollution par le zinc (mg,kg-1) selon la classification automatique	-44-
Tableau 13: Statistique descriptive des classes de pollution par cuivre (mg,kg-1) selon la classification automatique	-45-
Tableau 14: Statistique descriptive des classes de pollution par Cadmium duseelon la classification automatique	

Liste des figures

Figure 01. Échelles géographiques de la qualité de l'air depuis l'air intérieur jusqu'aux phénomènes planétaires.	
Figure 02: Les mousses	-16-
Figure 03: La phase gamétophyte et sporophytes des anthocérotes .	-18 -
Figure 04 : les phases gamétophyte et sporophyte des hépatique.	-19-
Figure05 : Hépatique à thalle, hépatique à feuille.	-19-
Figure 06: La phases gamétophyte et sporophyte des mousses.	-20-
Figure 07 : Capsules d'hépatiques et de mousses.	-24-
Figure 08 : Situation géographique de la wilaya de Tiaret.	-29-
Figure 09 : Les températures moyennes interannuelles (°C) de la région de Tiaret entre 2006 et 2019.	-30-
Figure 10 : Les précipitations interannuelles (mm) de la région de Tiaret entre 2006 et 2019.	-31-
Figure 11 : Carte caractéristique des routes nationales de la wilaya de Tiaret.	-33-
Figure12 : La méthode d' Identification des mousses.	-38-
Figure 13 : Déshydrater les mousses dans une étuve.	-39-
Figure 14: Broyage des lichens et des mousses.	-39-
Figure 15: Evaporation des échantillons dans le bain de sable.	-40-
Figure 16: Classes de pollution du Plomb selon la classification automatique des teneurs en plomb (mg.kg-1) pour la ville de Tiaret .	-41-
Figure 17: Teneurs en plomb dans les différentes classes de pollution.	-42-
Figure 18 : Classes de pollution du Zinc selon la classification automatique des teneurs en zinc(mg.kg-1) pour la ville de Tiaret.	-43-
Figure 19 : Teneurs en zinc dans les différentes classes de pollution.	-44-

Figure 20 : Classes de pollution du Cuivre selon la classification automatique des teneurs en cuivre (mg,kg-1) pour la ville de Tiaret.	-45-
Figure 21: Teneurs en cuivre (mg,kg-1) au sein des différentes classes de pollution.	-46-
Figure 22 : Classes de pollution du Cadmium selon la classification automatique des teneurs en cuivre (mg,kg-1) pour la ville de Tiaret.	-47-
Figure 23:Teneurs en Cadmium (mg,kg-1) au sein des différentes classes de pollution	-48-

Introduction générale

Les problèmes de la pollution de l'environnement constituent une préoccupation mondiale qui a débuté à la fin des années 1960 et ne cesse de s'accroître depuis plus de deux décennies. En particulier, les éléments traces métalliques sont une source importante de la dégradation de la qualité de l'air, dont certains ont une toxicité élevée. La pollution métallique est particulièrement nocive car les éléments traces métalliques ne sont pas biodégradables. Il n'a été constaté qu'un transfert de ces polluants vers les organismes vivants, dans lesquels ils se concentrent pour contaminer l'ensemble de la chaîne trophique. Ceci peut causer d'importants dégâts écologiques (Ben Salem, 2014).

Les bryophytes, appelées plus couramment mousses, présentent notamment l'avantage de ne pas posséder de système racinaire et de ne pas être recouvertes d'une cuticule, et par conséquent absorbent la majorité des nutriments et l'eau par voie aérienne. Les mousses adsorbent donc directement les polluants atmosphériques à leur surface ou absorbent les composés polaires ou lipophiles dans leurs membranes cellulaires. C'est pour cette raison que leur utilisation s'est largement développée depuis quelques décennies, notamment pour l'étude des dépôts atmosphériques de métaux lourds. Toutefois, la biosurveillance de POP tels que les HAP et les PCB se limite à l'heure actuelle à des échelles spatio-temporelles peu étendues. (Knulst *et al.*, 1995, Foa, 2012)

Bien que les métaux lourds existent à l'état naturel dans l'eau de mer, les minéraux ou les composés volcaniques, c'est l'homme avec ses activités qui est responsable de la libération d'une importante quantité de ces éléments dans l'environnement, ils peuvent alors devenir toxiques s'ils se retrouvent en quantités suffisantes dans les organismes vivants.

La pollution par les métaux lourds est une pollution sournoise car, à l'inverse des déchets plastiques ou des hydrocarbures, on ne la remarque pas et ses effets sur les organismes ou l'environnement sont plutôt tardifs et particulièrement dangereux du fait de leur incidence sur le développement de certaines maladies graves chez l'être humain, de leur effets néfastes aussi bien sur la faune que sur la flore.

Dans ce contexte les objectifs de cette étude sont ; de contribuer à une meilleure connaissance :

- (1) de l'état des lieux par la quantification les éléments traces métalliques déposées sur Les bryophytes.
- (2) évaluant la contamination et l'accumulation de les éléments traces métalliques par Les bryophytes.

Ces objectifs sont développés dans ce mémoire qui s'articule en trois parties :

Introduction générale :

- ▶ La première partie repose sur une "**synthèse bibliographique**" qui vise à donner un aperçu sur la pollution atmosphérique, Les bryophytes, les éléments traces métalliques.
- ▶ La deuxième partie, "**Matériel et Méthodes**", décrit la zone d'étude à savoir des généralités sur la ville de Tiaret, un autre qui résume le protocole expérimental.
- ▶ La troisième partie, "**Résultats et discussion**" englobe l'ensemble des résultats obtenus de cette étude, ainsi que leurs interprétations.

Enfin une conclusion qui résume tout ce qui était étudié et synthétisé, ainsi que des perspectives concernant l'importance des bryophytes la détection de la pollution atmosphérique

Partie I :
Partie bibliographique

Chapitre I :
La Pollution Atmosphérique

Introduction

La pollution atmosphérique est un problème majeur de ce siècle. Son impact sanitaire et environnemental, bien que difficilement évaluable, préoccupe de plus en plus de personnes et les réglementations sont régulièrement réévaluées pour tenter de limiter les émissions de polluants. (Charpin *et al.*, 2016).

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

1.1. Définition Pollution atmosphérique

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

On définit la pollution de l'air lorsque la concentration d'une certaine substance est plus grande qu'en temps normal et que cela produit un effet nuisible sur l'être humain et son environnement qui l'entoure, (Allag, 2016).

1.2. La composition de L'atmosphère

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

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

Tableau 1 : Structure de l'atmosphère terrestre (Vendell, 2011)

Gaz	Symbole chimique	Pourcentage dans l'air (%)
Azote	N ₂	78.09
Oxygène	O ₂	20.94
Argon	Ar	0.93
Dioxyde de carbone	CO ₂	0.033
Néon	Ne	18.18 .10 ⁻⁴
Hélium	He	5.239 .10 ⁻⁴
Krypton	Kr	1.139 .10 ⁻⁴
Hydrogène	H ₂	0.5 .10 ⁻⁴
Xénon	Xe	0.086 .10 ⁻⁴
Radon	Rn	.10 ⁻¹⁸

1.3. Echelle de pollution de l'air

On distingue trois niveaux de pollutions : local, régional et planétaire. La pollution locale est principalement incriminée car elle a un impact sur l'homme et sur sa santé à plus ou moins long terme, en raison notamment de sa propension à favoriser de nombreuses maladies.

1.3.1. Niveau local

La pollution urbaine agit sur quelques kilomètres. Son impact sur la santé dépend de la durée d'exposition, de l'état général et de l'âge des personnes concernées. La pollution atmosphérique urbaine est généralement caractérisée par des niveaux d'exposition à la fois relativement faibles, permanents, diffus et relevant de polluants très divers. L'étude de l'impact sanitaire de cette pollution est ainsi confrontée à l'évaluation de risques individuels faibles mais portant sur de larges populations. Un risque faible peut dans ces conditions avoir d'importantes conséquences en termes de santé publique (Germain, 2006).

1.3.2. Niveau régional

L'échelle régionale dite « méso échelle » pour la connaissance de la pollution sur une zone de 100 à 1000 km et pour décrire la pollution transfrontière (Masclat, 2005).

La pollution photochimique avec la formation d'ozone à partir de polluants primaires, sous l'effet du rayonnement solaire et la pollution acide (liée au dioxyde de soufre, et aux oxydes d'azote...) est à l'origine des pluies acides qui entraînent le dépérissement des forêts et la dégradation des sols. La pollution régionale peut être constatée jusqu'à plus de mille kilomètres autour de sa source (Germain, 2006).

1.3.3. Niveau planétaire:

La dégradation de la couche d'ozone à très haute altitude (stratosphère), observée depuis quelques années, diminue la protection contre les rayons solaires nocifs et augmente la fréquence d'apparition des mélanomes et autres cancers de la peau. Par ailleurs, l'accroissement de l'effet de serre, dû à l'accumulation de certains gaz (dioxyde de carbone, méthane, protoxyde d'azote...), est responsable du réchauffement climatique. (Germain, 2006).

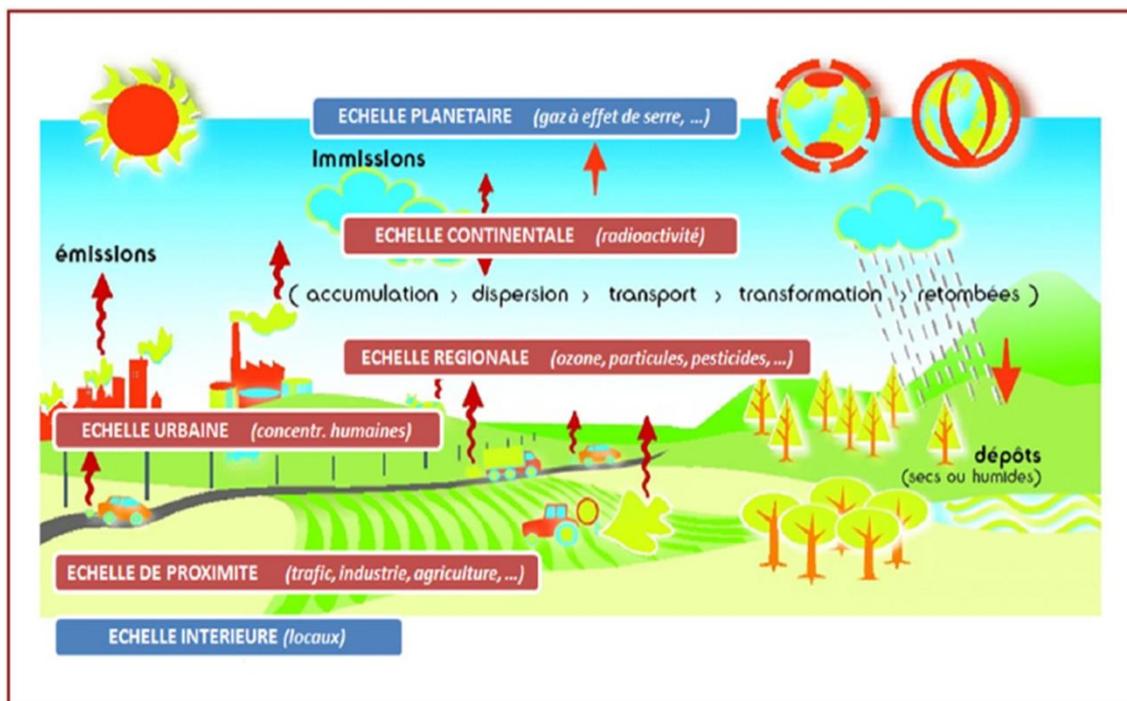


Figure 01 Échelles géographiques de la qualité de l'air depuis l'air intérieur jusqu'aux phénomènes planétaires (Charpinet *al.*, 2016).

1.4. Principales sources de la pollution atmosphérique

1.4.1. Les sources naturelles

« Du point de vue macro échelle la température et la densité de l'atmosphère varient avec l'altitude. Ceci conduit à distinguer une nette différence entre les couches atmosphériques qui sont définies et connues. Ces conditions influent énormément sur la dynamique de réaction physico-chimique des constituants de l'air et par conséquent sur la qualité de l'air.» (Belamri, 2011).

La pollution atmosphérique est issue de deux sources principales naturelles ou anthropogène. Il y a pollution de l'air lorsque la présence d'une substance étrangère ou une variation importante dans la proportion de ses constituants est susceptible de provoquer un effet nuisible, compte tenu des connaissances scientifiques du moment, ou de créer une gêne (Dean 1944, Ikawa1997 in Belamri, 2011).

Les Sources naturelles de pollution atmosphérique peuvent être résumées comme suites:

a. Poussières du sol

a. Éruptions volcaniques

Les éruptions volcaniques peuvent injecter dans l'air de très grandes quantités de gaz et de particules. Lors d'éruptions cataclysmiques, ces produits atteignent la stratosphère et leur séjour moyen varie de 4 mois à 2 ans. Elles libèrent principalement des poussières volcaniques et de dioxyde de soufre(SO₂).

b. Les particules végétales (le pollen):

Par l'action du vent, les graines de pollen peuvent pénétrer les voies respiratoires et provoquer des réactions d'allergie, parfois violentes, chez les sujets sensibles.

c. Erosion éolienne:

De nombreuses particules sont introduites dans l'atmosphère par érosion des roches par la force dynamique des vents.

d. Les autres sources naturelles:

- la foudre en oxydant l'azote atmosphérique, produit de grandes quantités d'oxydes d'azote.
- les algues émettent du sulfure d'hydrogène(H₂S).
- les zones humides, les marais où la végétation se décompose et produisent du méthane(CH₄).
- feux de forêts.
- Embruns marins.

Tableau 02 : Les sources naturelles de la pollution atmosphérique (Djebaili, 1996).

Polluants	Sources
Particules	Embruns marins, poussières soulevées par le vent, météorologiques, feux de forêts, éruptions volcaniques
SO ₂	Activité volcanique
CO	Oxydation photochimique du méthane, volcans, feux de forêts, décomposition de la chlorophylle
NO _x	Métabolisme bactérien dans le sol
Composés organiques volatiles (COV)	Processus biologiques
CO ₂	Végétation, décompositions des matières organiques

1.4.2. Sources anthropiques:

Les émissions anthropiques sont celles qui sont dues à des activités uniquement humaines. Elles sont particulièrement importantes en milieu urbain où la plus grande part, a pour origine les transports (notamment le trafic automobile) et les industries, mais aussi le chauffage en hiver (Roversetal.,2006).

Les sources anthropiques sont liées aux activités humaines et peuvent produire à la fois :

- a) des particules fines issues des processus de combustion et de diverses activités industrielles
 - b) des particules grossières issues des champs agricoles, des routes, des chantiers de construction
- Les sources anthropiques peuvent être principalement:

a. Les rejets industriels

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

b. Les émissions d'origine agricole

Le développement de l'agriculture intensive contribue à la pollution atmosphérique. Ses émissions (essentiellement l'ammoniac, le méthane, le protoxyde d'azote, le monoxyde de carbone et les pesticides) sont liées à la décomposition des matières organiques, aux animaux d'élevage et à l'utilisation massive d'engrais et de pesticides. (Allag, 2016).

c. Les émissions domestiques

Au niveau individuel ou tertiaire (chauffage des logements ou des bureaux), la combustion de carburants fossiles (charbon, fioul lourd, etc.) produit d'importantes émissions polluantes. Le dioxyde de carbone (CO_2), produit inévitable de la combustion de matières organiques et dont la concentration croissante dans l'atmosphère contribue à l'effet de serre, le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de soufre (SO_2), les oxydes d'azotes (NO_x), les poussières, les métaux lourds, etc. sont concernés ;(Allag, 2016).

d. Les émissions dues aux transports

La pollution due aux transports est essentiellement perçue dans les villes en raison de la densité du trafic. La contribution des transports à la pollution ne cesse de s'accroître du fait de l'augmentation du trafic directement liée à l'activité économique.(Allag, 2016).

1.5. Les différents types de substances de polluants atmosphériques:

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

1.5.1. Les polluants atmosphériques primaires:**a. Le dioxyde de carbone**

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

b. Monoxyde de carbone

Monoxyde de carbone résulte d'une combustion incomplète (émission échappement). Il s'oxyde lentement en dioxyde de carbone dans l'atmosphère avec une durée de vie de l'ordre d'un mois (Aubertin,1996).

c. Les oxydes d'azotes

Ils proviennent surtout des véhicules et des installations de combustion (centrales énergétiques). Le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂) font l'objet d'une surveillance attentive dans les centres urbains. Les NO_x interviennent dans le processus de formation d'ozone dans la basse atmosphère .Ils contribuent également au phénomène des pluies acides (Leblon,2004).

d. Le dioxyde de soufre(SO₂):

Ils proviennent de l'oxydation du soufre présent dans le carburant et sont émis principalement par les moteurs diesel, sous forme de dioxyde de soufre (SO₂) gazeux. (Pagotto, 1999).

e. Les particules

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

f. Les composés organiques volatils(COV)

Comprenant des hydrocarbures (alcanes, alcènes, aromatiques monocycliques et notamment benzène et toluène...) et des composés oxygénés (aldéhydes, acides, cétones, éthers, ...). L'évaporation du carburant lors du remplissage du réservoir et au niveau de l'alimentation des véhicules est également une source d'émission, notamment pour l'essence, plus volatile que le gazole (Aubertin,1996).

