

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de L'enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITÉ ABBES LAGHROUR DE KHENCHELA

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme
de Master Académique en biologie

Option : Ecologie et l'environnement

Thème

**La biosurveillance de la pollution atmosphérique
à Ain Mimoune par *Cupressus sempervirens***

Présenté par :

Bouziane Imen

Agaba Sara

Soutenu le : 20 /06 /2016

Devant le jury :

Présidente : M^{me} Chelih Fatha MAA Université Abbes LAGHROUR –Khenchela-

Examineur : M^r Ben Hizia Toufik MAA Université Abbes LAGHROUR –Khenchela-

Encadreur : M^{elle} Dellaa Yasmina MAA Université Abbes LAGHROUR –Khenchela-

Année universitaire : 2015/ 2016

Dédicaces

Merci Allah (mon dieu) de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire "Ya Kayoum "

Je dédie ce mémoire :

A Mon cher père et ma chère mère

Vous avez comblés ma vie de tendresse d'affection et de compréhension. Rien au monde ne pourrait compenser les efforts et les sacrifices que vous avez consentis pour mon bien être, et la poursuite de mes études dans de bonnes conditions.

Aucune dédicace, ne saurait exprimer à sa juste valeur le profond amour que je vous porte. Puisse Dieu, vous procure santé, bonheur et longue vie.

A mes adorables sœurs : Fouda, Soumia

A mon seule et unique frère : Mourad Nabil

A Slimo pour son aide, son appui et surtout pour ses encouragements.

A mes chères amies : Sara, Daaboula , hala, meriem, soumia, émma, Selma, souhila, Wissem, Meyssoun, Baya, Manuel , Soltana imen sabaruel, Amel, Radja, Rima, Michmicha, Amira, jess, Nor, Batbouta, Amine, Zohir , El aid , Rabah ,Dr djemel , Chef Mourad,

A mes cousins et cousines, oncles et tantes, à toute la famille BOUZIANE , BEN ZAIM et surtout mes petites Missouma et Hidayya, Layla Aryem, Moussa Amine.

A toutes mes amies de la faculté des sciences de la nature et de la vie.

Inen

Remerciements

Ce travail doit beaucoup à la collaboration de nombreuses personnes à la tête desquelles nous voudrions citer :

A

Notre Encadreur de mémoire M^{lle} Dessaa Yasmina que nous félicitons pour sa rigueur et sa patience, merci à vous pour les conseils, orientation, aide et disponibilité, ses qualités pédagogiques et scientifiques, sa franchise et sa sympathie. Nous beaucoup appris à ses côtés et nous lui adresse notre gratitude pour tout cela.

Notre Maître Et Président du jury Madam Chelih Fatha, nous tenons à le remercier pour avoir 'accepter de présider ce jury, qu'il trouve ici l'expression de notre profond respect.

Notre Maître Et examinateur De Mémoire Ben Hizia Toufik Nous tenons à la remercier d'avoir accepté de faire partie de ce jury, d'avoir porté un 'intérêt à ce travail.

Nous tenons à exprimer notre remerciements à toute l'équipe du conservation de foret de la wilaya de khenchela, à leur tête, Mr KHALOUE, Et Nour eddine pour leurs précieux conseils et leur disponibilité.

nous associons à ces remerciements Les profs Mme Chalih et Mr Ben Ghanem et Mme Aded.

Je désire en outre remercier tous les membres de Laboratoire De La faculté de science de la vie.

Dédicaces

A ceux qui ont dessiné les plus belles images de ma vie, qui me poussent aujourd'hui vers l'avant et rassurent mes pas, qui m'ont tant appris et ont fait de moi ce que je suis, que Dieu les garde, joie de ma vie:

Mon Père: AGABA Ahmed et ma Mère GASMI WIDED

Mes sœurs Malak et Bouchra, A mon cher et unique frère Athmanm...et ma petite nièce adoré Rawan

A toute la famille: AGABA ET GASMI.....

A mes fidèles amies: Imen (boz boz);Amine ,Meriam ;da3boula ;zohir,Slomou; wissem et de Gaza mon cher ami Anas Awad.

Aux étudiants de ma promotion pour leurs sympathie et leur soutien durant les années d'étude, je leur souhaite beaucoup de succès : El aide ;soltana ; Manel ;Youcef ;Maysoun , Ahlem...

A tous les enseignants que j'ai connus sur tout Dr.Chnaker Hichem et Dr. Nour el Houda MIZAN

Enfin, je dédie ce modeste travail à ma très chère Dr. DELLAH Yasmina, la femme modeste avec qui j'ai appris beaucoup de choses

Sara

Liste des figures

N°	Liste des figures	Page
Figure 1	une forme de baryte	7
Figure 2	localisation Géographique du gisement de Ain Mimoun (sur la carte touristique d'Algérie)	8
Figure 3	Le bois du <i>Cupressus sempervirens</i> L	15
Figure 4	Feuille, Cône et fleurs de <i>Cupressus sempervirens</i> L	17
Figure 5	Aire de répartition du <i>Cupressus sempervirens</i> L	18
Figure 6	Les feuilles du <i>Cupressus sempervirens</i> L	20
Figure 7	Cyprès vert (<i>Cupressus sempervirens</i> L)	21
Figure 8	Cônes fructifères du <i>Cupressus sempervirens</i> L	22
Figure 9	Thalles de lichen : crustacé (A), foliacé (B) et fruticuleux (C)	28
Figure 10	Formes variées chez les mousses : les mousses des genres Funaria (A) et Hypnum (B)	28
Figure 11	Coupe transversale d'un tronc d'arbre : la couche la plus externe représente l'écorce	30
Figure 12	molécules de chlorophylles a et b.	32
Figure 13	carte de situation du massif d'Ouled Yagoub	34
Figure 14	Carte de relief de la wilaya de Khenchela	35
Figure 15	Carte des pentes de la wilaya de Khenchela	36
Figure 16	Carte géologique de la wilaya de Khenchela	37
Figure 17	Carte des classes des sols de la wilaya de Khenchela	38
Figure 18	Diagramme des températures moyennes mensuelles de la période (2005-2015)	42
Figure 19	Diagramme des précipitations moyennes mensuelles de la période (2005-2015)	43
Figure 20	Diagramme des moyennes mensuelles des neiges de la période 2005-2015	43
Figure 21	Diagramme des moyennes mensuelles Grêle de la période (2005-2015)	44
Figure 22	Diagramme de l'évaporation moyenne mensuelle de la période (2005-2015)	44
Figure 23	Diagramme des moyennes mensuelles d'humidité de la période (2005-2015)	45
Figure 24	Graphe des moyennes des vitesses maximales instantanées des vents de la période (2005-2015)	45
Figure 25	La rose des vents correspondant à la région d'étude	46
Figure 26	Diagramme ombrothermique de Gaussen et de Bagnouls de la zone d'étude (2005-2015)	47
Figure 27	climagramme d'Embergie de la zone d'étude.	48
Figure 28	GPS de téléphone	51
Figure 29	GPS essentials	51
Figure 30	Logiciel Arc GIS version 10.1	51
Figure 32	Appareils spectrophotomètre de type JENWAY 6305 UV/vis	52
Figure 33	la carte de la zone d'étude limitée par les stations de prélèvements	53
Figure 34	Mode opératoire et dosage des chlorophylles	56
Figure 35	Les poussières blanches sur les feuilles de <i>Cupressus sempervirens</i> L	58
Figure 36	Aspect de la chlorophylle de <i>Cupressus sempervirens</i> L	59
Figure 37	Teneurs en chlorophylles chez <i>Cupressus semperirens</i> L	62
Figure 38	Carte des différentes concentrations de la chlorophylle au niveau des stations de prélèvements	63

Liste des tableaux

N°	Liste des tableaux	Page
Tableau 1	Composition chimique de l'atmosphère	1
Tableau 2	Impact des polluants atmosphérique sur la végétation	3
Tableau 3	Composition chimique du minerai d'Ain Mimoun	9
Tableau 4	caractéristiques physico-chimique de la baryte	10
Tableau 5	Différence des caractères botaniques des trois espèces de cyprès méditerranéens endémiques de l'Algérie	15
Tableau 6	Caractéristique physico-chimique des chlorophylles <i>a</i> et <i>b</i>	33
Tableau 7	occupation du sol dans la cédraie des Ouled Yagoub	39
Tableau 8	Répartition générale des terres agricoles	40
Tableau 9	Les cordonnées géographique de la station d'El Hamma	41
Tableau 10	les cordonnées de la station 1	54
Tableau 11	les cordonnées de la station 2	54
Tableau 12	les cordonnées de la station 3	54
Tableau 13	les cordonnées de la station 4	55
Tableau 14	les cordonnées de la station 5 et 6	55
Tableau 15	Résumé des types de bio-indication	f

Liste des abréviations

%	Pourcentage
°C	Degree Celsius
°K	Degré Kelvin
µg /g	Microgramme par gramme
AEE	Agence Européenne de l'Environnement
ANOVA	Analyse of variance (analyse de la variance)
B.N.E.F	Bureau Nationales études forestières
BaSO₄	Sulfate de baryum (baryte)
C.N.I.G	Conseil national de l'information géographique
Chl	Chlorophylle
cm	Centimeter
D.E	La direction de l'environnement
D.G.A.C	Direction Générale d'Aviation Civile
D.S.A	Direction de service agricole
DPAT	Direction de Planification et d'Aménagement des Territoires
DSP	Direction de la santé et de la population
E	Est
E.I.E	Etude d'impact environnementale
GC/MS	Gas chromatography/mass spectrometry
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
ha	Hectare
ICP/MS	Inductively Coupled Plasma/ Mass Spectrometry
IPCS	International Programme on Chemical Safety
Km	Kilomètre
m	Meter
MATET	Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme
MF	Matière fraîche
mm	Millimeter
N	Nord
OMM	Organisation Météorologique Mondiale
OMS	Organisation mondiale de la santé
pH	potentiel hydrogène
ppm	partie par milliard
rubisco	Ribulose biphosphate carboxylase oxygénase
S	Station
S	Sud
S.A.T	La superficie agricole totale
S.A.U	La superficie agricole utile
T/an	tonne par an
ts	Température superficielle moyenne de la Terre
UV	Ultra violet
W	Ouest

Liste des annexes

N°	Liste des annexes	Page
Annexes II	le Gisement de baryte	-
II.1.	Historique de recherche	a
II.2.	Etude des conditions géologiques	b
II.2.1.	Stratigraphie	b
II.2.2.	Tectonique	b
II.2.3.	Morphologie	b
II.2.4.	Hydrogéologie	c
II.3.	Etude minéralogique	c
Annexe III	La monographie d'espèce étudiée	-
III.1.	Identité	d
III.2.	Importance économique	d
III.3.	Utilisations et usages du cyprès	d
III.3.1.	Usages thérapeutiques	e
Annexe IV	La biosurveillance	-
Tableau	Résumé des types de bio-indication (castell, 2009)	f

Table des matières

	Page
Liste des figures	I
Liste des tableaux	III
Liste des abréviations	IV
Liste des annexes	V
Introduction générale	1
Première partie : synthèse bibliographique	
	-
Chapitre I : pollution atmosphérique	
Introduction	3
I.1. Composition chimique de l'atmosphère	3
I.2. Notion de pollution atmosphérique	4
I.2.1. Historique	4
I.2.2. Définition de pollution atmosphérique	4
I.3. Impact des polluants atmosphériques sur la végétation	5
	-
Chapitre II : Gisement de baryte	
Introduction et Généralités	6
II.1. Définition	7
II.2. Historique des recherches et réserves géologiques	7
II.3. Situation Géographique et Etude géologique du gisement	8
II.4. Composition chimique du minerai d'Ain Mimoun	9
II.4.1. caractéristiques minérales et physico-chimique de la barytine	9
II.5. principaux gisements mondiaux	10
II.6. Domaines d'utilisation	11
II.6.1. L'industrie pétrolière	11
II.6.2. l'industrie chimique	11
II.7. Effets de la pollution au baryum	11
II.7.1. effets dans les compartiments de l'environnement	12
II.7.2. Bioaccumulation	12
	-
Chapitre III : la monographie de Cupressus	
Introduction et Généralités	13
III.1. présentation du Cyprès	14
III.2. historique	14
III.3. description du cupressus	16
III.3.1. Cupressus sempervirens L (le cyprès vert)	16
III.4. Aire de répartition	18
III.4.1. La répartition mondiale	18
III.4.2. La répartition en Algérie	19
III.5. Systématique et taxonomie du cyprès	19
III.5.1. Taxonomie	19
III.6. présentation botanique du <i>Cupressus sempervirens</i> L	20
III.6.1. Les feuilles	20
III.6.2. Les fleurs conique	20
III.6.3. La fécondation	21
III.6.4. Le cône fructifère	21

III.7. les caractéristiques écologiques de cyprès	22
III.7.1. Température	22
III.7.2. Précipitation	22
III.7.3. Altitude	22
III.7.4. Sol	22
III.7.5. Associations végétales	23
III.7.6. Régénération	23
III.8. Relation entre la végétation et la pollution	23
Conclusion	24

-

Chapitre IV : la biosurveillance

IV.1. Notion de biosurveillance	25
IV.2. Définition de bioindicateur	25
IV.2.1. Les niveaux d'indication	25
IV.2.2. Les types des bio indicateurs	26
a. Bio-indication active	26
b. Bio-indication passive	26
IV. 3. Bio-surveillance par les végétaux	27
IV.3.1. La biosurveillance par les plantes inférieures	27
IV.3.1.1. Biosurveillance par les lichens	27
IV.3.1.2 Biosurveillance par les mousses	28
IV.3.2. La biosurveillance par les plantes supérieures	29
IV.3.3. Biosurveillance par les écorces	29
IV.4. Rôle de la feuille dans la bio-surveillance	30
IV.5. la chlorophylle et la bio surveillance	30
IV.5.1. Les pigments chlorophylliens	31
IV.5.1.1. définition de la chlorophylle	31
a. Les chlorophylles <i>a</i> et <i>b</i>	31
b. Structure des chlorophylles <i>a</i> et <i>b</i>	31
IV.5.2. Chlorophylles et stress	33
IV.5.3. L'endommagement des pigments de chlorophylle bio-marqueur de pollution	33

-

Chapitre V : Matériels et méthode

Partie I : la zone d'étude	-
V.1. La zone d'étude	34
V.1.1. Situation et caractéristiques de la zone d'étude	34
V.1.1.1. La situation géographique	34
V.2. Caractères géomorphologiques	35
V.2.1. Relief	35
V.2.2. Pente	36
V.2.3. la géologie	37
V.2.4. Caractères pédologiques	38
V.3. Caractères hydrographiques	38
V.3.1. Le régime des eaux	39
V.4. La richesse floristique et faunistique	39
V.4.1. La richesse floristique	39
V.4.1.1. Répartition générale des terres	40
V.4.1.2. L'agriculture	40
Partie II : étude climatologique de la zone d'étude	-

V.1. Eléments et Facteurs du climat	41
V.1.1. La température	41
V.1.2. La pluviométrie	42
V.1.2.1. La pluie	42
V.1.2.2. La neige	43
V.1.2.3. Grêle	44
V.1.3. Evaporation	44
V.1.4. L'humidité	45
V.1.5. Le vent	45
V.1.6. Indice d'aridité	46
V.2. Synthèse climatique	46
V.2.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen	46
V.2.2. Quotient et climagramme pluviométrique d'Emberger	47
Conclusion	48
	-
Partie III : Matériel et méthodes	
Introduction	50
V.1. Méthodologie	50
V.1.1. Justification du choix de sites	50
V.1.2. Matériels utilisés	50
V.1.2.1. Le GPS	50
V.1.2.2. SIG	51
V.1.2.3. Spectrophotomètre domaine UV/visible 6305	52
V.1.2.3.1. Définition	52
V.1.2.3.2. Application de la spectrophotomètre UV	52
V.2. Les stations des prélèvement	53
V.3. Mode d'échantillonnage	55
V.3.1. Paramètre mesuré	55
V.3.1.1. Dosage de la chlorophylle	56
Le principe	56
V.4. Analyse statistique	57
Chapitre VI : Résultats et discussion	-
VI.1. Etat des arbres dans les différentes stations	58
VI.2. Résultats du dosage de la chlorophylle	59
VI.2.1. teneurs en chlorophylles	59
VI.2.1.1. teneurs en chlorophylle totale	60
VI.2.1.2. teneurs en chlorophylle a et chlorophylle b	62
	65
Conclusion générale	
Perspectives	
	66
Références bibliographiques	
	67
Résumés	-
Annexe II	a
Annexe III	d
Annexe IV	f

Liste des tableaux

Tab 01	Récapitulatif des besoins et ressources en eau
Tab 02	Population Débit AEP et débit d'irrigation des différentes localités
Tab03	Les étapes probables de la tectonique dans le Sahara algérien (Karpoff, 1952) Données
Tab04	générales sur la nappe du continentale intercalaire
Tab 05	Synthèse hydrogéologique régionale des différentes aquifères
Tab 06	Précipitations moyennes mensuelles interannuelles (1994-2014)
Tab 07	Précipitations annuelles à Touggourt
Tab 08	La température moyenne mensuelle
Tab 09	Température moyenne annuelle (1994-2014)
Tab10	Evaporation moyenne mensuelle (1994-2014)
Tab 11	Calcul d'ETR d'après THORNTHWAITE
Tab 12	Humidité moyenne mensuelle
Tab 13	Humidité annuelle à Touggourt
Tab 14	Vitesse des vents moyenne mensuelle
Tab 15	La durée d'insolation mensuelle interannuelle
Tab 16	Analyse chimique des eaux de Chott Melghir
Tab 17	Analyse Physique des eaux de Chott Melghir
Tab 18	Evaporation moyennes mensuelles et annuelles en mm (1994-2014)
Tab 19	La durée d'insolation moyenne mensuelle et annuelle en heures (1994-2014)
Tab 20	Les précipitations moyennes mensuelles et annuelles en mm (1994-2014)
Tab21	Valeurs des conductivités des eaux de la région d'étude
Tab22	Classification de degré de minéralisation à partir de la conductivité électrique

SOMMAIRE

Dédicace

Remerciement

Résumé

Introduction général

Chapitre I : Cadre générale de la zone d'étude

I- Cadre général.....	03
I-1 Situation géographique et administrative de la vallée de l'Oued Righ.....	03
I-2 Géomorphologie et Topographie.....	05
I-3 Climat et Végétation.....	06
I-4 Besoin /Ressources en eau.....	06
I-5 Conclusion.....	09

Chapitre II : Cadra géographique et géologique de zone d'étude

II- Cadre géologique local [Oued Righ].....	10
II-1 Introduction.....	10
II-2 Cadre stratigraphique et paléontologique de la région d'étude.....	11
A\ Mésozoïque.....	12
B\Cénozoïque	14
II-3 Tectoniques.....	17
II-3-1 Tectonique générale.....	17
II-4- Paléogéographie.....	18

II-5-Conclusion.....	19
----------------------	----

Chapitre III : cadre hydrogéologie

III- L'hydrogéologie.....	20
III-1 Introduction.....	20
III-2 Hydrogéologie régionale.....	20
III-2-1 Le Continentale Intercalaire.....	21
III-2-2-Le Complexe Terminal.....	23
III-2-3 La nappe phréatique.....	25
III-3 Réseau hydrique l'Oued Righ.....	26
III-3-1 La nappe phréatique.....	27
III-3-2 Les nappes du complexe terminal.....	27
III-3-3 Nappe du Continental Intercalaire.....	29
III-4 Caractéristiques essentielles des nappes.....	29

Chapitre IV : Etude Climatologie

IV-1-Introduction.....	31
IV-2 Représentation des stations utilisées.....	32
IV-3- Analyse des paramètres climatiques.....	33
IV-3-1- Précipitations.....	33
IV-3-2 Température.....	34
IV-3-3 L'évaporation.....	37

IV-3-4 :L'évapotranspiration.....	37
IV-3-5 L'humidité.....	38
IV-3-6 Vitesse des vents.....	40
IV-3-7 La durée d'insolation.....	41
IV-4 Conclusion.....	42

Chapitre V : Synthèse hydrochimique

V-I- Introduction.....	43
I-1- Descriptif.....	43
I-2-Origines.....	43
I-3- Géologie.....	43
I-4- Hydrologie.....	44
I-5- Bassin versant.....	44
I-6- Valeurs hydrologiques.....	45
V-II-L'analyse hydrochimique.....	45
II-1- Introduction.....	45
V-III - Etudes des paramètres physico-chimiques.....	46
III-1-Paramètres physiques.....	46
❖ Température.....	46
❖ le Ph.....	46
❖ La conductivité électrique.....	47
III-2-Paramètres chimiques.....	48
➤ Le calcium Ca^{++}	48
➤ Le magnésium Mg^{++}	48

➤ Le sodium et le potassium (Na^+ , K^+)	49
➤ Les chlorures Cl^-	50
➤ Les sulfates (SO_4^-)	50
➤ Les bicarbonates HCO_3^-	51
➤ Les Nitrites	51
II- 3- Origine des éléments Chimiques.....	52
II- 3-1- Détermination de l'origine du calcium.....	52
II-3-2- Détermination de l'origine du sodium	52
II-3-3- Détermination de l'origine du SO_4^- et Cl^-	53
II-3-4- Echange de bases.....	53
III- Etude des Couples caractéristiques.....	54
III- 1. Couple $\text{Na}^+ / \text{Cl}^-$	54
III- 2. Couple $\text{Mg}^{+2} / \text{Ca}^{+2}$	54
VI- Faciès chimique des eaux	55
VI- 1- Classification de PIPER	55
VI-2- Classification de Scheoller Berkalofo.....	56
V- Apports des rapports.....	57
V- 1- Le rapport $\text{Mg}^{+2}/\text{Na}^+ - \text{SO}_4^{-2}/\text{Cl}^-$	57
V-2- Le rapport $\text{Ca}^{+2}/\text{Na}^+ - \text{Cl}^- / \text{SO}_4^{-2}$	58
IV- Vulnérabilité à la pollution.....	58
V-1 - Impact de la nappe phréatique de Chott Melghir sur les autres nappes	59
IIV- Conclusion.....	59

Conclusion général

Les Annexe

Références bibliographiques



Introduction

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

La pollution atmosphérique est l'une des pollutions les plus étudiée à l'heure actuelle et l'un des problèmes majeurs de notre société. Quand on considère que chaque individu (adulte) respire 15000 litres d'air par jour, on conçoit que le maintien de sa qualité naturelle figure au premier plan de nos préoccupations (Amri, 2007).

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

Depuis les années soixante dix, de nombreuses recherches ont été menées sur l'utilisation des végétaux comme bio-indicateurs et bio-accumulateurs de la pollution atmosphérique (Maizi et al., 2010), ces végétaux ont la propriété, soit de réagir très rapidement et d'une façon très visible aux polluants, soit d'accumuler très fortement les polluants présents (Garrec, 2007). Les différents arbres utilisés comme bio-indicateurs de pollution atmosphérique sont les platanes d'orient (*Platanus orientalis*) et les cyprès (*Cupressus sempervirens*, *Cupressus macrocarpa*) (Dellaa, 2012), le caroubier (*Ceratonia siliqua*) (Belhadj et al., 2011), platane commun (*Platanus vulgaris* S.) (Moreau-Guigon et al., 2011), Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) et le Châtaignier (*Castanea sativa*) ; et le Laurier rose (*Nerium oleander*) (Rossini Oliva, 2007). Ces végétaux sont qualifiés d'arbres sensibles.

La région d'Ouled Yagoub comporte une richesse forestière très importante, représentée surtout par des plantes ligneuses considérées comme étant des bio-indicateurs de la pollution

atmosphérique dans la forêt domaniale d'Ouled Yagoub mais malheureusement dans les stations limitrophes à l'usine dont l'activité principale est l'exploitation des gisements de baryte (SOMIBAR), qui émet en permanence des fumées.

Ce travail consiste à utiliser une espèce végétale pérenne bio-indicatrice, ligneuse, pour la biosurveillance de la pollution atmosphérique causée par l'industrie de barytine dans la région d'Ain Mimoun. Le genre *Cupressus* se trouve, sauf quelques rares petites formations, à l'état d'arbres isolés ou utilisés comme brise-vent ou arbres d'ornement ou d'alignement.

Dans ce contexte, l'objectif de cette étude est de contribuer à une meilleure connaissance par estimation de la teneur en chlorophylles comme paramètre biochimique d'une espèce choisie (*Cupressus sempervirens*. L) pour l'entreprendre comme indicateur de pollution atmosphérique.

Cet objectif est développé dans ce mémoire qui s'articule en trois parties :

► La première partie repose sur une "**synthèse bibliographique**" qui vise à définir et caractériser la pollution de l'air d'une façon générale, suivie d'un aperçu sur le baryum et ses impacts sur l'environnement, le concept de bio-indication, la monographie de l'espèce, ainsi qu'un paramètre biochimique à savoir, la chlorophylle.

► La deuxième partie, "**Matériel et Méthodes**", décrit la zone d'étude à savoir la région de Khenchela en donnant un aperçu sur la situation géographique, la faune et la flore ainsi que la climatologie. Cette description de la zone d'étude permet de justifier le plan d'échantillonnage, notamment la localisation des stations de prélèvements. Il expose ensuite l'intégralité des méthodes et techniques utilisées au cours de ce travail, de l'échantillonnage à l'analyse pour atteindre les objectifs visés : préparation du matériel d'échantillonnage (GPS), mode de prélèvement, mesures au laboratoire par spectrophotométrie UV.

► La troisième partie, "**Résultats et discussion**" s'attache aux résultats obtenus et leurs traitements statistiques tout en comparant avec les résultats obtenus soit sur le niveau national ou international.

Enfin une conclusion qui résume toutes les parties traitées et synthétisées, ainsi que les perspectives concernant l'importance des ligneux pour la détection de la pollution atmosphérique.

