



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITÉ ABBES LAGHROUR, KHENCHELA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département : Ecologie & Environnement



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

Master Académique en biologie

FILIERE : Ecologie et Environnement

Option : Ecologie et environnement

Thème

**Contribution à l'évaluation de l'éventuel impact de la
pollution atmosphérique sur la synthèse de la
chlorophylle chez le *Juniperus***

Présenté par :

Hani Insaf

Lahmari Asma

Soutenue : 02/07/2017

Devant le jury :

| | | |
|---|------------|--|
| Président : M^r Ben Hizia Toufik | MAA | Université Abbes LAGHROUR–Khenchela |
| Examineur : M^r Menasri Ammar | MAA | Université Abbes LAGHROUR–Khenchela |
| Promoteur: M^{elle} Dellaa Yasmina | MAA | Université Abbes LAGHROUR–Khenchela |
| Invité : Dr Zeraib Azdine | MCB | Université Abbes LAGHROUR–Khenchela |

Année universitaire : 2016/ 2017

﴿ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا

كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ

بَعْضَ الَّذِي عَمَلُوا لَعَلَّهُمْ

يَرْجِعُونَ ﴿سورة الروم « الآية 41

(Corruption has appeared in the land and the sea on account of what the hands of men have wrought, that He may makethem taste a part of that which they have done, so that they may return) (Quran 30:41)

(Le désordre est apparu sur la terre et dans la mer à cause de ce que les mains des gens se sont acquises, afin que Dieu leur fasse goûter partie de ce qu'ils ont œuvré ; peut-être reviendront –ils) (Coran 30 :41).

Remerciements

« Ne s'est-il pas écoulé un laps de temps (important) avant que l'homme n'ait été quelque chose dont on fasse mention ». Coran (16,1)

Nous remercions Allah, le Tout Puissant, le Miséricordieux, qui nous a donné l'opportunité de mener à bien ce travail.

C'est avec enthousiasme que nous effectuons ce mémoire pour remercier tout ce qui nous a aidé à réaliser.

Nous remercions ceux et celles qui ont accepté de lire et de commenter le contenu de ce mémoire et émis de nombreux avis et observations.

*Nous sommes ravis d'étendre nos sincères remerciements à l'égard de notre encadreur, Dr **Yasmina Dellaa**, pour sa confiance, ses remarques et ses conseils, sa disponibilité et sa bienveillance.*

*Nous remercions Notre Maître Et Président du jury **Ben Hizia Toufik**, 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 **Minasri Ammar** Nous tenons à la remercier d'avoir accepté de faire partie de ce jury, d'avoir porté un 'intérêt à ce travail.*

Et à toutes les personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué de loin ou de prêt à l'élaboration de ce travail durant notre cursus universitaire dont je cite à titre exceptionnel:

- *Dr. Ben Hizia T. Qui nous a donné les informations du Juniperus.*
- *Dr. Minasri A. Pour son encouragement et son aide.*
- *Dr. Salhi Z. De ses coups positifs et de l'esprit écologique qu'il nous a donné au cours du cycle.*
- *Dr. Kendal N K. Pour son aide et son encouragement qui nous a compagne au cours de la réalisation de ce projet.*
- *Mr. Gharbi H. Qui nous a compagne sur terrain et nous a donné tous informations cartographiques.*
- *Tous les enseignants de la Faculté des S.N.V. du l'université Abbes Laghrour Khenchela.*

Dédicaces

Je dédie ce mémoire :

*Au prophète **Mohamed** Salla Allah Alayhi wa Sallama, à **l'Islam**, et à **l'Algérie**.*

*A notre élite intellectuelle particulièrement **Malek Bennabi** à son âme qui m'a donné l'esprit optimiste, un vaste aperçu, de la fierté, de l'amour et de la bonne réflexion.*

Mes parents et Mes frères

A mes fidèles amies

A tous les enseignants que j'ai connus.

A ceux et à celles qu'ils ont l'esprit écologique dans le monde.

Insaf écologiste

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 Rahmane ya karim ya mojibe "

Je dédie ce travail

*A ma très chère mère : **Djamel Sakina***

La lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie qui m'a apporté son appui durant toutes mes années d'étude, pour son sacrifice et soutien qui m'ont donné confiance, courage et sécurité.