1.5.2. Les polluants atmosphériques secondaires:**1.5.2.1. L'ozone(O₃)**

L'ozone résulte de la transformation photochimique de certains polluants dans l'atmosphère (NO_x et COV) en présence de rayonnements ultra-violetes solaires. C'est l'un des principaux polluants de la pollution dite «photo-oxydante». Ce gaz contribue également indirectement à l'effet de serre. L'**ozone** est un gaz agressif qui pénètre facilement jusqu'aux voies respiratoires les plus fines. Il provoque, dès une exposition prolongée à des concentrations de 150 à 200 µg/m³, de la toux et une altération pulmonaire, surtout chez les enfants et les asthmatiques.(Allag, 2016).

1.5.2.2. Les métaux lourds

La contamination croissante de la sphère par les métaux lourds est due aux innombrables utilisations dans les industries et dans notre vie de tous les jours (tableau I.3) [USEPA]engendrant un danger pour l'environnement à long terme de nature irréversible s'ajoutant à celui dû à certains composés organiques rémanents, tels que les dioxines et les furanes (Detrie, 1990 ;Janssan, 1997 ; ONT 2000 in Magdelaine,2002).

Tableau 03: Émissions des métaux lourds par les industries.

Industries mettrice	Principaux métaux lourds émis dans l'atmosphère
Combustibles minérauxsolides	Arsenic (As), Cadmium (Cd), Cuivre (Cu)
Combustion fioullourd	Arsenic (As), Cadmium (Cd), Cuivre (Cu), Nickel(Ni), Sélénium (Se) ,Zinc (Zn),
Combustion de charbon	Mercure (Hg), Zinc (Zn)
Combustion de pétrole	Mercure (Hg)
Combustion biomasse	Cadmium (Cd)
Incinération de déchets	Cadmium (Cd), Cuivre (Cu), Mercure (Hg), Zinc (Zn)
Production de verre	Arsenic (As), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Sélénium (Se)
Fabrication de certains verres (cristal)	Plomb (Pb)
Métallurgie des ferreux	Arsenic (As), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Zinc (Zn)
Métallurgie non ferreux	Arsenic (As), Cuivre (Cu), Zinc (Zn)
Fonderie	Chrome (Cr),
Production de Zinc	Cadmium (Cd)
Industrie de chlore	Mercure (Hg)
Production de ciment	Chrome (Cr),
Production de chlore	Mercure (Hg)
Première et seconde fusion de plomb	Plomb (Pb)
Fabrication de batteries électriques	Plomb (Pb)

a. Origines Naturelles et humaines des métaux lourds dans l'environnement

✓ 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).

✓ **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

Le tableau 4 présente quelques exemples de sources industrielles et agricoles d'où peuvent provenir les métaux présents dans l'environnement

Tableau 04 : Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement (Brignon et Malherbe, 2005).

Utilisations	Métaux
Batteries et autres appareils électriques	Cd, Hg, Pb, Zn, Mn, Ni,
Pigments et peintures	Ti, Cd, Hg, Pb, Zn, Mn, Sn, Cr, Al, As, Cu, Fe
Alliages et soudures	Cd, As, Pb, Zn, Mn, Sn, Ni, Cu
Biocides (pesticides, herbicides)	As, Hg, Pb, Cu, Sn, Zn, Mn
Agents de catalyse	Ni, Hg, Pb, Cu, Sn
Verre	As, Sn, Mn
Engrais	Cd, Hg, Pb, Al, As, Cr, Cu, Mn, Ni,
Matières plastiques	Cd, Sn, Pb
Produits dentaires et cosmétiques	Sn, Hg
Textiles	Cr, Fe, Al
Raffineries	Ni, V, Pb, Fe, Mn, Zn
Carburants	Ni, Hg, Cu, Fe, Mn, Pb, Cd

b. Pollution par Les des métaux lourds

✓ Contamination de l'air

Les principales sources de métaux dans l'air sont des sources fixes. De nombreux éléments se trouvent à l'état de traces dans des particules atmosphériques provenant de combustions à haute température, de fusions métallurgiques, des incinérateurs municipaux, des véhicules, etc. les effets biologiques, physiques et chimiques de ces particules sont fonction de la taille des particules, de leur concentration et de leur composition, le paramètre le plus effectif sur l'environnement étant la taille de ces particules. Dans l'air ambiant, on trouve de nombreux éléments, comme le plomb, le cadmium, le zinc, le cuivre, etc., dont la concentration est d'autant plus élevée que les particules sont fines (Mitchell et *al*,1992).

✓ Effets sur la santé:

En fait, le risque sur la santé humaine est d'abord associé aux propriétés des métaux lourds à polluer les eaux, l'atmosphère, les aliments et les sols. Et dépendent également de l'état chimique de leur forme chimique, de leur concentration, du contexte environnemental, de la possibilité de passage dans la chaîne du vivant.

Quelques métaux lourds, comme Zn, Cu, Cd et Fe, sont indispensables à la croissance et au bien-être des organismes vivants. Néanmoins ils ont toxiques quand les niveaux de concentration supérieurs à ceux qu'ils requièrent normalement. D'autres éléments, comme Pb, Hg et Cd, ne sont pas indispensables aux activités métaboliques et manifestent des propriétés toxiques (tableau I-1) (Elhraiki,1992).

Tableau 05: Principaux effets des métaux lourds

Eléments	Effets
As	As Toxique, possible cancérigène
Cd	Cd Hypertension, dommage sur le foie
Cr	Cr Cancérigène sous forme de Cr (VI)
Cu	Cu Peu toxique envers les animaux, toxique envers les plantes et les algues à des niveaux modérés
Hg	Toxicité chronique et aigue
Ni	Allergies de peau, maladie respiratoires possible cancérigène
Pb	Toxique

1.6. Les conditions météorologiques favorisant la dispersion des polluants

1.6.1. Vent

Le vent est un mouvement d'air visant à rétablir l'équilibre entre les zones de haute pression (les anticyclones) et les zones de basse pression (les dépressions). c'est un facteur essentiel expliquant la dispersion polluantes. Le vent intervient tant par sa direction pour orienter les émissions dans une direction que par sa vitesse pour les diluer. La dispersion des polluants augmente la vitesse et la turbulence du vent.

En revanche, lorsque les vents sont faibles, le poids de l'influence du relief local est fort et des brises apparaissent au gré des contrastes thermiques. (Deletraz, 2002)

1.6.2. Température et rayonnement

Ces deux paramètres, fortement corrélés, agissent sur la chimie des polluants ; le froid diminue la volatilité de certains gaz tandis que le rayonnement estival est favorable aux réactions photochimiques (Deletraz, 2002).

1.6.3. Humidité

Un des principaux rôles de l'humidité est le « captage » des particules polluantes par les gouttelettes d'eau en suspension. En retenant les polluants, elles accroissent leur stagnation et peuvent finir par concentrer ces substances, ce qui n'est pas sans conséquences en montagne, où pluies et brouillards sont plus fréquents (Deletraz, 2002).

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

1.7.1. Effets sur la santé de l'homme

Les polluants de l'atmosphère agissent sur la santé, soit directement, lorsque nous les respirons, soit indirectement par la modification de notre environnement. De tous les milieux avec lesquels l'homme est en contact, l'atmosphère est le seul auquel il ne peut pas se soustraire : il faut respirer pour vivre et on ne sait pas épurer l'air. C'est aussi le milieu avec lequel l'homme a les échanges les plus importants : chaque individu respire environ 15000 litres d'air par jour (Aouissi, 2011).

Les polluants agissent sur la santé à court ou à long terme. Certains effets provoquent de l'inconfort ou des maux divers : mauvaises odeurs, irritations des yeux et de la gorge, toux, maux de tête, nausées, etc (Aouissi, 2011).

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

Tableau 04: Les polluants et leurs effets sur la santé (Casale, 2006).

Polluants	Effets sur la santé
CO	Fixation du CO sur l'hémoglobine du sang : anoxie, céphalée, vertiges...
CO ₂	Troubles pulmonaires
SO ₂	Gaz irritant, inflammations pulmonaires
O ₃	Céphalées, toux, irritations oculaires, altérations des fonctions pulmonaires
Poussières	Attaque des muqueuses nasales, effets cancérigènes probables, problèmes cardio-vasculaires
Pb	Troubles sanguins, de la croissance, et troubles neurologique si ingestion importante
COV	Irritations oculaires, toux, troubles du système nerveux, risque cancérigène.
NO _x (NO+NO ₂)	Altération des fonctions pulmonaires, inflammation des bronches, irritation

1.7.2. Effet de la pollution atmosphérique sur les végétaux

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

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

Lorsque les poussières se déposent sur les feuilles, elles forment un écran entre les rayons lumineux et la feuille proprement dite et il peut s'ensuivre une modification de l'assimilation chlorophyllienne.

Lorsque les poussières sont acides, les points de contact avec les cellules des fleurs et des feuilles peuvent être le siège de nécroses locales, réparties sur la face supérieure des feuilles et une perturbation de la photosynthèse, qui entraîne une dégénérescence et une diminution de la croissance (Couachet *al.*,1999).

1.7.3. Effets de la pollution atmosphérique sur l'environnement

Le tableau suivant Les différents types des polluants et leurs effets sur l'environnement :

Tableau 05: Les polluants et leurs effets sur l'environnement (Casale, 2006).

Polluants	Effets sur l'environnement
CO	Toxique à haute dose pour les plantes (rarement observé)
CO ₂	Gaz à effet de serre
SO ₂	Acidification des pluies (formation de H ₂ SO ₄), attaques du bâti, effets sur la végétation
O ₃	Toxique pour les végétaux, baisse de l'activité photosynthétique, gaz à effet de serre
Poussières	Dégradation du bâti, perturbation de la respiration et de la photosynthèse des plantes
Pb	Toxique pour la faune (accumulation par la chaîne alimentaire)
COV	Gaz à effet de serre (formation de CH ₄)
NoX (NO + NO ₂)	Acidification des pluies (formation de HNO ₃)

Chapitre II :
Généralité Sur Les Bryophytes

Introduction

Les bryophytes, communément appelées « mousses », sont apparues sur Terre il y a environ 450 millions d'années et sont considérées comme étant un groupe clé dans la compréhension de l'évolution des plantes terrestres. Le terme « bryophytes » comprend trois groupes de plantes (mousses, hépatiques et anthocérotes) ayant un cycle de vie dominé par la phase haploïde et produisant des spores. La phase haploïde, dans laquelle les cellules ne contiennent qu'un jeu de chromosomes, est représentée par le gamétophyte vert, c'est-à-dire la partie visible d'une bryophyte. La phase diploïde (dans laquelle les cellules ont deux jeux de chromosomes) se limite au sporophyte. (Cailliau et Silva. 2018).

Les bryophytes n'ont pas de vraies racines ni de véritables tissus vasculaires comme le xylème et le phloème. Elles ont des rhizoïdes (filaments uni- ou pluricellulaires) à travers lesquels elles s'accrochent au substrat. L'eau et les nutriments sont transportés dans des cellules par pression osmotique, ce qui explique leur petite taille, généralement allant de quelques millimètres à quelques centimètres pour la plupart des espèces. Les bryophytes poussent principalement dans des milieux humides, mais elles montrent aussi une grande tolérance à la dessiccation et peuvent survivre dans des conditions très arides (de plusieurs mois à six ans pour des espèces du désert, (Oliver *et al.*, 2005).



Figure 01 Les bryophytes (Burgisser et Cailliau, 2012).

1. Définition

De bryo (issu du grec ancien, bruon (mousse) et phyte (issu du grec ancien, phyton (végétal), les bryophytes ont fait partie des premiers végétaux terrestres (Foan, 2012) ; et représentent une part importante de la végétation des tourbières (Muller et al, 2002). Les bryophytes correspondent au premier embranchement des Archégoniates, troisième niveau d'organisation des végétaux, ce sont des végétaux généralement autotrophes (Faburé, 2009).

Les Bryophytes sont des cryptogames non vasculaires. L'absorption de l'eau et des sels minéraux se réalise donc au niveau de l'ensemble de l'individu. Chez la plupart des espèces, les vaisseaux sont absents et les rhizoïdes ("pseudo-racines") ont un rôle unique de fixation au support et non de conduction. Les bryophytes sont présentes dans la plupart des milieux et parfois dans les conditions les plus extrêmes.(Coudreuse *et al.*, 2005)

D'un point de vue écologique, ce sont des végétaux intervenant dans des stades jeunes de successions mais également climaciques. Ces plantes souvent pérennes, permettent un échantillonnage sur l'ensemble de l'année avec toutefois une période de développement des sporophytes (bien qu'ils soient rarement présents chez les spécimens aquatiques) principalement en automne ou fin d'hiver.

Cet embranchement comprend trois classes :

- Hépatophytes (marchantiophytes où hépatiques);
- Anthocerophytes (anthocérotes);
- Muscinées (mousses ou bryophytes) (Foan,2012).

Le nombre d'espèces différentes que l'on peut rencontrer à travers le monde se situe entre 15 000 et 25 000 (Burgisser et Cailliau, 2012).

2. Classification des bryophytes

Les bryophytes l'emboîtement successif des trois sous embranchements : les Hépatique ou Marchantiophytes, les Anthocérotes ou Anthocerophytes et les Mousses aux Bryophytes (Dupont et Guignard, 2012).

1.2. Les anthocérotes

Les anthocérotes ne possèdent pas de feuilles distinctes, mais une lame feuillée ressemblant à une petite salade, que l'on appelle un thalle. La capsule du sporophyte est allongée et à croissance continue. C'est-à-dire qu'au fur et à mesure qu'elle pousse, l'extrémité supérieure se dessèche et s'ouvre. Cette ouverture s'effectue grâce à deux valves ; celles-ci libèrent les spores contenues dans la capsule. Les anthocérotes poussent sur la terre (espèces terricoles). Elles affectionnent les sols régulièrement perturbés, tels que les champs cultivés ou les anciens talus de gravi. (Burgisser et Cailliau, 2012).



Figure 02 la phase gamétophyte et sporophytes des anthocérotes (Burgisser et Cailliau, 2012).

1.3. Les hépatiques

Les hépatiques sont séparées en deux groupes : d'un côté les hépatiques à thalle et de l'autre les hépatiques à feuilles. Les premières possèdent un thalle (comme les anthocérotes), tandis que les secondes ont des feuilles (comme les mousses). Ces deux sous-groupes ont en commun la structure du sporophyte. Celui-ci comprend une capsule ronde, portée par une soie transparente. Cette capsule s'ouvre ordinairement par quatre valves (ou se déchire). (Cailliau et Silva, 2018).

A première vue, sans regarder attentivement le sporophyte, les hépatiques à feuilles peuvent se confondre avec les mousses, mais elles sont normalement plus appliquées contre le substrat et paraissent alors aplaties. Les feuilles des hépatiques ne possèdent jamais de nervure, tandis que chez les mousses, elle peut être présente ou non (loupe!). (Cailliau et Silva, 2018).

Les hépatiques poussent sur toutes sortes de substrats, notamment sur la terre (espèces terricoles), sur les écorces des arbres (espèces corticoles), sur les rochers (espèces saxicoles) et même dans les milieux liés à l'homme comme les cours pavées. (Burgisser et Cailliau, 2012).

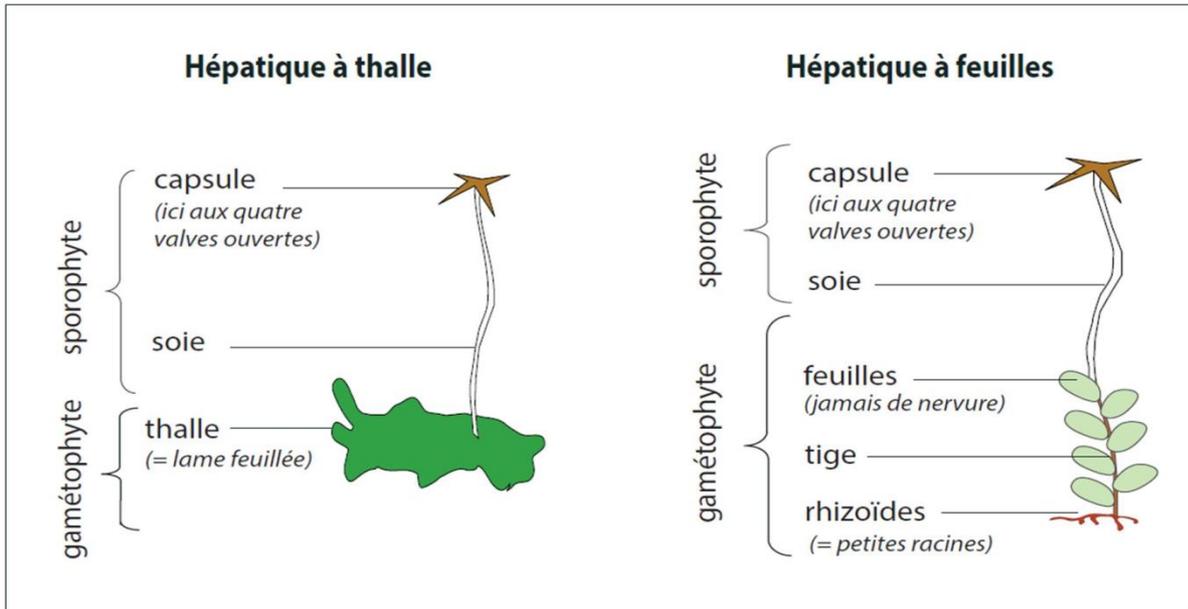


Figure 03 phases gamétophyte et sporophyte des hépatiques (Burgisser et Cailliau, 2012).