Introduction

De tout les milieux avec les quels l'homme est en contact ; l'atmosphère est le seul auquel il ne peut se soustraire. C'est aussi le milieu où il a les échanges les plus importants. L'air atmosphérique est un mélange inodore et incolore de plusieurs gaz de composition constante à l'état pur : 78 % du gaz azoté (N₂), 21 % d'oxygène (O₂), 1 % d'argon (Ar), ainsi que les gaz rares et la vapeur d'eau. A côté de ces constituants majoritaires, représentant plus de 99,5 % de la masse de l'atmosphère, coexistent une multitude d'autres composés minoritaires : molécules, atomes ou radicaux. Par la nature et l'étendue de son impact, le rejet d'un grand nombre de polluants dans l'atmosphère représente une grave menace pour la santé humaine mais aussi pour l'environnement (Foan, 2012).

I.1. Composition chimique de l'atmosphère

La composition chimique de l'atmosphère joue un rôle important dans la cinétique des échanges atmosphériques et l'absorption de l'énergie solaire ou le rejet d'énergie vers l'espace. Le tableau 1 donne la liste des principaux composants gazeux actuellement présents dans l'atmosphère, ainsi que leur évolution historique : concentration dans l'atmosphère préindustrielle (colonne A) et actuelle (colonne B) et le taux annuelle de l'accroissement (colonne C). Les teneurs moyennes correspondant à chaque gaz se sont adaptées au maintien de la vie terrestre (Degobert, 1992).

Tableau 1 : Composition chimique de l'atmosphère (Degobert, 1992).

Constituant	%	A (ppmV) (ère préindustrielle)	B (ppmV) (actuelle)	C (%/an)
Troposphère				
Azote	78,084			
Oxygène	20,984			
Argon.....	0,934			
Dioxyde du carbone	0,033	270	340	0,4
Néon.....	18 10 ⁻⁴			
Hélium.....	5.3 10 ⁻⁵			
Méthane	1.7 10 ⁻⁴			
Krypton.....	1,14 10 ⁻⁴	1.0	1.7	2
Hydrogène.....	0,5 10 ⁻⁴			
Protoxyde de l'azote	0.3 10 ⁻⁴	0.28	0.30	0.25
Xénon.....	0.09 10 ⁻⁴			
Ozone.....	0.02-0.1 10 ⁻⁴			
CO.....		0.05-0.2	0.13	3
SO ₂		0.001	0.002	2
NH ₃		0.004	0.006	2
H ₂ S.....		0.00005		

I.2. Notion de pollution atmosphérique

I.2.1. Historique

La problématique de la pollution atmosphérique remonte à plusieurs siècles, ce problème à été particulièrement manifeste à Londres à cause de la combustion du charbon et des conditions climatiques défavorables. Bien qu'il y ait eu plusieurs épisodes de pollution importante à Londres, au cours des siècles précédents, c'est en 1952, du 05 au 09 décembre, que l'on a documenté de façon objective leurs impacts majeurs sur la santé (Levallois et Lajoie, 1998).

L'évolution du concept de la pollution atmosphérique est liée au changement et variation de la concentration du CO₂, qui a beaucoup augmenté depuis le début de l'ère industrielle. Des mesures effectuées sur les bulles d'air emprisonnées dans les glaces polaires, montrent qu'elle est passée de 280 ppm avant l'ère industrielle à plus de 400 ppm actuellement, soit une augmentation de près de 30 % en un siècle et demi. Au rythme actuel d'émission, cette concentration pourrait dépasser 500 ppm en 2100. On admet qu'entre 1971 et 1988, les émissions annuelles de carbone dans le monde sont passées de 4,8 à 6 milliards de tonnes (Alloway and Ayres, 1997).

I.2.2. Définition de la pollution atmosphérique

Par pollution de l'air, on entend la contamination de l'environnement intérieur ou extérieur par un agent chimique, physique ou biologique qui modifie les caractéristiques naturelles de l'atmosphère. Les polluants les plus nocifs pour la santé publique sont notamment les matières particulaires, le monoxyde de carbone, l'ozone, le dioxyde d'azote et le dioxyde de soufre (O.M.S, 2015).

I.3. Impacts des polluants atmosphériques sur la végétation

L'impact de la pollution de l'air sur les végétaux résulte essentiellement de trois polluants : oxydes d'azote (NO_x), dioxyde de soufre (SO₂) et l'ozone (O₃) (Tableau 2). Il se traduit par une réduction de la croissance des plantes sans dommages apparents, et des nécroses visible en cas de fortes concentrations de polluants ou une résistance amoindrie à certains agents infectieux (D.G.A.C, 2013).

Tableau 2 : Impact des polluants atmosphérique sur la végétation (Ramade, 2005)

Polluants atmosphériques	Symptômes des polluants sur les végétaux
Anhydride sulfureux (SO ₂)	<ul style="list-style-type: none"> ● nécroses entre les nervures de la feuille; ● Inhibition de la photosynthèse en raison de l'augmentation de la perméabilité des membranes cellulaires et de la perte d'ions indispensables comme le potassium; ● Substitution du dioxyde de carbone (CO₂) par le SO₂ dans la fixation photosynthétique ; ● Inactivation d'enzymes indispensables ; ● disparition d'espèces sensibles : pin sylvestre ; ● Diminution de la productivité forestière ; ● perturbe la floraison de certaines plantes (vigne, blé...) et diminue leurs rendements ; ● Jaunissement (d'ocre clair ou presque blanc à rouge orangé ou brun) des feuilles et leurs chutes prématurées.
NO _x	<ul style="list-style-type: none"> ● diminution du rendement des plantes (cultivées) ; ● formation de zones nécrotiques irrégulières et décolorées sur les deux faces des feuilles; ● Des stries nécrotiques internervales rougeâtres ou une décoloration sombre de la face supérieure des feuilles (graminées).
Ozone (O ₃) et les autres photo-oxydant (éthylène)	<ul style="list-style-type: none"> ● Nécroses importantes chez les végétaux se traduisant par l'accélération de la sénescence ; ● Réduction de la photosynthèse chez les végétaux chlorophylliens ; ● Feuillage devient bronze ou décoloré, en cas de PAN une teinte argentée vitreuse ou métallique à la face inférieure du limbe foliaire ; foliaires ; ● Défoliation totale de la plante.
Les particules (poussière de ciment, métaux, chaux dolomitique en poudre et suie carbonique)	<ul style="list-style-type: none"> ● Nuisance à la respiration normale à la feuille ; ● Perturbation des mécanismes de la photosynthèse à l'intérieur de la feuille ; ● Chlorose et la mort des tissus foliaires par la combinaison d'une croûte épaisse et de la toxicité alcaline produite par temps humide ; ● les éléments émis se fixent sur les sites chargés extracellulaires (pariétaux et membranaires, généralement des groupes carboxyliques).
Fluore	<ul style="list-style-type: none"> ● ralentir la croissance de certaines plantes (pin sylvestre, épicéa, prunier, poireau...) ● Inhiber les fonctions d'assimilation et de reproduction chez les plantes. ● perturber le développement des organes (en agissant sur l'hormone de croissance (l'auxine) ; ● Nécroses et la chute des feuilles ou des aiguilles ; ● Carence en sels minéraux chez les plantes en

Introduction et Généralités

La baryte est un minerai industriel des plus importants. Grâce à ses applications diverses, ses réserves importantes et son exploitation intensive, elle contribue largement au développement économique et industriel. Le domaine d'utilisation de ce minéral est polyvalent, il s'englobe dans le forage pétrolier, l'hydraulique, l'industrie des batteries, industries chimiques et radioscopiques. Elle peut être utilisée comme capteur de gaz pour tubes à vide, additif dans les lubrifiants, matière de charge et colorant pour papier. A l'échelle mondiale, la baryte occupe une place primordiale parmi les minéraux industriels composant l'écorce terrestre et vu toute cette large utilisation, la demande en baryte augmente d'une façon exponentielle. A cet effet, l'industrie minière en Algérie s'occupe de l'exploitation de ce type de minerai.

Le traitement du minerai barytine s'effectue à la laverie d'Ain Mimoun, et comme procédé d'enrichissement, l'usine utilise la séparation gravimétrique par jigage. Malgré la productivité de l'usine qui augmente d'un jour à l'autre et la bonne qualité du concentré issue du jig, on remarque une extraction irrationnelle de la substance utile, car 25 % de la baryte sont rejetés avec les déchets de traitement, occupant des milliers d'hectares du territoire de la commune. Ces déchets présentent un problème crucial pour l'environnement et l'habitat (SOMIBAR, 2015).

Le baryum est un métal alcalino-terreux (de symbole Ba), identifié en 1791 dans un minerai par Thomas Charles HOPE (chimiste Ecossais, 1766-1844) et isolé en 1808 de la barytine ($BaSO_4$) par Sir Humphry DAVY, chimiste et physicien anglais 1778-1829. Son nom est dérivé du grec barus signifiant lourd (le baryum est l'élément simple le plus dense de la famille des alcalino-terreux. La dénomination baryum est utilisée pour la première fois au XIXe siècle pour caractériser un minéral qui formait une gangue dans certains gisements métallifères.

Celle-ci se chauffe se délite et fait entendre un bruissement pareil à celui que produirait un fer rougi, Il faut 5 parties d'eau pour la dissoudre. Une partie de baryte exposée à l'air, comme les autres alcalis, en attire l'humidité et se transforme en carbonate calciné dans le gaz oxygène elle se convertit en bioxyde ou peroxyde de baryum BaO .

La baryte se montre dans la nature sous deux états principaux. Combinée à l'acide sulfurique, elle donne le spath pesant ou baryte sulfatée, avec l'acide carbonique elle produit la baryte carbonatée. Ces deux minéraux et particulièrement le premier servent à la préparation de tous les sels de baryte. La baryte sulfatée est un minéral blanc ou jaunâtre d'une densité spécifique

de 4,5 et qui se présente en veines ou en couches dans les terrains (L'abbé Migne, 1857).

II.1. Définition

La barytine est un sulfate de baryum naturel ($BaSO_4$), correspondant à la composition suivante : BaO (65,70 %) et SO_3 (34,30 %). Elle apparaît dans les environnements géologiques variés seule ou en association avec plusieurs minéraux tels que la fluorine, la célestine, le quartz, la blende, ou la galène (Albouy., 1993).

La barytine appelée plus couramment dans le secteur du forage pétrolier "baryte", est un minéral lourd pouvant atteindre une densité de 4,48 maximum (baryte très pure), ce produit est largement répandu et exploité en carrière ou en sous terrain dans le monde entier.



Figure 1 : Une forme de baryte (SOMIBAR, 2015)

II.2. Historique des recherches et réserves géologiques

Le gisement barytine d'Ain Mimoun est découvert en 1968 au cours des travaux géologiques de révision de la région de l'anticlinal de Khenchela par la base (B) de l'ex SONAREM (Chadrin et Jarrikov, 1968). Les travaux spéciaux de recherche suivant les filons barytines avec évaluation des réserves ont été réalisés de 1968 à 1970.

II.3. Situation géographique et étude géologique du gisement

Le gisement de barytine d'Ain Mimoun est situé sur le territoire de la wilaya de Khenchela, à 28 km à l'ouest du chef-lieu. Les filons n° 3, 7, 8, 9 et 15 sont situés respectivement de 6 à 18 km à l'Est de l'usine. Le filon n°4 est situé à 11 km au Sud Est de l'usine (Figure 2).

La région du gisement se trouve dans la partie orientale du massif montagneux des Aurès qui s'étend à la direction Nord - Est les flancs Septentrionaux de l'anticlinal de Khenchela qui se caractérise par un relief montagneux typique, dont le massif est divisé par les vallées profondes transversales, les versants des vallées sont raids, les dénivellations relatives atteignent souvent 500 - 700 m, le gisement est représenté par un faisceau des filons affleurant à la surface avec un fort pendage ($30^\circ - 90^\circ$) et avec une puissance de 0,5 - 3 m.

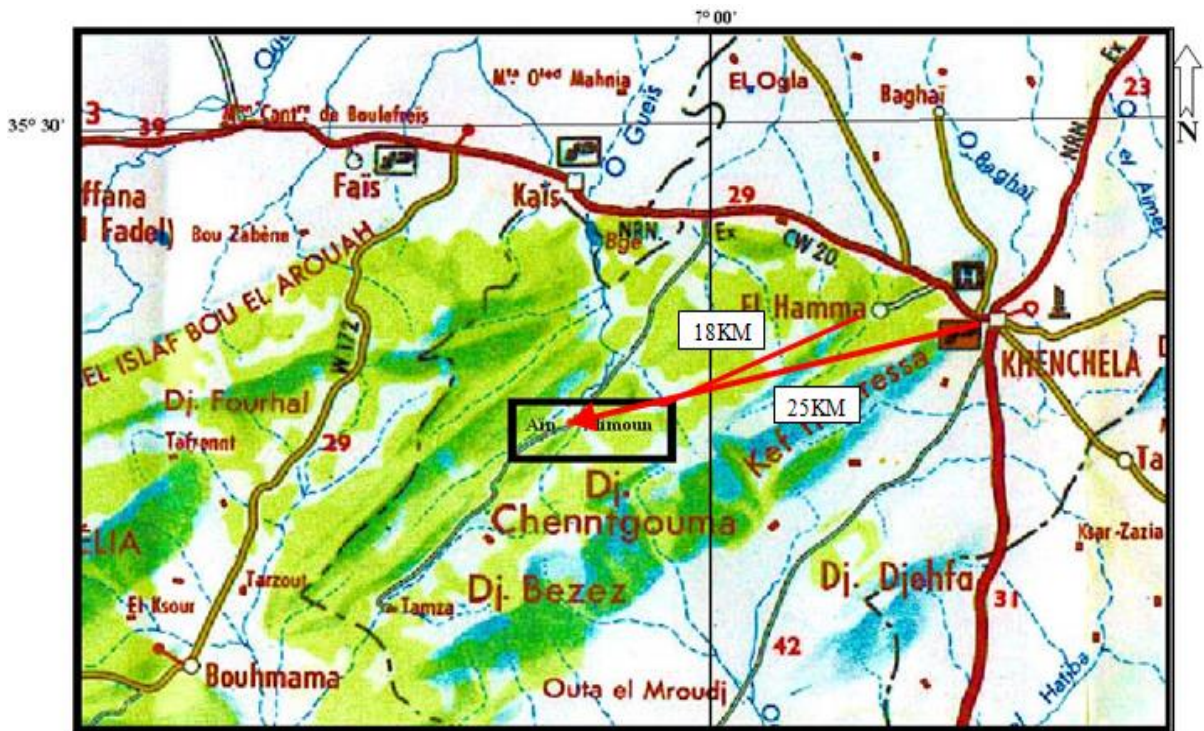


Figure 2 : Localisation géographique du gisement d'Ain-Mimoun (SOMIBAR, 2015)

L'étendue la plus importante des filons célestes à 1 km et les dimensions suivant le pendage 150 - 200 m.

La hauteur la plus élevée du gîte filonien (filon n°11) fait en 1950, la moindre hauteur (Filon n°1) est égale à 1250 m, les filons sont à distances de la plateforme industrielle de la mine sur un rayon de 6 à 12,5 km (Baladah, 2012).

II.4. Composition chimique du minerai d'Ain Mimoun

Les différentes compositions chimiques de la baryte d'Ain Mimoun sont résumées dans le tableau ci-dessus.

Tableau 3 : Composition chimique du minerai d'Ain Mimoun (Elluin et al., 2005)

Minerai	Composition	Densité g/cm ³	Dureté	Couleur
Baryte	BaSO ₄	4,4	3,5	Blanche
Calcite	CaCO ₃	2,72	2,5 - 3	Incolore ou Blanc opaque
Quartz	SiO ₃	2,5 - 2,6 - 5	7	Blanche
Hématite	Fe ₂ O ₃	5,26	5 - 6	Gris ou noir
Galène	PbS	7,58	2,5	Gris de plomb
Covelline	CuS	4,6 - 4,76	1,5 - 2	bleu
Malachite	Cu ₂ CO ₃ (OH) ₂	3,9 - 4,05	3,5 - 4	Vert brillant
Feldspath	KAISi ₃ O ₃	2,5 - 2,6	6 - 6,5	Incolore
Bauxite	Al ₂ O ₃	2,5	Variable	Gris bleuté

II.4.1. Caractéristiques minérales et physico-chimiques de la barytine

Le baryum est un métal tendre, blanc argenté lorsqu'il est pur, très malléable. Brillant lorsqu'il vient d'être coupé, il se ternit rapidement au contact de l'air puis devient brun-jaunâtre ou gris. Il semble se couvrir d'une couche d'oxyde et de nitrure, possède une forte affinité pour l'eau et s'oxyde à l'air en formant une couche superficielle protectrice. Le baryum qui représente 0,05 % de l'écorce terrestre 16^{ème} élément non gazeux en ordre d'abondance, ne se trouve pas à l'état libre (Ba⁰) dans l'environnement. On ne le retrouve qu'à l'état de traces dans les roches ignées et sédimentaires. La teneur moyenne en baryum dans les différents types de roches est de 595 ppm dans les roches ignées, 193 ppm dans les grès, 250 ppm dans les roches argileuses, 30,1 ppm dans les roches calcaires et 173 ppm dans les évaporites (Adams, 1966) cité par (Elluin. et al., 2005).

a. Forme : La Barytine se cristallise dans le système orthorhombique et forme des cristaux plats mais aussi en cristaux tabulaires, prismatiques épais, rhombiques, lamelliformes et fibreux et toutes ses formes atteignent parfois des dimensions très importantes, lenticulaires et groupés en rosettes, les prétendues rosettes de barytine.

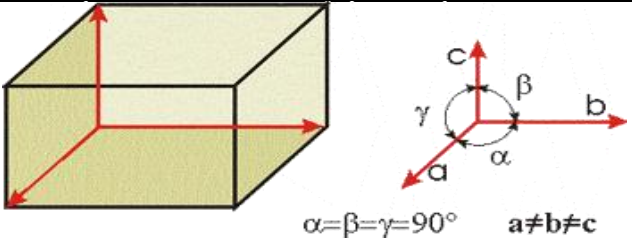


b. Clivage : Parfait dans une direction, faible dans les autres. La barytine grossière constitue divers agrégats, en général clivables.

c. Couleur : La barytine est de couleur claire. Pure, elle est incolore ou blanche, mais on la trouve le plus souvent colorée diversement par des adjonctions. Elle devient alors safran, gris léger, brun pâle au brun foncé, mais aussi rouge, bleu, vert et noir.

d. Fluorescence : La baryte n'est pas ou très peu fluorescente, par contre, chauffée, elle devient luminescente.

e. **Genèse** : La naissance de veines indépendantes de baryte comprenant assez souvent un mélange de fluorine est en étroite connexion avec le massif de granit. C'est précisément la présence de baryte en morceaux dans les veines qui a la plus grande importance pratique. Elle se dépose également dans certaines sources chaudes. Souvent, elle constitue le filon à elle seule ou dans des gisements sédimentaires. Certaines variétés de cristaux en colonne, appelées "*wolnyn*", se différencient quelque peu de l'évolution normale des cristaux.

Tableau 4 : Caractéristiques physico-chimiques de la baryte (Baladah, 2012)

Composition chimique	BaSO ₄
Nomination	Sulfate de Baryum
Classe minéralogique	Sulfates
Système cristallin	Orthorhombique
Densité	4,48 (poids exceptionnel)
Dureté	3 à 3,5 sur l'échelle de Mohs
Fracture	Conchoïdale (comme celle du verre)
Trace	Blanche
Eclat	Vitreux
 <p>(perfection des cristaux). $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ $a\neq b\neq c$</p>	
Forme des cristaux	
 <p>Pyramide</p>	 <p>Sphénoèdre</p>

II.5. principaux gisements mondiaux

La baryte est un minéral largement répandu, les principaux producteurs sont les Etats-Unis l'Allemagne, l'Angleterre et la Russie dans l'industrie, on utilise plutôt la barytine grossière, mais la baryte cristallisée est plus intéressante du point de vue minéralogique et pour les collectionneurs. On la trouve dans le Cumberland en Grande Bretagne, à Bais Sprie en Roumanie et en Slovaquie (SOMIBAR, 2015).

II.6. Domaines d'utilisation

Les utilisations industrielles de la baryte sont basées sur sa densité, sa stabilité chimique et sa blancheur, et concernent trois grands secteurs de l'industrie :

II.6.1. L'industrie pétrolière

La baryte est l'alourdissement le plus utilisé dans les boues de forages, elle est ajoutée aux boues de forage afin d'en augmenter la densité, les spécifications précises de la baryte pour boue de forage sont fournies par l'américain petroleum Institute (API). Le baryum (métal ou oxydes) ainsi que ses sels sont utilisés dans de nombreuses fabrications, notamment :

- des tubes cathodiques (piégeage des gaz),
- du papier photographique,
- du verre,
- de peintures,
- de lubrifiants résistant à haute température,
- des céramiques, émaux et porcelaines,
- en pyrotechnie,
- dans les boues de forage, comme fluidifiant (SOMIBAR, 2015).

II.6.2. l'industrie chimique

Le sulfate de baryum précipité chimiquement et pur est appelé blanc fixe, il est utilisé comme charge blanche dans les peintures, encres. Réduit en poudre, il sert de matière de charge pour le papier et d'autres produits. On l'utilise dans l'industrie textile, du caoutchouc, en céramique, on l'emploie pour les glaçures et les émaux, et dans l'industrie du verre. Sa capacité d'absorber les radiations est utilisée pour fabriquer des bétons denses comme barrière de protection contre les rayonnements radioactifs, et en médecine, surtout pour les radiographies du tube digestif sous forme de bouillie de baryte (SOMIBAR, 2015).

II.7. Effets de la pollution au baryum

Il est surtout présent dans l'écorce terrestre sous forme de carbonate. On l'emploie dans l'industrie photographique, celle des peintures et des vernis où il peut, de ce fait, être la cause d'une pollution ponctuelle des eaux. C'est un élément toxique susceptible de susciter des problèmes d'hygiène du travail (Ramade, 2002).

II.7.1. effets dans les compartiments de l'environnement

Le baryum est introduit dans l'air lors des procédés d'exploitation minière, de raffinage et lors de la production des composés de baryum. Certains de ses composés qui sont libérés lors des procédés industriels se dissolvent facilement dans l'eau et sont transportés dans les lacs, les fleuves et les rivières, solubles dans l'eau, ces composés peuvent parcourir de longues distances (Iunntech, 2008).

Dans l'atmosphère, les rejets de baryum résultent de la combustion du charbon, des produits pétroliers et des déchets. Les dépôts sur les sols ont pour origine les activités humaines : épandage de cendres et de boues d'épurations (IPCS, 1990) cité par (Elluin. et al., 2005)

II.7.2. Bioaccumulation

Plantes terrestres : On trouve du baryum dans la plupart des plantes, mais il ne s'agirait pas d'un élément essentiel (O.M.S, 1990). Bien qu'il y ait peu d'études disponibles sur la bioconcentration du baryum (A.T.S.D.R, 2007), celle-ci est généralement faible dans les plantes terrestres compte tenu des quantités observées dans les sols. Le baryum est activement et fortement absorbé par les légumineuses, les pédoncules céréalières, les plantes fourragères, les arbres (frêne rouge, noyer noir, caryer et Douglas taxifolié). Le baryum s'accumule dans les parties des plantes rarement consommées par les humains (O.M.S, 1990). La distribution du baryum dans les tissus des plantes indique que les plus fortes concentrations se trouvent dans les racines.

Chapitre V

Matériels et méthodes

Introduction

L'étude a porté sur l'utilisation d'une espèce végétale pérenne, pour l'évaluation d'une pollution atmosphérique d'origine industrielle dans la région d'Ain Mimoun dans la wilaya de Khenchela. Nous avons recensés un ensemble d'arbres, et retenus une essence largement utilisée comme plante ornementale pérenne dans le milieu à savoir, le cyprès (*Cupressus sempervenis* L). Ce choix est lié à trois raisons essentielles ; d'abord comme l'espèce est répandue dans la région, elle est susceptible de traduire au mieux l'ampleur de la pollution particulaire. Appartenant au sous-embranchement des gymnospermes, le cyprès est un arbre ligneux parmi les plus utilisés pour détecter la pollution, car l'utilisation de ses verticilles contribue à la quantification de la pollution de l'air par les rejets de l'usine d'exploitation des gisements de baryte.

V.1. Méthodologie

V.1.1. Justification du choix de sites

Les différentes stations de prélèvements choisies dans notre travail ont fait l'objet d'une minutieuse reconnaissance de l'impact des rejets de l'usine sur l'espèce dominante dans les stations avoisinantes. Ces stations se situent dans des régions différentes les unes des autres, que ce soit sur le plan géographique ou topographique. In visu et in situ, la fumée est dispersée dans l'air de la région.

V.1.2. Matériels utilisés

V.1.2.1. Le GPS

Le GPS (Global Positioning System) est le système américain de positionnement par satellite capable de donner n'importe où sur le globe, de jour comme de nuit, avec précision, en temps réel aussi bien la position (x y) ; l'altitude (z) ; l'heure ; la vitesse que l'orientation.



Figure 28: GPS de téléphone



Figure 29 : GPS essentiels

Son application se montre très pratique pour retrouver les coordonnées d'un endroit précis et enregistrer des déplacements dans son historique. Il est capable d'offrir une représentation de la position de son utilisateur sur une carte.

V.1.2.2. SIG (systèmes d'information géographique).

V.1.2.2.1. Définition

Les systèmes d'information géographique (SIG) sont, historiquement, nés du croisement de la cartographie assistée par ordinateur et des systèmes de gestion de base de données (SGBD). Appelés GIS (Géographique Information System) dans le monde anglophone, ils sont, depuis 1988, définis aux Etats-Unis comme des systèmes informatiques de matériels, de logiciels et de processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion (C.N.I.G, 1990). Les S.I.G sont des ensembles de données repérées dans l'espace et structurées de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision.



Figure 30 : Logiciel Arc GIS version 10.1

V.1.2.3. Spectrophotomètre domaine UV/visible 6305

V.1.2.3.1. Définition

La spectroscopie d'absorption dans l'UV et le visible est une méthode très commune dans les laboratoires. Elle est basée sur la propriété des molécules d'absorber des radiations lumineuses de longueur d'onde UV et visible.



Figure 31 : Appareils spectrophotomètre de type JENWAY 6305 UV/Vis

V.1.2.3.2. Applications de la spectroscopie UV-VISIBLE

A/ Analyse qualitative : Les spectres UV fournissent généralement peu de renseignements sur la structure moléculaire des composés comparés aux spectres IR. Néanmoins, on les utilise soit pour une confirmation soit pour une identification grâce aux règles empiriques (Figure 34).