*A mon cher père : **Lahmari Mahboubi***

Tes conseils m'ont suivi et m'ont permis d'atteindre le bout du chemin. Sois fier de moi aujourd'hui et vois à travers ce travail mon amour sincère et ma gratitude profonde.

*Et ma chère sœur et unique, La raison de bonheur, la maman **Fatima El-Zahra***

*Mes beaux-frères : **Hassan** et sa femme **Mery**, **Chafai** et sa femme **Mouna**, **Ridha**, **Nabil** et sa femme **Souade**, **Rafik** et sa femme **Zinabe***

*Les petits enfants : **Mouhamde**, **Nour**, **Nerdjes**, **Mmahdi**, **Mariya**, **Amnay***

*Ma fidèle amie et ma sœur **Sara**.*

*Mes toutes les fleurs de mon cœur, mes cousines : **Hassna**, **Souade**, **Meriam**, **Samira**, **Asala**,*

*À ma binôme **Insaf** et toute la famille **Hani**.*

*Mes sœurs : **Insaf**, **Hana**, **Zinbe**, **khawla**, **Imane**.*

*Mon porte bonheur, mon cher ami (**MOMO**)*

*A mes oncles, mes tantes, mes cousins et surtout "**Yasine**", et toute la famille **Lahmari** et **Djamel**.*

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci

Asma Lah

Résumés

Résumé

Contribution à l'évaluation de l'éventuel impact de la pollution atmosphérique sur la synthèse de la chlorophylle chez le *Juniperus*

Ce travail porte sur l'étude de la pollution atmosphérique dans la forêt de Khenchla en utilisant les concentrations en chlorophylles de trois espèces ligneuses : (*Juniperus Oxycedrus* L., *Juniperus Phoenicea* L. et une espèce endémique de la région, à savoir *Juniperus. Thurifera* L.). Dans ce contexte, cinq stations de prélèvements sont choisies pour des échantillons qui concernent uniquement les aiguilles et les verticilles, sur lesquels une analyse des chlorophylles est réalisée au laboratoire. Les résultats montrent une variation des teneurs en chlorophylles d'une station à une autre. La station qui paraît la moins touchée est celle située dans la forêt d'Ouled Yagoub (St4), avec une teneur de 1,29 µg/g MF, où *Juniperus oxycedrus* L. enregistre la concentration la plus élevée en chlorophylle. Cette station, située au sommet du mont Chélia, paraît loin de toute forme apparente de pollution. Au moment où *J. Phoenicea* L. et *J. thurifera* L. affichent les concentrations les plus faibles avec (0,91 µg/g MF) et (0,94 µg/g MF) respectivement dans la station St4, située à proximité d'Ain Mimoune. Cette station paraît la plus touchée par les effluents gazeux. Les spécimens mâles de *J. thurifera* L. ont des teneurs plus élevées que les individus femelles. De nombreuses études, thèses d'état et projets de recherche, une série de colloques, ainsi que plusieurs communications publiées sur les sujets les plus divers, dédiés spécifiquement à *J. thurifera* L., constituent une base de connaissances solide concernant cet arbre endémique, qui constitue une ressource très importante pour le pays. Concrètement, la pollution atmosphérique de la région d'étude, amplifiée par la longue période de sécheresse, paraît alarmante et les conséquences pourront installer et amplifier un stress abiotique chez *Juniperus* ainsi que les changements climatiques globaux, aboutissant à son dépérissement.

Mots clés : *Juniperus Oxycedrus* L., *Juniperus Phoenicea* L., *Juniperus Thurifera* L., Pollution atmosphérique, Biosurveillance, Chlorophylle, Forêt, Khenchela.

Abstract

Contribution to the assessment of the possible impact of air pollution on the synthesis of chlorophyll in *Juniperus*

This work has focused on the study of air pollution in the Khenchla forest using three woody species (*Juniperus Oxycedrus L.*) and (*Juniperus Phoenicea L.*) and (*Juniperus Thurifera L.*) which is endemic. In this context 5 sites were chosen for the collection of the three species, essentially concerning needles and whorls. A biochemical analysis of chlorophylls was carried out in the laboratory of the Faculty of Nature and Life Sciences at Khenchela University. The results shows a variation of chlorophyll concentration and the site is Ouled Yacoub (St4) is (1.29 µg/g MF). (*J. oxycedrus L.*) had the highest concentration of chlorophyll in the stations considered. (*J. Phoenicea L.*) and (*J. thurifera L.*) had the lowest concentrations (0.91 µg / g MF), (0.94 µg / g MF). The specimens evil (*J.thurifera L.*) have the highest content as female individuals. Studies, state theses and research projects, a series of symposia specifically dedicated to this tree, as well as several hundred papers published on various subjects constitute a solid basis of knowledge concerning (*J. thurifera L.*) Concretely, the atmospheric pollution in the study area is alarming and the consequences can be abiotic stress in the *Juniperus*.