Figure 04 Hépatique à thalle (gauche), hépatique à feuille (droite)

(Barbottin, 2016)

1.3. Les mousses

Les mousses possèdent toujours une tige et des feuilles insérées en spirale ou disposées sur un même plan. Les bryophytes peuvent être divisées en deux groupes. Les acrocarpes se développent en position verticale et portent les capsules aux sommets de la tige. Les pleurocarpes se propagent, de manière générale, horizontalement et leurs capsules proviennent des côtés de la tige principale (Atherton, Bosanquet et Lawley, 2010 in Barbottin 2016).

S'il y a eu fécondation durant l'année, apparaît alors le sporophyte. Celui-ci porte à son extrémité une capsule, qui contient les spores. A maturité, la capsule s'ouvre par un opercule qui dévoile alors le péristome. Celui-ci est constitué de dents qui s'écartent par temps sec pour laisser échapper les spores. Ces dernières se dissémineront et, si elles arrivent dans un endroit favorable, donneront naissance à une nouvelle plante. (Burgisser et Cailliau, 2012).

Les mousses poussent sur des substrats très divers: sur la terre (espèces terricoles), sur les rochers (espèces saxicoles), sur les écorces des arbres (espèces corticoles), mais également dans les milieux liés à l'homme comme sur les murs ou les cours pavées.

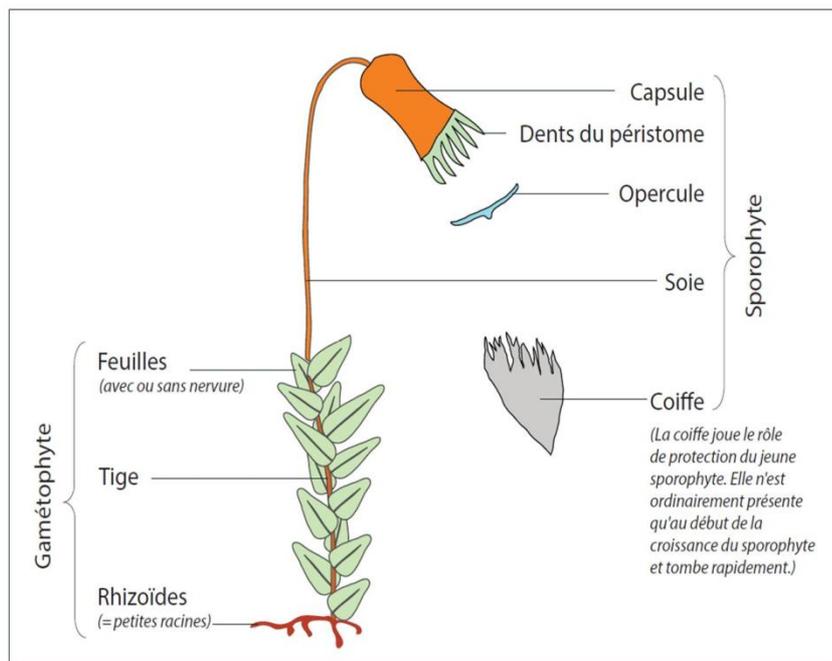


Figure 05 : phases gamétophyte et sporophyte des mousses (Burgisser et Cailliau, 2012).

2. Appareil végétatif:

Chez les « bryophytes », on voit apparaître une véritable tige avec rameaux portant des feuilles assimilatrices, cet appareil végétatif est nommé cormus. Mais celui-ci est incomplet car dépourvu des racines, il porte des rhizoïdes.

La morphologie est variable chez les trois taxons, l'appareil végétatif est :

- ✓ Un axe feuillé (cormus) ou un thalle chez les Marchantiophyta (Hépatiques);
- ✓ Un thalle chez les Anthocerotophyta (Anthocérotes);
- ✓ Un axe feuillé (cormus) chez les Bryophytes(Mousses).

L'appareil végétatif est un axe feuillé fixé au sol par des rhizoïdes unicellulaires chez les Marchantiophyta et pluricellulaires les Anthocerotophyta et chez les Bryophytes(Amirouche *et al.*, 2009).

3. Cycle de vie des bryophytes :

1. Lorsque l'on observe de près une mousse (la loupe est conseillée), on distingue des tiges et des feuilles. C'est ce que l'on appelle le gamétophyte. Il est normalement visible tout au long de l'année.
2. Le gamétophyte abrite les gamètes mâles et les gamètes femelles. Ils sont produits, respectivement, par les anthéridies et les archégones, de minuscules structures sexuelles cachées entre les feuilles des bryophytes.
3. Le gamète mâle (l'équivalent du spermatozoïde) doit nager jusqu'au gamète femelle (l'équivalent de l'ovule) : s'il y a fécondation, il y aura alors formation du sporophyte : l'organe qui portera les spores.
4. Le sporophyte, perché sur le gamétophyte, est issu de la fécondation du gamète femelle. A maturité, il libérera et disséminera les spores. En général, il n'est visible qu'une partie de l'année.
5. Dans de bonnes conditions, la spore (microscopique) donnera naissance à un protonéma, qui est un organe d'exploration du territoire. A l'œil nu comme à la loupe, il ressemble à une algue.
6. Sur le protonéma se développera bientôt un bourgeon, puis une nouvelle plante verte (un gamétophyte). Le cycle peut alors recommencer. (Ordinairement, ce cycle se déroule sur une année, mais si les conditions sont défavorables, la spore peut attendre de nombreuses années dans le sol avant de germer). (Burgisser et Cailliau, 2012).

4. Reproduction

4.1. Reproduction sexuée

D'après Dupont et Guignard (2012) Le cycle de développement des mousses comporte 2 phases successives :

✓ **La phase diploïde (sporophyte) est très court, réduite au sporogone**

De plus, elle reste en relation physiologique étroite avec le gamétophyte sur lequel elle se développe

✓ **Le gamétophyte est représenté par des organes végétatifs peu différenciés**

Les organes végétatifs sont à **n** chromosome, ce qui limite leur importance : en effet, les structures vivantes à **n** chromosome sont généralement de petite taille et peu différenciées

Quand la plante feuillée ou thalloïde atteint la maturité, elle produit des structures reproductrices : l'antheridie (organe reproducteur mâle) et l'archégone (organe reproducteur femelle). Grâce à l'eau de pluie, un anthérozoïde se dépose sur l'archégone, nage à travers la substance mucilagineuse dans le canal et finalement atteint l'oosphère, s'unit avec cette dernière et forment avec elle le zygote. Le zygote subit la division mitotique pour produire un embryon multicellulaire qui éventuellement se développe en sporophyte. Dans la capsule, les cellules de sporogone produisent les spores tétrades par méiose ou division réductionnelle. Quand le sporophyte atteint la maturité, la capsule s'ouvre, libère les spores. Les spores sont soit apportées par le vent, dispersées et s'éloignent de la plante mère. Sous les conditions climatiques favorables et un substrat souhaitable, elles germent pour produire le protonéma et le cycle se répète (Pazo, 2012).

4.2. Reproduction asexuée:

En marge de cycle sexué, très fréquemment les bryophytes se multiplient par voie végétative, c'est-à-dire sans fécondation ni réduction chromatique (Roland *et al.*, 2008). Elles se reproduisent de manière asexuée : par propagules, fragmentation ou bourgeonnement. Ces modes de reproduction assurent une descendance rapide et nombreuse (Burgisser et Cailliau, 2012).

Pour les espèces dont on ne connaît pas de sporophytes, la reproduction asexuée est la seule méthode de reproduction (Denayer, 2000).

5. Morphologie

Les bryophytes sont différenciées en fonction de la position du sporophyte sur le gamétophyte, on distingue (Bardat et Boudier, 2002 in Claudine 2003):

- les mousses **acrocarpes** (*akrossommet* ; *carpos*: fruit) et hépatiques **acrogynes**, dont les sporophytes sont terminaux. Ces plantes sont souvent en touffes serrées ou en coussinets permettant une meilleure rétention de l'eau entre les liges

- les mousses **pleurocarpes** (*pleuros*: côté) et hépatiques **anacrogynes** dont les sporophytes sont latéraux. Il s'agit en général de mousses de grande taille à axes ramifiés.

5.1. Morphologie du gamétophyte et du sporophyte

La phase haploïde est représentée par le gamétophyte. Celui-ci peut être soit **monoïque**, dans ce cas les archégones et les anthéridies sont portés par le même individu, ces organes sexués peuvent être positionnés de manière diverse sur la plante, ou bien **dioïque** : le gamétophyte est unisexué, il va comporter un seul organe sexué mâle ou femelle (Claudine ,2003).

5.1.1. Le gamétophyte se présente sous deux grands types morphologiques

- un type présentant un axe feuillé pour les Mousses et les Hépatiques à feuille : les feuilles sont généralement constituées d'une lame parenchymateuse unistrate (plus rarement pluristratifiée, comme chez certaines *Grimmiaceae*) avec pour les mousses éventuellement une nervure représentant une ligne centrale pluristratifiée renfermant dans les cas les plus complexes stéréides, leptoïdes et hydroïdes (*Polytrichaceae*).

- un type à thalle pour les Anthocérotes et les Hépatiques à thalle. On entend par thalle un appareil végétatif constitué d'une lame souvent de couleur verte et plus ou moins étalée sur le substrat. Le thalle est ici structuré d'une manière plus ou moins complexe ce qui le différencie de celui des algues (souvent composé de plusieurs assises de cellules avec la présence de chambres aérifères, de pores...)

Le gamétophyte est fixé au substrat par des rhizoïdes, fins filaments pouvant être formés d'une seule cellule (Hépatiques et Anthocérotes) ou de plusieurs cellules disposées en chaîne, sur un seul rang et dont les parois transversales sont obliques (Mousse et Andreae). (Claudine ,2003)

5.1.2. Le sporophyte se compose:

- d'un *ped* ou d'un **suçoir**, organe qui lui permet de rester fixé sur le gamétophyte et au niveau duquel sont assurés les échanges hydriques et chimiques, hydroïdes

Leptoïdes cortex B. & N. Malcolm, 2000 in Claudine ,2003)

- en prolongation duquel se trouve un axe nu nommé, pédicelle, soie ou seta, celle-ci pouvant être réduite ou absente,

- la soie porte en extrémité un organe plus ou moins renflé, où sont élaborées les méiospores. C'est la capsule des bryophytes, l'organisation de cette capsule est variable.

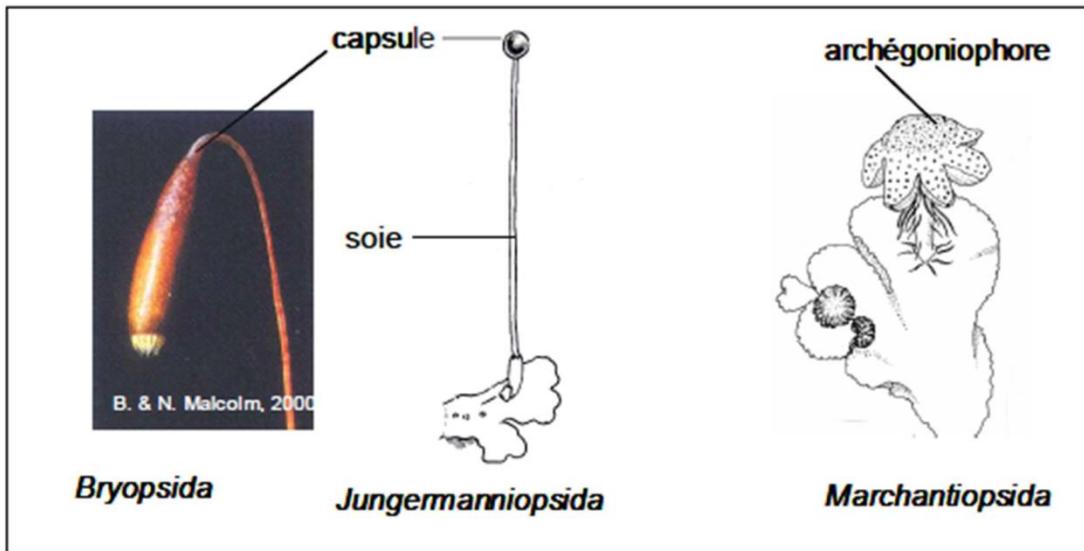


Figure 06: Capsules d'hépatiques et de mousses (Claudine, 2003)

6. Ecologie des mousses

Les bryophytes sont des plantes de toutes les formes, de toutes les couleurs et de (presque) toutes les tailles. Elles poussent dans des milieux très divers et, contrairement aux idées reçues, pas nécessairement exclusivement dans les endroits humides (Burgisser et Cailliau, 2012). La plupart vivent dans une colonie et couvrent le sol d'un tapis (Roland et al, 2008). Plus ou moins continu dans les sous-bois riches en humus elles constituent l'essentiel de la strate végétal basse ou strate muscinale (Roland et al, 2008 et Amirouche *et al.*, 2009).

Certains s'établissent sur les murs et les rochers. Ils colonisent tous les milieux à l'exception du milieu marin où ils sont totalement absents (Amirouche *et al.*, 2009).

6.1. L'eau

Les Bryophytes se rencontrent sur toute la surface de la terre, de l'équateur aux pôles, en plaine ou en montagne. Par contre chaque espèce possède souvent une aire limitée, liée à des exigences écologiques assez strictes. (Maizi, 2012).

La plupart des mousses, préfèrent les milieux humides ou frais tel que les sous bois, roches ombragées et le voisinage du cascade, certaines espèces sont aquatiques, elles vivent au bord des cours d'eau ou dans les marées, tandis que d'autres sont xérophiles, elles vivent en plein soleil sur les roches, murs ou sur les toits. Certaines espèces peuvent cependant supporter un ensoleillement assez long. (Maizi, 2012).

Beaucoup de mousses présentent la faculté de reviviscence c'est à dire la possibilité en un temps très court et réversible de l'état hydraté et physiologiquement actif à l'état sec et quiescent.

Le taux d'hydratation peut tomber à 30% du bois sec et les fonctions sont suspendues à la moindre pluie. (Maizi, 2012).

A défaut de l'appareil racinaire, l'absorption de l'eau se fait par toute la plante et notamment par les jeunes feuilles. Les sphaignes sont toutes hydrophiles ou hygrophiles, les espèces aquatiques sont par contre assez rares chez les mousses, aucune espèce ne vit dans la mer. Dans les régions tropicales humides, on trouve de nombreux muscinées épiphytes (Maizi, 2012).

6.2. La lumière

Les mousses sont des végétaux peu photophiles qui vivent dans des stations ombragées (sous bois, troncs d'arbres) le point de compensation, c'est à dire l'intensité lumineuse pour laquelle la photosynthèse équilibre la respiration est plus basse que pour les phanérogames (Bouregghda, 2004).

6.3. La température

La reviviscence favorise la résistance des mousses à des grandes amplitudes thermiques, les espèces bryales résistent à 30°C tandis que celles des roches ensoleillées supportent des températures de l'ordre de +80°C.

En Algérie, l'étude des bryophytes et de leur répartition est incomplète et il existe un catalogue des mousses algériennes, qui mentionne 224 espèces réparties de la manière suivante : Acrocarpes (170), pleurocarpes (73), sphaignes (1), presque toutes ces mousses appartiennent à la région méditerranéenne (Maizi, 2012).

6.4. Le sol

Chaque espèce est en général liée à un substrat déterminé : écorce, roche, sol. Les espèces terricoles sont de bons indicateurs de pH : *Leucobryum glaucum*, qui forme des coussinets compacts d'un vert blanchâtre, est très caractéristique des sols sablonneux acides dans la région parisienne ; *Dicranum scoparium* est également un indicateur de sol très acide, *Atrichum undulatum* et *Mnium hornum*, au contraire, vivent sur humus doux.

Les mousses jouent un rôle important dans la formation des sols :

- d'une part, comme colonisateurs de substrats neufs (rochers des anciennes carrières, sols nus des terrassements);
- d'autre part, comme matière première dans la formation de l'humus, la biomasse des mousses pouvant représenter l'essentiel de la litière sur certains terrains. (Faburé, 2009)

6.5. Les facteurs biotiques

Les mousses présentent des rapports de concurrence et de commensalisme* entre elles et avec les autres composants de la végétation : favorisées par l'ombre des arbres, elles sont en compétition* pour l'occupation du sol avec les herbes et les lichens. Certaines espèces émettent des substances « télétoxiques » qui diffusent dans le sol et inhibent le développement des végétaux concurrents. Des antibiotiques bactéricides ou fongiques ont été mis en évidence chez les mousses, mais ne sont pas exploités. (Ozenda,1990)

7. Rôles et intérêt des mousses

Les bryophytes, bien que petites et en apparence insignifiantes, jouent un rôle important à différents égards dans l'écosystème:

- ✓ Comme tout organisme vivant, les mousses jouent un rôle dans l'équilibre des écosystèmes et plus largement dans l'environnement qui nous entoure;
- ✓ La rétention de l'eau grâce à leur fonction d'"éponge";
- ✓ La stabilisation du sol, et donc la limitation de l'érosion;
- ✓ La préparation des sols pour accueillir des plantes à fleurs en créant un substrat riche en matière organique (DGNP, 2013).
- ✓ Fondatrices des tourbières, ces dernières ou haut-marais, sont constituées de mousses spéciales appelées sphaignes. Ces biotopes très particuliers abritent des animaux et des végétaux uniques dont les plantescarnivores.
- ✓ Des puits à CO₂ principal responsable du réchauffement climatique, le CO₂ est fixé durablement dans la tourbe sous forme de carbone. Les haut-marais contribuent ainsi à atténuer l'effet de serre de manière significative. A échelle mondiale, la quantité de carbone stockée dans les tourbières est 3 fois plus grande que dans les forêts tropicales.
- ✓ Un habitat pour de petits êtres vivants : les coussinets de mousses abritent une quantité innombrable de petits animaux: acariens, collemboles, tardigrades, araignées, larves de tipules, coléoptères et bien d'autres.
- ✓ Les mousses ravivent les vieux murs et habillent les forêts d'un beau manteau émeraude que l'on peut admirer à la loupe ou sur lequel il fait bon s'allonger ou marcher (Hofmann, 2011 in Kermia Et Yahiaoui,2017).