B/ Analyse quantitative : L'analyse quantitative par la spectrométrie UV-visible est très employée grâce à l'utilisation de la loi de Beer-Lambert.

Comme applications, on peut citer :

- Dosage du baryum dans la chlorophylle.
- Dosage des molécules actives dans une préparation pharmaceutique ;
- Dosage du fer dans l'eau ou dans un médicament ;
- La détermination des masses molaires.

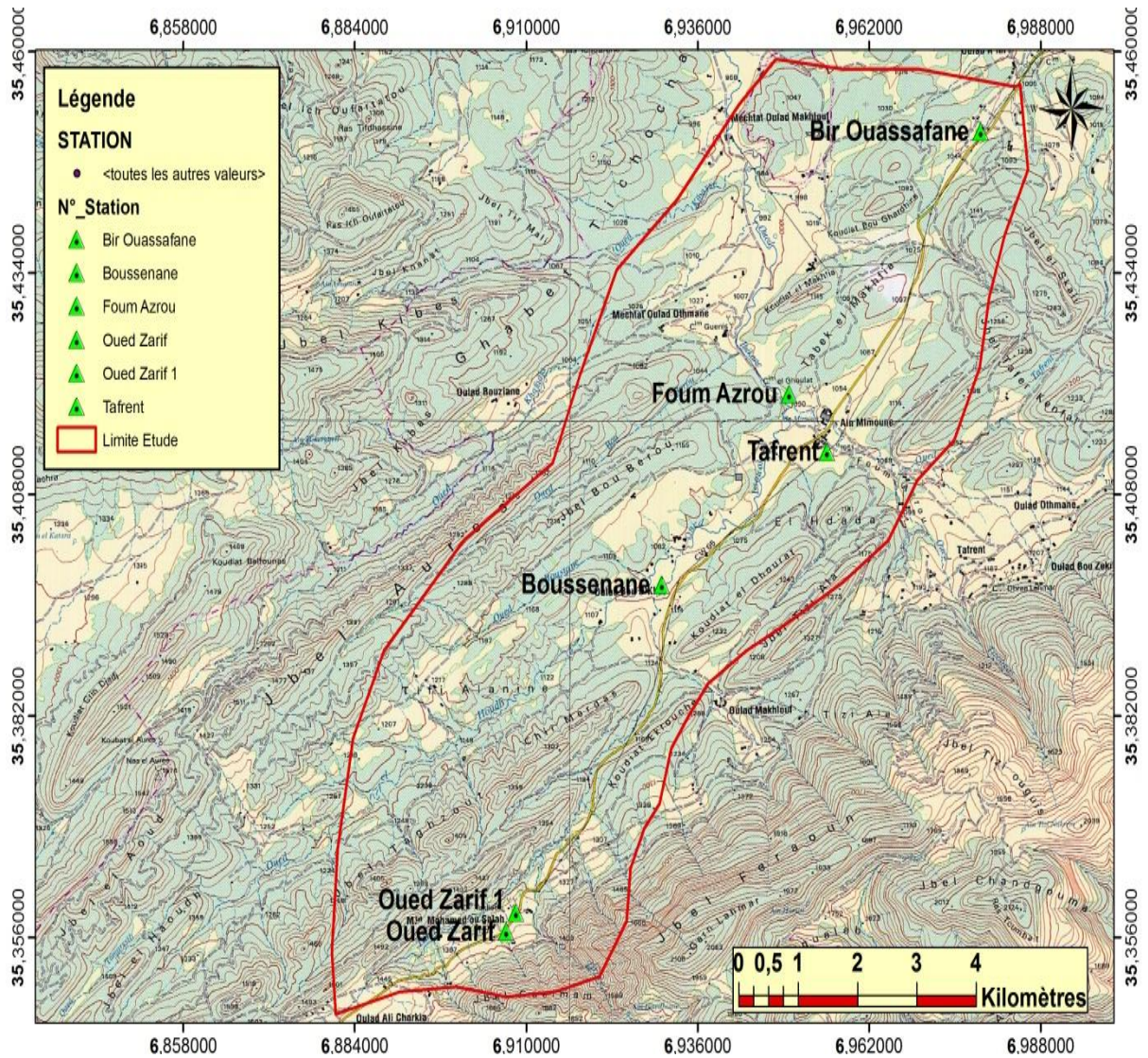


Figure 32 : Carte de la zone d'étude limitée par les stations de prélèvements

V.2. Les stations des prélèvements

Les sites portés sur la carte de la Figure 32 sont situés dans les communes d'Ain Mimoun, Daïra d'El Hamma, wilaya de Khenchela. Leurs environnements sont plus ou moins contrastés selon la proximité de la source de fumée (C.E, 2016).

Station 1 : Située à Bir Ouassefane

Elle fait partie de la série N°07 de Ras Tafer, son altitude varie entre 990 et 1100 m, elle est limitée par Ras mazla à l'Est, Ras Losmàa à l'Ouest, Oued Mazgattou au Nord et au Sud par Ferkha, ces coordonnées sont déterminées dans le **tableau 10**. Cette station à environ 5 Km située de l'usine, caractérisée par la Pinède.

Tableau 10 : Cordonnées de la station 1

Site	Bir Ouassefane		
	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)
Station 1	35°27'02.37''	6°58'43.65''	1028

Station 2 : Tafrent

Située à Tafrent, série N°09, à proximité de la forêt, entre 1050 et 1150 m d'altitude. Ces coordonnées géographiques sont mentionnées dans le tableau 11.

Tableau 11 : Cordonnées géographiques de la station 2

Site	Tafrent		
	Latitude (N)	Longitude E	Altitude (m)
Station 2	35°24'47.00''	6°57'19.81''	1063

Elle est limitée par **Kef Labyadh** à l'Est, série N°7 à l'Ouest, **Tizi Alla** au sud et une partie Est de série N°7 au Nord. Cette station située à environ 1 Km de l'usine, comporte des filons ce qui explique qu'elle soit soumise à la poussière provenant de l'exploitation des gisements de baryte et également à la transmission des fumées par les vents, sans oublier l'opération d'abattage pour le trafic routier.

Station 3 : Localisée à Foug Azrou, dans la série N°7 Ras Tafer, son altitude varie entre 1000 et 1070 m, elle est limitée par Ras Akelkoul à l'Est, Tafrent au Sud, l'usine de baryte à l'Ouest et l'agglomération et habitats de la zone d'Ain Mimoun au Nord. Localisée à la proximité d'usine. Ces coordonnées géographiques sont mentionnées dans le tableau 12.

Tableau 12 : Cordonnées géographiques de la station 3.

Site	Foug Azrou		
	Latitude (N)	Longitude E	Altitude (m)
Station 3	35°25'11.32''	6°56'59.15''	1050

Station 4 : Située à Boussenane, appartenant à la série N° 6 de Djbel Farraoune, son altitude varie entre 1100 et 1115 m, elle est limitée comme suit :

A l'Est par Tizi Alla, à l'Ouest par Azmen, Oued Issouey au Nord et au Sud par Ighrass. La distance la séparant de l'usine de baryte est de 2,5 Km et la direction de vent violent est de l'Ouest vers l'Est. Elle est soumise à la poussière provenant de l'exploitation des gisements

de baryte et également à la transmission de fumée par le vent. Ces coordonnées géographiques sont affichées dans le tableau 13.

Tableau 13 : coordonnées de la station 4

Site	Boussenane		
	Latitude (N)	Longitude E	Altitude (m)
Station 4	35°23'50.95''	6°55'50.23''	1075

Station 5 : Située à Oued Zarif (Tagliate). Sa limite varie entre les deux série N° 06 de Djebel Farroune et N° 03 de Tamza, caractérisée par la cédraie, l'altitude varie entre 1350 et 1450 m. Ses coordonnées géographiques sont dans le tableau 14.

Tableau 14 : Coordonnées géographiques de la station 5 et 6

Site	Oued Zarif (Tagliate)		
	Latitude (N)	Longitude E	Altitude (m)
Station 5	35°21'32.17''	6°54'29.88''	1349
Station 6	35°21'24,41''	6°54'24,61''	1365

Elle est limitée par la série N°6 de Djebel Farroune à l'Est, Djbel Taghzout à l'Ouest, par zone de Boucennane au Nord et la forêt de Cédraie au Sud. Cette station est située à environ 4 Km de l'usine de baryte.

V.3. Mode d'échantillonnage

Les prélèvements sont réalisés au niveau des six stations selon l'échantillonnage aléatoire simple (un échantillonnage dans chaque station et de chacune trois répétitions sont réalisées) pour une meilleure représentativité des résultats, conservées dans des sacs en plastique noir bien fermés.

La période de prélèvement permet d'établir un suivi de l'évolution de la pollution dans l'espace (d'une station à une autre) sur la chlorophylle de *Cupressus sempervirens L.* Pour cela, le prélèvement a été effectué, dans la période hivernale avant le développement de la synthèse des chlorophylles. Le prélèvement des échantillons est réalisé le 15 décembre 2015 à la commune d'Ain Mimoun en raison de la localisation de l'usine de transformation de la baryte.

V.3.1. Paramètre mesuré

L'objectif de cette étude est de montrer l'importance de la végétation en milieu industriel en captant le maximum de particules atmosphérique, dont la source d'émission est usine de barytine, de voir si cette accumulation a un effet sur l'activité physiologique du végétale dans l'espace.

V.3.1.1. Dosage de la chlorophylle

La teneur en chlorophylle est le critère le plus utilisé pour quantifier l'état général de la plante. C'est un excellent bioindicateur de la pollution et du stress (Landis and Yu, 1995).



Figure 33: Mode opératoire et dosage des chlorophylles.

Le principe

La chlorophylle est extraite suivant la méthode de (Witham et al., 1970) qui consiste à :

- couper les verticilles en petits morceaux, les placer dans des boîtes noires (pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière) pendant 48 heures.

- laisser macérer dans un mélange d'acétone et d'éthanol (75 % et 25 %), pour les 03 répétitions.
- procéder à la lecture des densités optiques des solutions à l'aide d'un spectrophotomètre à deux longueurs d'ondes (645 et 663 nm), après étalonnage de l'appareil avec la solution témoin d'acétone-éthanol (Figure 33).

Les teneurs en chlorophylles sont déterminées selon les formules suivantes :

$$\text{CH a (mg/100mgMF)} = 12,7 \text{ DO}(663) - 2,59 \text{ DO}(645) \times V/(1000 \times W)$$

$$\text{CH b (mg/100mgMF)} = 22,9 \text{ DO}(645) - 4,68 \text{ DO}(663) \times V/(1000 \times W)$$

$$\text{CH total} = \text{Ch a} + \text{Ch b}$$

Avec : V : Volume de la solution extraite.

W : Poids de matière fraîche utilisée de l'échantillon qui est de 100 mg.

V.4. Analyse statistique

Le progiciel Excel de Microsoft a été largement utilisé dans notre travail et nous a permis de mettre au point tous les calculs de moyennes et d'écart type, ainsi que l'élaboration des histogrammes et des courbes aussi bien dans le chapitre relatif à la partie Zone d'étude, celui relatif à l'Etude climatique, que dans les résultats. L'analyse de la variance (ANOVA) est réalisée à l'aide du progiciel Excel.

Pour la création et la limitation de la carte de la Zone d'étude, nous avons utilisé le logiciel d'Arc GIS pour préciser les coordonnées des stations avec les différentes concentrations de chlorophylles au niveau de chaque station de prélèvements.

Chapitre V

Description de la zone d'étude

V.1. La zone d'étude

Le cadre relatif à cette étude est constitué par le massif des Ouled yagoub qui se situe dans la région montagneuse des Aurès, prolongement oriental de l'Atlas Saharien, situé entre $6^{\circ} 47' - 7^{\circ} 7'$ de longitude Est et $35^{\circ} 18' - 35^{\circ} 29'$ de latitude Nord.

Ce massif est limité à l'Est par les monts Chentgouma (2113 m), Aidel (2092 m) et Feraoun (2093 m) ; à l'Ouest par la vallée de Oued Mellagou et la route reliant les localités de Kais et Bouhmama ; au Nord par la route nationale reliant la ville de Batna à celle de Khenchela et au sud par la plaine de Mellagou qui prolonge la forêt des Beni Imloul.

V.1.1. Situation et caractéristiques de la zone d'étude

V.1.1.1. La situation géographique

Le massif des Ouled yagoub, d'une superficie de 22000 ha, constitue une réserve forestière importante dans le massif des Aurès. L'unité d'exploitation des gisements de baryte est située au sein de la région dénommée Ain Mimoun, qui se trouve dans la commune de Tamza, wilaya de Khenchela (C E, 2016).

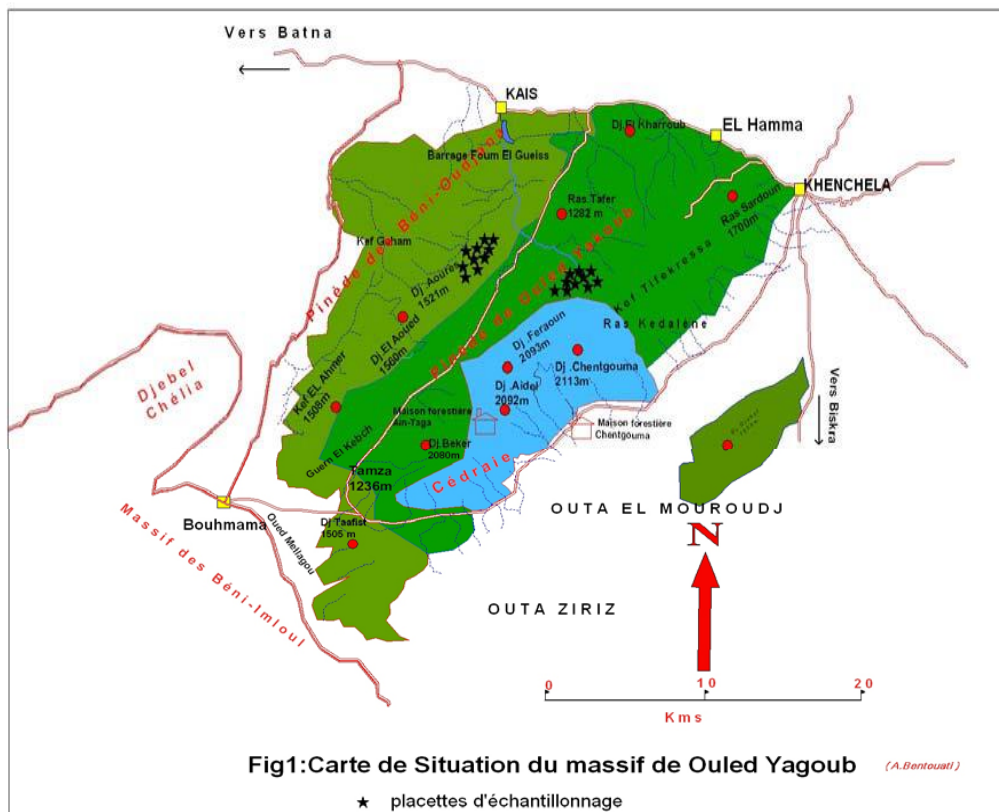


Figure 13 : carte de situation du massif d'Ouled Yaagoub

Située à 25 km au Sud Ouest du chef lieu de la wilaya en empruntant la route nationale n°88 reliant Khenchela à Batna (figure 13). L'unité de traitement de minerai de baryte (SOMIBAR) située à une distance de 9Km à compter de la route nationale 88, dans une zone agropastorale.

V.2. Caractères géomorphologiques

V.2.1. Relief

La structure physique de la Wilaya de **khenchela** est très hétérogène. Elle se caractérise par trois régions naturelles distinctes (figure 14) :

- **Les hautes plaines** du nord : constitués par le bassin de Tarf qui comprend les plaines de Remila Boudrehem et de M'toussa, ainsi que le plateau des Ouled Rechache (plaines de Mahmel et de Zoui) et la plaine de Khenchela.
- **La zone montagneuse** : occupe les parties centrale et ouest de la Wilaya. Elle est constituée de deux massifs importants: les Aurès et les monts de Nemamcha.
- **Le parcours steppiques et sahariens** : couvre la moitié sud de la Wilaya.

Notre zone d'étude est située sur un relief montagneux. Ce paysage encadre les plantes de conifère de type Pinède dans le compartimentage topographique le plus élevé, celui des sommets.

Les caractéristiques du relief de chaque commune sont présentées dans La Figure 14 (D.E, 2012).

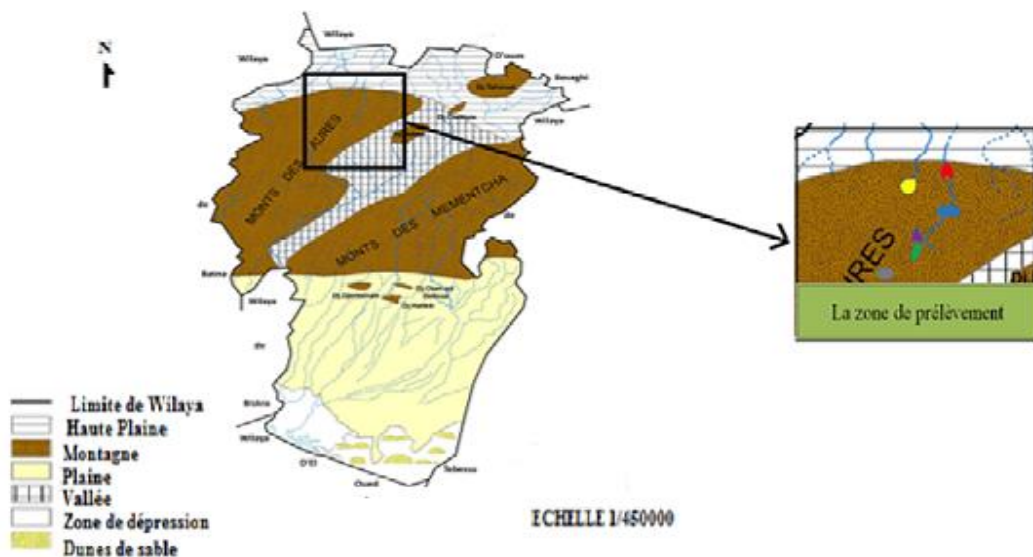


Figure 14 : Carte de relief de la wilaya de Khenchela (D.E, 2015).

V.2.2. Pente

Comme pour les classes d'altitude, une carte des classes de pente caractérisant le territoire de la wilaya a été dressée, sur la base de la grille retenue par le MATET (Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme) pour le classement des zones de montagnes. Cette grille, qui tient compte de l'utilisation souhaitable des terres, préconise 04 classes (Figure 15) :

- Classe 1 : pente comprise entre 0 et 3,5 % : Relativement favorable à l'intensification agricole (mécanisation et irrigation) et à la réalisation d'infrastructures techniques.
- Classe 2 : pente comprise entre 3 et 12,5 % : elle est favorable au développement d'une agriculture intensive à semi intensive.
- Classe 3 : pente comprise entre 12,5 et 25 % : Favorable à l'arboriculture fruitière et autres cultures pérennes fixatrices du sol au détriment des cultures annuelles et notamment les grandes cultures.
- Classe 4 : pente supérieure à 25 % : constituant de ce fait une contrainte majeure pour la pratique des activités agricoles et un handicap pour la réalisation des infrastructures socioéconomiques. A ce titre, l'occupation du sol au niveau de cette classe doit privilégier la sylviculture.

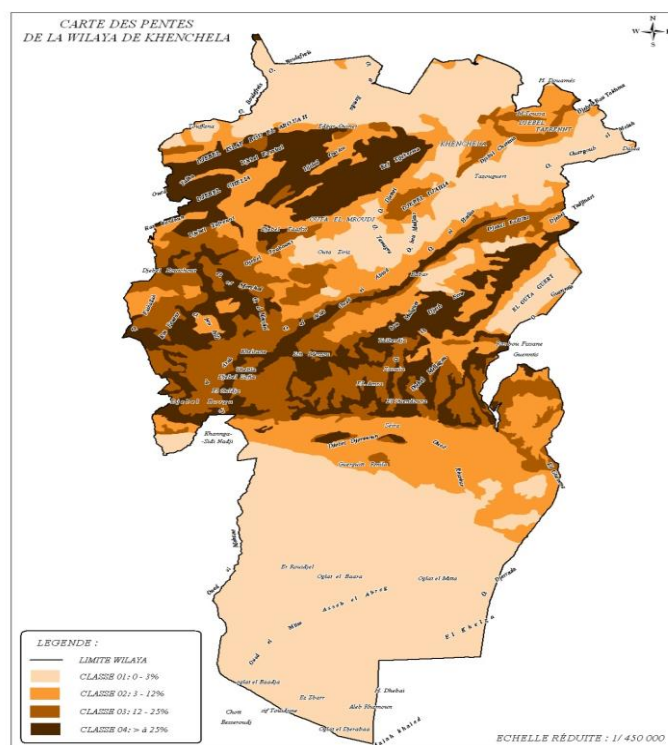


Figure 15 : Carte des pentes de la wilaya de Khenchela

V.2.3. Géologie

Une partie de la commune d'Ain Mimoun se trouve entièrement dans le crétacé inférieur caractérisé par la dominance de cédraie. Ces sols reposent sur les anticlinaux de Chélia et de Khenchela et au cœur du synclinal de Djebel Aurès avec un faciès gréseux, marno-calcaire et de dolomies (B.N.E.F 2004) (Figure 16).

Alors que la pinède est totalement installée dans le crétacé supérieur sur le flanc des anticlinaux de Chelia et de Khenchela, au cœur du synclinal de djebel Aurès avec un faciès marno- calcaire, marneux et calcaire. Les roches mères sont des calcaires, des marnes, des argiles et parfois du gypse (Faurel et Laffite, 1949).

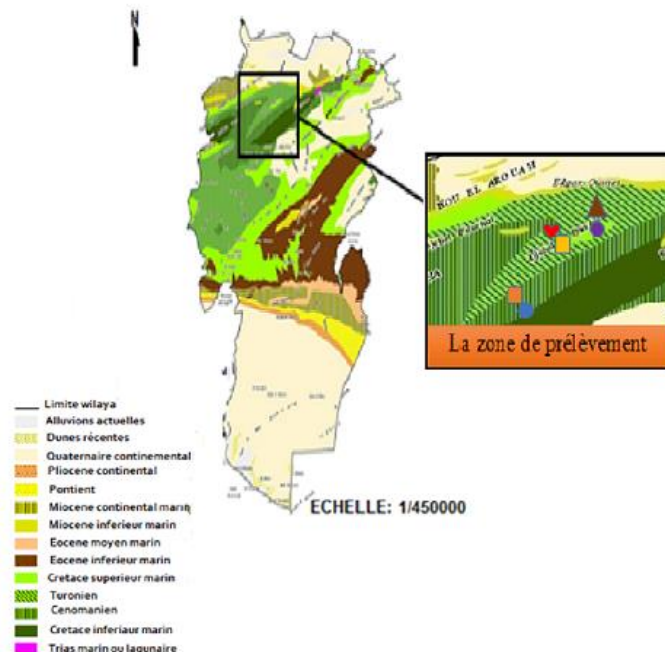


Figure 16: Carte géologique de la wilaya de Khenchela.

V.2.4. Caractères pédologiques

On a dénombré six classes de sols, auxquelles il convient d'ajouter la classe des sols minéraux bruts (affleurement de la roche mère) et la classe des sols halomorphes (sols salés) :

- **Les sols calcaires humifères:** Ils sont rencontrés sur les monts et les piémonts de l'Aurès, à une altitude comprise entre 1000 et 1500 mètres.
- **Les sols insaturés humifères:** Ces sols sont rencontrés sur les reliefs les plus élevés (plus de 1500 mètres d'altitude) de l'Aurès. Ils sont occupés par des forêts.

- **Les sols calciques:** Ces sols sont rencontrés sur les bas piémonts, et sur les hautes plaines longeant la route qui mène de Khenchela à Faïs en passant par Kaïs et Remila. Ils s'étendent à l'Est jusqu'à Ain Touila et au Sud jusqu'à Babar en partant de Khenchela
- **Les roches mères:** Ces roches, résultat d'une érosion intense due à une conjugaison de facteurs négatifs (relief montagneux, intensité des pluies, substratum tendre et une absence de couvert végétal pérenne) affleurent notamment les monts des Nemamcha (B.N.E.F, 2004).

L'analyse des cartes géologiques et pédologiques (B.N.E.F, 2004), montre que les sols de la pinède des Ouled yagoub sont calcimorphes (rendzines) à différents stades d'évolution ou de dégradation. Sur les fortes pentes on rencontre des lithosols (c'est-à-dire des sols squelettiques à faibles profondeurs pleins de cailloux) reposant sur des couches géologiques compacte, affleurant. où la végétation herbacée a du mal à s'installer et où l'érosion est par endroit très intense. La couche humifère est pauvre avec souvent un humus très peu décomposé. Ce qui s'explique par surpâturage, les incendies et l'érosion qui en résulte. La litière quand elle existe se compose d'aiguilles de pin et de feuilles de chêne vert et d'autres espèces arbustives caractéristiques de la pinède (B.N.E.F, 2004).