Key words: *Juniperus Oxycedrus L.*, *Juniperus Phoenicea L.*, *Juniperus Thurifera L.* Chlorophylls, Atmospheric pollution, Biomonitoring, Khenchela, Forest.

المخلص

المساهمة في تقييم التأثير المحتمل لتلوث الهواء على تركيب اليخضور لدى العرعار

يرمي هذا البحث الى دراسة اثر التلوث الجوي على تركيب اليخضور لثلاثة انواع من العرعار ، *Juniperus Oxycedrus* ، *Juniperus Phoenicea* ، *Juniperus Thurifera* اجرينا تجارب على ثلاث عينات من خمسة مناطق من غابة خنشلة، و انجزنا التحاليل البيوكيميائية في المخبر قسنا من خلالها التغير في نسبة اليخضور لكل عينة، اظهرت النتائج مفارقات بين نسب اليخضور لشتى المناطق، المنطقة الاكثر تلوثا هي غابة اولاد يعقوب ($1,29 \mu\text{g/g MF}$) (St4) . الاشجار التي تحتوي على النسب الجد مرتفعة هي من نوع *Juniperus oxycedrus L* مقارنة بالاشجار الاخر *Juniperus Phoenicea* ($\mu\text{g/g MF}$) و *Juniperus Thurifera* ($0,91$) و *Juniperus Thurifera* ($0,94 \mu\text{g/g MF}$). نسبة اليخضور للجنس الذكري من نوع *Juniperus Thurifera* اكثر منها في الجنس الانثوي لنفس النوع. لم يتطرق الباحثين إلى الجانب الدراسي لليخضور لهذه الانواع و الذي نحن بصدد تبيانه، اما بالنسبة لتلوث الجوي للمنطقة المدروسة فقد بلغ ذروته ، و النتائج المخلفة أحدثت توترا بيئيا لدى هذه الأنواع بالإضافة إلى فترات الجفاف الطويلة و التغير العالمي للمناخ.

الكلمات المفتاحية : التلوث الجوي، اليخضور، الغابة ، خنشلة ، *Juniperus Phoenicea L.*، *Juniperus oxycedrus L* ، *Juniperus Thurifera L*.

Liste des abréviations

| | | |
|------------------------------------|---|---|
| % | : | Pourcent. |
| (CH₂O) n | : | Carbohydrate. |
| < | : | Inferieure. |
| ± | : | Plus ou moins. |
| µm | : | Micromètre. |
| 3D | : | Trois dimensions |
| A | : | Accepteur de PSI. |
| A.C.L | : | Agglomération Centre Locale |
| Ar | : | Argon. |
| ATP | : | L'adénosine triphosphate. |
| BNEDER | : | Bureau National D'études pour le Développement Rural. |
| BNEF | : | Bureau Nationales Etudes Forestières. |
| CDO | : | Le Complexe de Dégagement d'Oxygène. |
| CFC | : | Les chlorofluorocarbures. |
| CH₄ | : | Méthane. |
| Chlo | : | Chlorophylle. |
| CHtotale | : | Chlorophyll total. |
| cm | : | Centimètre. |
| CO₂ | : | Dioxyde de carbone. |
| COV | : | Composé Organique Volatile. |
| DGAC | : | Direction Générale d'Aviation Civile. |
| DO | : | Absorbance |
| D_p | : | Le diamètre aérodynamique moyen. |
| E | : | Energie. |
| e⁻ | : | Electron. |
| Fdx | : | Feerédoxine. |
| feS | : | Protéine Fer-soufre. |
| FNR | : | Ferrédoxine NADP ⁺ Réductase. |
| GPS | : | Global Positioning System. |
| H⁺ | : | Ions. |
| H₂O | : | Eau |
| H₂SO₄ | : | Acid sulfurique. |
| Ha | : | Hectare. |
| HFC | : | Les hydrofluorocarbures. |
| HNO₃ | : | L'acide nitrique. |
| INERIS | : | L'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques. |
| IR | : | Infra Rouge. |
| J | : | Joule. |
| km | : | Kilo mètre. |
| km² | : | Kilo mètre carré. |
| m | : | Mètre. |
| m² | : | Mètre carrée. |
| MF | : | Matière Fraiche. |
| mg | : | Milligramme. |
| mm | : | Millimètre. |
| mm/ans | : | Millimètre par ans. |
| N° | : | Numéro. |
| N₂ | : | Azote. |
| N₂O | : | Oxyde nitreux. |