8. Utilisation des mousses comme bio indicateurs de pollution:

Les mousses sont des espèces, sensibles aux variations de l'environnement, se comportent comme des bioindicateurs ou des bioaccumulateurs de la pollution (Dupont et Guignard, 2012). Elles sont donc aussi utilisées pour mesurer la pollution car elles donnent une valeur précise du taux de

métaux lourds présent dans le milieu où elles poussent (Hofmann, 2011). Ce sont des petites plantes autotrophes, elles accumulent dans leurs tissus des quantités importantes de métaux lourds, qu'elles prélèvent à partir du substrat, de l'atmosphère ou de l'eau, les mousses sont utilisées dans certains pays pour le contrôle de la pollution de l'environnement (Kermia Et Yahiaoui, 2017).

Les mousses sont très utilisées dans la détection de la pollution atmosphérique d'origines anthropiques. L'utilisation des mousses est une méthode qui a été adoptée depuis la fin des années 60 en suède, elle est un peu coûteuse, elle permet une détermination plus aisée (Maizi, 2012).

9. Mécanisme de piégeage et de rétention des métaux

Les dépôts secs et humide assurent la contamination des mousses par les éléments trace métallique. Les dépôts humide comprennent mes dépôts de polluant par les pluies ,la neige et par les précipitations occultes (rosée, brouillard). Les dépôts secs concernant l'adsorption et l'absorption directes des polluants sous forme gazeuse ou particulaire.

La dynamique chimique d'accumulation dépendra des propriétés physico-chimiques des polluants traces.(Denayer, 2000).

Selon ces diverses caractéristiques, les éléments trace pourront être absorbés, adsorbés ou éliminés de la mousse. Ces éléments chimiques pourront également subir différents transformations telles que la photolyse, l'hydrolyse, des réactions d'oxydo-réduction ou acido-basiques ,voire même des transformations métabolique. Si nous référons à la littérature, la connaissance de tels processus chimique chez les bryophytes est encore mal connue excepté en ce qui concerne la processus d'échanges d'ions métallique (Denayer, 2000).

10. Facteurs influent sur les concentrations de métaux traces dans la mousse

Les mousses épiphytes sont considérées comme des organismes de biosurveillance, cela est, en grande partie, due à l'absence de racines en les comparons avec les plantes supérieures. Ainsi, elles obtiennent leur approvisionnement en minéraux uniquement de sources aériennes et non du substrat (Martin *et al.*, 1982 in Omar, 2014).

La translocation des nutriments peut également être dans différentes parties de la mousse (Brūmelis et Brown, 1997). Les particules minérales provenant du sol et du socle rocheux augmentent également les concentrations Fe, Cr, Al et Ti dans les zones qui ont une végétation clairsemée, un climat aride, ou exposé à un sol minéral (Mäkinen, 1994). D'autres facteurs affectant les concentrations

suivantes (Steinnes, 1993 ; Ford *et al.*, 1995 ; Zechmeister, 1995; DeCaritatet *al.*, 2001 ; Gerdolet *al.*, 2002 in Omar, 2014):

- * Lixiviation à partir des couches de végétation situées au-dessus des mousses
- * Le statut nutritif du site.
- * L'eau «fonte des neiges»
- * zone de végétation
- * L'altitude a un effet en raison de changements dans la quantité de précipitations, de la poussière ou de la production de biomasse.
- * L'âge de la mousse. La constatation que les pièces plus âgées de mousses, ont une concentration plus élevée des métaux, a conduit à l'hypothèse que les plantes fournissent un enregistrement historique et interactif de l'alimentation en métal dans l'environnement.

Partie II :
Partie expérimentale

Chapitre III :
Généralité Sur La Ville De Tiaret

1. Cadre géographique

La wilaya de Tiaret, d'une superficie de 20050.05 Km², est localisée au Nord-Ouest de l'Algérie, sur les hauts plateaux Ouest entre la chaîne Tellienne au Nord et la chaîne Atlasique au Sud. Le territoire de la wilaya est constitué de zones montagneuses au Nord, de hautes plaines au centre et des espaces steppiques 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.

Administrativement, la wilaya dispose de 14 Daïras et 42 Communes dont 24 communes rurales.

Elle est limitée par:

La wilaya de Tissemsilt et Relizane au Nord;

La wilaya de Laghouat et El Bayadh au Sud;

La wilaya de Mascara et Saida à l'Ouest;

La wilaya de Djelfa à l'Est et Sud Est.

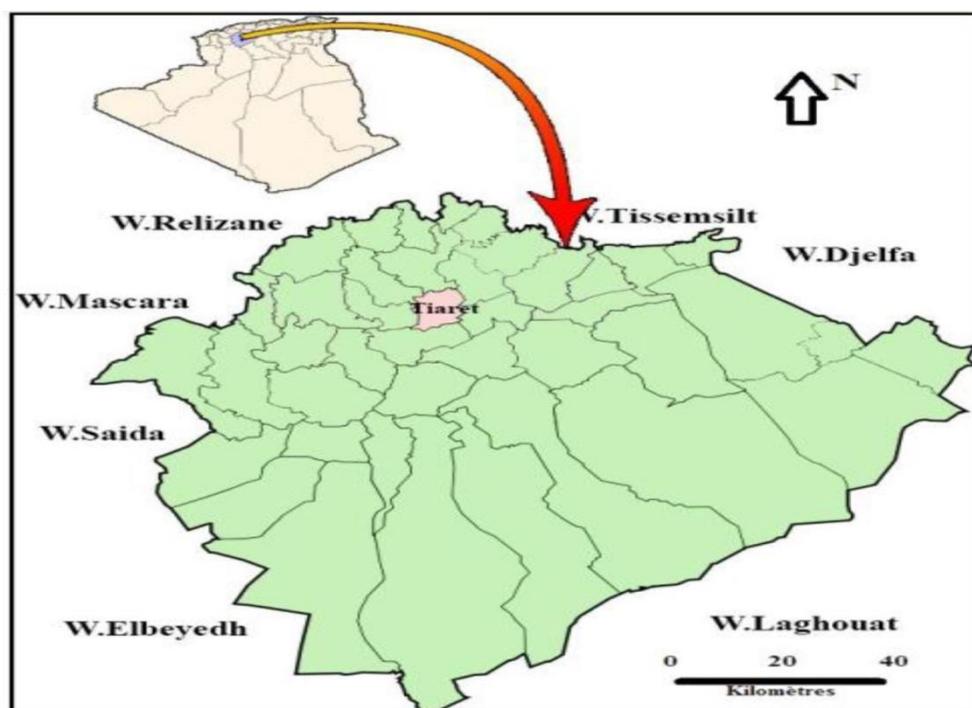


Figure 07 : Situation géographique de la wilaya de Tiaret

2. Cadre topographique

Sur le plan topographique, la wilaya de Tiaret se caractérise par deux grands ensembles morphologiques : l'Atlas Tellien et les hautes plaines, du Nord au Sud ; on distingue :

Une chaîne de piémont qui constitue le versant méridional de l'Ouarsenis ; le domaine tabulaire qui s'étend au pied de l'Ouarsenis appelé le plateau de Sersou.

Les monts de Frenda et les hauts plateaux qui représentent une vaste plaine regroupant la cuvette du chott Chergui à l'Ouest et le chaînon du Nord (ANDI, 2014 in Omar, 2015).

3. Cadre climatique

La région de Tiaret, par sa position géographique et la diversité de son relief, subit des influences climatiques conjuguées des grandes masses d'air, de l'exposition du relief, et de l'altitude. En effet, pendant la saison hivernale, les masses d'air froid provenant de l'Atlantique rencontrent les masses d'air chaud et humide ce qui provoque une instabilité et des perturbations climatiques à l'origine des pluies hivernales parfois intenses. Durant la saison estivale, des masses d'air tropical liées à l'anticyclone des Açores prédominent et provoquent une zone de haute pression à l'origine d'un type de temps sec et ensoleillé qui perdure jusqu'à la fin du mois de septembre et le début du d'octobre. L'étude climatique de la région de Tiaret a montré une nette régression des précipitations pour passer de 600 mm à 360,4 mm, accompagnée d'une augmentation des températures durant le vingtième siècle. Cela va sans doute s'apercevoir sur le paysage végétal de la région et même au niveau des rendements agricoles..(Miara,2011).

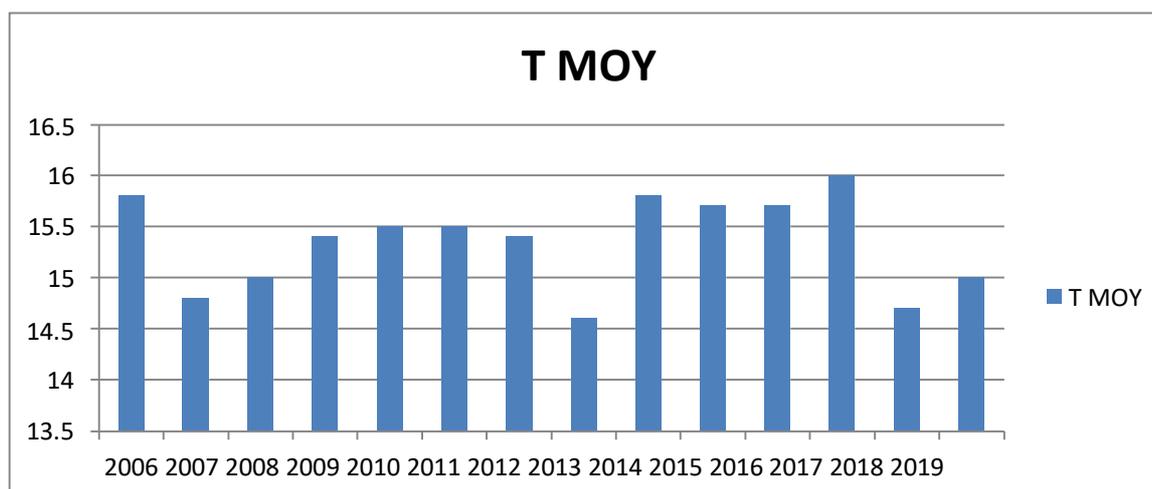


Figure 08 Les températures moyennes interannuelles (°C) de la région de Tiaret entre 2006 et 2019.

Source: www.tutiempo.net.(consultée le 21/08/2020).

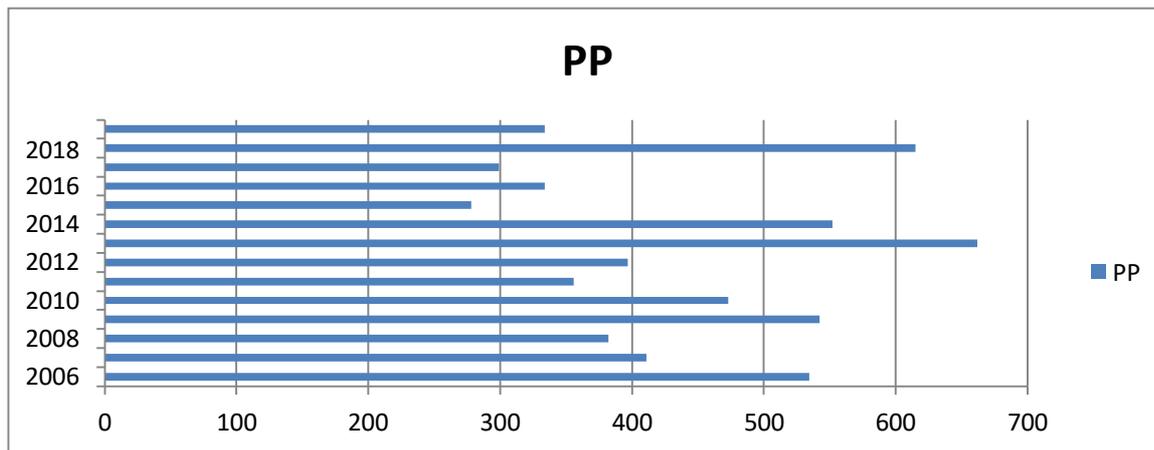


Figure 09 Les précipitations interannuelles (mm) de la région de Tiaret entre 2006 et 2019

Source:www.tutiempo.net.(consultée le 21/08/2020).

4. Présentation de la commune de Tiaret

La commune de Tiaret est le chef-lieu de la Wilaya, située au Sud-Ouest d'Alger à 340km. C'est une commune à caractère urbain car elle se compose d'une grosse agglomération chef-lieu et d'une zone éparse, elle dispose de deux agglomérations secondaires:

- l'agglomération de Karman, située à l'est de la ville sur l'embranchement de la RN 14 qui mène vers Alger.
- L'agglomération d'Ain Mesbah, située au Sud sur la RN23.

Statistiquement, l'agglomération chef-lieu de Tiaret se confond avec la commune puisque la zone éparse représente 4% de la population globale de la commune. Elle a vu sa population quadruplée de 1966 à 1998 pour passer de 37990 à 167000 habitants répartis sur une superficie de 1227Km². Ce qui nous donnent une densité de 136, 10 hab /Km² et avec un taux d'accroissement de 3,66% (Période décennale 1977-1987) ce dernier a diminué, il a atteint 4,11% en 1998 (ONS, 1998in Omar,2015).

* Limites de la commune de Tiaret sont

- Au Nord les communes Oued Lili, Dahmouni et Guertoufa.
- A l'Est les communes d'Ain Bouchekif
- A l'Ouest la commune de Tagdemt
- Au Sud celle de Mellako.

5. Voies de communications

5.1. Consistance du réseau routier interne

La ville de Tiaret compte un réseau routier urbain très important, plus de 200 Km, son état est mauvais et cela est due principalement à la défektivité de certains réseaux, à la nature des sols et au relief accidenté qui constituent un facteur de dégradation de ce réseau. (Omar, 2015)

Les actions engagées par la collectivité sur ses propres ressources pour faire les réparations nécessaires, se sont avérées inadéquates et très onéreuse eu égard à l'importance de ces dégradations et aux faibles moyens de la commune.

La ville de Tiaret est constituée par trois types de zones d'habitat, ces derniers qui définissent le type de voirie existant car le réseau urbain de Tiaret ne s'organise pas selon une hiérarchie spatiale et fonctionnelle (Boulevard principal, boulevard secondaire, voirie primaire, secondaire ...).

- **Zone d'habitat centre-ville:** ayant déjà eu des aménagements urbains de la voirie, assainissement, inscrits dans différents programmes de développement.
- **Zone d'habitat viabilisé:** mais dans l'achèvement des travaux ont rencontré des difficultés dues aux surcoûts.
- **Zone d'habitat précaire:** groupant un nombre d'habitation dans l'implantation ne permet pas à la collectivité d'aménager ces sites.

5.2. Etat du réseau

L'état des réseaux routiers de la wilaya de Tiaret peut être classé en 03 catégories

- Mauvais état: 120kms.
- Etat moyen: 60kms.
- Bon état: 20kms.

5.3. Le réseau routier externe

Le chef-lieu de la commune de Tiaret et le carrefour de plusieurs voies de communications d'une importance nationale; mais dans l'état reste au demeurant moyen.

5.3.1. Les routes nationales

La ville de Tiaret est liée généralement par trois principaux axes de route (Fig. 15) qui sont :

- **La R.N -14:** cet axe relie Tiaret aux Wilayates de Saida et Mascara ainsi que Alger par Tissemsilt.
- **La R.N -23:** c'est un axe très important entre Tiaret et Relizane d'une part, d'autre part entre Tiaret et Aflou.
- **La R.N -90:** Un troisième axe très important reliant la commune au Nord par Oued Rhiou et au Sud à travers AinGuessma.

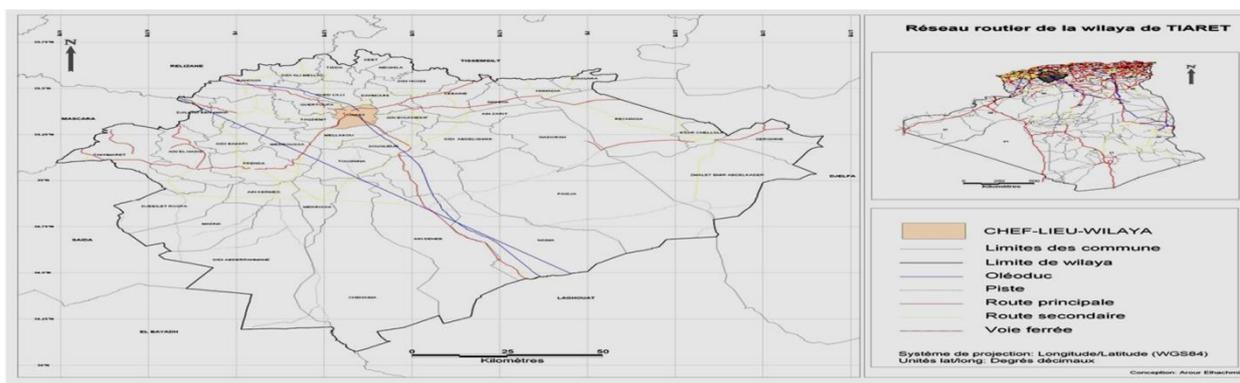


Figure 10 Carte caractéristique des routes nationales de la wilaya de Tiaret.