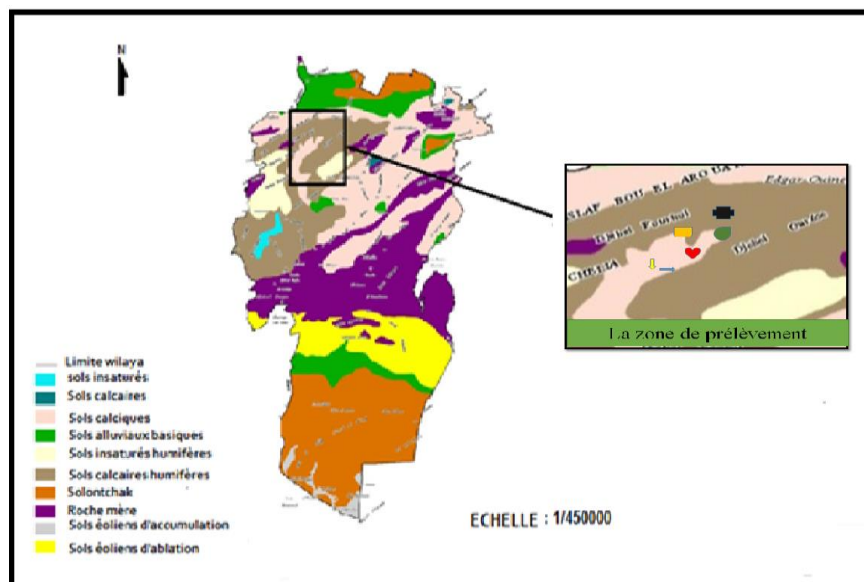


Figure 17 : Carte des classes des sols de la wilaya de Khenchela

L'érosion est forte par endroits par suite de l'absence d'humus, ce qui expose le sol directement à l'impact des gouttes de pluies. Ceci est tragique sur les marnes qui une fois érodées (couleur bleutée), ne permettent plus l'installation spontanée de la végétation.

V.3. Caractères hydrographiques

V.3.1. Le régime des eaux

A l'intérieur de la zone d'étude les points d'eau permanents sont rares, ce qui s'explique par la nature de terrains très perméables formés par les calcaires et les marnes-calcaires. Les seules sources qui coulent en période estivale sont situées au fond des Oueds Tamza, Issouel, Khefadj, Mellagou, Azreg, où la présence de terrain argileux permet la formation de nappes phréatiques.

V.4. La richesse floristique et faunistique

V.4.1. La richesse floristique

La Wilaya de Khenchela dispose d'un important couvert végétal, regroupant plusieurs associations végétales naturelles et représentant l'une des plus belles forêts d'Algérie. Elles sont classées en forêts de production et de protection, réparties sur trois principaux massifs à savoir :

Les Beni-Imloul, les Beni-Oudjana et les Ouled- Yagoub. Associé aux reboisements du Barrage Vert, le couvert forestier de la Wilaya occupe une superficie de 128.898 ha, ce qui se traduit par un taux de recouvrement de 30% légèrement supérieur à la moyenne nationale qui est de 10%.

Tableau 7 : occupation du sol dans la cédraie des Ouled Yagoub (B.N.E.F, 1983)

Vocation	Surface en hectares				
	Cédrais	Pinède	Chêne vert	Parcours	Totaux
Production	2045.7	1009.43	1959.58	1276.90	6291.65
Protection	1060.08	-	516.10	276.90	1853.08
Improductive	134.30	-	492.66	520.23	1147.19
Total	3240.12	1009.4	2968.34	2074.03	9291.92

La zone d'étude renferme par ordre d'importance des différents types d'espèce tableau 7 :

Les essences principales qui y dominent sont : le pin d'Alep (*Pinus halepensis Mill*), le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica M*), le chêne vert(*Quercus ilex*); le genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicia*) (B.N.E.F., 2004).

Il y a aussi des essences secondaires qu'on rencontre en mélange avec le cèdre ou le chêne vert telles que : L'if (*Taxus baccatt*) ; le sorbier (*Sorbus aria*) ; L'érable de Montpellier (*Acer*

monspessulanum) ; le frêne dimorphe (*Fraxinus dimorpha*) ; le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*) (B.N.E.F, 1984-2004).

A une distance de plus de 08 Km de l'unité de baryte, des surfaces sont occupées par des céréales et des cultures maraichères (EIE, 2013).

V.4.1.1. Répartition générale des terres

Le **Tableau 8**, met en évidence les aspects suivants :

- la Superficie Agricole Utile (S.A.U) est relativement par rapport à la superficie agricole totale (S.A.T), elle ne représente 29,93 %.
- Les parcours représentent plus de la moitié de la S.A.T, ce qui est une caractéristique des territoires steppique et saharien.

Tableau 8 : Répartition générale des terres agricoles (DSA, 2011)

Répartition générale des terres	Superficie (ha)	%
SAU	232 359	22.39
Parcours et pacages	466 943	60.15
Autres	77 012	9.92
Superficie agricole totale	776 350	100

V.4.1.2. L'agriculture

L'agriculture constitue l'activité économique dominante de la wilaya de Khenchela. Sa vocation, principalement agro-sylvo-pastorale, résulte de la spécificité de son milieu physique, formé d'ensembles naturels d'une grande diversité. Le potentiel de développement dans ce secteur se situe dans :

- * L'élevage ovin et bovin
- * Les petits élevages
- * L'aliment de bétail
- * L'arboriculture
- * Les pépinières agricoles

Chapitre V

Climatologie de la région de Khenchela

Introduction

Le climat est l'ensemble des Caractéristiques météorologiques d'une région donnée intégrée dans le long terme (Ramade, 2008). C'est aussi l'aspect du temps sur une longue période en un domaine spatial donné. C'est un ensemble ordonné des états de l'atmosphère et de leurs interactions avec la surface sur une période donnée et sur une étendue déterminée (El khatri, 2003). L'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) définit le climat comme : un ensemble d'éléments météorologiques pris sur une période donnée qui concourent à donner caractère et individualité météorologiques (El khatri, 2003).

La nature des climats joue un rôle essentiel pour ajuster les caractéristiques écologiques des écosystèmes continentaux. Il existe en effet une interaction entre climats, structure des communautés en particulier végétales et nature des sols d'où le tryptique climat, sol, végétation (Ramade, 2008).

L'étude climatique d'une zone d'étude est extrêmement difficile par le manque des stations météorologiques. Le climat de la région de Khenchela reflète fort bien les caractéristiques du climat méditerranéen caractérisé par deux grandes saisons :

- Une saison hivernale, peu rigoureuse et assez pluvieuse, s'étalant de la fin de l'automne, jusqu'au début du printemps ;
- Une saison chaude sèche, qui s'étend sur quatre mois et qui correspond aux mois de l'été.

L'étude climatique a été faite à partir des données recueillies de la station météorologique de Khenchela localisée à El Hamma et située à une altitude de 983 m s'étendant sur une période de 10 ans de 2005 à 2015 (Tableau 9).

Tableau 9 : Les coordonnées géographiques de la station d'El Hamma 2015

Station	Altitude	Latitude	Longitude El Hamma
El Hamma	982,5 m	35° 28° N	07° 05° E

V.1. Eléments et Facteurs du climat

V.1.1. La température

La température est la grandeur physique à laquelle nous sommes le plus essentiel liés. La notion du temps qu'il fait est intrinsèquement liée au sentiment de chaud et de froid (Delmas,

2012). Elle règle les modalités de la météorisation des roches, notamment par les alternances de gel/dégel, conditionne l'évaporation physique et physiologique (évapotranspiration) et intervient ainsi largement dans le régime des coures d'eau, tout en fixant aux êtres vivants des limites plus ou moins strictes de répartition (Estienne et Godrad, 1970).

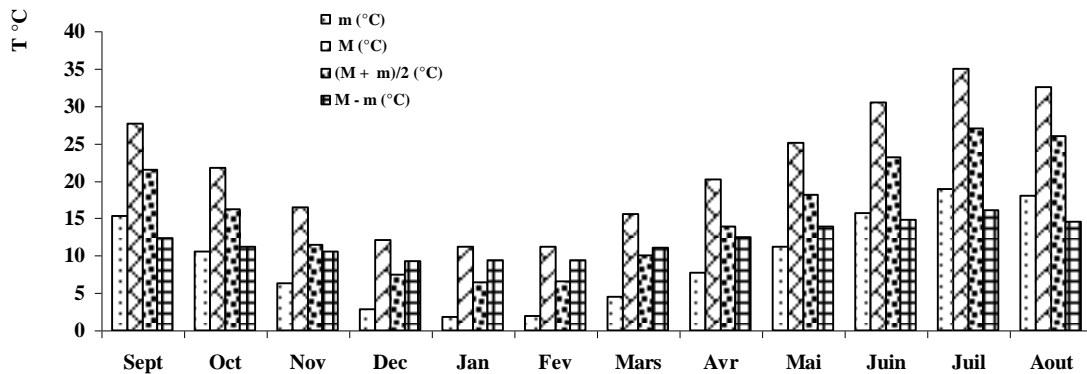


Figure 18 : Diagramme des températures moyennes mensuelles de la période 2005-2015 dans la wilaya de Khenchela

Le mois le plus chaud est juillet avec une température moyenne maximale de 35 °C, et le mois le plus froid est janvier avec une température moyenne minimale de 1,75 °C (Figure 18).

V.1.2. Pluviométrie

C'est le volume total des précipitations, pluies, grêle et neige, qui tombent sur une aire géographique et au cours d'une période de temps donnée ; c'est un facteur écologique fondamental pour les écosystèmes terrestres car elle conditionne avec la température leur structure et leur productivité primaire. Alors que les précipitations sont des formes sous lesquelles l'eau atmosphérique fait retour à la surface de l'écosphère : pluies, grêle, neige, rosée (Ramade 2008).

V.1.2.1. La pluie

C'est un phénomène résultant de la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique et de sa précipitation à la surface des continents et des océans sous forme liquide. Les pluies résultent de perturbations atmosphériques et sont produites par certains types de nuages : les nimbostratus et les cumulo-nimbus dans le cas des orages (Ramade, 2008).

Les précipitations annuelles n'ont qu'une valeur indicatrice, le plus important c'est leur répartition mensuelle et saisonnière. Les hauteurs moyennes des précipitations mensuelles

observées dans la zone expérimentale au cours d'une période de 10 ans (2005-2015) sont reportées comme dans la figure 19.

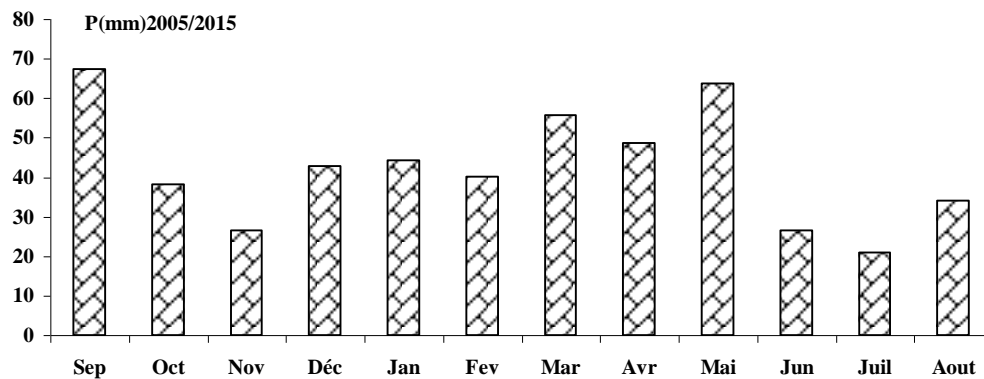


Figure 19 : Diagramme des précipitations moyennes mensuelles de la période (2005-2015)

Les précipitations moyennes mensuelles de la période (2005-2015) sont de 508,6 mm. Septembre représente le mois le plus pluvieux, avec une moyenne de 67,2 mm et juillet le plus sec avec une moyenne de 20,93 mm (Figure 19). La saison la plus pluvieuse se situe au printemps avec 168,01 mm suivie de l'automne avec 131,77 mm, l'hiver 127,25 mm et finalement l'été avec 81,57 mm.

V.1.2.2. La neige

La formation de la neige liée à une condensation progressive en milieu froid requiert à la fois une forte humidité et de températures assez basses sinon au sol du moins au niveau des nuages et de l'air sous-jacent. Cependant il est bien connu que les chutes de neige les plus abondante s'effectue d'ordinaire quand la température est au voisinage du 0° ou légèrement en dessous (Estienne, 1970).

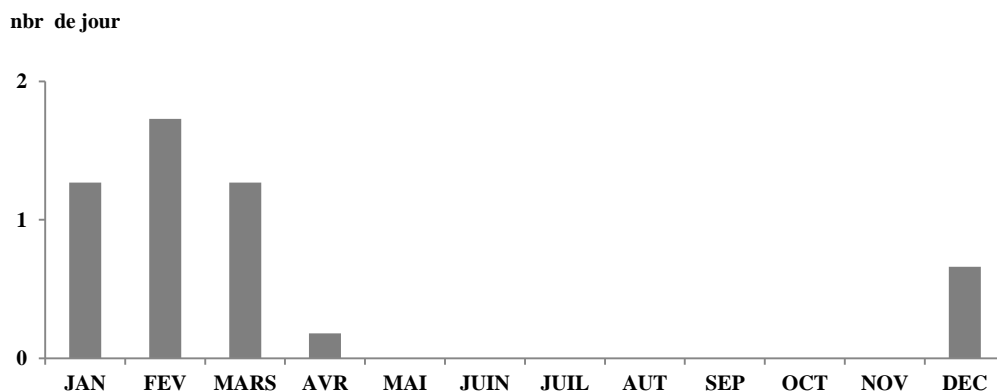


Figure 20 : Diagramme des moyennes mensuelles des neiges de la période 2005-2015

L'enneigement de la neige s'étale sur une durée de 6 mois de décembre à mai donc la plus grande partie de neiges tombe pendant la période hivernal (Figure 20).

V.1.2.3. Grêle

Ce sont des précipitations caractérisées par l'agglomération de cristaux de glace autour d'un noyau de condensation pouvant atteindre plusieurs centimètres de diamètre dans des cas extrêmes (Ramade, 2008).

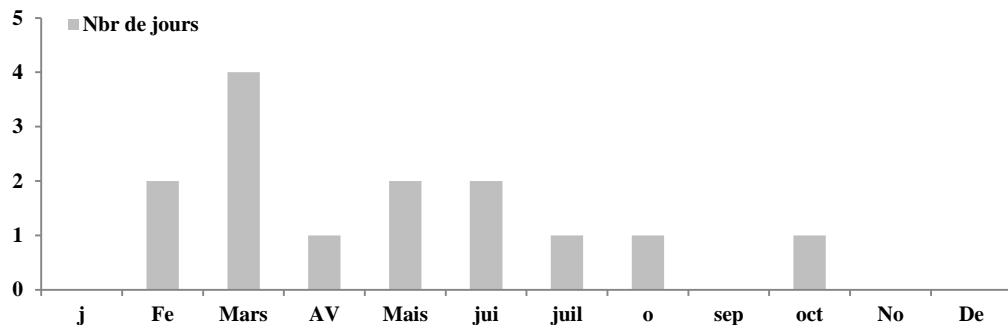


Figure 21 : Diagramme des moyennes mensuelles Grêle de la période (2005-2015).

Nous observons que la grêle n'est pas fréquente dans la région d'Ain Mimoun. Le maximum est enregistré au mois de mars avec une moyenne de 4 jours de grêle (Figure 21).

V.1.3. Evaporation

C'est le phénomène par lequel l'eau apportée à un sol dépourvu de végétation s'évapore dans l'atmosphère. Maximale dans les déserts (Ramade, 2008). La vapeur est fournie à la fois :

- Par l'évaporation physique au-dessus des océans et des mers, accessoirement au-dessus des lacs, des cours d'eau et des sols humides.
- Par l'évapotranspiration physiologique du couvert végétal.

Parmi les facteurs qui règlent l'évaporation, il faut retenir en premier lieu la température et la radiation solaire directe (Estienne et Godrad, 1970).

L'évaporation moyenne varie d'un mois à l'autre. La valeur maximale est enregistrée en juillet avec une moyenne de 217,27 mm. La minimale est de 52,863 mm au mois de janvier comme l'indique la figure 22.

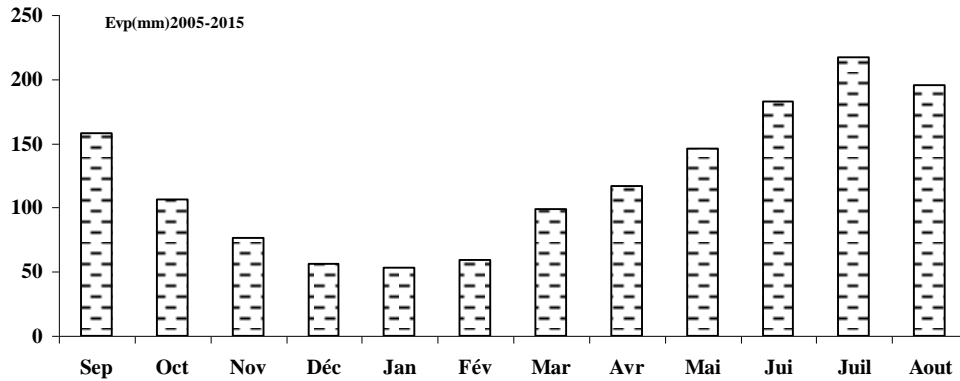


Figure 22: Diagramme des moyennes mensuelles de l'évaporation de la période (2005-2015).

V.1.4. L'humidité

C'est la masse de vapeur d'eau contenue dans une unité de volume d'air (Estienne et Godrad, 1970). Cette humidité joue un rôle important dans le confort ressenti par l'organisme qui y est soumis (Delmas, 2012). Les données hygrométriques montrent que le pourcentage le plus élevé est enregistré durant le mois de janvier avec une moyenne de 70,96 % ce qui explique que c'est le mois le plus humide, et le plus faible durant le mois de juin avec une moyenne de 47,94 % (figure 23).

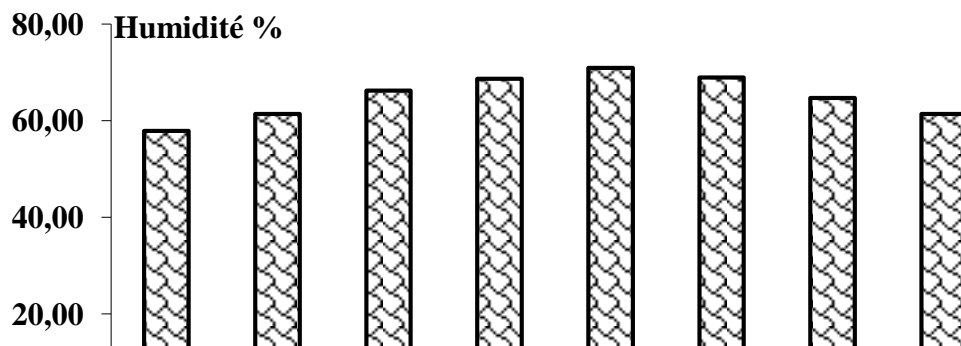


Figure 23 : Diagramme des moyennes mensuelles d'humidité de la période 2005-2015

V.1.5. Le vent

Le vent est le résultat de la différence de pression entre deux zones voisines. Il provoque le déplacement des masses d'air et transporte ainsi les caractères climatiques. On rappelle par exemple les moussons indiennes qui sont de deux sortes : les moussons humides et pluvieuses dont l'air circule de l'océan vers le continent et les moussons sèches dont l'air circule du continent vers l'océan (El Khatri, 2012).

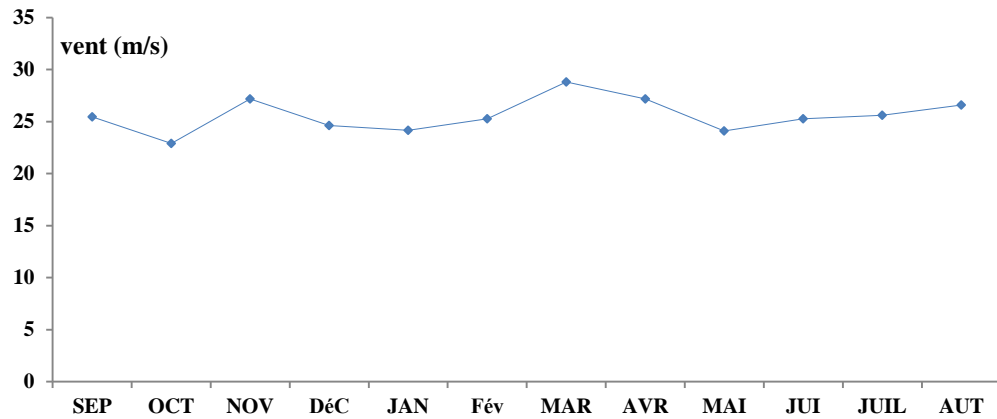


Figure 24: Evolution des moyennes des vitesses maximales instantanées des vents de la période (2005-2015)

La vitesse moyenne annuelle des vents dans la région d'étude de la période 2005-2015 est de 25,59 m/s. La rose des vents est une représentation diagrammatique des directions de vent (figure 25) montre que les vents dominants dans la région soufflent dans la direction W-S-W.

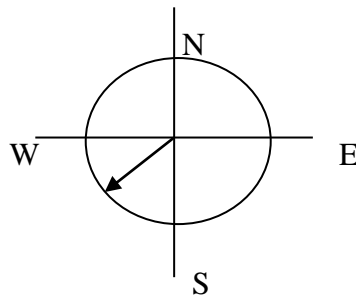


Figure 25 : La rose des vents correspondant à la région d'étude avec le vent dominant

V.1.6. Indice d'aridité

Mesurent le degré d'aridité d'un climat. Ils tiennent compte de la valeur des précipitations observées et de l'évapotranspiration potentielle dans un biotope semi-aride ou désertique (Ramade, 2008).

$$I_a = P / T + 10$$

Avec:

I_a : indice d'aridité

P : précipitations moyennes annuelles (mm).

T : températures moyennes annuelles (°C).

Pour la station d'El Hamma, P = 508,6 mm et T = 15,65°C donc cet indice est égale à :

$$I_a = 508,6 / (15,65 + 10) = 19,83$$

$10 < I < 20$ le climat est semi-aride

Ce qui permet de dire que le climat est semi-aride avec un écoulement temporaire.

V.2. Synthèse climatique

V.2.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen

D'après Gaussen (1953), la sécheresse n'est pas nécessairement l'absence totale des pluies, mais elle se manifeste quand les faibles précipitations se conjuguent avec les fortes chaleurs.

Le même auteur considère comme mois sec celui où le total mensuel des précipitations exprimé en millimètres, est égal ou inférieur au double de la température moyenne exprimée en degrés Celsius.

$P < 2T$ (indice de Gaussen)

De cela, le graphique des courbes ombrothermiques comportera les précipitations mensuelles (P) et les températures moyennes mensuelles (T). Les deux échelles (P) et (T) sont telles que $1^{\circ}\text{C} = 2 \text{ mm}$

Le diagramme Ombrothermique de Gaussen de la zone d'étude montre que la période sèche dure environ 107 jours (de juin jusqu'au mi de septembre)

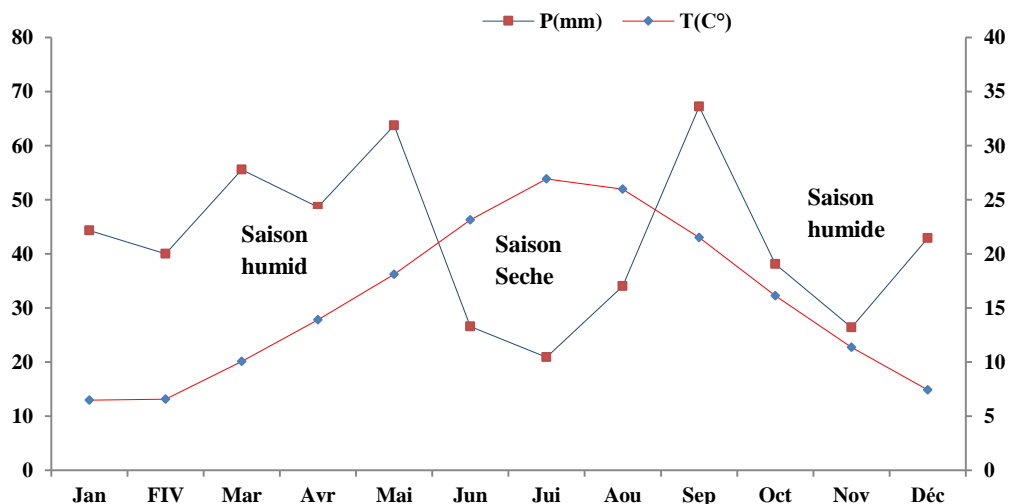


Figure 26 : Diagramme ombrothermique de Gaussen de la zone d'étude (2005-2015)

V.2.2. Quotient et climagramme pluviométrique d'Emberger

Emberger a écrit : Il est possible de subdiviser chaque région, suivant les diverses nuances climatiques, en un certain nombre de territoires climatiques. Chacun d'eux constitue ce que l'on peut appeler un étage climatique. Il propose en (1932), une formule permettant le calcul

de l'indice d'aridité annuelle en tenant compte des précipitations et de la température, cette formule peut s'écrire de la manière suivante :

$$Q_2 = 1000 P / [(M+m) / 2 (M+m)]$$

$$\text{soit : } Q_2 = 1000 P / (M^2 - m^2) = [1000 / (M+m) / 2 * 273] * [P / (M+m)]$$

Ce quotient est par la suite simplifié par Stewart (1969) comme suit :

Où :

$$Q_2 = 3,42 [P / (M-m)]$$

Avec P : hauteur des précipitations moyennes annuelles en mm ; M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (°C) ; m : moyenne des minima du mois le plus froid (°C) ; Q₂ : quotient pluviothermique annuel en mm et M-m : amplitude thermique extrême moyenne.

Dans le cas de ce travail :

$$P = 508,6 \text{ mm} ; M = 35,01 \text{ °C} ; m = 1,781 \text{ °C} \text{ Donc } Q_2 = 52,36 \text{ mm}$$

En utilisant ce climagramme avec la valeur obtenue Q₂ = 52,36 mm, m = 1,781 °C, on trouve que la zone d'étude est classée dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais Figure 27.