| | | |
|--------------------------|---|---|
| NADP⁺ | : | Nicotinamide Adénine Di nucléotide Phosphate. |
| NADPH⁺ | : | Nicotinamide Adénine Di nucléotide Phosphate (Réduit). |
| nm | : | Nanomètre. |
| NO_x | : | Oxydes d'azote. |
| O.M.S | : | Organisation Mondiale de la Santé. |
| O₂ | : | Oxygène. |
| O₃ | : | Ozone. |
| °C | : | Degré Celsius. |
| OOM | : | Organisation Météorologique Mondiale. |
| P | : | profondeur. |
| PC | : | Plastocynine. |
| PFC | : | Les perfluorocarbures. |
| PH | : | Le potentiel hydrogène. |
| Phè | : | La phèophytine. |
| ppm | : | Partie par milliard. |
| PQ | : | Plastoquinone. |
| PSI | : | Photosystème I |
| PSII | : | Photosystème II. |
| rudip | : | Ribulose diphosphate. |
| SF6 | : | L'hexafluorure de soufre. |
| SGBD | : | Systèmes de Gestion de Base de Données. |
| SIG | : | Systèmes d'information géographique. |
| SO₂ | : | Dioxyde de soufre. |
| St | : | Station. |
| UICN | : | Union International Pour La Conservation De Nature. |
| V | : | Volume. |
| W | : | Poids de matière fraîche utilisée de l'échantillon qui est de 100 mg. |
| Z | : | l'altitude. |

Liste des figures

| N° | Titre de figure | Page |
|---------------------|---|------|
| Chapitre I | | |
| 1 | : Aire de répartition du genre <i>Juniperus L.</i> dans le monde..... | 04 |
| 2 | : Morphologie d'un rameau de Génévrier <i>thurifère L.</i> | 05 |
| 3 | : La forme multicaule d'un pied de <i>Juniperus thurifera L.</i> | 06 |
| 4 | : Echantillon récolté d'un individu monoïque..... | 07 |
| 5 | : Galbules récoltés d'un individu monoïque..... | 08 |
| 6 | : Régénération des populations de genévriers crotte de fouine (à droite) et crotte de merle (à gauche)..... | 10 |
| 7 | : Des pieds de <i>juniperus phoenicea L.</i> | 17 |
| 8 | : Feuilles de <i>juniperus phoenicea L.</i> | 18 |
| 9 | : Morphologie d'un rameau femelle (à gauche) et d'un rameau mâle (à droite)..... | 18 |
| 10 | : Morphologie d'un rameau de Génévrier oxycède..... | 23 |
| Chapitre II | | |
| 11 | : Impact des polluants atmosphériques sur les plantes..... | 30 |
| 12 | : Système législatif Algérien..... | 33 |
| Chapitre III | | |
| 13 | : les processus de la photosynthèse dans la feuille..... | 41 |
| 14 | : Fonctionnement des photosystèmes au cours de transfert d'électrons..... | 45 |
| 15 | : Principales voie de développement du plastide..... | 47 |
| 16 | : Un jeune chloroplaste..... | 48 |
| 17 | : Structure de la chlorophylle..... | 50 |
| Chapitre IV | | |
| 18 | : Diagramme des températures moyennes mensuelles de la période 2005-2015 dans la wilaya de Khenchela..... | 55 |
| 19 | : Diagramme des précipitations moyennes mensuelles de la période (2005-2015)..... | 56 |
| 20 | : Diagramme des moyennes mensuelles des neiges de la période 2005-2015..... | 57 |
| 21 | : Diagramme des moyennes mensuelles Grêle de la période (2005-2015)..... | 57 |
| 22 | : Diagramme des moyennes mensuelles de l'évaporation de la période (2005-2015)..... | 58 |

| | | |
|----|--|----|
| 23 | : Diagramme des moyennes mensuelles d'humidité de la période 2005-2015 | 58 |
| 24 | : Evolution des moyennes des vitesses maximales instantanées des vents de la période (2005-2015)..... | 58 |
| 25 | : La rose des vents correspondant à la région d'étude avec le vent dominant..... | 60 |
| 26 | : Diagramme Ombro thermique de Gaussen (2005-2015)..... | 60 |