5.3.2. Les chemins de la wilaya

Le réseau secondaire est généralement dans un état moyen. Il draine un volume de Trafic peu important par rapport au réseau primaire. On note trois Chemins de Wilaya (Urbatia, 2013 in Omar, 2015):

- **CW -07:** D'une distance de 15 Kms, c'est le chemin de wilaya le plus important, car il relie Tiaret à Bouchekif.
- **CW-11:** Relie la Tiaret à sidi Hosni à l'Est, et à Mechraa Sfa à l'Ouest du PK 38 au PK 66. Ce chemin se caractérise par une longueur de 28 Kms.
- **CW-3 :** De longueur de 5.5 Kms ce qui donne une longueur totale de 41.5 Kms.

5.3. Parc automobile de la wilaya de Tiaret

Le parc automobile de l'Algérie comptait plus de 6,4 millions de véhicules à fin 2018, avec 255.538 véhicules neufs, contre plus de 6,1 millions de voitures en 2017, soit une hausse annuelle de plus de 4%, indiquent les données de l'Office national des statistiques (ONS).

Selon la même source (fig 10) le parc automobile de la commune de Tiaret constitue de 72938 véhicules, dont 54% sont à essence et les restes sont à gasoil.

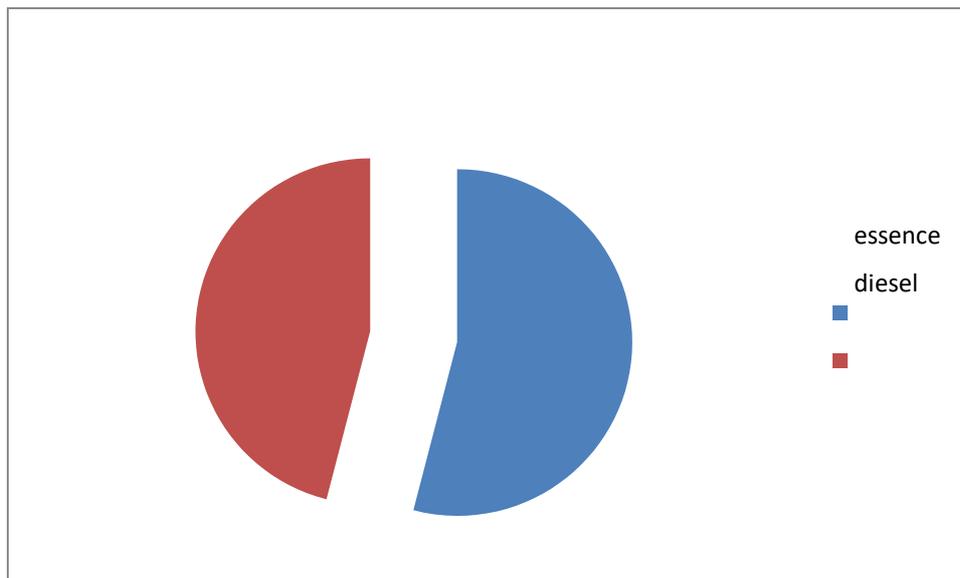


Figure n°11 Parc automobile de la commune de Tiaret (ONS.2020)

Chapitre IV :
Mises En Place Du Protocole
Expérimental

Introduction

Le principe de la biosurveillance repose sur l'utilisation d'organismes vivants pour évaluer la présence des polluants dans l'environnement. Bien que ces organismes ne permettent pas de connaître les concentrations précises des polluants dans l'air, ils permettent d'évaluer leur impact sur l'environnement ainsi que sur les êtres vivants (Garrec et Van Haluwyn, 2002).

Dans le cadre de cette étude expérimentale, la biosurveillance a été réalisée à l'aide de bryophytes terrestres (mousses). En effet, ces végétaux présentent la particularité d'absorber de façon importante les métaux présents dans l'air. Très largement présentes dans l'environnement, ces mousses peuvent être collectées en quantité représentative sur le terrain, au niveau de stations définies et géolocalisées.

1. Méthodologie pour l'exposition, le dosage et l'exploitation des résultats:

1.1. Plan d'échantillonnage

Les échantillons de mousses sont prélevés du sol, murs ou occasionnellement sur bois mort. Les prélèvements ont été réalisés en évitant l'utilisation d'outils ou de conteneurs susceptibles de les contaminer. Chaque site échantillonné comprend une superficie de 100 m maximum², situé à proximité des routes à fort trafic et des routes secondaires. Le prélèvement des mousses a été effectué dans 40 sites choisis dans la ville. Les coordonnées géographiques de chaque zone échantillonnée ont été notées à l'aide d'un GPS (tableau 7). (Voir le tableau de la page suivante).

Tableau 07: Coordonnées géographiques des zones échantillonnées

Code	Emplacements	Latitude Nord (N)	Longitude Est (E)
ST1	Apc	35.380330,	1.338547
ST2	Chenawa	35.379110,	1.335361
ST3	Moulay Nadjem	35.369099,	1.314943
ST4	10 Eme	35.378405,	1.345575
ST5	405 Log	35.376581,	1.340763
ST6	RpFida	35.371244,	1.331864
ST7	Ccls	35.371780,	1.325515
ST8	Dsa	35.371556,	1.329344
ST9	Régina	35.372940,	1.320468
ST10	Place Rouge	35.373440,	1.317021
ST11	Chambre Commerce	35.376120,	1.319686
ST12	Ben Badis	35.375046,	1.315832
ST13	Place Carnot	35.375432,	1.314146
ST14	Avenir	35.360351,	1.322661
ST15	Sonatiba	35.360282,	1.338583
ST16	Parc Universitaire	35.346082,	1.322078
ST17	Zaarora	35.348016,	1.315912
ST18	RpDubai	35.350331,	1.311412
ST19	Cfa	35.359045,	1.311953
ST20	Agence	35.360951,	1.312716
ST21	Cadat	35.360764,	1.316090
ST22	Volano Post	35.352653,	1.326619
ST23	Volani	35.353432,	1.330160
ST24	Les Pins	35.380842,	1.310182
ST25	RpBouaaza	35.355732,	1.335839
ST26	Boulis Amar	35.369853,	1.334680
ST27	Superposé Marché Gros	35.355057,	1.309598
ST28	Protection Civil	35.365051,	1.326733
ST29	Mexique- Prison	35.368314,	1.323455
ST30	Anem	35.365396,	1.333495
ST31	Ras Souk	35.378323,	1.312939
ST32	Ibn Rostom	35.380317,	1.313969
ST33	Resistance	35.374168,	1.314092
ST34	Feghouli Ahmed	35.371323,	1.315645
ST35	Tresor	35.373229,	1.321556
ST36	Salam	35.348274,	1.333358
ST37	Route Ain Guesma	35.349318,	1.327210
ST38	Eplf 1	35.352344,	1.340275
ST39	Rahma	35.357167,	1.338634
ST40	Cour De Justice	35.376387,	1.321088

1.2. prélèvements des mousses

A l'aide de la loupe nous avons établi la liste des espèces présentes et noté le recouvrement et la fréquence dans chacun.

L'identification dans chaque carreau se fait in situ à l'aide du guide d'identification. L'espèce non identifiée sur le terrain, est prélevée par le cutter et mise dans une enveloppe sur laquelle des informations liées la station sont notées afin de pouvoir les reconnaître au laboratoire.

Tableau 08 : coefficient de recouvrement et de fréquence depuis braun blanquet(Denayer, 2000).

Coefficient	Définition
1	Espèce très rare et a très faible recouvrement
2	Espèce très peu fréquente ou avec un faible recouvrement
3	Espèce peu fréquente ou avec un degré de recouvrement
4	Espèce fréquente ou avec un fort degré de recouvrement
5	Espèce très fréquente et avec un fort degré de recouvrement

1	($\leq 5\%$)
2	(5-25%)
3	(26-50%)
4	(51-75%)
5	($\geq 75\%$)

1. 3. Identification des mousses

L'utilisation d'une loupe de terrain, permet d'observer les bryophytes sur le terrain, pour un œil avisé, il sera possible de reconnaître la famille (fig 11). Au laboratoire, avec la loupe binoculaire il est possible de déterminer la famille et le genre à partir des clés existantes, le microscope permettra ensuite d'observer les caractères des feuilles, cellules et également la coupe des différentes parties de la plante.

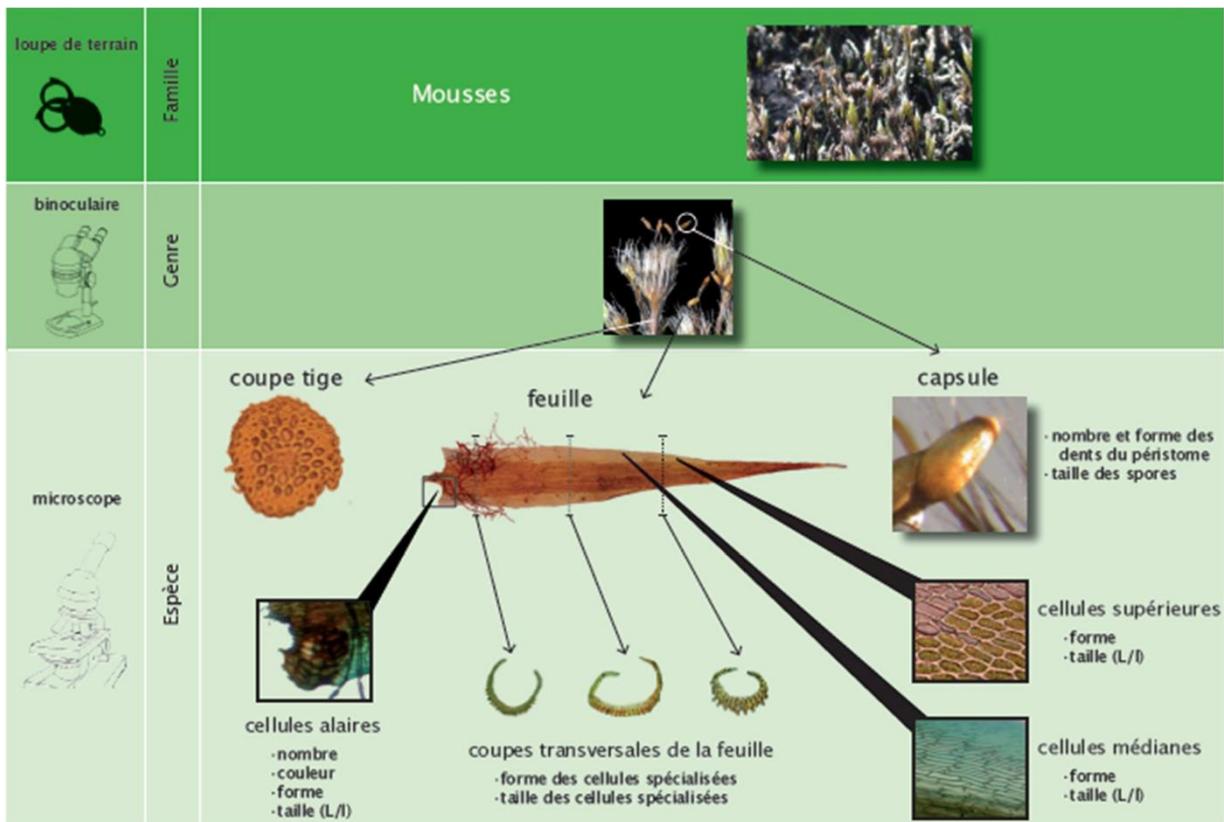


Figure 11 La méthode d'Identification des mousses.

1.4. Traitement des échantillons au laboratoire

La méthode utilisée pour le dosage des métaux dans les échantillons de mousses, est celle agréée par le centre entre d'études sur les réseaux, le transport, l'urbanisme et les constructions technique (CERTU, 2004in Berrayah ,2016).

Elle consiste aux opérations suivantes :

1.4.1. Déshydratation

Cette étape consiste à déshydrater les mousses dans une étuve à 105° C pendant 24 heures. Après la déshydratation, les mousses, ont été pesés pour définir le poids de la matière sèche MS.

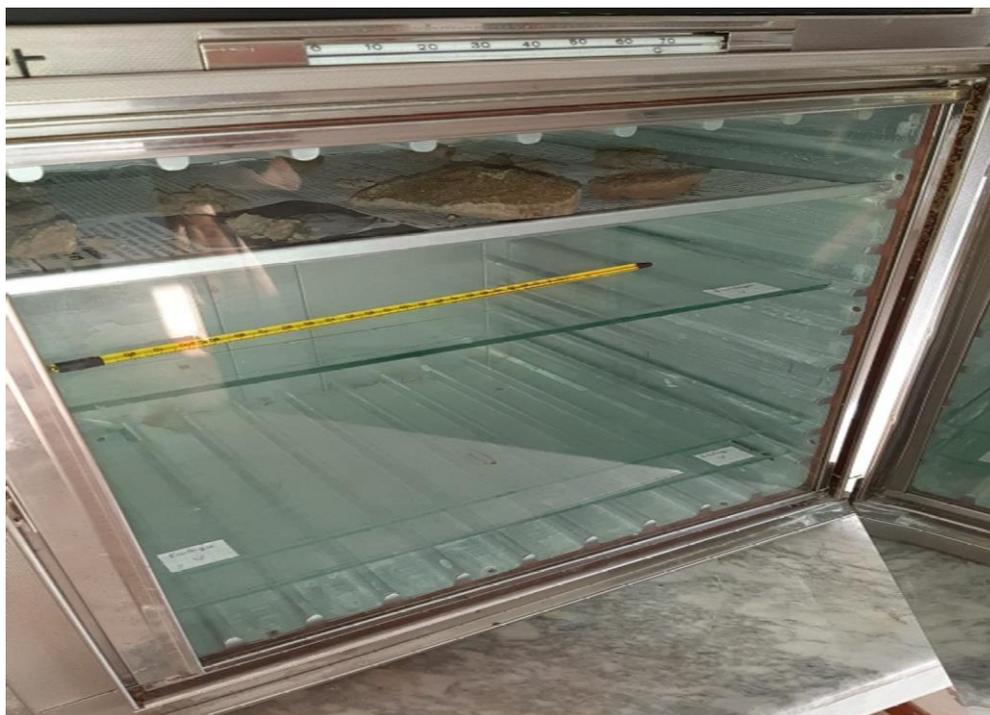


Figure 12 Déshydratation des mousses dans l'étuve

1.4.2. Broyage

Le broyage des mousses est une étape très délicate étant donné que les mousses peuvent subir une contamination ou une perte. Le broyeur utilisé est constitué d'acier garanti sans « métaux lourds ». Les mousses sont broyées jusqu'à obtention d'une poudre fine.



Figure 13 Broyage des lichens et des mousses.

1.4.3. Calcination

La poudre obtenue est calcinée, à l'aide de capsules en quartz, dans un four à 500°C pendant une durée de 7 heures.

1.4.4. Minéralisation et mise en solution

La minéralisation permet le retour des éléments sous forme inorganique. La poudre obtenue après calcination est attaquée par 2 acides différents :

- **L'acide chlorhydrique HCL**: pour 0.25 g d'échantillon obtenu il a été ajouté 5ml d'acide chlorhydrique, puis le mélange et mis dans un bain de sable jusqu'à évaporation ;
- **L'acide nitrique HNO₃** : on ajoute 1ml d'acide nitrique sur la solution après évaporation. On pose le mélange dans le bain de sable quelques minutes et on laisse refroidir pendant 30minutes.



Figure 14 évaporations des échantillons dans le bain de sable

1.4.5. La mise en solution

Les échantillons préparés sont complétés par 100ml d'eau distillée

1.4.6. Dosage des échantillons

Le dosage des échantillons a été effectué par un spectrophotomètre à absorption atomique à flamme. On a dosé le Plomb, le zinc et le cuivre.

Pour chaque concentration correspond une absorbance qui permet de tracer une courbe d'étalonnage. Cette dernière permettra de donner la concentration de chaque métal contenu dans les solutions préparées.

Chapitre V :
Résultats Et Discussions

Les mousses sont particulièrement résistantes aux substances toxiques qu'elles accumulent, notamment aux éléments traces métalliques, ce qui en fait des organismes adéquats pour la biosurveillance de ceux-ci (Krommer et al., 2007). Certains auteurs concluent que les mousses seraient plus performantes pour le piégeage des éléments traces métalliques présents dans les dépôts humides et grossiers, que pour l'accumulation des dépôts secs (Sucharova et Suchara, 1998 in Berrayah, 2016).