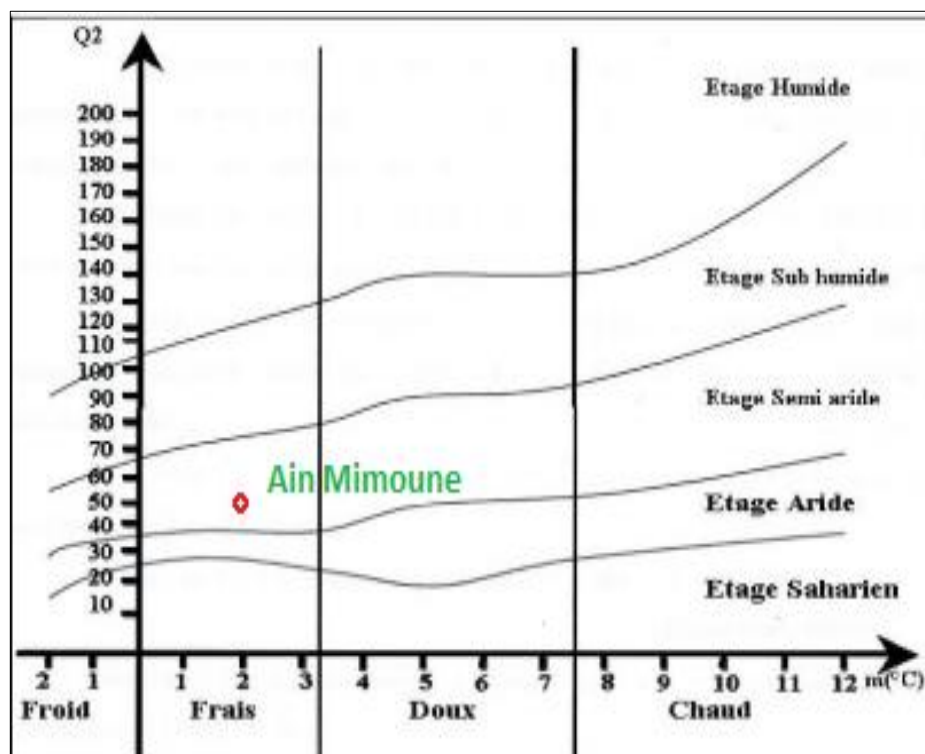


Figure 27 : climagramme d'Embergie de la zone d'étude.

Conclusion

D'une manière générale, le climat de la zone se caractérise par deux saisons, l'une pluvieuse et froide, l'autre sèche et chaude. D'après le climagramme d'Emberger, la zone d'étude est située dans l'étage semi-aride à hiver frais.

L'étude du climat nous a expliqué que la zone d'étude est soumise à des conditions climatiques plus ou moins difficiles et sévères. Le sirocco qui souffle durant l'été provoque une augmentation notable de la température et une chute brutale de l'humidité atmosphérique.

L'examen des précipitations et des températures des différents postes pluviométriques a donné des résultats spécifiques aux sous bassin de Ain Mimoun avec :

- Une précipitation moyenne annuelle de l'ordre de 508,6 mm.
- Une température moyenne annuelle de l'ordre de 15,65 C°.
- Une évapotranspiration potentielle de l'ordre de 122,037 mm.
- Une hygrométrie 62,53 %.

Chapitre III

La monographie de *Cupressus*

Introduction et généralités

La forêt est un élément intégral et principal de la vie de la planète, réservoir génétique précieux et source de revenus appréciables (Anonyme, 2009). Les arbres sont indispensables à la vie sur terre, que l'homme a de tous temps exploités, de différentes manières et pour divers usages. Ils sont couramment regroupés en deux grands ensembles : les feuillus d'un côté, les résineux ou conifères de l'autre. Les gymnospermes sont des plantes faisant partie du sous-branchement des polyphylétiques (phanérogames = plantes à graines) qui inclut les plantes dont l'ovule est à nu, est porté par une feuille fertile. Le nom gymnosperme provient du grec *gymnospermos* signifiant "semence nue". Tous les conifères sont des gymnospermes, les sapins se rencontrent en montagnes, les pins en plaines et montagnes et d'autres conifères tels, les Thuyas, genévrier, cyprès répandus notamment en Méditerranée. Les conifères forment un grand groupe d'arbres et d'arbustes à inflorescence en cônes qui compte environ 48 genres et plus de 500 espèces, formant le groupe principal des gymnospermes.

L'équilibre écologique, la protection de l'environnement, la désertification et le développement durable sont devenus des questions vitales, quand nous savons que la forêt a été considérée par l'homme comme source inépuisable de bois. Ce milieu a été inconsidérément défriché par l'homme ce qui a entraîné des conséquences néfastes sur la perte de biodiversité et la destruction de l'équilibre des chaînes trophiques existantes (Abgrall et Soutrenon, 1991).

Le genre *Cupressus* (*Cupressacées*) est constitué de 25 espèces uniquement présentes dans la zone tempérée chaude de l'hémisphère nord depuis la côte Ouest d'Amérique du nord jusqu'à la côte Est de la Chine en passant par le bassin méditerranéen (Ducreyet al, 1999).

Ces espèces montrent globalement une grande plasticité vis-à-vis des conditions édaphiques, certaines font également preuve d'une remarquable tolérance vis-à-vis de la sécheresse.

Des trois espèces méditerranéennes, le cyprès vert (*Cupressus sempervirens* L.) également nommé cyprès de Provence ou de Florence est le plus répandu, nommé par les anglophones Mediterranean Cypress. Il offre une très grande diversité, de forme et est utilisé à des fins ornementales, en brise-vent ou encore en tant qu'arbre forestier.

Les deux autres cyprès méditerranéens sont originaires d'Afrique du Nord. Le cyprès de l'Atlas (*Cupressus atlantica* Gaussen) est endémique du Haut Atlas occidental du Maroc où il constitue des peuplements assez dégradés et parfois réduits à quelques arbres. Enfin le cyprès de Duprez (*Cupressus dupreziana* A. Camus) se rencontre naturellement dans le désert du Tassili N'Ajjer, en Algérie et est une des espèces les plus menacées au monde (Dobr, 1988).

III.1. Présentation du Cyprès

Le cyprès, comme tous les conifères, est une plante monoïque, possédant sur un même individu des fleurs mâles et des fleurs femelles, ce qui lui permet de s'autoféconder, sans intervention d'un autre arbre de la même espèce. Il a une forte fécondité et on le constate par les multiples graines rondes de la taille d'une grosse bille accrochées sur les branches et ramifications tout au long de l'année. Son feuillage reste aussi toujours vert (d'où son épithète scientifique qui définit son espèce), ses feuilles rappellent des écailles imbriquées les unes sur les autres et le distinguent des cèdres, pins ou sapins qui, eux, possèdent des aiguilles plus ou moins longues. Son tronc est recouvert d'une écorce de couleur marron avec des tons rougeâtres et creusées de fentes peu profondes. On le plante en lieu exposé, car il a une grande résistance au vent et il supporte aussi bien la sécheresse qu'un sol très calcaire, des éléments qu'il retrouve fréquemment dans le sud de l'Europe, en général, et le Portugal en particulier (Andris, 2012) cité par (Riom, 2010).

III.2. Historique

Le cyprès est un arbre d'un âge très ancien qui date du pliocène (1ère tertiaire il y a -5,3 et -1,8 millions d'années), on retrouve certains cyprès actuellement qui ont été estimés à plus de 2000 ans (Malhebiau, 1994).

Au début du siècle, des peuplements spontanés de Cyprès ont été découverts. Il y a eu le *Cupressus dupreziana* au Tassili et le *Cupressus atlantica*. Ces deux espèces ont été, à un moment confondu avec le *Cupressus sempervirens* L, ce n'est qu'après des études botaniques approfondies qu'il y a eu différenciation des trois espèces. Stewart (1969) pense qu'à l'origine il y a eu une seule espèce de *Cupressus* qui recouvrait toute la zone méditerranéenne. La différenciation entre le Cyprès vert, le Cyprès du Tassili et le Cyprès de l'Atlas s'est fait au cours du temps et serait due à l'influence du milieu.

C'est un arbre qui a longtemps été consacré au culte des morts. Sa couleur verte glauque et sa forme fastigiée renforcent son côté ténébreux, on le qualifie souvent d'arbre des cimetières. Il symbolise l'éternité due à son importante longévité et son feuillage persistant (Depoërs et al.,

2002).

Tableau 5 : Différence des caractères botaniques des trois espèces de cyprès méditerranéens endémiques de l'Algérie (Ferrandes, 1979).

Partie	<i>Cupressus sempervirens</i> L	<i>Cupressus dupežina</i>	<i>Cupressus atlantica</i>
Ramule	Court, cylindrique non disique	Disposé dans un plan	Fin et court, nettement quadrangulaire
Ramule de 2^{ème} ordre	En plusieurs plans, cône de 2 à 3 cm mucrons	En plan perpendiculaire glande résinifère peu visible, cône de 1 à 2,4 cm mucrons faibles	Quadrangulaire en plan perpendiculaire, glande résinifiée visible, cône de 1,8 à 2,3cm mucron faible
Pollen	27 à 29 µm	38,5 µm	28,4µm
Graine	Irrégulier, coque épaisse aile étroite presque orbiculaire.	Presque sphérique régulier unie, aile large et fine	Brune à aile étroite

Le cyprès est un arbre d'une grande richesse qui ne possède pas que des vertus médicinales ; d'autres usages du cyprès ont été développés et découverts historiquement par des civilisations différentes ; on constate par ailleurs que ces différentes cultures rassemblent les mêmes vertus :



Figure 3 : Le bois de *Cupressus sempervirens* L. (à Ain Mimoun)

Le bois du cyprès est très résistant ; en effet, les Assyriens, les Egyptiens, les Grecs et les Romains, l'ont employé le bois de cyprès pour la construction de navires, la charpente, la menuiserie, le mobilier et aussi la fabrication de sarcophages (Pontopiddan, 2000).

III.3. Description du Cupressus

III.3.1. *Cupressus sempervirens*. L (Le Cyprès vert)

Le cyprès peut atteindre 40 m de hauteur, monoïque et thermophile, il est très ramifié, ses ramifications sont denses, le tronc peut dépasser 1 m de diamètre, les rameaux jeunes sont rougeâtres alors que les rameaux âgés sont gris brun. Il est caractérisé par ses cônes sphériques écailleux ; gros comme une noix ; arrondis, et d'un gris brun un peu luisant, ont 2 à 3 cm de diamètre et se composent de 8 à 12 écailles ligneuses et élargies au sommet, en forme de têtes de clou polygonales, qui s'écartent à maturité pour laisser échapper les graines (Becker et al, 1982).

Cette espèce se développe dans les basses montagnes sèches (Garnier et *al.*, 1961 ; Bonnier, 1990) sur terrain calcaire et siliceux, généralement en mélange avec le *Juniperus phoeniceae*. Les feuilles persistantes, en forme d'écailles, triangulaires, d'un vert foncé, imbriquées sur 4 rangs, revêtent entièrement les rameaux. Le Cyprès vert résiste à une température jusqu'à -20 °C. Comme beaucoup de plantes méditerranéennes, c'est le froid humide en hiver qui peut être préjudiciable à sa longévité, (Alifriq, 1995).

Pour le sol ; indifférent, drainé, sinon ras même sec et calcaire. Le Cyprès préfère un sol riche profond, plutôt bien drainé (arrosé), mais force de constater qu'il s'adapte parfaitement aux sols pauvres et secs. Sa croissance sera alors bien sur moins rapide et plus limitée. Un sol trop humide peut entraîner le développement des champignons parasites (Benjamaa, 2004). C'est une espèce excellente vis-à-vis de la résistance au vent et à la sécheresse (Arfaoui, 2002).

La multiplication : se fait par semi au printemps après avoir pris soin de conserver les graines au froid durant trois mois pour respecter la dormance, ou par bouturage en fin d'été, (Boujemaa et Cherni, 2005).

Le port : est élancé, conique, en étroite colonne compact et dense.

Le feuillage : persistant, aromatique, vert foncé.

Les feuilles : sont des écailles cypressoides, opposées, décussées, imbriquées, légèrement aplaties (Figure 4).

Les fleurs : à l'extrémité des rameaux, chatons males jaune à brun clair chargés en pollen pouvant être allergisants en février – mars, les femelles globuleux verts réunis à l'extrémité des jeunes pousses (Figure 4).

Taille : l'arbre a une taille moyenne de 20 à 30 m. On distingue différentes formes de Cyprès qui par sélection, ont donné des variétés aujourd'hui bien distinctes reproduites par bouturage.

On distingue notamment une forme aux branches horizontales et houppier conique : *Cupressus sempervirens* « horizontalis » et une forme colonnaire qui forme un fuseau plus ou moins étroit : *Cupressus sempervirens* « pyramidalis » ou « stricta » (Letreuch, 1991).

Graines : les graines sont petites, mesurant de 4 à 7 mm de long. Elles portent deux ailes, de part et d'autre de la graine.

Fruits : strobiles, globulaires, verts (3,5 à 4 cm) et brillants, légèrement mucronés à 6 – 14 écailles ligneuses polygonales d'un brun clair à brun foncé à maturité tous les deux ans (Figure 4), contenant de nombreuses graines ailées (Camus, 1914).

Reproduction : La floraison se produit au début du printemps, en mars-avril. La pollinisation est anémogame (pollen transporté par le vent).

Pollen : les grains de pollen des Cupressacées sont morphologiquement très homogènes. Il est donc impossible de réaliser des déterminations polliniques au niveau du genre ou de l'espèce. Le genre *Cupressus* pollinie abondamment en février – mars. Le Cyprès a un pollen au pouvoir allergisant, lorsqu'ils sont en trop grande quantité dans l'atmosphère.

Enracinement : son enracinement le fixe solidement au sol. Il assure la stabilité de l'arbre (Boudy, 1950).

Les cônes sont en forme d'œufs grumeleux et peuvent atteindre une longueur de 4 cm avec des écailles pentagonales porteuses d'une pointe écaillée de petite taille (Figure 4).



Figure 4 : Feuille, cônes et fleurs de *Cupressus sempervirens* L.

III.4. Aire de répartition

Son aire de répartition se trouve en zone tempérée chaude de l'hémisphère Nord (Arbez, 1987). Son climat est plutôt continental type méditerranéen. Il est présent dans la région circum-méditerranéenne, en Iran, en Grèce, en Tunisie, en Algérie et au Maroc. D'autres peuplements sont signalés en Amérique et en Asie tels que les cyprès Chinois et Himalayens.

Pour certains auteurs, il serait originaire de l'île de Chypre et de là, il se serait propagé en Grèce, Turquie. Plus de 25 taxons du genre *Cupressus* sont dénombrés. La majorité des espèces du genre *Cupressus* ont une aire d'origine très restreinte sous forme d'îlots résiduels.

III.4.1. La répartition mondiale

En Espagne, le *Cupressus sempervirens* L, a été introduit seulement récemment et les espèces les plus vieilles ont environ 150 ans. En France, le Cyprès a été planté et se trouve dans toutes les régions côtières allant des Alpes aux Pyrénées. En Grèce, le Cyprès pousse du niveau de la mer jusqu'à la limite de la végétation (1750 m au dessus du niveau de la mer en Crète) et constitue des forêts naturelles en Crète, à Samos, Rhodes, Kos, Simi et Millos. En Italie, nous ne trouvons pas de forêts naturelles de Cyprès. Des Cyprières de petite dimension se trouvent sur les collines de la côte de la mer Tyrrhénienne, de la Ligurie à la Calabre et en Sicile ; celles plus vastes et productives, sont localisées en Italie centrale, surtout en Toscane près de Florence, de Sienne et de Pise. Dans le Nord de l'Italie, le Cyprès se trouve principalement sur les rives des lacs (Figure 5).

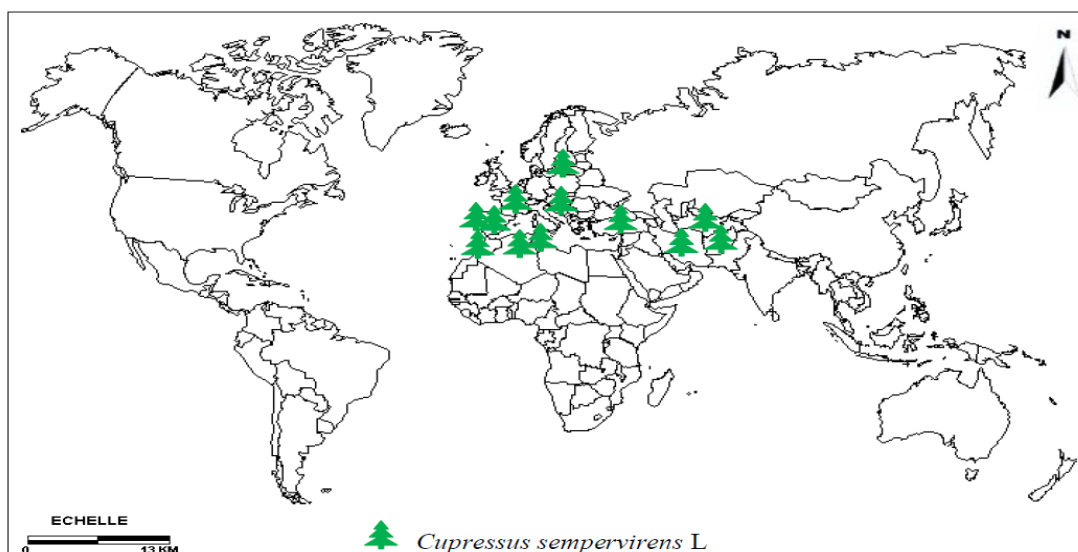


Figure 5 : Aire de répartition du *Cupressus sempervirens* L (Laarouk, 1998)

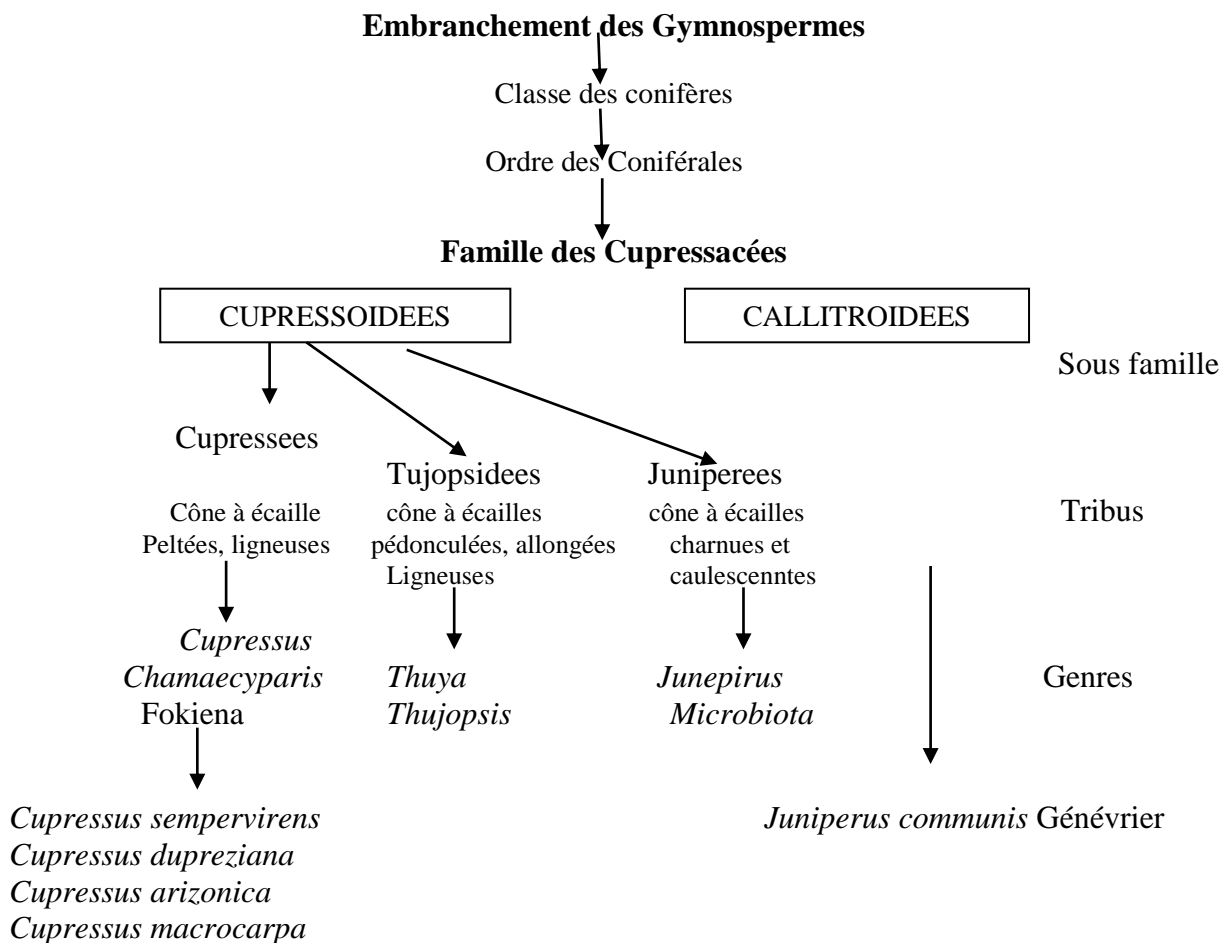
III.4.2. Répartition en Algérie

Il serait très anciennement naturalisé partout ailleurs. Quoiqu'il en soit, en Afrique du Nord et tout particulièrement en Algérie, il se comporte actuellement comme une essence autochtone, très bien adaptée à nos climats secs. Il en existe deux formes, souvent présentes dans le même lot de plants : la forme fatiguât à cime étroitement conique et la forme horizontale à branches étalées (Letreuch, 1991) (Figure 5).

III.5. Systématique et taxonomie du cyprès

III.5.1. Taxonomie

Le cyprès vert, arbre du genre *Cupressus*, est un conifère qui appartient à la famille des *Cupressaceae*, sous famille des *Cupressoideae* composé de deux tribus différentes, les *Cupresseae* incluant notre *Cupressus sempervirens* et les *Tujopsideae* (Pontoppidan, 2000). Les cyprès font partie de l'embranchement des Gymnospermes et de l'ordre des coniférales qui regroupe un ensemble de plantes ligneuses telles que les arbres et arbustes (Gazengel et Orecchioni, 2000).



Espèce Famille comportant de nombreux genres et espèces (Berthou, 2006).

III.6. Présentation botanique du *Cupressus sempervirens* L

Alain Pontoppidan, auteur du livre le Cyprès, affirme que tous les cyprès de Provence n'ont pas forcément une forme avec les branches dressées appliquées le long du tronc; en effet la forme pyramidale qui prend la forme d'un sapin, et la forme érigée classique sont bien distinctes; d'ailleurs cette forme fastigiée est le fruit d'une sélection en sa faveur depuis plusieurs années (Pontoppidan, 2000).

III.6.1. Les feuilles

Les feuilles vertes et persistantes sont triangulaires et disposées en écailles fines le long des rameaux; elles les recouvrent étroitement en formant à chaque fois une rangée de 4 écailles poussant tout autour des rameaux. Elles sont épaisses, aplaties, avec des bords finement denticulées (Hames, 1966), de couleur vert glauque, voir bleutée, dégageant une odeur aromatique apaisante. Ses feuilles persistantes lui permettent de résister aux grandes sécheresses ; cette adaptation est commune chez tous les *Cupressus* qu'on retrouve en général sur des sols calcaires, pauvres et secs (Pontopiddan, 2000).

Cette adaptation est renforcée par la présence d'une minuscule glande résinifère peu apparente qui se situe au sommet ou sur le dos de l'écaille et qui permet de lutter contre la sécheresse. Cette glande est, chez le Cyprès de Provence peu active, mais est spécifique de la famille des *Cupressaceae* (Pontopiddan, 2000). Les feuilles permettent de différencier les diverses espèces du genre *Cupressus* (Berthou, 2006).

-extrémités des feuilles aigües et libres: *C. lusitanica*

-feuilles d'un gris-vert terne, souvent nombreuses zones blanches: *C. arizonica*

-feuilles d'un vert brillant, à odeur de citron au froissement, extrémités des ramilles en massue : *C. macrocarpa*

-feuilles d'un vert foncé terne, sans odeur marquée au froissement; extrémités des ramilles effilées : *C. sempervirens* L.



Figure 6 : Les feuilles du *Cupressus sempervirens* L.

III.6.2. Les Fleurs coniques

La floraison a lieu au tout début de l'année, se situe en général entre janvier et mars mais elle peut varier suivant les régions (Pontopiddan, 2000). Les fleurs unisexuées se situent à

l'extrémité des rameaux et sont groupés en chatons. Les chatons mâles se présentent sous forme de petits renflements à l'extrémité des rameaux ; les écailles qui le composent s'ouvrent et laissent apparaître les étamines d'un jaune soufre renfermant un pollen abritant les gamètes mâles (Pontopiddan, 2000). La présence de 2 ballonnets aérifères de part et d'autre du grain de pollen, facilite la pollinisation anémophile (Gazengel et Orecchioni, 2000).

Les chatons femelles se présentent sous forme de minuscules artichauts et sont situés juste au dessus des chatons mâles ; il faut savoir qu'une dizaine d'écailles correspondent à peu près à une fleur (Pontopiddan, 2000). Les écailles sont d'une couleur verte et rassemblées en bouquet à l'extrémité des jeunes ramules. La fleur contient les ovules nus dans lesquels se trouve la nucelle où est développé l'endosperme. Celui-ci est formé de 3 archéogones contenant chacun la cellule reproductrice femelle ou gamète femelle (Gazengel et Orecchioni, 2000).

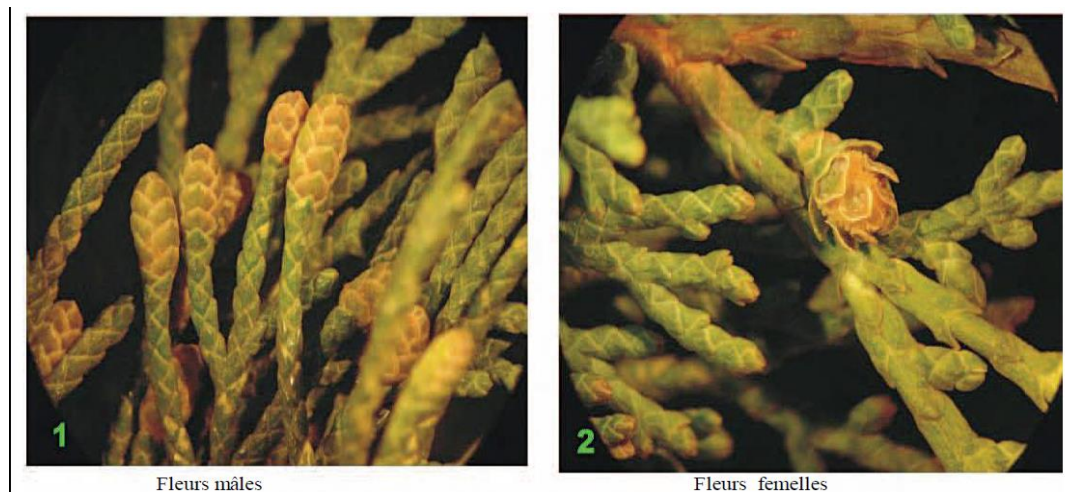


Figure 7 : Cyprès vert (*Cupressus sempervirens* L.) (Marcello et al., 2004)

III.6.3. La fécondation

Lorsque le grain de pollen arrive au contact de l'ovule germé, il émet un tube pollinique qui pénètre à l'intérieur de l'ovule, les gamètes mâles sont alors libérés et arrivent au niveau d'un des 3 archéogones. La fécondation a lieu entre le gamète mâle et l'oosphère où la fusion donne un embryon qui se développera par la suite (Figure 7) (Gazengel et Orecchioni, 2000).