Chapitre V

| | | |
|----|--|----|
| 27 | : Carte de localisation Géographique de la wilaya de Khenchela. Et les communes de la wilaya..... | 61 |
| 28 | : Carte d'occupation Forestière de la wilaya de Khenchela..... | 62 |
| 29 | : Répartition de la superficie forestière par essence..... | 63 |
| 30 | : Carte des pentes de la wilaya de Khenchela..... | 64 |
| 31 | : Carte des classes des sols de la wilaya de Khenchela..... | 66 |
| 32 | : GPS de téléphone..... | 70 |
| 33 | : GPS essential..... | 70 |
| 34 | : Image satellitaire de la 2 ^{ème} station..... | 71 |
| 35 | : Logiciel Arc GIS version 10.1..... | 72 |
| 36 | : Appareils spectrophotomètre de type JENWAY 6305 _{UV/vis} | 72 |
| 37 | : Localisation des les stations de prélèvements dans la zone d'étude..... | 74 |
| 38 | : Mode opératoire et dosage des chlorophylles..... | 76 |

Chapitre VI

| | | |
|----|---|----|
| 39 | : Prélèvements des échantillons d'arbres de <i>Juniperus Thurifera</i> L. au cours d'une sortie..... | 80 |
| 40 | : Teneurs en chlorophylles chez <i>Juniperus Phoenicea</i> L..... | 81 |
| 41 | : Specimens de <i>Juniperus Phoenicea</i> L. à la station St 3..... | 82 |
| 42 | : Teneurs en chlorophylles chez <i>Juniperus Oxycedrus</i> L..... | 83 |
| 43 | : Teneurs en chlorophylles chez <i>Juniperus Thurefera</i> L. Echantillon 1..... | 84 |
| 44 | : Teneurs en chlorophylles chez <i>Juniperus Thurefera</i> L. Echantillon 2..... | 85 |
| 45 | : allure générale du spécimen male utilisé en St 2..... | 86 |
| 46 | : Comparaison des teneurs en chlorophylle a des trois espèces..... | 86 |
| 47 | : Comparaison des teneurs en chlorophylle b des trois espèces..... | 87 |
| 48 | : Chlorophylle a et b chez les trois arbres..... | 88 |

Liste des tableaux

| N° | Titre de tableau | page |
|----|--|------|
| 1 | : La position systématique de <i>Juniperus thurifera</i> L..... | 14 |
| 2 | : Position systématique de genévrier de Phénicie..... | 21 |
| 3 | : Position systématique de <i>Juniperus oxycedrus</i> L..... | 25 |
| 4 | : composition chimique de la colonne atmosphérique d'aérosols..... | 32 |
| 5 | : Cordonnées géographiques de la station 1..... | 74 |
| 6 | : Cordonnées géographiques de la station 2..... | 74 |
| 7 | : Cordonnées géographiques de la station 3..... | 74 |
| 8 | : Cordonnées géographiques de la station 4..... | 74 |
| 9 | : Cordonnées géographiques de la station 5..... | 74 |

Liste des annexes

| N° | Titre de l'annexe | page |
|----------|-----------------------------------|------|
| Annexe I | : La photosynthèse..... | a |
| Annexe I | : La pollution atmosphérique..... | a |

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Résumés

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des annexes

| | |
|----------------------------|---|
| Introduction générale..... | 1 |
|----------------------------|---|