3.1. Classes de la pollution de la zone d'investigation

3.1.1. Cas du plomb

Une classification automatique a été effectuée sur les 40 données observées dans la ville de Tiaret. Les résultats de cette classification sont illustrés dans la figure 15

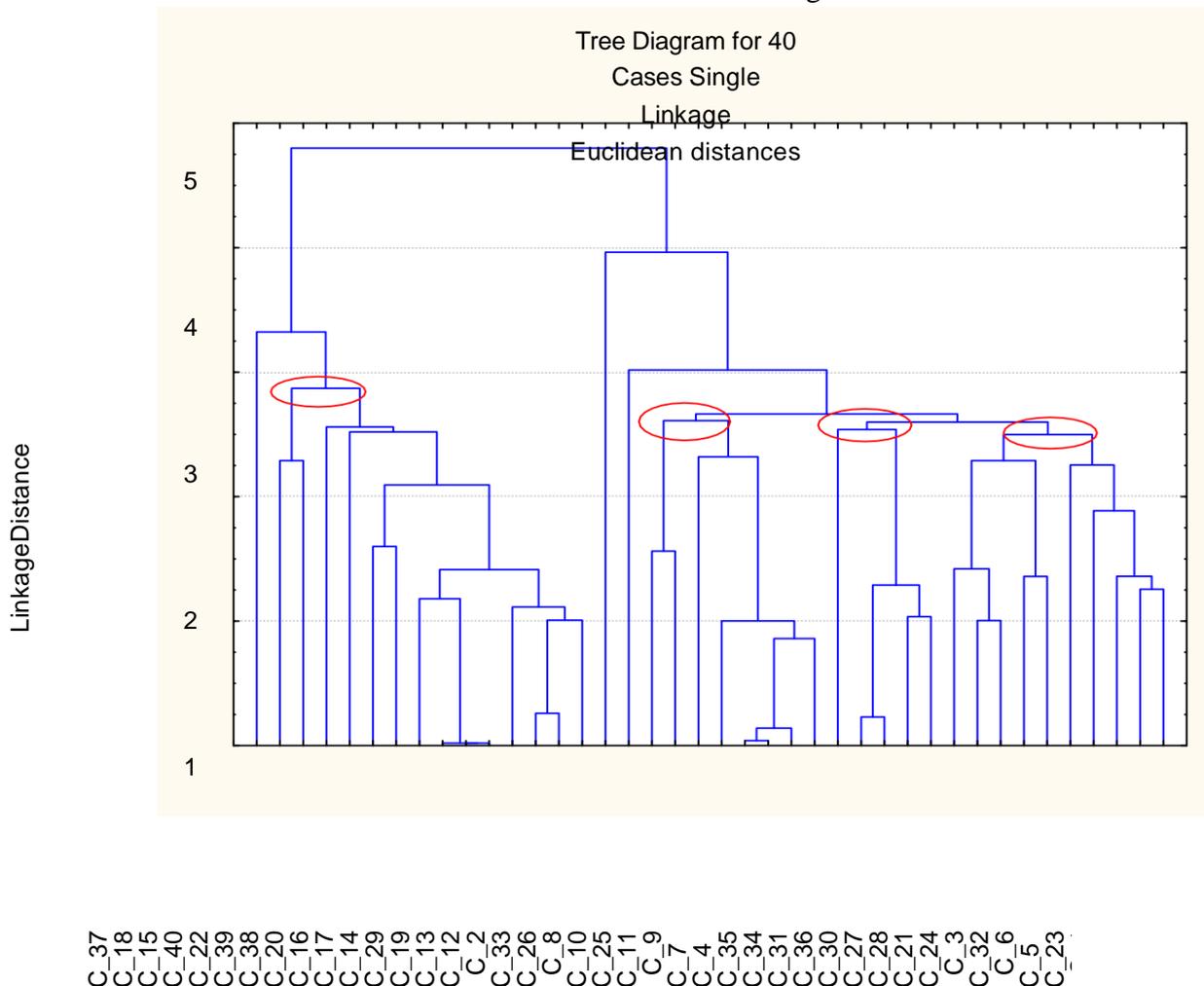


Figure 15 Classes de pollution du Plomb selon la classification automatique des teneurs en plomb (mg,kg-1) pour la ville de Tiaret La classification automatique a permet de ressortir quatre classes de pollution du plomb. Le tableau 09 représente des statistiques élémentaires de chaque classe.

Tableau 09: Statistique descriptive des classes de pollution en plomb (mg,kg-1) selon la classification automatique

	N	Moyenne	Minimum	Maximum	1er Quartile	3ème Quartile	Ecart- type
classe1	17	33,75	11,65	51,88	20,93	45,33	13,99
classe 2	8	30,69	19,33	49,22	21,3	41,02	12,33
classe 3	5	25,79	10,22	41,28	19,33	38,74	13,54
classe 4	10	35,97	16,81	49,32	33,02	42,65	10,05

L' examen du tableau 09 permet de constater que les teneurs moyennes en plomb varient entre $33,75 \pm 13,99 \text{ mg,kg}^{-1}$ et $25,79 \pm 13,54 \text{ mg,kg}^{-1}$.

Les fortes concentrations sont enregistrées au niveau de la classe N°4 avec une moyenne de $35,97 \text{ mg,kg}^{-1} \pm 10,05 \text{ mg,kg}^{-1}$. Cette classe appelée communément classe chaude regroupe les sites les plus pollués de la ville notamment le centre-ville qui connaît un trafic automobile très intense.

Les concentrations moyennes sont observées au niveau des classes N°1 avec des valeurs de $33,75 \pm 13,99 \text{ mg,kg}^{-1}$. Cette classe représente les entités moyennes au centre ville.

la classe 2 regroupent les concentrations relativement faibles avec des concentrations respectives de $30,69 \pm 12,33 \text{ mg,kg}^{-1}$. Ce dernières caractérisent les sites où les émissions sont généralement faibles à moyennes.

La classe 3 enregistrées un très faibles concentrations avec des valeurs de $25,79 \pm 13,54 \text{ mg,kg}^{-1}$.

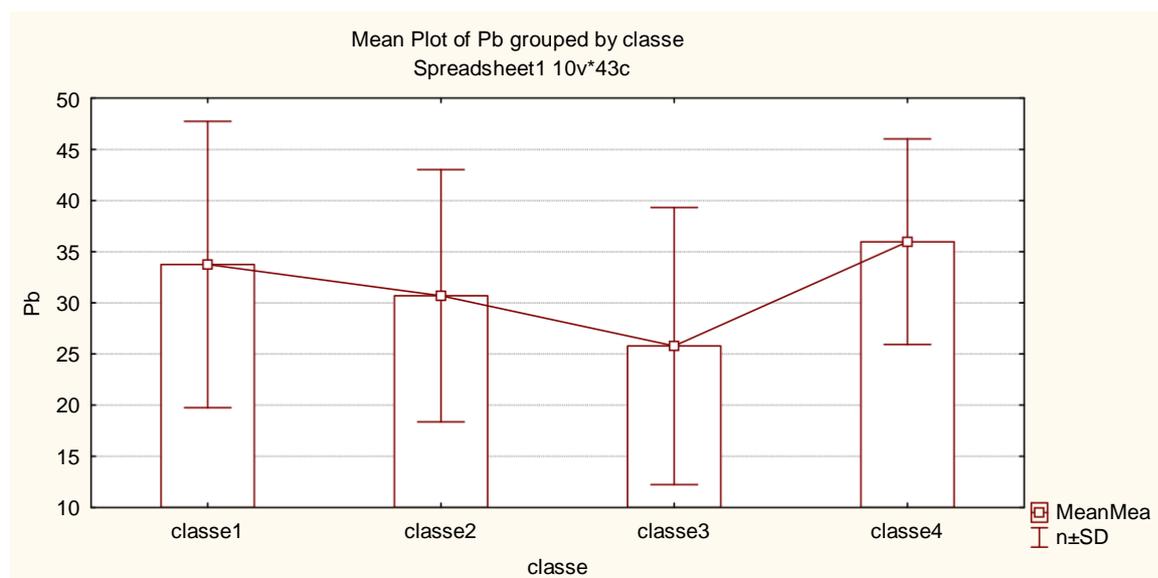


Figure 16 Teneurs en plomb dans les différentes classes de pollution

3.1.2. Cas du zinc

Les résultats de la classification automatique effectuée sur les données observées dans la ville de Tiaret sont représentés dans la figure 17.

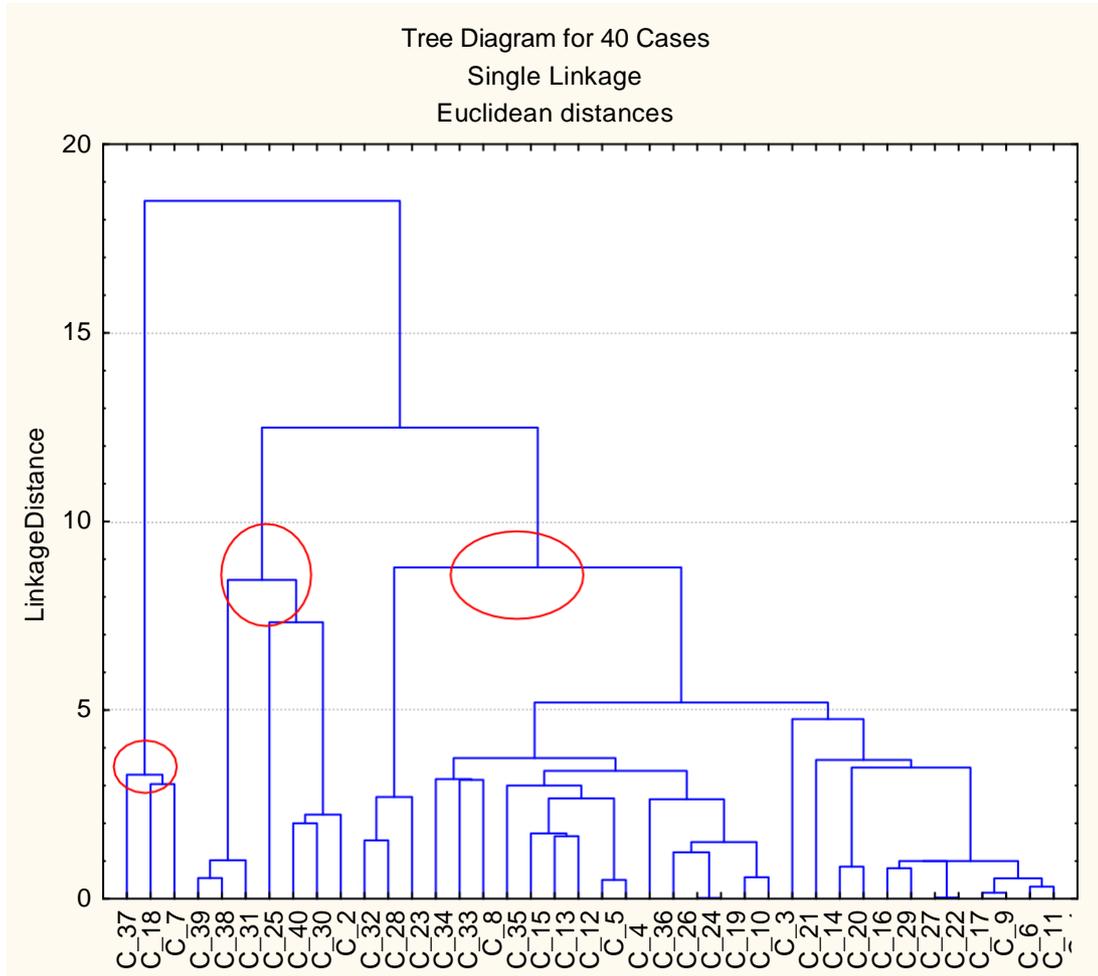


Figure 17 Classes de pollution du Zinc selon la classification automatique des teneurs en zinc (mg,kg^{-1}) pour la ville de Tiaret

La classification automatique a permis de ressortir 3 classes de pollution en zinc. Le tableau 10 représente les statistiques élémentaires de chaque classe.

Tableau 10: Statistique descriptive de classe de pollution par le zinc (mg,kg⁻¹) selon la classification automatique

	N	Moyenne	Minimum	Maximum	1 ^{er} Quartile	3 ^{ème} Quartile	Ecart-type
Classe 01	3	129,97	123,4	142,95	123,48	133,26	11,24
Classe 02	7	123,51	93,55	153,78	112,55	134,71	21,44
Classe 03	30	123,94	63,98	165,32	105,43	143,89	28,68

Les teneurs moyennes en zinc varient entre $123,51 \pm 21,44$ à $129,97 \pm 11,24$ mg,kg⁻¹.

Les plus fortes concentrations en zinc sont enregistrées dans la classe 01 avec une moyenne de l'ordre de 129,97mg,kg⁻¹. Cette classe rassemble les sites les plus pollués, en effet, ces sites sont affectés d'un trafic très élevé à forte pente où la fréquence du freinage et du ralenti est très importante. La classe 3 regroupent les sites où les concentrations en zinc sont relativement inférieures à la classe 1. Les moyennes enregistrée est respectivement de 123,94mg,kg⁻¹. Cela montre que le trafic et les infrastructures routières constituent une source importante de métaux lourds toxiques pour l'environnement.

La classe 2 regroupe les sites où les émissions en zinc sont moindres par rapports aux autres classes. La moyenne enregistrée est de l'ordre de $123,51 \pm 21,44$ mg,kg⁻¹. Cette classe faible polluée

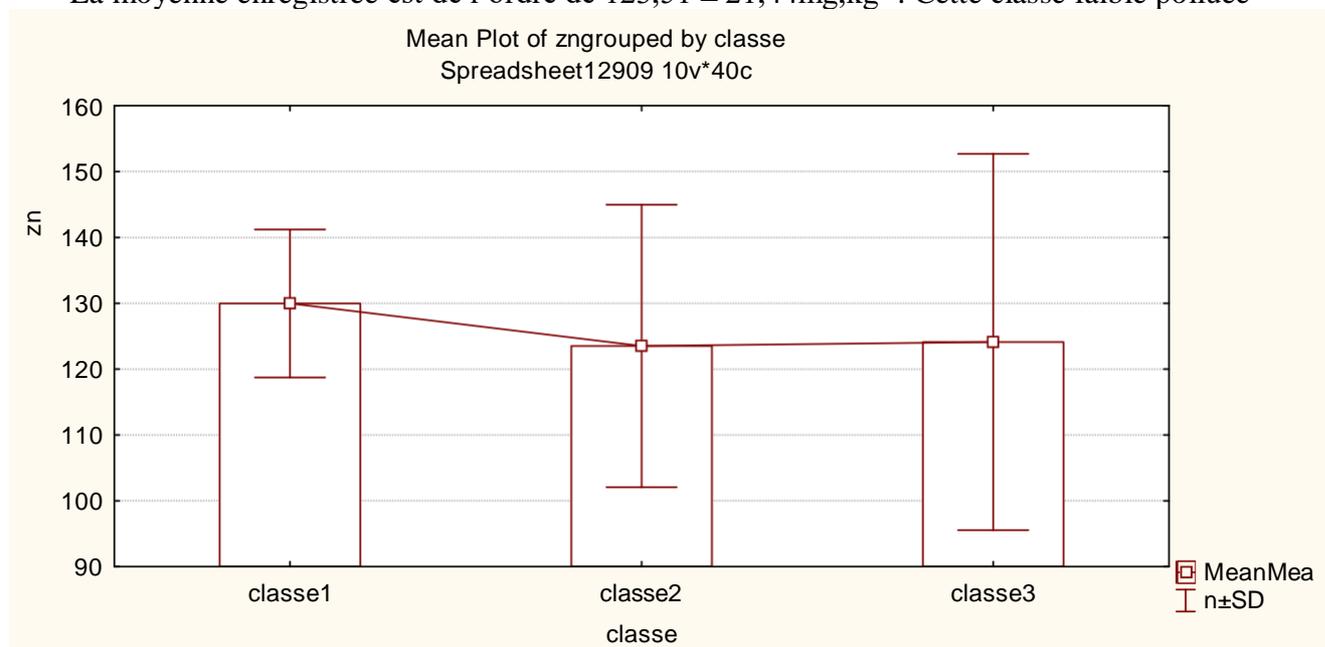


Figure 18 Teneurs en zinc dans les différentes classes de pollution

3.1.3. Cas du cuivre

La figure 19 illustre les résultats de la classification automatique effectuée sur les échantillons de *Bryum argenteum* récoltés dans la ville de Tiaret.

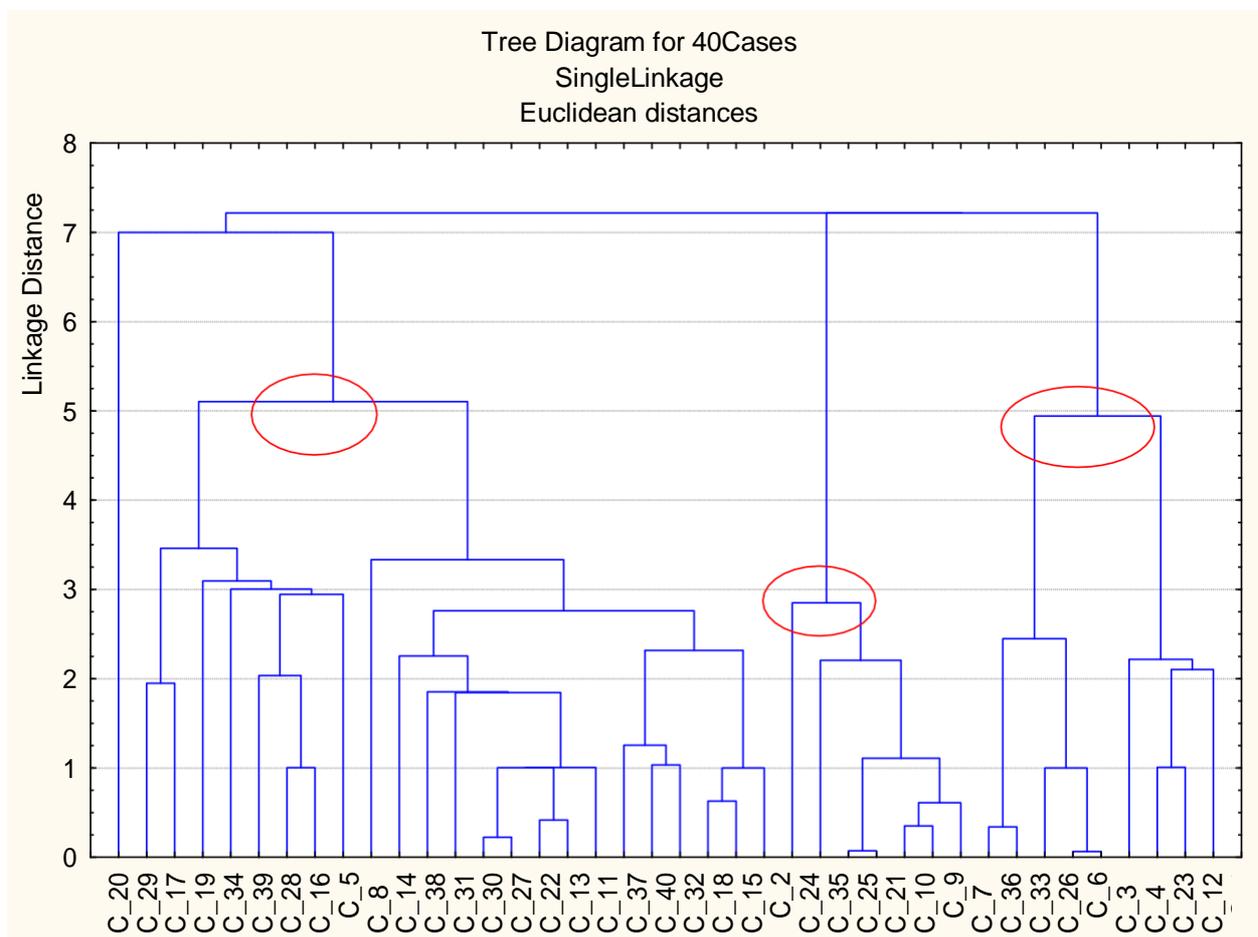


Figure 19 Classes de pollution du Cuivre selon la classification automatique des teneurs en cuivre (mg,kg-1) pour la ville de Tiaret

La classification automatique a permis de ressortir trois classes de pollution par le cuivre. Les statistiques élémentaires de chaque classe de pollution sont évoquées dans le tableau 10.