III.6.4. Le cône fructifère

Les chatons femelles suite à la fécondation s'organisent chacun en un strobile globuleux formé de 8 à 12 écailles peltées, ligneuses, hexagonales qui sont reliées entre elles par un

pédoncule central. Chaque écaille est surmontée d'une petite pointe appelée 'mucron' (Figure 8) (Pontopiddan, 2000).



Figure 8: Cônes fructifères du *Cupressus sempervirens* L

Les cônes verts globuleux, de 2 à 3 cm de diamètre, mûrissent sur 2 ans et évoluent par la suite en galbules lignifiées appelées noix de Cyprès. A leur maturité, les écailles vont se séparer et libérer les graines nues (Depoërs et al, 2002).

III.7. Caractéristiques écologiques de cyprès

Le Cyprès est une plante de climat doux. Il a besoin de chaleur ; il doit être protégé des vents froids. Il peut résister à des températures négatives allant jusqu'à -20°C.

III.7.1. Température : du point de vue thermique, le Cyprès peut résister à une température jusqu'à - 20°C. Comme beaucoup de plantes méditerranéennes, c'est le froid humide en hiver qui peut être préjudiciable à sa longévité (Alifrique, 1995).

III.7.2. Précipitation : le Cyprès est une essence xérophile, car c'est un arbre robuste susceptible de s'adapter à des conditions physiques très sévères. Mais il peut être plastique, c'est-à-dire qui peut se développer dans des climats humides. En effet, le Cyprès est un arbre qui n'a pas d'exigence pluviométrique et peut se contenter de 250 à 350 mm / an.

III.7.3. Altitude : le Cyprès vert se rencontre spontanément dans toutes les zones basses du pourtour méditerranéen à moins de 500 m d'altitude. On les trouve souvent en limites de zones agricoles ou en alignement dans les parcs ou les propriétés où leur forme particulière en fuseau marque les paysages.

III.7.4. Sol : il est indifférent à la nature chimique du substrat. Il préfère les sols profonds, drainés, si non ras même sec et calcaire. Il supporte mal les terres argileuses ou trop gorgées

d'eau. Néanmoins, le Cyprès vert tolère les sols superficiels (moins de 50 cm, voire 30cm) et caillouteux. Un sol trop humide peut entraîner le développement des champignons parasites (Benjamaa, 2004). C'est une excellente essence vis-à-vis la résistance au vent et à la sécheresse (Arfaoui, 2002).

III.7.5. Associations végétales Les espèces végétales associées au Cyprès sont différentes selon les conditions écologiques, c'est-à-dire la pluviométrie, l'altitude et les conditions édaphiques. On trouve *Juniperus* sp, *Rosmarinus* sp, *Ampelodesma mauritanica*...

III.7.6. Régénération : Le Cyprès est un arbre au tempérament vigoureux et rustique. Sa régénération se fait aisément, les graines germent plus facilement dans la partie fraîche. Dans les zones très sèches, les semis arrivent à s'implanter s'il n'y a pas de surpâturage. Le feu, en supprimant les inhibitions (dormances) et la concurrence, semble avoir un impact très positif sur la régénération de Cyprès.

III.8. Relation entre la végétation et la pollution

L'épuration de l'air par les végétaux est en effet de plus en plus étudiés (Zulfacar, 1975). elle se fait principalement en absorbant des toxiques gazeux ou en fixant les poussières en suspension dans l'air (Wedding et al., 1975). (Piret et kooken, 1979) considéraient que les plantes supérieures sont des bioindicateurs valables de la pollution atmosphérique. les polluants peuvent affecter la photosynthèse, la formation des parois cellulaire, la germination, l'absorption de l'eau, la mobilisation des éléments nutritifs, l'allongement cellulaire et d'autre processus physiologiques absents chez les animaux (Rana, 1995).

Conclusion

Cyprès est l'espèce la plus importante dans le programme de reforestation en Algérie, vues les particularités qu'il offre dans l'utilisation domestique et industrielle.

Pourtant, sa régénération facile, pose des problèmes à cause des conditions climatique, vieillissements et dépérissement causé par différents facteurs (incendies, pollution, champignon lors de l'humidité...etc).

Cela dit, il est nécessaire de poursuivre les facteurs de culture et de reboisement susceptibles d'améliorer les caractéristiques physiologique et morphologique de cette espèce dans différentes stades de sa vie.

Chapitre IV

La biosurveillance

IV.1. Notion de biosurveillance

La biosurveillance végétale et fongique de la qualité de l'air s'est développée depuis les années 1970 et se définit par Garrec et Van Haluwyn comme l'utilisation des réponses à tous les niveaux d'organisation biologique (moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique, tissulaire, morphologique, écologique) d'un organisme ou d'un ensemble d'organismes pour prévoir et/ou révéler une altération de l'environnement et pour en suivre l'évolution (Van Haluwyn, 2002) cité par (Van Haluwyn et al., 2008). En fonction des niveaux de réaction des organismes, trois concepts de biosurveillance ont été distingués : la biointégration qui est la modification de la présence et de l'abondance des espèces ; la bioindication ou l'altération macroscopique individuelle morphologique ou tissulaire ; et la recherche de biomarqueurs ou réactions précoces infra individuelles invisibles, comme les altérations cellulaires ou moléculaires. En parallèle, vient s'ajouter la bioaccumulation, c'est-à-dire la capacité de certains organismes à accumuler les polluants présents dans l'air (Van Haluwyn, 2009).

La biosurveillance se révèle un outil complémentaire fragile mais utile pour estimer l'impact de la pollution ou sensibiliser la population. Englobant différents concepts de surveillance selon les propriétés et les objectifs recherchés, elle se fonde sur les réactions spécifiques des végétaux en fonction de la dose de certains polluants présents dans l'air (Air d'Alasca, 2005).

IV.2. Définition de bioindicateur

IV.2.1. Les niveaux d'indication

La bio surveillance et la bio indication regroupe quatre concepts :

- **l'utilisation de bio marqueurs** : basée sur l'observation, au niveau individuel, d'altérations (moléculaires, biochimiques, cellulaires, physiologiques) non visibles. On distingue les biomarqueurs d'effets et d'exposition. Ce domaine est actuellement celui qui connaît le plus important développement fondamental.
- **la biointégration** : consiste en l'observation de la modification de la présence, de l'abondance d'espèces au sein de populations, de communautés. Actuellement ce concept est notamment utilisé pour l'étude des changements d'aires de répartition ou de disparition d'espèces imputables au changement climatique. Ces premiers concepts font appel à des réactions physiologiques des organismes.

- **la bioaccumulation** : se fonde sur la capacité de certains organismes à accumuler les polluants à une concentration supérieure à celle observée dans l'air. Dans ce cas, les polluants et leurs concentrations doivent être déterminés, après extraction, à l'aide de techniques analytiques (**ICP/MS, ou GC/MS...**). La bioaccumulation est extrêmement utilisée et peut s'intégrer dans l'évaluation des risques pour la santé humaine, notamment dans le cas d'accumulation de polluants dans des plantes cultivées alimentaires.

Ces concepts s'articulent selon les niveaux d'organisation biologique. Leur association relie sur le plan fondamental la biosurveillance à l'écotoxicologie. Ce point est important car l'objet principal de la biosurveillance est l'étude des effets des polluants atmosphériques (Van Haluwyn et al., 2008).

- **Les biotraceurs**

Ce sont des organismes sédentaires qui bioaccumulent à long terme des toxines dans l'environnement (philips, 1993) cité par (Van Collie et parent, 2011). Exemple des vers de terre, mousses, lichens (Van Collie et parent, 2011).

Plusieurs de ces biotraceurs peuvent non seulement être analysés pour leurs teneurs en contaminants après leur récolte *in situ*, mais aussi être étudiés en laboratoire pour la toxicocinétique de bioaccumulation de ces contaminants (Van Collie et parent, 2011).

IV.2.2. Types de bio indicateurs

a. Bioindication active

On utilise la végétation en place et quelquefois des espèces cultivées présentes dans la zone à étudier. Les avantages de cette méthode sont la présence constante de ces plantes sur le terrain et la possibilité d'étendre l'échantillonnage. Le désavantage de cette technique vient de la variabilité des conditions bioclimatiques, des caractéristiques génétiques de la végétation, et de l'hétérogénéité de la répartition spatiale des plantes.

b. Bioindication passive

Dans ce cas, on utilise des végétaux en place, poussant naturellement sur les zones d'investigation. Elle présente l'avantage de la durée de présence (pour les vivaces) et de s'affranchir des phases de production et mise en place du "matériel" indicateur. L'avantage de cette technique est qu'il est possible de travailler avec une population homogène de plantes. Le désavantage de cette technique réside dans le coût d'une culture en conditions standards (Castell, 2009).

IV.3. Biosurveillance par les végétaux

Les végétaux sont d'excellents indicateurs de pollution de l'environnement. Les mousses et les lichens sont particulièrement efficaces dans la bioindication de la contamination par les métaux lourds provenant de la pollution atmosphérique et par leurs propriétés de bioaccumulateurs.

Ils sont plus sensibles que les animaux et les matériaux à plusieurs polluants et ont des réactions spécifiques en présence de certains d'entre eux, car ils peuvent aider à détecter la présence d'un polluant, longtemps avant qu'il n'atteigne une concentration toxiques pour d'autres organismes.

Les plantes supérieures servent d'indicateurs dans la pollution de l'air dans les zones fortement polluées où lichens et mousses sont souvent absents. Les aérosols de métaux polluent le sol et les plantes qui interceptent ces polluants non seulement sous forme de dépôts atmosphériques mais accumulent également les métaux de l'air provenant du soulèvement du sol. Les métaux lourds déposés sont prélevés du sol par les plantes via le système racinaire puis transloqués vers les autres régions à savoir les feuilles et les tiges (Mulgrew et Williams, 2000).

Presque tous les travaux se rapportant à des méthodes d'études biologiques, les plantes sont "bon marché" et faciles à manier pour les techniques physiques ou chimiques et servent alors d'indicateurs biologiques (Impens et al., 1982).

IV.3.1 La biosurveillance par les plantes inférieures

IV.3.1.1. Biosurveillance par les lichens

Avec 25000 espèces différentes, les lichens représentent près de 6 % de la couverture terrestre (Nash, 2008) (Figure 9). Capables de coloniser des milieux biogéographiquement très variés, jusqu'à des conditions les plus extrêmes dans lesquels aucun des deux partenaires de la symbiose ne s'accommoderait isolément, ils jouent des rôles primordiaux pour les écosystèmes (comme la mise en place des sols). De ce fait, ils participent au transfert des éléments chimiques au sein des écosystèmes, et donc des cycles biogéochimiques, tant pour les éléments majeurs que pour les éléments traces (Catinon, 2010).

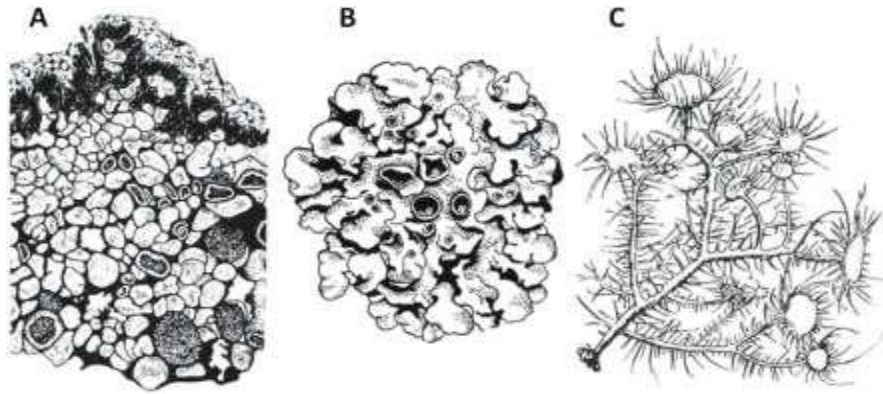


Figure 9 : Thalles de lichen : crustacé (A), foliacé (B) et fruticuleux (C)
(Ozenda, 2006 cité par Catinon, 2010).

IV.3.1.2. Biosurveillance par les mousses

Le groupe des mousses *s.l.* (Bryophytes) appartient aux plantes à caractères rudimentaires sans tissus conducteurs et aux organes (tiges, feuilles et racines) relativement simplifiés (Figure 10) Ils descendent des premiers organismes ayant conquis le milieu terrestre à partir des algues vertes. Ils restent inféodés aux milieux humides et peu ensoleillés. On estime à 25000 le nombre total d'espèces de Bryophytes sur Terre, dont 15 000 espèces de vraies mousses, les Bryopsidées (Catinon, 2010).

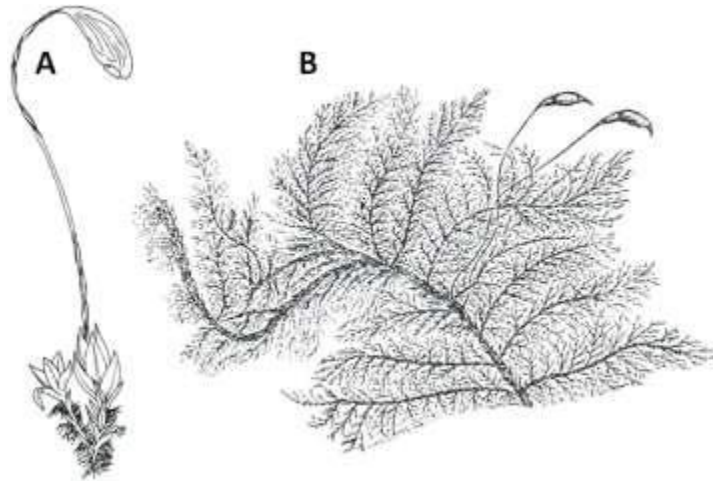


Figure 10 : Formes variées chez les mousses : les mousses des genres *Funaria* (A) et *Hypnum* (B) (Catinon, 2010).

IV.3.2. La biosurveillance par les plantes supérieures

Les arbres et les arbrisseaux pouvant être utilisés dans la détection de la pollution par les métaux lourds peuvent être aussi bien des conifères que des arbres à feuilles caduques. Les conifères indiquent une pollution chronique. Leurs anneaux de croissance peuvent refléter les

variations annuelles dans la concentration en métaux dans l'environnement immédiat des arbres (Mulgrew et Williams, 2000).

Les espèces d'arbres à feuillage fourni considérées comme sensibles à une contamination par les métaux incluent *Betula pendula*, *Fraxinus excelsior*, *Sorbus aucuparia*, *Tilia cordata*, *Malus domestica*. Il existe encore de nombreux bio-accumulateurs indicateurs tels que : *Ailanthus glantulosa*, *Quercus robur* et *Fagus silvatica* (Mulgrew et Williams, 2000). Les conifères sont souvent considérés comme meilleurs bio-indicateurs (temporaires) d'une contamination de l'environnement, car leur qualité de bois réduit le transfert latéral des polluants à travers les anneaux (Zayed et al., 1991). Le pin sylvestre (*Pinus sylvestris*).

IV.3.3. Biosurveillance par les écorces

Tout arbre contient, en partie superficielle du tronc, des branches et des racines, une couche protectrice issue de l'accumulation de cellules produites par et en périphérie de l'assise cambiale incluant liber et rhytidome. Il s'agit de l'écorce (Figure 11). Depuis que le lien direct entre acidité de l'écorce et teneur en SO₂ dans l'atmosphère est connu (Staxäng, 1969 ; Grodzińska, 1977), les écorces ont fréquemment été employées en biosurveillance tant pour les éléments majeurs (Takala et al., 1991 ; Schulz et al., 1997, 2001) que pour les éléments traces (Barnes et al., 1976 ; Laaksovirta et al., 1976 ; Lötschert et Köhm, 1978 ; Swieboda et Kalembe, 1979 ; Huhn et al., 1995 ; Berlizov et al., 2007) Cité par (Catinon, 2010).

L'écorce présente un avantage non négligeable en matière de surveillance biologique du fait de sa grande disponibilité, notamment en zones fortement anthropisées dans lesquelles il devient difficile de trouver des matrices biologiques indicatrices. Plus de 40 espèces ont été utilisées à ces fins en Europe, dont les plus courantes sont : *Acer platanoides* L., *Fraxinus excelsior* L., *Quercus robur* L., *Tilia cordata* Mill., *Picea abies* (L.) H. Karst ou encore *Pinus sylvestris* L (Catinon, 2010).

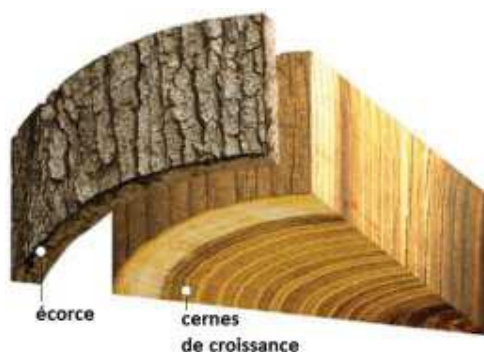


Figure 11 : Coupe transversale d'un tronc d'arbre (Encyclopaedia Britannica, 2008) cité par (Catinon, 2010).

IV.4. Rôle de la feuille dans la biosurveillance

Les surfaces foliaires des arbres, comme les herbes, peuvent déterminer l'importance de l'accumulation des particules. En Grèce (Sawidis et al., 1995), ont étudié une sélection d'espèces d'arbres bioindicateurs du Zinc et du Cuivre. Ils ont découvert que l'espèce la plus accumulatrice de métaux possédait une surface foliaire rugueuse qui augmentait efficacement la capture et la rétention des particules. Par exemple, il a été rapporté que les feuilles de *Rosa rugosa* sont des détecteurs très efficaces des éléments traces (Mulgrew et Williams, 2000).

Les deux épidermes de la feuille sont recouverts d'une cuticule, imprégnée de cutine, généralement plus épaisse sur la face supérieure. La cuticule a une structure stratifiée et sa composition varie d'une espèce à l'autre. La cuticule, dès qu'elle a une certaine épaisseur, constitue certainement une barrière efficace contre la plupart des polluants, mais ce n'est pas nécessairement une protection, surtout quand il y a immobilisation de polluants, cas des poussières formant une barrière contre le rayonnement entraînent une diminution de la photosynthèse. Dans les feuilles non encore adultes, les zones de croissance sont recouvertes d'une cuticule immature plus perméable qu'à l'état plus âgé.

IV.5. la chlorophylle et la biosurveillance

En raison de leur immobilité, les plantes ont développé des stratégies efficaces afin de s'adapter aux stress hydrique et salin (Büßis and Heineke, 1998). Les facteurs de stress abiotiques environnementaux, comme la sécheresse, la salinité et les températures extrêmes sont des facteurs limitant de la croissance de la plante et de la productivité des cultures. Les organismes vivants dans ces habitats où ces facteurs sont prédominants ont développé des formes d'adaptation variées en accumulant des solutés organiques tels que sucres et alcools ; acides aminés, principalement la proline, ammonium et sulfonium en réponse à un stress osmotique et sont localisés dans le cytoplasme contrairement aux ions qui s'accumulent préférentiellement dans la vacuole (Rathinasabapathi, 2000).

IV.5.1. Les pigments chlorophylliens

IV.5.1.1. définition de la chlorophylle

La chlorophylle est le principal pigment photosynthétique. Elle est présente chez presque tous les organismes photosynthétiques et est à l'origine de leur couleur verte car elle absorbe fortement la lumière visible dans les longueurs d'onde correspondant au bleu et au rouge mais laisse filtrer une grande partie de la lumière verte. On dénombre jusqu'à plusieurs centaines de millions de molécules de chlorophylle dans un seul chloroplaste. Deux structures

remarquables caractérisent cette molécule : - un noyau tétrapyrrolique ou chlorine, contenant un atome de magnésium en son centre ; - une chaîne terpénique ou phytol, constituée de vingt atomes de carbone. Il existe différentes formes de chlorophylles, dont les seules présentes chez les végétaux supérieurs sont la chlorophylle *a* et la chlorophylle *b*. Les autres formes (chlorophylles *c* et *d*) présentes chez certaines algues ou bactéries. Cité par (Féret, 2009).

a. Les chlorophylles *a* et *b*

On regroupe sous le nom de chlorophylle 6 espèces moléculaires répandues dans le monde photosynthétique, telles que chl *a*, chl *b*, chl *c*, chl *d*, carotènes et xanthophylles. Chez les végétaux supérieurs on en trouve 2 types, la chl *a* et la chl *b* qui répondent au squelette moléculaire représenté dans la (Figure 12).

Les chlorophylles *a* et *b* sont toutes deux vertes mais leur spectre d'absorption est légèrement différent. La plupart des végétaux supérieurs contiennent environ deux fois plus de chlorophylles *a* que de chlorophylle *b* (Lehninger, 1989).

L'action des polluants, même à faible dose, se manifeste, même avant l'apparition de symptômes visibles, par des modifications dans la proportion des pigments chlorophylliens. Il y a là un moyen de suivre les effets d'une pollution par dosage de ces pigments.

b. Structure des chlorophylles *a* et *b*

La structure de la chlorophylle *a* s'adapte à sa fonction biologique qui est montrée sur la figure. Le système à 5 noyaux intensément coloré, qui lui-même forme un plus grand anneau autour de Mg^{2+} , dote la molécule d'un pouvoir d'absorption de la lumière ; Mg^{2+} provoque la formation d'agrégats de chlorophylle qui facilitent la capture de la lumière et la longue chaîne latérale hydrophobe non seulement ancre mais aussi oriente la molécule de chlorophylle dans la bicouche lipidique de la membrane (Lehninger, 1989).

Les chlorophylles sont constituées d'un noyau tétrapyrrolique, les pyrroles I, II, III, et IV reliés par des ponts méthényles (-CH-). Chaque pyrrole possède différents substituants : dans le cas de la chlorophylle *a*, le pyrrole il possède un $-CH_3$ qui est remplacé par un $-CHO$ dans le cas de la chlorophylle *b*. Les atomes d'azote sont liés à un atome de magnésium par deux liaisons ioniques et deux liaisons de coordination. Contre le noyau III se trouve un cycle supplémentaire (V) avec une fonction carboxyle estérifiée par méthanol. La fonction

carboxyle associée au noyau IV est estérifiée par l'alcool à très longue chaîne en C₂₀ : le phytol. L'ensemble de la molécule de la chlorophylle est amphiphile. Dans la membrane des thylacoides, les chlorophylles sont associées à des protéines et forment des complexes protéines- pigments cité par (Françoise et Roger, 2008).

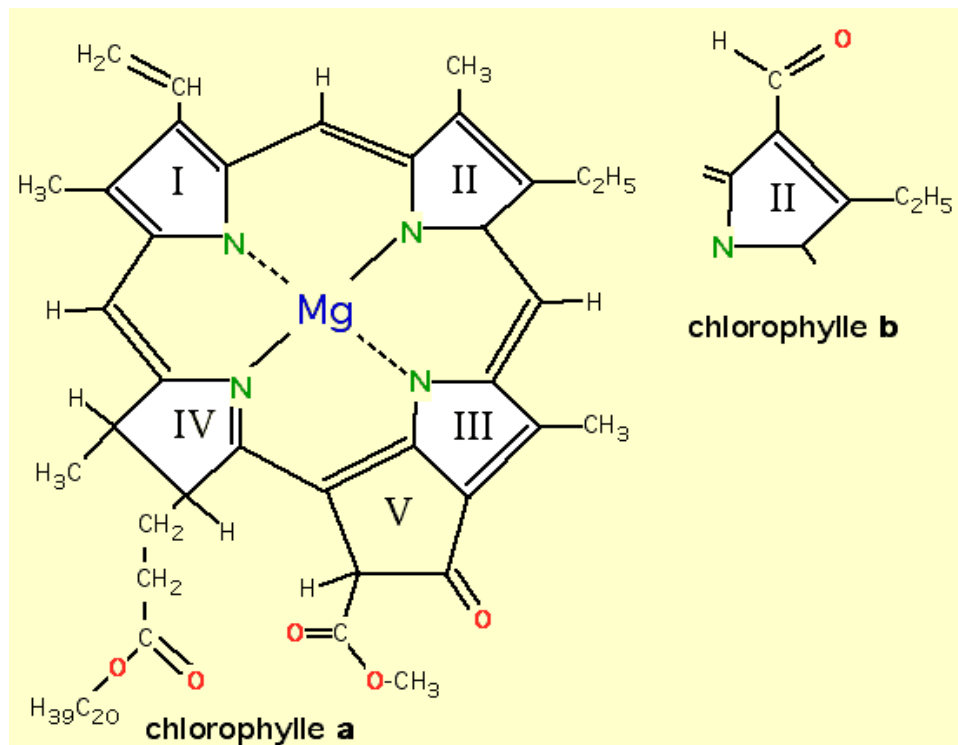


Figure 12 : molécules de chlorophylles *a* et *b*. cité par (Françoise M et Roger P, 2008)

Tableau 6 : Caractéristiques physico-chimiques des chlorophylles a et b (Féret, 2009).

Chlorophylle	<i>a</i>	<i>b</i>
Formule chimique	C ₅₅ H ₇₂ O ₅ N ₄ Mg	C ₅₅ H ₇₀ O ₆ N ₄ Mg
Masse molaire g.mol ⁻¹	893,5	907,5

IV.5.2. Chlorophylles et stress

Tous les polluants atmosphériques retenus par les feuilles sont transformés à l'intérieur de la plante et affectent sa respiration, sa transpiration et sa photosynthèse. Les dommages causés se manifestent par des chloroses au niveau de feuilles et des lésions nécrotiques (Landis and Yu, 1995), donc par dégradation des chlorophylles. La biosynthèse des chlorophylles est beaucoup plus inhibée par le froid que par la chaleur (Côme, 1992).

IV.5.3. L'endommagement des pigments de chlorophylle « biomarqueurs de pollution »

L'exposition des plantes à l'ozone a causé l'altération de la feuille donc la dégradation de la Rubisco et de la chlorophylle. Les effets négatifs de l'ozone sur la croissance ont été rapportés dans plusieurs arbres. Cependant les mécanismes responsables de ces réductions de croissance ne sont pas complètement compris. Photosynthèse détériorée, activité et quantité de la Rubisco diminuée, diminution du contenu des chlorophylles et stomates sont souvent des phénomènes amputables à l'ozone des usines (Paakkonen, 1996).

Pour le SO₂, les pores stomatiques sont les principaux ports d'entrée à l'espace interne des feuilles. Il est transloqué rapidement par la plante et affecte la photosynthèse, La transpiration et la respiration, les trois principales fonctions des feuilles (Wayn et Ho Yo, 1995).

Le changement de la teneur des feuilles en chlorophylle est un des indicateurs relatifs de la vigueur des plantes et de la qualité de l'environnement. Beaucoup d'influence de l'environnement délétère que l'inhibition croissance des plantes, allant des carences en éléments nutritifs à la pollution anthropogénique, peut entraîner une diminution de la teneur en chlorophylle des feuilles. À son tour, les propriétés optiques des feuilles dans le spectre visible sont fortement dépendantes de la chlorophylle et peuvent donc servir d'indicateurs relatifs de la vigueur de la plante et de la qualité environnementale (Gregory et al., 2002).

Chapitre VI

Résultats et discussion

VI.1. Etat des arbres dans les différentes stations

Des observations sur l'état des plantes, leur apparence, leur variation morphologique ou les dégâts observés ont été faite régulièrement au cours de l'échantillonnage.

Les effets à retardement des polluants atmosphériques sur les écosystèmes forestiers peuvent persister plusieurs décennies, de sorte que même si les émissions étaient rapidement contrôlées, les forêts ne réagiraient pas pleinement à la purification de l'atmosphère (Nilsson et Sallinas, 1999).

La persistance de cette situation de dégradation provoque des pertes économiques considérables tant au niveau de la productivité des cultures que sur le plan de la commercialisation des produits du forêt (bois).

Dans les stations (S2) Tafrent, (S3) Foug Azrou et (S4) Boussennen, nous avons observé des poussières blanches d'usine, se déposent et adhèrent fortement aux aiguilles (surface foliaire) (Figure 35).



Figure 35 : Les poussières blanches sur les feuilles de *Cupressus sempervirens* L.

Des différences dans les tailles et couleurs des feuilles et de bois d'espèce étudié ont été observé, près de l'usine de transformation de la baryte (Stations 2 et 3), les plus exposées aux poussières par rapport à d'autres spécimens se trouvant dans les stations où il n'y pas de dépôts telles que Bir Ouasfane (S1) (Figure 36) et Oued Zarif (S5) et (S6), considérée comme témoin car elle présente des indices de non-pollution : couleur vive de la chlorophylle, on peut dire que La pollution atmosphérique se manifeste par des nécroses, une décoloration des feuilles (Lemee, 1978).



Figure 36 : Aspect de la chlorophylle de *Cupressus sempervirens* L.

La majorité des aiguilles de *Cupressus sempervirens* L dans les stations limitrophes de l'usine présentent des taches jaunâtres et brunâtres, donc une altération de la chlorophylle est certaine et par la même le phénomène de la photosynthèse doit être affecté. Ce phénomène a été décrit sous conditions de pollution atmosphérique par (Mulgrew and Williams, 2000) comme pouvant induire une sénescence précoce des feuilles.

VI.2. Résultats du dosage de la chlorophylle

Nous avons opté pour la même échelle dans la représentation graphique d'un genre de *Cupressus sempervirens* L. afin d'évaluer les variations dans les teneurs en chlorophylle (a , b , $a+b$, a/b).

VI.2 .1. Teneurs en chlorophylles (Chl)

Nous pouvons observer que les teneurs en chlorophylles chez le *Cupressus sempervirens* L présentent de grandes fluctuations d'une station à une autre.

Les résultats montrent que les stations (S5) et (S6) révèle la teneur la plus élevée, alors que la station (S2), et (S3) à proximité de l'usine de transformation de la baryte, exprime les teneurs les plus faibles. Les stations (S4) et (S1) affichent des teneurs intermédiaires en diminuant légèrement. Agrawal et al, 1991 suggèrent que la détermination des niveaux de chlorophylle totale peut être une bonne indication sur les conditions de pollution chronique par les

polluants. Il semble clair que la pollution de l'air causée par les fumées des industries âgées comme un facteur écologique qui cause la détérioration de la qualité de l'environnement, avec une corrélation entre la pollution particulaire et la dégradation de la végétation (Giri et al., 2013).

Dans l'atmosphère, les rejets de baryum résultent de la combustion du charbon, des produits pétroliers et des déchets. Les dépôts sur les sols ont pour origine les activités humaines : épandage de cendres et de boues d'épurations (IPCS, 1990) cité par (Elluin. et al., 2005).

Les conifères sont souvent considérés comme meilleurs bio indicateurs temporaire d'une contamination de l'environnement car leur qualité de bois réduit le transfert latéral des polluants à travers les anneaux (Hireche, 2006).

VI.2.1.1. teneurs en chlorophylle totale

Les variations de la chlorophylle totale enregistrées dans notre travail sur le cyprès varient d'une station à une autre. Effectivement, la teneur en chlorophylle totale présente des variations quand l'espèce est soumise à une forme de pollution principalement au niveau des stations proches de l'usine de transformation de la baryte.

Nous observons une baisse de concentration aux niveaux des stations S2 et S3, les plus affectées, avec (4,7 µg/g MF) et (6,85µg/g MF) respectivement. Ces mêmes dépôts ont un effet sur la photosynthèse et sur la respiration en colmatant les stomates (Laitat, 1990). En effet, on a détecté des valeurs légèrement faibles aux niveaux de S1 située à 5 kilomètres avant l'usine avec (6,72 µg/g MF), et dans la station S4, située loin de l'usine à environ 4 kilomètres avec (7,99 µg/g MF) (figure 37) ce qui indique une dispersion assez faible des polluants.

La réduction de la teneur en chlorophylle totale est due à une pollution atmosphérique accrue suite à l'exposition à différents polluants (Garre et Van .H, 2004). où Les pigments photosynthétiques sont le les plus susceptibles d'être endommagé par la pollution atmosphérique (Giri et al , 2013). Toute modification de la concentration de la chlorophylle montre que les pigments chlorophylliens existent, sont sous stress qu'ils peuvent subir plusieurs réactions photochimiques tels que l'oxydation, réduction et donc une altération de la photosynthèse et les enzymes associées sur les pigments des membranes, des thylakoïdes du transfert d'électrons (rubisco) (Garre et Van .H, 2004).

A l'opposé, on remarque des teneurs très élevées aux niveaux des stations S5 et S6 avec (16,76 $\mu\text{g/g MF}$) et (20,91 $\mu\text{g/g MF}$) (figure 37), qui sont choisies comme témoins par ce qu'elles sont très loin de la source de pollution.

Le comportement du cyprès vis-à-vis de la pollution semble une relation avec la distance à l'usine. Une diminution de teneur en chlorophylle totale de 77,37 % en S2 est notée. Suivie par la station S3 avec une diminution de 67,24 %. La station la moins touchée, montre une diminution de 61,78 % en station S4 avec (16,76 $\mu\text{g/g MF}$).

Chez les plantes terrestres, On trouve du baryum dans la plupart des plantes, mais il ne s'agirait pas d'un élément essentiel (O.M.S, 1990). Le baryum est activement et fortement absorbé par les légumineuses, les pédoncules céréalières, les plantes fourragères, les arbres (frêne rouge, noyer noir, caryer et Douglas taxifolié). Le baryum s'accumule dans les parties des plantes rarement consommées par les humains (O.M.S, 1990).

Les résultats de l'étude menée par (Giri et al., 2013) indique une baisse de la chlorophylle contenus dans les feuilles des arbres plantées dans une air industrielle.

On remarque que le rapport chl.a/chl.b est inférieur à 1 au niveau des stations (S2) et (S3), ce qui nous donne une idée sur la dégradation de la chlorophylle *a* probablement à cause de la pollution.

Hireche (2006), avance que les plantes soumises à un stress hydrique réagissent par une baisse de leur teneur en chlorophylle et une augmentation de rapport chl.a/chl.b, qui est bon indicateur du seuil de tolérance au stress hydrique et au manque d'eau.

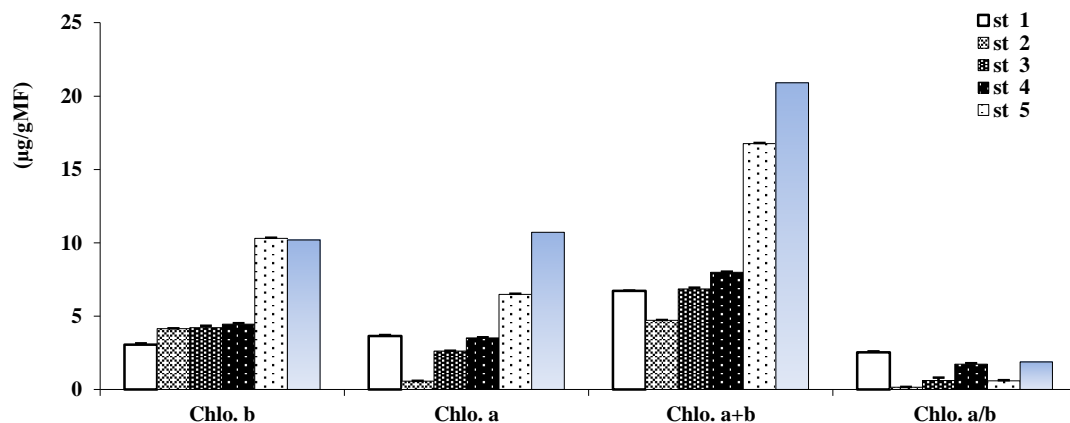


Figure 37 : Teneurs en chlorophylles chez *Cupressus sempervirens* L.

VI.2.1.2. Teneurs en chlorophylle *a* et chlorophylle *b*

Pour le paramètre *Chl.a* on peut observer que les teneurs les plus élevées sont enregistrées en stations S5, S6. Puis celle de S4 et S1. Ce phénomène pourrait être expliqué par l'absence de la pollution, qui induit sur une bonne biosynthèse des chlorophylles. La teneur en chlorophylle *a* baisse au niveau des stations S2, S3 avec des concentrations de (0,57 µg/g MF) (2,63 µg/g MF) respectivement.

La réduction du contenu chlorophyllien est due à la dégradation de la phaeophytine par la diminution de la concentration en ions de magnésium (Giri et al, 2013).

La teneur en **Chl. b** est similaire au niveau de la station S5 avec (10,30 µg/g MF), et S6 avec (10,20 µg/g MF) avec des valeurs élevées. Par contre, au niveau des stations S2, S3, et S4 le teneur en chl.*b* ne diffèrent que légèrement avec de (4,16 µg/g MF), (4,22 µg/g MF) et (4,46µg/g MF) respectivement avec des valeurs inférieures à la moitié de celle enregistrées en S5 et S6.

Le rapport *Chl.a/Chl.b*, en restant toujours supérieur à zéro traduit l'adaptation de la plante au stress abiotique.

Pour faire face au stress engendré par les polluants, les végétaux ont développé trois principales stratégies :

a. stratégie d'évitement, par laquelle les végétaux se protègent en limitant l'absorption de polluants. Ainsi, les végétaux peuvent limiter les entrées de polluants atmosphériques via une régulation de l'ouverture des stomates (Leitao, 2005). De même, ils peuvent limiter les flux d'éléments toxiques (I) en réduisant l'absorption racinaire, (II) en activant des mécanismes d'absorption plus spécifiques (mais plus coûteux d'un point de vue énergétique) ou (III) en activant des mécanismes d'excrétion de ces éléments via des transporteurs spécifiques (Pourrut, 2008).

b. Stratégie de tolérance par laquelle les végétaux limitent la mobilité des polluants.

c. Stratégie de détoxification par laquelle les végétaux limitent les effets toxiques induits par les polluants inorganiques et en particulier, le stress oxydatif.

Ainsi, les végétaux possèdent des systèmes complexes de détoxification des espèces réactives de l'oxygène produites:

- Des systèmes non enzymatiques : ascorbate, glutathion, vitamine E, caroténoïdes.
- Des systèmes enzymatiques : superoxyde-dismutases (SOD), catalases, peroxydases, peroxyredoxines (Pourrut et al., 2008).

L'analyse de la variance pour la Chl *a* + Chl *b* donne un $F = 2,85$ et $P = 0,068$ ce qui révèle des différences significatives, d'une variabilité inter stations regroupant les stations S1, S2, S3, S4 considérées comme les stations les plus touchées par les rejets de l'usine dans même groupe, alors que les stations S5 et S6 sont regroupées dans un autre groupe considérée comme station témoin.

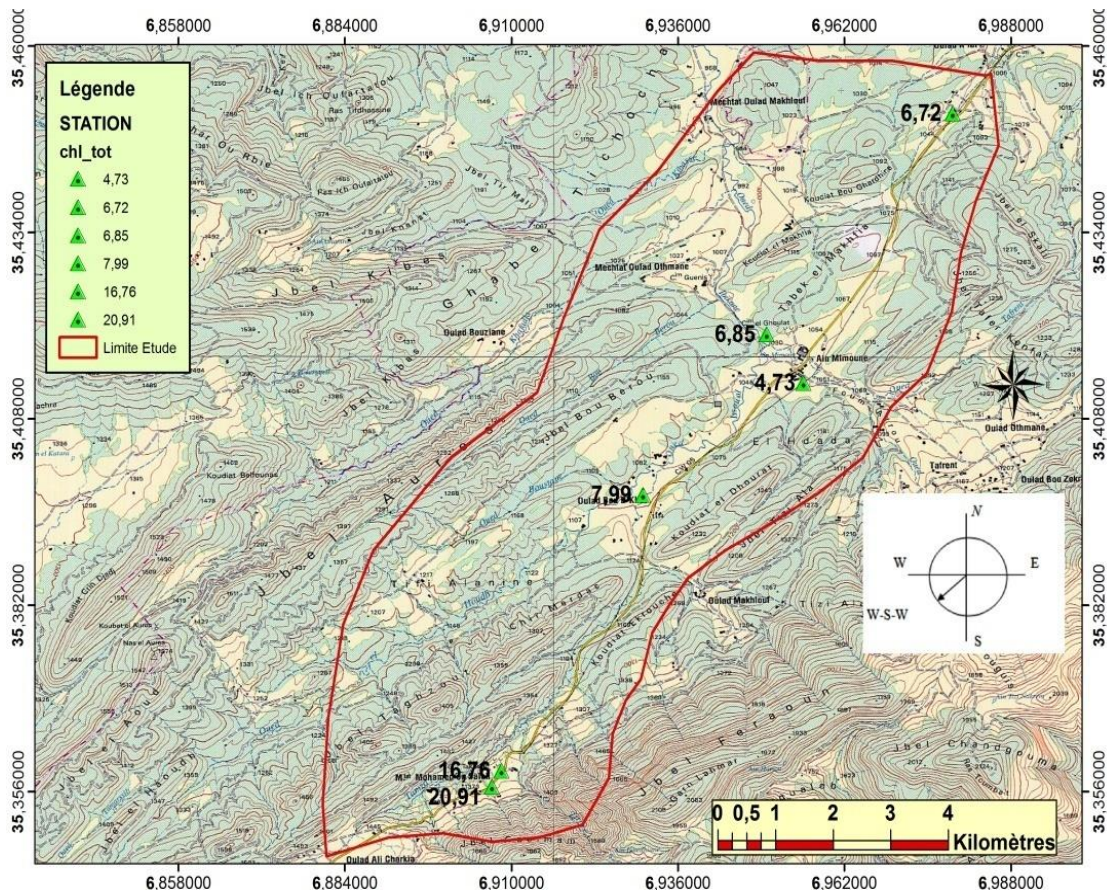


Figure 38 : Carte des différentes concentrations de la chlorophylle au niveau des stations de prélèvements

Nous remarquons qu'il y a une augmentation de la teneur en chlorophylle du Nord Est vers le Sud Ouest, à l'exception des points proches de l'usine où les émissions de BaSO_4 sont plus élevées (Figure 38). Ce qui laisse penser que le vent n'intervient pas dans le transport des déchets et résidus de la transformation de BaSO_4 .

Cette dispersion limitée du polluant sur toute dans les zone proche à la source de pollution est liée à sa densité préalablement élevée ($d = 4,48$), favorisant son dépôt sur la surface foliaire des aiguille de végétale qui provoque un colmatage des stomate donc une altération de la photosynthèse induit par la diminution des teneur en chlorophylle, ou sur la bioaccumulation de polluant dans le sol et leur absorption par les racine (Colle et al., 1983) (O.M.S, 1990).

Conclusions

La pollution atmosphérique constitue actuellement un problème environnemental très complexe à l'échelle locale et planétaire. L'objectif de ce travail est de montrer l'importance de l'utilisation des végétaux pour la biosurveillance de ce type de pollution. En effet, la quantification de la pollution atmosphérique est possible par des espèces ligneuses où les polluants atmosphériques émis de diverses sources (trafic routier ou industries) peuvent facilement se déposer sur le système foliaire, se transloquer à l'intérieur du végétal et engendrer des dégâts préjudiciables, à l'échelle moléculaire, des organites et / ou de la cellule.

L'ensemble des résultats obtenus, nous conduit à formuler un certain nombre de remarques. Nous constatons que l'utilisation du matériel végétal comme bioindicateur permet de mettre en évidence une pollution atmosphérique induite par les rejets industriels particuliers (sous forme de poussières), dans une région dépourvue d'un analyseur physique de la composition de l'air. Les dépôts sédimentés sur le sol forestier, dans la régions choisies pour notre étude ont dû contaminer les plantes par translocation des polluants par les vents parfois violents, vers les feuilles en partant des racine après l'absorption, principalement dans les zones limitrophes de l'usine.

La réalisation des études sur l'impact des rejets industriels au niveau de la région d'Ain Mimoun, nous amène à conclure que la réponse de *Cupressus sempervirens* L est variable au niveau des différentes stations soumises à la même source de pollution.

Les teneurs en chlorophylles enregistrées chez le cyprès sont faibles au niveau des stations considérées comme polluées telles que la S2, S3 et S4. Contrairement aux stations choisies comme témoin (S5) et (S6) qui montrent des teneurs élevées.

A la lumière des résultats obtenus, le paramètre chlorophylle constitue un bon indicateur de la pollution par la transformation de la baryte vers le cyprès (*Cupressus sempervirens* L). Nous souhaitons qu'un suivi soit effectué pour mettre en évidence le phénomène de la pollution par l'exploitation des gisements de baryte par biais de divers biocapteurs.

Perspectives

Perspectives

L'utilisation des végétaux et plus particulièrement les ligneux dans l'évaluation de la pollution atmosphérique a toujours été la préoccupation de différents chercheurs. Cette pollution qui représente une altération de la qualité de l'air a plusieurs sources dont l'industrie. L'Algérie est l'un des pays qui a encouragé ces recherches aussi bien sur le plan scientifique que politique. Ce travail a porté sur une espèce pérenne représentative de la région d'étude, qui est *Cupressus sempervirens* L., reboisée et vivant dans les six stations choisies pour cette étude.

L'utilisation des caractères biologiques des végétaux pour l'évaluation de la pollution atmosphérique est très importante, surtout sur le plan financier car ce moyen est moins coûteux. Pour cela, nous avons un ensemble de perspectives qui complètent ce travail dans les prochaines recherches.

- ▶ Elargir l'espace de l'étude.

- ▶ Il serait intéressant de prendre des zones de référence 100 % sans trafic routier ni industrialisation pour que la comparaison des résultats porte plus d'informations.

- ▶ Il est insuffisant de quantifier les particules en suspensions, pour cette raison, on propose de les doser chimiquement afin d'identifier les différentes espèces chimiques présentes, ce qui permettra d'avoir d'identifier leurs sources.

- ▶ chercher d'autres sources que l'industrie qui représente une source probable de particules en suspensions surtout que la région d'étude a connus plusieurs travaux en ce qui concerne les travaux de constructions immobilières et l'installation de nouveaux projets industrielles ou le trafic routier... etc.

- ▶ Impliquer d'autres espèces végétales supérieures ou inférieures dans les prochaines études et étudier non seulement leurs feuilles mais aussi les autres parties de la plante tels que l'écorces, les fleurs, les fruits et les racines.

Bibliographies :

A :

- **Abgrall J. F. ; Soutrenon, A., (1991).** La forêt et ses ennemis. Ed. CEMAGREF. Grenoble Diosa., 400p.
- **Air d'Alasca., (2005).** Rapport N°8 sur la biosurveillance par les végétaux. p2.
- **Albouy L., Rousseau, Ch., (1993).** Mémento *roches et minéraux industriels*, La barytine, BRGM. pp 6-18- 28.
- **Alifrique M., (1995).** La cupressacée endémique de *Cupressus atlantica* Gaussen, un espace pré steppique de montagne menacé dans le Haut Atlas Occidental marocain. ©, pp 163-172.
- **Allemand P., (1979).** relation phylogéniques dans le genre *Cupressus* (Cupressaceae). Edition Grasso et Raddi Florence Il Cipresso. P 51 – 67.
- **Amri B., (2007).** Pollutions et nuisances dans la ville de Constantine : effets et impacts sur l'environnement. Sciences & Technologie D – N°26. P 21- 30.
- **Anonyme, (2009).** Que faire pour sauver la forêt algérienne, 2p.
- **Arbez M., (1987).** Les ressources génétiques forestières en ©. Tome 1 : les conifères .Paris : INRA et BRG, p 236.
- **Arfaoui N., (2002).** Etude de comportement des Cyprès dans les arboretums. Mémoire de fin d'étude du cycle de technicien supérieur. ISPT Tabarka, p 54.
- **ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), (2007).** Toxicological Profile for Barium and Barium Compounds. U.S.

B :

- **Baladah F., (2012).** mémoire magister en mine, revalorisation des rejets barytiques issues des jigs et impact environnemental : cas de la mine d'Ain mimoun/ kenchela. P 3 – 77.
- **Becker M., Picard. J., Tim bal J., (1982).** Larousse des arbres et arbustes. Librairie Larousse, p 151-152 et 194-195.
- **Belhadj H., Benchaben H., ayad N., et Maatoug M., (2011).** Quantification de la pollution atmosphérique dans le milieu urbain de Sidi Bel'Abbes (Algerie Occidentale).
- **Bellakhder J., (1997).** La pharmacopée marocaine traditionnelle. Ilbiss Press, Paris, p 27 1-272 et 764..
- **Benjamaa M. L., (2004).** Dépérissement d'arbres forestiers (Cyprès, Eucalyptus, Pins) dans le Golf de Carthage. Rapport de tournée, Tunisie, p3.
- **Berthou L., (mars 2006).** La réaction allergique due aux pollens, Etude de trois principales pollinoses dans le Sud - Est de la : le Cyprès, l'Olivier et la Pariétaire. Thèse de docteur en pharmacie, p 74-75, p 79, p 117, p 122.
- **B.N.E.F., (Bureau National des Etudes forestières), (1983-1984)** . plan d'aménagement des forets d'Ouled Yagoub et Beni Oudjana.
- **B.N.E.F., (bureau Nationaldes etudes forestières), (2004).** plan d'aménagement des forets d'ouled yagoub et beni oudjana.
- **Bonnier G., (1990).** La grande flore en couleurs : Suisse et pays voisins. Ed. Belin, Paris. 4 Tomes (p140 - p700) + 1 index (p 191).
- **Boudy P., (1955).** Economie forestière nord-africaine : Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Ed. Larousse. 4, Paris, p 483.
- **Boujemaa A. ; Cherni. H., (2005).** Bilan phytosanitaire du Cyprès : comportement inter et intra spécifique. Mémoire de fin d'étude (Cycle Technicien Supérieur). ISP- Tabarka, p 52.
- **Bouteraa M., (2014).** Utilisation des végétaux pour l'évaluation de la pollution atmosphérique le long de l'autoroute Ouest dans la région de Constantine. Mémoire de magister. Université Constantine. p1- 200.

Bibliographies

C :

- **Camus A., (1914).** Les Cyprès (genre *Cupressus*) : Monographie, systématique, biologie, culture et principaux usages. Ed. Paul Le chevalier. Paris, p 106.
- **Catinon M., (2010).** Détermination de la pollution atmosphérique métallique : étude critique de l'utilisation des écorces d'arbres. THÈSE de Doctorat de l'université de Grenoble 1, École Doctorale Ingénierie pour la Santé, la Cognition et l'Environnement, p 46, 48 -148. 206 Laboratoire d'écologie Alpine-UMR 5553.
- **C.E., (2016).** Conservation de la Forêt. Présentation générale de la wilaya de Khechhela. p2.
- **C.N.I.G., (1990).** SIG, cartographie. Agro- Pastoralisme. P :02.
- **Cuny D., Van Haluwyn C. ; Caron. B., (2008).** La bioindication de l'ozone par le Tabac dans la région Nord-Pas de Calais. Air Pur n° 58.
- **Cuny D. ; Rzepka M.A. ; Cun y A., (2009).** Evaluation des capacités d'épuration de l'air intérieur par les plantes et de la phytotoxicité des polluants. aspects généraux et apports de la phase i du programme phytair. P : 31-42..
- **Chantal Van Haluwyn et al., (2008).** Introduction à la biosurveillance végétale et fongique de la qualité de l'air, concept et intérêt »université de Lille. P 5
- **Chantal Van Halu Wyn., (2009).** Quelle place et quelles perspective pour la biosurveillance végétale dans les études de la qualité de l'air en France. P 6.