Tableau 10 Statistique descriptive des classes de pollution en cuivre du *Bryum argenteum*(mg,kg⁻¹) selon la classification automatique

	N	Moyenne	Minimum	Maximum	1er Quartile	3ème Quartile	Ecart-type
classe1	24	43,37	11,34	74,55	23,73	63,63	20,58
classe 2	7	44,37	20,14	56,83	37,88	56,27	13,64
classe 3	9	35,97	18,32	70,23	23,44	45,24	17,78

Les valeurs du cuivre exposées dans le tableau 10, sont en moyennes, pour l'ensemble des classes, de $35,97 \pm 17,78 \text{mg,kg}^{-1}$ à $44,37 \pm 13,64 \text{mg,kg}^{-1}$.

La classe 02 réunit les fortes pollutions en cuivre. En effet, dans cette classe nous enregistrons une moyenne de $44,37 \pm 13,64 \text{mg,kg}^{-1}$. Ce site regroupe les sites les plus pollués.

Alors que la classe 01 regroupe les sites où les concentrations en cuivre sont moins élevées que dans les sites de la classe 2. Cette classe se caractérise par une moyenne de $43,37 \text{mg,kg}^{-1}$.

Par contre les faibles concentrations en cuivre sont perçues la classe 03 avec $35,97 \pm 17,78 \text{mg,kg}^{-1}$ de moyenne.

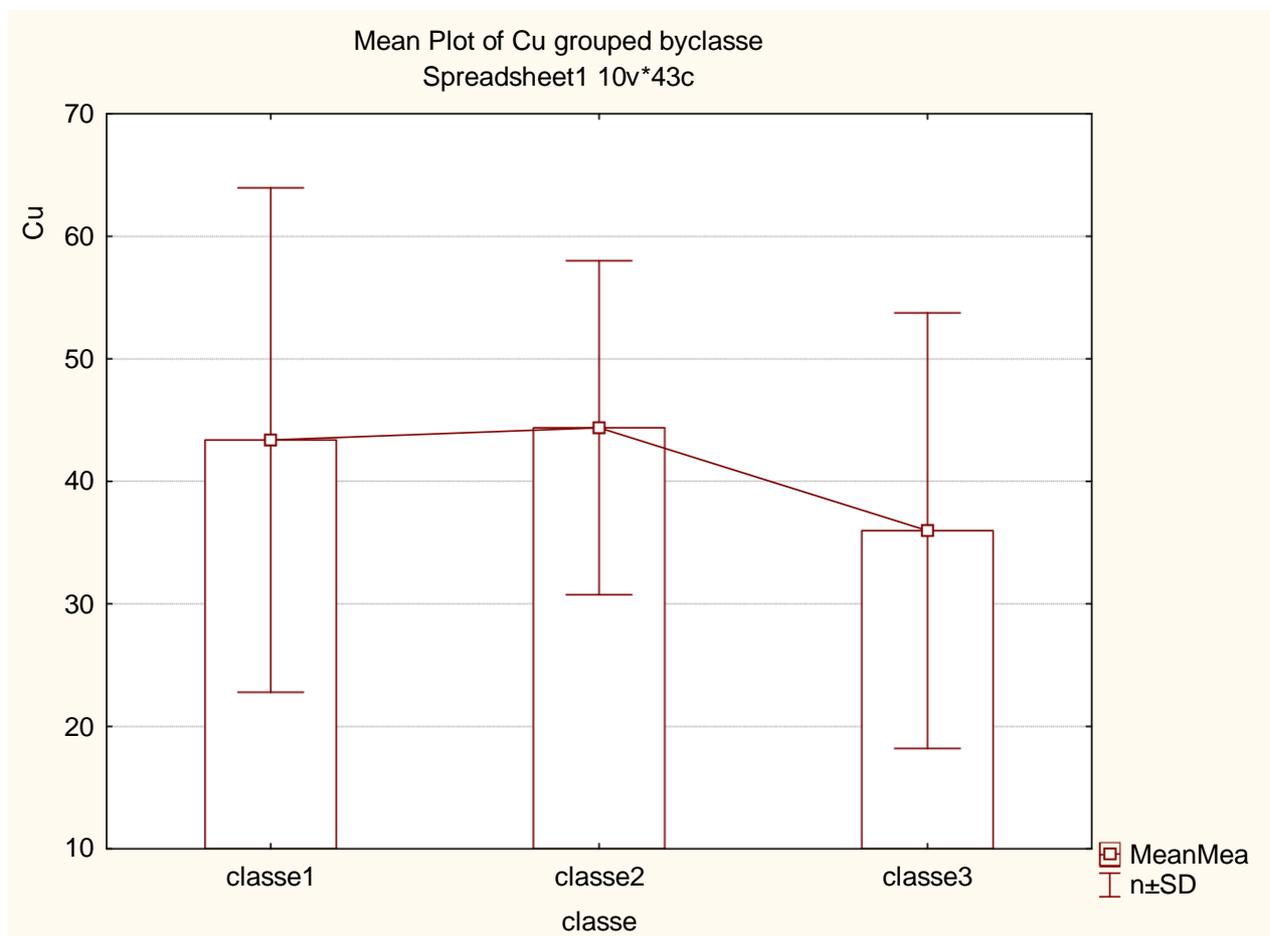


Figure 20 Teneurs en cuivre (mg,kg^{-1}) au sein des différentes classes de pollution

3.1.4. Cas du Cadmium

Les résultats de la classification automatique effectuée sur les données observées dans la ville de Tiaret sont représentés dans la figure 21.

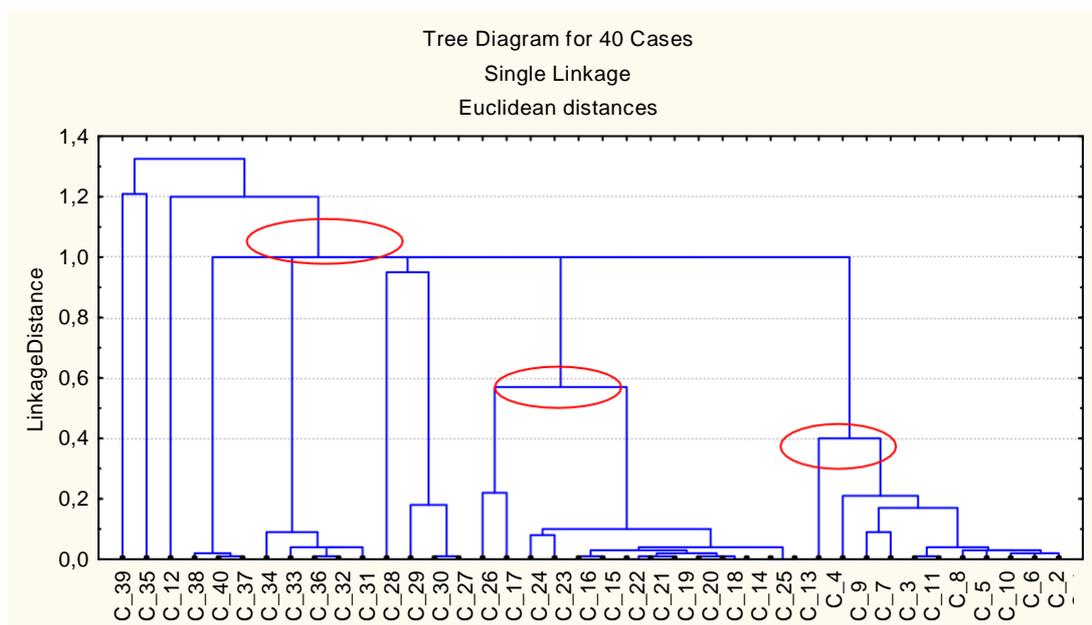


Figure 21 Classes de pollution du Cadmium selon la classification automatique des teneurs en cuivre (mg,kg^{-1}) pour la ville de Tiaret

La classification automatique a permis de ressortir trois classes de pollution par le Cadmium. Les statistiques élémentaires de chaque classe de pollution sont évoquées dans le tableau 11.

Tableau 11 Statistique descriptive des classes de pollution en Cadmium du *Bryum argenteum*(mg,kg^{-1}) selon la classification automatique

	N	Moyenne	Minimum	Maximum	1 ^{er} Quartile	3 ^{ème} Quartile	Ecart-type
Classe 01	1 5	0,42	0	2,09	0,025	0,682	0,665
Classe 02	1 4	0,52	0,08	2,22	0,152	0,568	0,606
Classe 03	1 1	0,07	0,01	0,15	0,035	0,105	0,048

Les concentrations en Cadmium varient entre $0,07 \pm 0,048$ à $0,52 \pm 0,606 \text{ mg},\text{kg}^{-1}$.

La classe 2 regroupe les concentrations les plus élevées. La moyenne est de l'ordre de $0,52 \text{ mg},\text{kg}^{-1}$.

La classe 1 concentre les valeurs moyennes avec de moyenne respective de $0.42 \text{ mg},\text{kg}^{-1}$.

La classe 3 pour sa part est caractérisée par des valeurs relativement moindres comparativement aux autres classes.

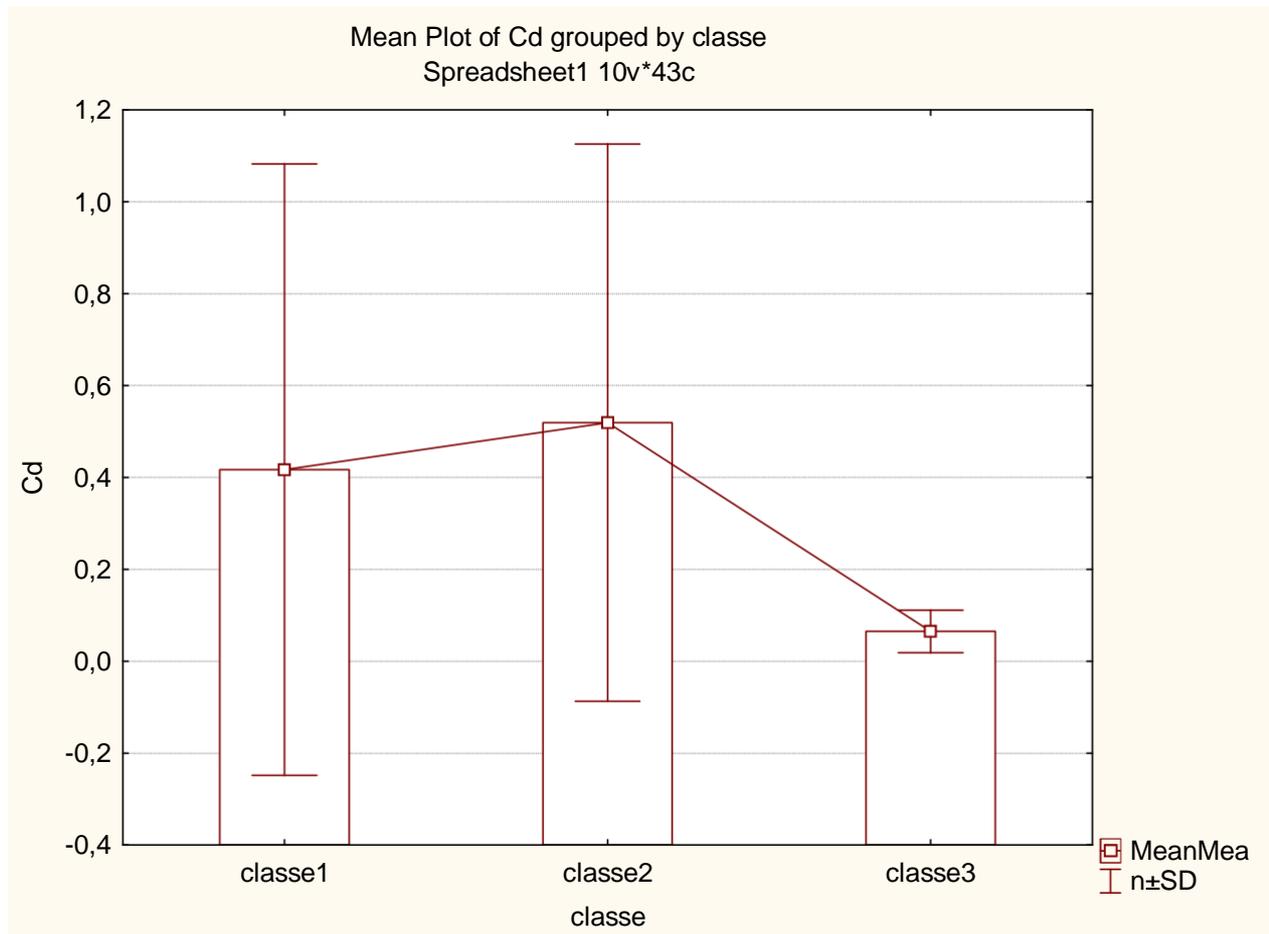


Figure 22 Teneurs en Cadmium (mg,kg^{-1}) au sein des différentes classes de pollution

3.2. Discussion

D'une manière générale, les sources chroniques d'éléments traces métalliques en milieu routier ont deux principales origines : le parc automobile et les infrastructures routières. Les émissions polluantes liées aux véhicules sont dues d'une part, à l'abrasion et à la corrosion des matériaux constitutifs du véhicule et d'autre part, à l'utilisation de différents fluides (carburants, huiles, etc.). De ce fait, ces deux éléments constituent une source importante en métaux lourds dans l'environnement (Delmas et Gadras, 2000 ;inBerrayah,2016).

L'utilisation des mousses dans la quantification des éléments traces métalliques émis par les véhicules, a révélé des résultats forts intéressants.

Les résultats obtenus ont mis en évidence une forte variabilité des teneurs en plomb, zinc, cuivre, cadmium, dans l'ensemble des sites transplantés au niveau de la ville de TIARET.

Les sites qui ont enregistré des concentrations élevées, connaissent pour la plupart un trafic intense et de nombreux embouteillages notamment durant les heures de pointe. Cette situation génère par conséquent des émissions et une libération plus intense des gaz d'échappement, ce qui entraîne un degré plus élevé de pollution.

Les sites à concentration moyenne en métaux lourds ((Pb,Cd ,Cu et Zn)), sont pour la plupart situés dans la périphérie du centre-ville. Ils présentent de ce fait une aération meilleure que les précédents. Ces derniers sont relativement assez ouverts. De ce fait, la dispersion des retombées atmosphériques est moins ressentie. Les gaz sont facilement évacués par le vent.

Les zones les moins polluées se caractérisent par une circulation moins importante que les autres stations. Ces dernières sont représentées pour la plupart par les zones résidentielles situées en retrait par rapport aux grands axes de circulation.

Le plomb assez fortement présent de la classe N°4. Ces fortes teneurs, en plomb, notées dans le site 1«APC», en faveur de la localisation de sources potentielles en cet élément dans cette zone. L'origine de cette contamination par le plomb serait, le trafic automobile très intense..

Selon l'ancienne étude faite par Omar, (2015) sont un peu plus proches, les teneurs en plomb relevées varient de $349,69 \pm 131,61 \mu\text{g/g}$.

Les teneurs en plomb relevées dans la ville de Tiaret sont moins de celles rapportées en Italie ($56,15 \text{ mg.kg}^{-1}$). (Logiudice et Bonanno , 2008)

Le zinc montre une forte présence dans la classe 01 ; cette présence en zinc, localisée à cette partie, dans le site 07«CCLS»

les valeurs rapportées dans l'ancien étude sont nettement plus forte que celles relevées $779,43 \pm 275,01 \mu\text{g/g}$ (Omar,2015).

A L'Italy, Logiudice et Bonanno , (2008) signalent des teneurs en zinc égales à 90.87 mg.kg^{-1}

Le cuivre est fortement présent dans La classe 02 ; la forte présence de cuivre localisée au site 21 «CADAT» suggèrerait que la source principale en cet élément serait localisée dans cette site et aurait une origine anthropogène, liée à l'activité humaine (rejets domestiques et industriels,), les valeurs relevées dans l' ancien étude (Omar,2015) sont un peu moins de celles que nous obtenons dans la présente étude en Italy, Logiudice et Bonanno , (2008) signalent des teneurs variant de 46.20 à $123.14 \text{ mg.kg}^{-1}$.