D :

- **Direction de l'Environnement, (2016).** directions de l'environnement de la wilaya de khenchela. Présentation de la zone d'accueille. P 15.
- **Degobert P., (1992).** Automobile et Pollution. Editions Tchnip-Paris, P4.
- **Dellaa Y., (2003).** Utilisation des végétaux dans l'approche écotoxicologique de la pollution atmosphérique de Constantine, Mémoire de Magister. P 44-49 ; 50 -57.
- **Delmas. R et all., (2012).** Atmosphère, Océan et climat. Edition belin. Bibliothèque scientifique. P 11.
- **Depoers P., Ledoux. F., Meurin. P., (2002).** La phytothérapie entre science et tradition, Edition Amyris et Inspir, SPRL, p 98 – 99.
- **D.G.A.C., (2013).** Direction générale d'Aviation Civile. Pollution atmosphérique et aviation, 2003. Rapport réseau environnement. P 12.
- **Dobr J., (1988).** *Cupressus dupreziana*. *Threatened Plants Newsletter*. P 8 - 20.
- **DPAT., (2012).** Direction de Planification et d'Aménagement des Territoires. Situation administrative de la wilaya de Khenchela. P 10.
- **DSA., (2011).** service des statistique ; direction des services agricole de la wilaya de khenchela. Pp15 - 31.
- **DSP., (2016).** Direction de la santé de la population de la wilaya de Khenchela. P18.

E:

- **E.I.E, Etude d'Impact Environnementale., (2013).** de la wilaya de khenchela, sur la région d'Ain Mimoun.
- **El Khatri S., (2003).** Manuel du cours de Climatologie. Ecole Hassania des Travaux Publics Direction de la Météorologie Nationale. P 5, 15,18.
- **Elluin M., Host. S., Krakowiak. D., (2005).** Atelier Santé Environnement – IGS-ENSP.
- **Estienn E. P. et Godard A., (1970).** « Climatologie ». Armande Coline. collection. p 39.

Bibliographies

F :

- **Faurel L., Laaffite L., (1949).** Facteurs de répartition des cédraines dans le massif de l'Aurès et du Belezma. Bull. Sci. d'Hist. Nat de L'Afrique du Nord. Tome 1. p 40.
- **Feret J.B., (2009).** Apport de la modélisation pour l'estimation de la teneur en pigments foliaires par télédétection. these de doctorat de l'universite pierre et marie curie, p 13.
- **Ferrandes P., (1979).** Les cyprès africains. In Il cipresso: malattia difesa (Grasso, Raddi eds.) : pp 45 - 49.
- **Foan L.M., (2012).** Biosurveillance des retombées atmosphériques à l'aide de bryophytes : Suivi des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) à diverses échelles spatio-temporelles. These de Doctorat de l'Université de Toulous, option Sciences des Agroressources, p 54, 55, 56- 320.
- **Françoise M., et Roger P., (2008),** la photosynthèse, université pierre et marie curie. UFR science de la vie.

G :

- **Garnier G., Bezanger-Beauquesne L., Debraux G., (1961).** Ressources médicinales de la flore française. Tome 1. Vigot Frères Éditeurs, Paris, p 124-133.
- **Garrec J. P., Van haluwyn C., (2004).** Biosurveillance végétale de la qualité de l'air. Tec & Doc (Ed.) Paris, p 116-117.
- **Garrec J. P. (2007).** L'expertise technique et scientifique de référence. Laboratoire Pollution atmosphérique INRA – Centre de recherche de Nancy.
- **Gazengel J.M., Orecchioni A.M., (2000).** Le préparateur en pharmacie, dossier 2, Botanique-Pharmacognosie Phytothérapie-Homéopathie, Edition Tec et Doc, pp 10, 17, 18, 108, 110, 117, 118.
- **Giri et al., (2013).** Effect of Air pollution on chlorophyll content of leaves. India Institute of soil science, Bhopal. 462038, Madhaya Paradesh ; India : P 2-4-6.
- **Girre L., (2001).** Les plantes et les médicaments, l'origine végétale de nos médicaments. Ed. Ouest, p 100.
- **Gregory A., Carter B., Spiering A. (2002).** Optical Properties of Intact Leaves For Estimating chlorophyll concentration. 1424-1432.

H :

- **Hames R., (1966).** Le cypres, I.N.R.A., p 6-8, 38-39, 47-50, 60.
- **Harisson R. M., Laxen. D. P. H., Wilson. S. J., (1981).** Chemical associations of lead, Cd, Cu, Zn in street dusts and roadside soils. American Chemical Society. Environmental Science and Technology. 15 (11) : 1378-1383..
- **Hireche Y., (2006).** Réponse de la luzerne (*medicago sativa* L.) au stress hydrique et à la profondeur de semis. The. Magister. Batna. P 75.

I :

- **IPCS., (1990).** Barium and salts. Environomental Health Criteria 107-barium. p28.

K:

- **Kadik B., (1987).** influence du climat sur la répartition naturelle du pin d'Alep en Algérie. Ann. Recherche Forestière en Algérie, Vol. II n°2.
- **Keunebroek J. P., (1991).** Les proanthocyanidols du pin maritime et du cyprès, Thèse de docteur en pharmacie, p38 – 44..

L :

- **Laarouk M., (1998).** Atlas de l'Algérie et du monde, Alger, p 131.

Bibliographies

- **Lajoie P., et Levallois. P., (1998).** Pollution atmosphérique et Champs électromagnétique. Les presses de l'université Lavale. P 01.
- **Landis W. G., and Yu M. H., (1995),** introduction to environmental toxicology. Impacts of chemicals upon ecological system. CRC press.Inc. Boca Raton, USA; p 328.
- **Larousse (2001).** Encyclopédie des plantes médicinales : Identification, préparations, soins.Ed. Larousse, Londres, p 14 - 29.
- **Letreuch B. N., (1991).** Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. OPU vol I et II, p 641.
- **Lunntech, (1998 - 2008).** Traitement de l'eau et de l'air. Rotterdamse Weg. P 402 .

M :

- **Maizi N., Alioua A., Ali tahar A, Semadi F., Fadel. D., (2010).** Utilisation des végétaux inférieurs comme bio indicateurs de la pollution plombique d'origine automobile dans la région d'Annaba (Algérie). J. Mater. Environ. Sci, p 251-266.
- **Malhebiau P., (1994).** La nouvelle aromathérapie, caractérologie des essences et tempéraments humains , Edition Jakin, p 122-123 , p 125-126 , p 124, p 127, p 129, p 132-133-134, p 147-148, p 150-151, P 154.
- **Marcello I., Paolo. R., et Claudine. A., (2004).** Les espèces de Cyprès. Cypmed. interreg iii b. medocc. Corte, p 100.
- **Mazari K., (2009).** Activités Biologiques et Synthèse, mémoire sur Etude phytochimique et pouvoir antimicrobien de *Juniperusphoenicea* L., *Juniperus oxycedrus* L. et *Cupressus sempervirens* L. de la région de Tlemcen. Mémoire de Magister.
- **Migne l'abbe., (1857).** dictionnaire de géologie, des merveilles de nature et de air ; de géographie de la sagesse populaire et des superstitions populaires, Paris. P 8.
- **Mulgrew A., and Williams P., (2000).** Biomonitoring of air qualité using plants, air hygiene report n°10 W.H.O CC for air quality management and air pollution control. P 200.

N :

- **Nichane M., (2015).** thèse de doctorat, Contribution à l'étude du dépérissement du Cyprès vert (*Cupressus sempervirens*. L) dans les monts des Traras Occidentaux (Wilaya de Tlemcen). P 22-28.
- **Nilsson S., et Sallinas O., (1999).** Pollution atmosphérique et forets Européennes, des modèles de simulation à l'appui des politiques forestières. Foret et environnement :p 1 - 12.

O :

- **O.M.S (Organisation mondiale de la Santé), (1990).** Environmental Health Criteria 107: Barium. International Programme on Chemical Safety, Geneva. Pp 121.
- **O.M.S (Organisation mondiale de la Santé), (2015).** Publication des premières valeurs guides de l'OMS sur la qualité de l'air intérieur consacrées aux substances chimiques.

P :

- **paakkonen et al., (1996).** growth responses and related biochemical and ultrastructural changes of the photosynthetic apparatus in birch (*betula pendula*) saplings exposed to low concentrations of ozone.p1.
- **Piret T. et Kookken G., (1979).** Etude du transfert air – plante du Cd et du Zn. *Bull. Rech. Agron. Gembloux*, 14 (2) : 177–186.
- **Pontopiddan A., (avril 2000).** Le cyprès. Edition Actes Sud, pp : 13, 15-16, 17-18-19, 58, 61-62, 64-65, 66-67, 72, 74, 76-77, 79, 81, 86.

Bibliographies

Q :

- **Quezel P., Sauta S., (1962).** Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome 1. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris. p 34-36.

R :

- **Ramade F., (2002),** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. 2eme édition. Dunod, Paris. p534.
- **Ramade F., (2005).** Eléments d'écologie appliquée. 6^e édition. Dunod-paris.
- **Ramade F., (2008).** Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité. Dunod-paris. P 586.
- **Rana B., (1995) .C.** pollution and biomonitoring. Eds. McGraw-Hill Publishing Company Limited , New Delhi, ,p 452 .
- **Rapport SOMIBAR., (2015).** plan d'exploitation. ENOF. SOMIBAR unité d'Ain Mimoun. P 31.
- **Rathinasabapathi B., (2000).** Metabolic engineering for stress tolerance: installing osmoprotectant synthesis pathways.
- **Riom C., (2010).** These pour le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie, le *Cupressus sempervirens* & approche du concept du pollinier sentinelle nantais ; P 3-20.
- **Rossini Oliva. S., Valdes. B., et Mingorance. M. D., (2007).** Nerium oleander as a means to monitor and minimize the effects of pollution, P 380-383.

S:

- **Schroeder H. A., (1970).** Barium. American Petroleum Institute, Washingto D.C. Air Monograph No. 70-12. In: WHO, 1990 and ATSDR, 1992.
- **Stewart P. J., (1969).** Cupressus dupreziana, threatened conifer of the Sahara. biological Conservation p 2 et 10-12.

V:

- **Van C., Parnet, R. (2011).** Écotoxicologie générale et appliquée, collection science de l'environnement, TELUQ, L'université à distance de L'UQAM. p339.

W :

- **Landis W. ; Yo H., (1995).** Introduction to Environmental Toxicology. P 137.
- **Wedding J.B., Carlson R.W., Stukel J.J., Bazzaz F.A. (1975).** Aerosol deposition on plant leaves. *Env. Sci. And Techn.*, **9** : 151 – 153.
- **Witham F. H., Blaydes D. F., Devlin R. M., (1971).** Experiments in plant physiology. Eds. Van Nostrand Reinhold, p 245.

Z :

- **Zulfacar A., (1975).** Végétation and Urban Environnement. j. urban planning develop. div. 101 : .PP 21 – 33.

II.1. Historique

La prospection des filons de barytes par la catégorie C-1 a été effectuée par tranchées en surface et par sondage carotté en profondeur. Pour la catégorie B, la prospection en surface et par sondage carotté en profondeur. Les réserves dans la catégorie C-2 sont évaluées par extrapolation de 20 à 30 m.

Avant le début de l'exploitation, les réserves étaient de l'ordre :

Total : 2147500 tonnes à 86% de BaSO₄.

Cat. B : 276500 tonnes à 90% de BaSO₄.

Cat. C1 : 1372600 tonnes à 85.9% de BaSO₄.

Cat. C2 : 499400 tonnes à 84.0% de BaSO₄

II.2. Etude des conditions géologiques

II.2.1. Stratigraphie

Les roches les plus anciennes du champ du gisement de Mizab, est du dépôt de Barrémien, Grés quartzeux avec petits lits isolant de calcaire, marnes argiles. Plus haut est le dépôt d'aptien inférieur (puissance de 8.0 m) des grés de fréquentes petites marnes calcaires.

- Aptien supérieur:

Se divise en deux assises ; l'Assise inférieure, est représentée par des grés quartzeux, des marnes et des calcaires. L'Assise supérieure, est représentée par des formations dolomitiques massives avec petits lits de calcaire.

- Aptien inférieur :

Représenté par des grés avec petits lits de marne et calcaire.

- Aptien moyen :

Epais de 120 m, représenté par des calcaires en alternance avec des marnes à la base et des dolomies massives au dessus qui sont présentés par le cénonanien.

- Les dépôts albien :

_ Albien inférieur : est représenté par une alternance d'agilité, de grés et de marne avec marne des bancs de calcaire et dolomies.

_ Albien supérieur : est représenté par une alternance de calcaires, calcaires dolomitiques et dolomies avec des petits lits de marnes et de grés.

_ Albien moyen : est formé d'une alternance d'agilité, et de grés avec des bancs de calcaires et dolomies.

- Dépôts de curetage supérieur :

Sont représentés par le cénonanien inférieur et supérieur :

_ Cénonanien inférieur présenté: marnes avec isolés de calcaires marneux ;

_ Cénomanien supérieur : marne avec calcaires.

II.2.2. Tectonique

Les assises des roches faisant partie du gisement sont disloquées en entoilant suivant étendue Nord-Est (40-50) aux flancs arqués. Le champ de minerai s'étend sur le flanc Nord-Ouest sous les angles qui changent de (5-50°) avec un pendage sub-vertical.

Le 1^{er} système d'accident et de caractère de faille de direction Nord Est (40-50°) avec un pendage sub-vertical. Le 2^{ème} système d'accident du 5^{ème} et 6^{ème} ordre sont parallèles à l'axe du pli suivant la direction Nord Ouest (40-50°).

II.2.3. Morphologie

Les contacts de tous les filons avec les roches encaissantes sont brusques et assez droits.

Dans les contacts, les roches encaissantes sont représentées par des brèches avec un ciment Barytine, l'architecture inférieure du filon est assez simple, les filons représentent des agrégats Monominéraux de baryte par fois avec des intercalations des roches. Les roches encaissantes et le minerai sont principalement peu résistants sauf le lieu où le filon passe dans les marnes, dans ce cas les roches sont toutes affaiblies. Le coefficient de solidité des roches encaissantes et du minerai est de 7 à 10.

II.2.4. Hydrogéologie

Les conditions hydrogéologiques du gisement d'Ain Mimoun sont assez simples, on distingue:

- Les eaux de fissures bancs dans les dépôts carbonatés,
- Les eaux dans de fissures filons dans les accidents techniques,
- Les eaux de fissures sol,
- L'afflux d'eau maximal dans les galeries est de l'ordre de 100 m³/jour à 270m³/jour, lors des Pluies torrentielles,

II.3. Etudes minéralogiques

Outre les filons de baryte, on rencontre plusieurs indices comme la minéralisation de cuivre, de plomb, de quartz, de calcite, etc.

· La baryte (BaSO₄)

Est enfermée de deux espèces, l'une à cristaux grisèrent donne des émanations allongées et à agrégats d'une structure fibreuse, l'autre à cristaux fins forma de grains isométriques.

· **Le quartz (SiO₂)**

Est en deux générations grés en forme de séparation allotriomorphe se développent en cristaux prismatiques.

· **Le diopside (CuSiO₃, H₂O)**

Cuivre gris se présente sous l'aspect de grains arrondis et angulaires disséminés dans la baryte.

· **La chalcopirite (CuFeS₂)**

Se rencontre en forme de séparation irrégulière le long des fissures dans la baryte.

· **La sphalérite (ZnS)**

Se présente sous forme de grains arrondis.

· **Le cinabre (HgS)**

Est représentée en dissémination dans la paroi base.

· **La calcite (CaCO₃)**

Donne des séparations à contact irréguliers.

· **Les hydroxydes de fer (Fe₂O₃, H₂O)**

Sont disposés irrégulièrement dans le contact le long des fissures.

· **La malachite et l'azurite (Cu₂CO₃(OH)₂)**

Se rencontrent en forme de séparation et nids isolés. Tous ces indices métallifères sont en quantités négligeables et ne présentent aucun intérêt économique.

III.1. Description botanique

III.1.1. Identité

Dénomination latine : *Cupressus sempervirens* L.

Dénomination commune :

*en France: Cyprès toujours vert, Cyprès de Florence ou Cyprès d'Italie, Cyprès de Provence, Arbre de bienvenue, et paradoxalement au précédent Arbre de cimetière.

*en Allemagne: Immergrüne Cypresse, Italienische Cypresse ou Pyramiden Cypresse.

*en Grande-Bretagne: Evergreen Cypress, Italian Cypress ou Upright Cypress.

*en Espagne : Cipress comun

*en Italie: Cipresso (**Keunebroek**, 1991).

Le nom *Cupressus* est d'origine latine où il désigne le genre ; Certains pensent aussi qu'il viendrait de *Cyprus* qui indique son origine Chypriote.

L'espèce *sempervirens* signifie : toujours vert, persistant ; d'origine latine "semper" traduit toujours et "virens", l'adjectif vert (**Quezel et Santa**, 1962).

III.2. Importance économique

Le Cyprès vert, depuis son existence forme une source vitale des populations et assure une activité économique très importante, du fait de ses qualités remarquables : sa longévité, sa résistance à la compression et sa bonne production de bois.

III.3. Utilisation et usages du *Cupressus*

Plante astringente, les fruits du cyprès contiennent des principes actifs utilisés dans le domaine de la médecine et pharmacie. Son bois est brun clair parfois rosé, dur, aromatique (odeur poivrée) et très utilisé en construction et en petite menuiserie, et qui agit comme insectifuge pour différents insectes nuisibles, présente de nombreux nœuds. On en fait des pieux et échelas de grande durabilité. Les résineux contribuent à la protection des sols contre les différents types d'érosion et constituent aussi une aire de loisir (Kheilifi, 1987) Cité par (Riom, 2010).

III.3.1. Usages thérapeutiques

L'essence extraite des feuilles écailleuses et le résidu de leur distillation sont employés pour soigner la coqueluche et diverses affections pulmonaires dont l'emphysème (Bellakhder, 1997). Métrorragies et autres troubles de la ménopause (Bellakhder, 1997; Girre, 2001) pour

le traitement des hémorroïdes (affaissement des bourrelets, diminution de la douleur et du flux sanguin (Garnier et al., 1961 ; Becker et al., 1982).

L'insuffisance circulatoire au niveau des membres inférieurs est pareillement combattue en utilisant les cônes que l'on peut, en outre, tenir pour antihémorragiques, antitussives, diurétiques (et en même temps efficaces contre l'énurésie des enfants). Quant aux rameaux, on les considère comme antiseptiques et antispasmodiques (Bellakhder, 1997).

Le cyprès soigne également les rhumes, la grippe, les maux de gorge et les douleurs rhumatismales (Larousse, 2001).

Tableau : Résumée des types de bio-indication (Castell, 2009)

Type d'approche	Bio-indication	Bio-intégration	Bioaccumulation
Approche passive (utilisation des végétaux Présents)	Identification d'une ou plusieurs espèces sensibles à un polluant et bien représentées sur le territoire étudié (Noisetier et Ozone, par exemple). Cartographie des impacts. Suivi temporel possible mais difficile à interpréter	Analyse de la présence /absence d'espèces réputées sensibles ou tolérantes à divers polluants. exemple des lichens et du SO ₂ . Cartographie possible, suivi temporel à long terme (de l'ordre de 5 à 10 ans) possible.	Identification d'une ou plusieurs espèces (arbres, lichens...) abondantes sur la zone d'étude et réparties de façon homogène. Analyse de la concentration en métaux ou autres éléments traces accumulés dans ces individus.
Approche active (utilisation de biostations)	Mise en place de plantes sensibles cultivées en pots en différents points du territoire. (tabac Bel W3 sensible à l'ozone, par exemple). Cartographie des impacts et suivi temporel (à l'échelle de la semaine.	Transplantation d'espèces (lichens) d'un site de référence non pollué vers le site d'observation (utile en site très pollué, caractérisé par l'absence de lichens)	Mise en place de plantes (ray-grass) bioaccumulatrices. Prélèvements réguliers dans des conditions contrôlées et analyse chimique de la teneur des tissus en éléments traces (métaux lourds, Arsenic...)

Résumé

Biosurveillance de la pollution atmosphérique par *Cupressus sempervirens* L.

L'étude est réalisée dans la région d'Ain Mimoun à Khenchela par la limitation de la carte de la zone d'étude à l'aide d'un GPS (essential) et logiciel SIG (Arc GIS version 10.1) où la forêt est soumise à des contraintes de rejets de particules industrielles de l'usine d'exploitation de la baryte. L'espèce préconisée dans cette étude est le cyprès qui est une essence utilisée pour sa propriété d'indicateur de la présence d'éléments polluants dans l'écosphère. Nous avons réalisé des prélèvements d'échantillons sur des verticilles de cyprès de différentes stations, pour prélever et analyser les teneurs en chlorophylles, au niveau du laboratoire de la faculté des sciences de la nature et de la vie. Des modifications des teneurs en chlorophylles entre les stations de prélèvement proches et lointaines de l'usine ont été trouvées. Suite à une exposition continue à un environnement de pollution dans la zone d'étude, les résultats ont révélé de faibles concentrations en chlorophylle dans les stations considérées les plus soumises à la pollution. Ces teneurs diffèrent énormément d'une station à une autre. Elles sont élevées au niveau des stations 5 et 6 et faibles dans les stations 2, 3 et 4 considérées comme polluées. Concrètement, la pollution atmosphérique dans la région d'étude est alarmante et les conséquences peuvent être un stress abiotique chez le cyprès pouvant aboutir à un dépérissement.

Mots clés : *cupressus sempervirens*, chlorophylle, baryte, pollution, SIG

تلخيص

مراقبة التلوث الجوي باستعمال شجرة السرو

لقد أجريت الدراسة في منطقة عين ميمون بولاية خنشلة وتم تحديد المنطقة بجهاز ال ج ب س لوضع البيانات على الخريطة بواسطة برنامج نظام المعلومات الجغرافية اين تقع غابة اولاد يعقوب والتي توجد تحت تأثير مخلفات مصنع الباريت. يستعمل هذا السرو كفضيلة مؤشرة لوجود مواد ملوثة للبيئة الغابية. تم اخذ العينات من المنطقة العليا للنبات وهي عبارة عن ابر من محطات مختلفة المناطق ، وقد تم إجراء اختبارات كيميائية حيوية عليها ، جميع هذه الاختبارات أجريت في مخابر معهد علوم الطبيعية والحياة. تبعا لتواجد السرو في بيئة معرضة للتلوث ، قد ثبتت انها تعاني من مخلفات نفايات المصنع الغازية والصلبة. فقد بينت النتائج ان مستويات اليخضور منخفضة في المحطات القريبة من المصنع على عكس المحطات البعيدة. ينذر التلوث بالباريت في المنطقة التي اتخذت كعينة للدراسة بنتائج مباشرة على السرو تتمثل في الإجهاد المرتبط بالبيئة.

الكلمات المفتاحية : السرو، اليخضور، الباريت، التلوث، نظام المعلومات الجغرافية

Abstract

Biomonitoring of atmospheric pollution by *Cupressus sempervirens* L.

The study is carried out in the area of Ain mimoun by limiting the map of the study area using GPS and GIS software (Arc GIS version 10.1) where the forest is subject to industrial constraints of operating barite factory. The cypress is a tree used for its property of indicator of the presence of pollutants in the ecosphere. We made a sampling of cypress needles in different sites, for analyzing a biochemical parameter at a laboratory of the Faculty of natural sciences and life. The chlorophyllian contents changes between the polluted sites was found. Following a continuous exposure to an environment of pollution in the study area, the results reveals low chlorophyll concentrations in the stations considered most subjected to pollution. These contents differ enormously from sites. It is high at site S1 and S4 but low in stations S2 and S3, which considered polluted. Specifically, atmospheric pollution in the area of study is alarming and the consequences would be an abiotic stress at cypress trees can lead to deterioration.

Key words : *Cupressus sempervirens*, khenchela, chlorophyll, baryta, pollution, GPS, Arc GIS.



République Algérienne Démocratique et Populaire



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE ABBES LAGHROUR –KHENCHELA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT : BIOLOGIE

Présenté par

BOUZIANE Imen

AGABA Sara

Résumé

Biosurveillance de la pollution atmosphérique par *Cupressus sempervirens* L.

L'étude est réalisée dans la région d'Ain Mimoun à Khenchela par la limitation de la carte de la zone d'étude à l'aide d'un GPS (essential) et logiciel SIG (Arc GIS version 10.1) où la forêt est soumise à des contraintes de rejets de particules industrielles de l'usine d'exploitation de la baryte. L'espèce préconisée dans cette étude est le cyprès qui est une essence utilisée pour sa propriété d'indicateur de la présence d'éléments polluants dans l'écosphère. Nous avons réalisé des prélèvements d'échantillons sur des verticilles de cyprès de différentes stations, pour prélever et analyser les teneurs en chlorophylles, au niveau du laboratoire de la faculté des sciences de la nature et de la vie. Des modifications des teneurs en chlorophylles entre les stations de prélèvement proches et lointaines de l'usine ont été trouvées. Suite à une exposition continue à un environnement de pollution dans la zone d'étude, les résultats ont révélé de faibles concentrations en chlorophylle dans les stations considérées les plus soumises à la pollution. Ces teneurs diffèrent énormément d'une station à une autre. Elles sont élevées au niveau des stations 5 et 6 et faibles dans les stations 2, 3 et 4 considérées comme. Concrètement, la pollution atmosphérique dans la région d'étude est alarmante et les conséquences peuvent être un stress abiotique chez le cyprès pouvant aboutir à un dépérissement.

Mots clés : *Cupressus sempervirens* L, chlorophylle, baryte, pollution, SIG

Soutenu le : 20.06.2016

Jury de soutenance

Présidente : Chelih Fatha	MAA	Université Abbes Laghrou –Khenchela
Encadreur : Dellaa Yasmina	MAA	Université Abbes Laghrou –Khenchela
Examineur : Ben Hizia toufik	MAA	Université Abbes Laghrou –Khenchela

Année universitaire : 2015-2016