Le cadmium présente les plus fortes teneurs dans la classe 02. la forte présence de cadmuim localisée au site 22 «VOLANI POST».

Les résultats des recherches effectués, par Logiudice et Bonanno, sur Bioaccumulation des métaux lourds dans les mousses depuis l'EtnaVolcano et les montagnes Iblei, montrent que la teneur en cadmium est en moyenne égale à 0.68 mg.kg^{-1} .

Conclusion Générale

Conclusion générale

L'objectif de notre étude est de montrer l'importance de l'utilisation des végétaux pour l'évaluation de la pollution atmosphérique. Cette dernière constitue aujourd'hui un problème environnemental très complexe à l'échelle locale et planétaire.

Notre travail a consisté à évaluer le degré de contamination par les métaux lourds (Cd, Pb, Cu, Zn), au niveau de la ville de Tiaret chez la mousse (*Bryum argenteum*) en prenant cette espèce parce qu'elle très réponde dans cette région.

Effectivement, les concentrations du plomb, zinc et cuivre ont été obtenues à partir de la mousse prélevée dans 40 sites, réparti sur l'ensemble de la ville deTiaret.

La classification automatique des 40 sites, a permis de ressortir les résultats suivants :

- * 04 classes de pollution par le plomb, dont le taux de concentration varie en moyenne de $33,75 \pm 13,99 \text{mg,kg}^{-1}$ et $25,79 \pm 13,54 \text{mg,kg}^{-1}$.
- * 03 classes de pollution atmosphérique par le zinc sont observées, les teneurs du zinc varie en moyenne de $51 \pm 21,44$ à $129,97 \pm 11,24 \text{mg,kg}^{-1}$.
- * 03 classes de pollution par le cuivre sont avisées, les concentrations sont en moyennes, pour l'ensemble des classes, de $35,97 \pm 17,78 \text{mg,kg}^{-1}$ à $44,37 \pm 13,64 \text{mg,kg}^{-1}$.
- * 03 classes de pollution par le cuivre sont avisées, les concentrations sont en moyennes, pour l'ensemble des classes, de $0,07 \pm 0,048$ à $0,52 \pm 0,606 \text{mg,kg}^{-1}$.

Ces observations confirment également la nécessité de réduire les émissions polluantes issues du trafic routier par le renouvellement de parc automobile, Le développement et la migration des utilisateurs vers des carburants plus rentables moins polluants ,L'utilisation de l'essence sans plomb et Sirghaz (GPL) ,Créer des axes secondaires afin de réduire la concentration du trafic dans les grands axes, Eviter à côté des grands axes de circulation, les constructions destinées au grand public , Eviter d'exposer tout produit devant servir à la consommation a côté des grands axes routiers Et enfin une grande sensibilisation des populations sur les effets du plomb et des polluants atmosphériques en général sur la santé.

Références bibliographiques

- **AUBERTIN,(1996):**G.Aubertin,Lapollutionatmosphérique d'origine automobile et la santé publique, Société française de santé publique, Collection Santé et société N° 4,France,
- **AMIROUCHE N., BOUGUEDOURA N., HADJ-ARAB H. (2009).** Lesbryophytes (sensu lato) In : Botanique les Embryophytes. 3éme édition, Office des publications universitaires, Algérie.
- **ALLAG f. (2016) :** Contribution à l'étude de la dispersion des polluants. Thèse de Doctorat Université Ferhat AbbasSétif-1.
- **AOUISSI N(2011) .** Impact de la pollution atmosphérique générée par le transport sur la santé publique, un essai écotoxicologique sur le blé dur (*Triticum durum*, Desf) Cas de la région de Annaba. thèse de magistère Université Badji Mokhtar –Annaba.
- **BEN SALEM Z. (2014) :** Étude de la bioaccumulation des éléments traces métalliques chez les macrophytes et les poissons dans la décharge d'Étuefont (Belfort, France): Intérêts de l'utilisation de l'approche moléculaire pour la détection de génotoxicité. Thèse de Doctorat Université Sfax .
- **BELAMRI M (2011).**Contribution à l'étude et à la modélisation de la pollution atmosphérique urbaine.Thèse de Doctorat Université Boumerds.235p.
- **BarbottinA(2016).**Contribution à l'inventaire de la bryoflore des communautés saxicoles de la région Nord - Pas-de-Calais. Thèse de Master Université de Lille.149p
- **BERRAYAH M (2016).**Biosurveillance de la qualité de l'air à l'aide des lichens et de mousses dans le groupement urbain de Tlemcen.Thèse de Doctorat Université DJILLALI LIABES de SIDI BEL ABBES.149p
- **BRIGNON, J. M., & MALHERBE, L. (2005).** Cadmium et ses dérivés. INERIS, données technico-économiques sur les substances chimiques en France,25p
- **BURGISSER L., CAILLIAU A. (2012).** les mousses : liste rouge, inventaire et initiation aux bryophytes du canton de Genève.Edition Hors-série n°14,172p.
- **BOUREGHDA, M., (2004).** Les effets du plomb sur quelques paramètres physiologiques et biochimiques de quelques bio indicateurs de la pollution atmosphérique. Mémoire de Magister, Université de Annaba,111p.
- **BARBAULT, R., (2000).** Ecologie générale : Structure et fonctionnement de la biosphère. Edition Dunis,238p.
- **BARNEAM.ETURSUP.(1974):**Pollution et protection de l'atmosphérique.Edition Eyrolles. Paris.197p.

- **CHARPINA D., PAIRONB J.-C, ANNESI I. -MAESANOC, D. CAILLAUDD, F. DE BLAYE, G. DIXSAUTF, B.HOUSSETG, J.-C. MEURICEH, I. ROUSSELI, D. ZMIROUJ, P. DELAVALK, J.-C. DALPHINL.(2016).**La pollution atmosphérique et ses effets sur la santé respiratoire. Document d'experts du groupe pathologies pulmonaires professionnelles environnementales et iatrogéniques (PAPPEI) de la Société de pneumologie de langue française (SPLF).Revue des MaladiesRespiratoir.25p
- **CASALE R. (2006).** Biosurveillance de la qualité de l'air dans la région d'Ajaccio : mise en oeuvre de quelques protocoles et d'opérations de communication. Mémoire de stage, Corse Pascal Paoli,39p.
- **COUACH O., BESSON C., KUEBLER J., MARTILLI A., PEREGO S., SATHYA V., KIRCHNER F., DAGNELI P., (1999).** Statistique théorique et appliquée. Tome 2. Inférence statistique à une et à deux dimensions. Université. De Boeck et Larcier. Bruxelles.659p.
- **CLAUDINE A (2003).**Mise au point d'un outil diagnostique basé sur l'utilisation de la mousse aquatique *Fontinalis antipyretica* Hedw. en culture pour l'estimation de la qualité des cours d'eau.Diplome De Recherches Technologiques Université deLille.187p.
- **CAILLIAU, A. & M. P. P. SILVA. (2018).** Bryophytes de la Réserve Biologique de PedraTalhada. In : Studer, A., L. Nusbaumer & R. Spichiger, Edition Biodiversité de la Réserve Biologique de PedraTalhada (Alagoas, Pernambuco-Brésil). Genève, Nordesta & Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève.
- **DUPANT F., GUIGNARD J. (2012).** Botanique, les familles des plantes. In : 15^{ème} Edition, Delavier & Masson. 13-21.
- **DENAYER F. (2000).** Ecotoxicité des éléments traces métalliques chez les bryophytes Thèse de doctorat en toxicologie de l'Environnement, Université de Metz, 237p.
- **DGNP : Direction Générale de la Nature et du Paysage (2013).** Les mousses. Département de l'intérieur, de la mobilité et de l'environnement, Genève, 4p.
- **DJEBAILI B., (1996).** Projet de contrôle de la pollution industrielle, gestion des déchets dangereux. Edition PDUA. 66-70.
- **DETRIE J. P. (1990).** La pollution atmosphérique, Edition Dunod, Paris,.
- **DELETRAZ, (2002)** Chapitre 1: Pollution atmosphérique, Trafic routier et environnement. Titre: Géographie des risques environnementaux liés aux transports routiers en montagne. Incidences des émissions d'oxydes d'azote en vallées d'Aspe et de Biriadou (Pyrénées). Edition Pau, France.
- **DARMENDRAIL, D. ,BAIZE, D. ,BARBIER, J., FREYSSINET, P. ,MOUVET, C., SALPETEUR, I. ,WAVRER, P.(2000).**Fonds géochimique naturel : État des connaissances à l'échelle nationale. BRGM/RP-50518-FR, p93.

- **ELICHEGARAYCHRITHIAN**, (2008). La pollution de l'air, sources, effets, prévention EditionDunod, 210pages.
- **EL HRAIKI, A, KESSABI M, SABHI, Y, BERNARD, P, BUHLER, DR.,1992.**
Contamination par le cadmium, le chrome, le mercure et le plomb des produits de la pêche marocaine prélevés en mer Méditerranée. Reveu Med Vet. 143 : 49-56.
- **FOAN L. (2012).**biosurveillance des retombées atmosphérique à l'aide de bryophyte :suivi d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) à diverses échelles spatiotemporelles.Thèse de doctorat, Université de Toulouse,337p.
- **FABUREJ.(2009).**Étuded'accumulationetleeffetsdescomposesorganiquevolatils(BTEX) chez les bryophytes. Thèse de doctorat, Lille Nord De France, Lille,295p.
- **GERMAIN, (2006) :** G.Germain, Pollution atmosphérique, Observatoire des Nuisances Aériennes, Bureau d'études des nuisances aériennes,France,
- **HAMILTON R.S., (1992).**The soiling of materials in the ambient atmosphere, Atm. Env., Vol. 26A, 18,3291-3296.

- **KERMIA A YAHIAOUI K (2017).** Utilisation des bioindicateurs végétaux (Rhynchostegiumriparioides) dans la surveillance des émissions de la cimenterie de Sour El Ghozlane .Thèse de Master Université deBouira.78p
- **LEBLON S. (2004) :** Etude pluridisciplinaire du transfert des métaux de l'atmosphère vers les mousses (*Scleropodiumpurum*(Hedw.) Limpr.) : Suivi sur un site rural (Vouzon, France). Thèse de Doctorat Université Paris.224p.
- **LIPPSET M.J., TSAI F.C., ROGER L., WOO, M AND OSTRO B.D., (2006).** Coarse particles and heart rate variability among older adults with coronary artery disease in the Coachella Valley, California.RevueEnvironmentalHealthPerspectiyes114,1215–1220.
- **LADEN F., SCHWARTZ J., SPEIZER F.E AND DOCKERY D.W., (2006).** Reduction in fine particulate air pollution and mortality. Revue American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine 173,667–672.
- **LOGIUDICE R .et BONANNO G (2008) .**Bioaccumulation of heavy metals in mosses from EtnaVolcano and Iblei Mountains (Eastern Sicily,Italy).revueCryptogamie,Bryologie,
- **LAMBERT S., (1995).** Manuel de l'environnement à l'usage industriel. Edition, Afnor, 11 pages.
- **LACOUR S., (2003).** Cours de pollution atmosphérique, Centre d'Enseignement et de recherche sur l'Environnement 6-8Avenue Blaise Pascal.46p.

- **MASCLET, (2005) :** P. Masclet, Pollution atmosphérique causes conséquences solutions et perspectives, Edition Ellipses,
- **MULLER N., SCHNYDER N., SCHUBIGER C. (2002).** clé de terrain pour la détermination des bryophytes. Français, n°25, 36p.
- **MARRET J.M., ET WINTER J.M., (1999).** Les principales techniques de traitement des SO_x. revue L'industrie céramique et verrière – N ° 945-126.
- **MAGDELAINE C. (2002):** Les particules inférieures à 2,5 microns (PM_{2,5}), Les particules atmosphériques
- **MCKENZIE A.B.(1997)** Isotope evidence of the relative retention and mobility of lead, and radiocesium in Scottish peats. revue The science of the total environment, vol.203,2, p. 115-127.
- **MITCHELL D.J., WILD S.R ET JONES K.C. (1992).** Arrested municipal solid waste incinerator fly ash as a source of heavy metals to the UK environment.
- **MAIZI N (2012).** Caractérisation de la pollution plombique à l'aide des bio indicateurs végétaux : un lichen (*ramalinafarinacea*), une mousse (*funariahygrométrica*) et quelques espèces phanogamiques dans la région de Annaba (Algérie). Thèse de Doctorat Université ANNABA .165p
- **MIARA M (2011).** contribution à l'étude de la végétation de massif de Guezoul (Tiaret). Thèse de Magister Université de Oran.167p.
- **MARDON J., (2000).** La qualité de l'air : un enjeu local. Thèse de doctorat. Université. Lyon.122p.
- **NGO, C., (2004).** Déchets et pollution. Impact sur l'environnement et la santé. Edition Dunod, 134pages.
- **OMARY (2015).** Bioaccumulation de quelques métaux lourds (Pb, Zn et Cu) d'origine routière au moyen d'une mousse (*Bryum argenteum* Hedw) dans la ville de Tiaret (Algérie) : classes de pollution et cartographie. Thèse de Doctorat Université DJILLALI LIABES de SIDI BEL ABBES.168p
- **OLIVER, M. J., J. VELTEN & B. D. MISHLER. (2005).** Desiccation tolerance in bryophytes : A reflection of the primitive strategy for plant survival in dehydrating habitats? Integrative and Comparative Biology 45(5) :788-799.
- **OZENDA P. (1990).** Les organismes végétaux. Tome 1 végétaux inférieurs. Edition Masson. Paris.219p.
- **Office National des Statistiques ONS (Algérie), 2020 :** www.ons.dz (consultation :2020).
- **PAGOTTO, (1999) :** C.Pagotto, étude sur l'émission dans les eaux et dans les sols des éléments traces métalliques et des hydrocarbures en domaine routier,

Référence bibliographique

thèse de doctorat, université de Poitiers, France,

- **PAZO W. (2012).** taxonomie et écologie des Bryophytes dans les forêts de montagne de l'Est de la RDC Cas du Parc National de Kahuzi- Biega. Mémoire, Université de Bukavu, 167p.
- **ROVERS M., WICHMANN H.E., WIJGA A AND HEINRICH J., (2006).** Traffic-related air pollution and media. Environ. Health Percept. 114, 1414–1418.
- **VENDELL, (2011) :** Florian Vendell, Modélisation de la dispersion atmosphérique en présence d'obstacles complexes : application à l'étude de sites industriels, thèse de doctorat, Université de Lyon, France,

Biblio net

Web: *World weather- Local weather Forecast* (page consultée le

21/8/2020). Adresse URL : [http : // www.tutiempo.net](http://www.tutiempo.net)

Résumé :

Le but de cette étude consiste à déterminer la pollution atmosphérique par l'accumulation des métaux lourds (Pb, Zn, Cu et Cd) par la mousse (*Bryum argenteum*) au niveau de la ville de Tiaret. Dans notre zone d'étude, les ETM proviennent principalement des émissions liées au trafic routier conséquence des concentrations élevées, en plomb ($32.72 \pm 12,66 \text{ mg, kg}^{-1}$), en cuivre ($42.20 \pm 19,09 \text{ mg, kg}^{-1}$), en zinc ($124.32 \pm 26,29 \text{ mg, kg}^{-1}$) et en cadmium (0.35 mg, kg^{-1}) qui sont enregistrées au niveau de la ville de Tiaret, ont permis de mettre en évidence que le trafic et les infrastructures routières constituent une source toxique importante en métaux lourds pour l'environnement et pour l'homme. On peut constater aussi que les teneurs en métaux lourds (Pb, Zn, Cu et Cd) varient considérablement entre les sites de prélèvement choisis pour cette étude.

Mots clés : Pollution Atmosphérique, Trafic Routier, Métaux Lourds, Tiaret, Mousse.

Summary :

The aim of this study is to determine the air pollution by the accumulation of heavy metals (Pb, Zn, Cu and Cd) by moss (*Bryum argenteum*) at the level of Tiaret city. In our research, ETM comes mainly from emissions linked to road traffic as a consequence of the high concentrations of lead ($32.72 \pm 12.66 \text{ mg, kg}^{-1}$), copper ($42.20 \pm 19.09 \text{ mg, kg}^{-1}$), zinc ($124.32 \pm 26.29 \text{ mg, kg}^{-1}$) and cadmium (0.35 mg, kg^{-1}) which are recorded at the level of the town of Tiaret, have made it possible to demonstrate that the traffic and roads are a major toxic source of heavy metals for the environment and for humans. It can also be seen that the heavy metal contents (Pb, Zn, Cu and Cd) vary considerably between the sampling sites chosen for this study.

Key words : atmospheric pollution, traffic, heavy metals, tiaret mosse

الملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد تلوث الهواء باستخدام الطحلبية لامتصاص المعادن الثقيلة في مدينة تيارت الناتجة أساساً من شبكة الطرقات. تراكيز عالية للرصاص و الزنك والنحاس و الكاديوم سجلت في مدينة تيارت و تمكنا ايضا من ملاحظة ان تراكيز المعادن الثقيلة تتغير بشكل ملحوظ بين النقاط المختارة لهذه الدراسة. والتي مكنتنا من إثبات أن شبكة الطرقات و البنية التحتية للطرقات تعتبر كمصدر سام للبيئة و الإنسان بالمعادن الثقيلة.

مفتاح الكلمات: تلوث الهواء حركة المرور, المعادن الثقيلة, تيارت, الطحلبية