Chapitre I : Etude descriptive de *Juniperus*

| | |
|---|----|
| Introduction et généralité..... | 4 |
| I.1. <i>Juniperu Thurifera L</i> | 5 |
| I.1.1. Principaux caractères morphologiques de <i>Juniperus thurifera L.</i> | 5 |
| I.1.1.1. Le feuillage..... | 7 |
| I.1.1.2. Les fleurs..... | 7 |
| I.1.1.3. Les galbules..... | 7 |
| I.1.2. La régénération..... | 8 |
| I.1.2.1. Les facteurs limitants de la régénération naturelle du Genévrier thurifère..... | 8 |
| a. L'activité humaine processus de compétition avec les espèces ligneuses | 8 |
| b. L'attaque par les espèces de ravageurs..... | 8 |
| c. Le sex-ratio..... | 9 |
| I.1.2.2. La germination préférentielle..... | 9 |
| I.1.2.3. La régénération artificielle..... | 10 |
| I.1.3. Ecologie..... | 11 |
| I.1.3.1. L'adaptation..... | 11 |
| I.1.3.2. La stratégie de développement..... | 11 |
| I.1.4. L'écophysiologie..... | 11 |
| I.1.5. Systématique de <i>Juniperus thurifera</i> et questions évolutives..... | 12 |
| I.1.6. Position systématique de <i>Juniperus thurifera L.</i> | 13 |
| I.1.7. Répartition géographique et pédologique du <i>juniperus thurifera L.</i> en Algérie..... | 14 |
| I.1.8. Utilisation de <i>Juniperus thurifera L.</i> | 15 |
| I.1.9. Lutte contre l'extinction de l'espèce | 16 |
| I.2. <i>Juniperus Phoenicea L.</i> | 16 |
| I.2.1. Principales caractéristiques botaniques..... | 16 |
| I.2.1.1. Description générale..... | 16 |
| I.2.1.2. Allure générale..... | 17 |
| I.2.1.3. Branche..... | 17 |
| I.2.1.4. Feuille..... | 17 |
| I.2.1.5. Fleurs..... | 18 |
| I.2.1.6. Fruits..... | 18 |
| I.2.2. Bioécologie et écophysiologie du genévrier de Phénicie..... | 19 |
| I.2.2.1. Les contraintes du milieu..... | 19 |
| a. Exigences édaphiques..... | 19 |
| I.2.3. du genévrier dans le bassin méditerranéen | 19 |
| I.2.4. La croissance du genévrier de Phénicie..... | 19 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| I.2.4.1. | Régénération..... | 19 |
| I.2.4.2. | Phénologie de l'espèce..... | 20 |
| I.2.5. | Traitement sylvicole et aménagement..... | 20 |
| I.2.6. | Importance économique et écologique de l'espèce..... | 20 |
| I.2.7. | Place taxonomique du genévrier de Phénicie..... | 21 |
| I.2.8. | Aire de répartition de genévrier de Phénicie..... | 21 |
| I.2.8.1. | Dans le monde..... | 21 |
| I.2.8.2. | Aire de distribution en Algérie..... | 22 |
| I.2.8.3. | Répartition dans la forêt de khenchela..... | 22 |
| I.3. | <i>Juniperus Oxycedrus</i> L..... | 22 |
| I.3.1. | Description de l'oxycèdre..... | 22 |
| I.3.2. | Caractères botaniques..... | 23 |
| I.3.2.1. | Feuille..... | 23 |
| I.3.2.2. | Ecorce | 23 |
| I.3.2.3. | Organes de reproduction..... | 23 |
| a. | Chatons males | 23 |
| b. | Inflorescences..... | 24 |
| I.3.2.4. | Cônes..... | 24 |
| I.3.2.5. | Bois | 24 |
| I.3.2.6. | Hauteur..... | 24 |
| I.3.2.7. | Longévitité..... | 24 |
| I.3.3. | Place taxonomique du genévrier oxycèdre..... | 24 |
| I.3.4. | Caractéristiques écologiques | 25 |
| I.3.4.1. | Conditions édaphiques..... | 25 |
| I.3.4.2. | Altitude..... | 25 |
| I.3.5. | Usage divers du genévrier oxycèdre | 25 |
| I.3.6. | Répartition géographique..... | 25 |
| I.3.6.1. | Répartition dans la forêt de khenchela..... | 26 |

Chapitre II : La pollution atmosphérique et son cadre législatif en Algérie

| | |
|---|-----------|
| Introduction..... | 28 |
| A. Cadre scientifique de la pollution atmosphérique | 28 |
| II.1. Définition de la pollution atmosphérique selon la législation Algérienne..... | 28 |
| II.2. L'origine polluante des particules..... | 28 |
| II.3. Causes, conséquences et impacts..... | 29 |
| II.3.1. Causes de la pollution atmosphérique..... | 29 |
| II.3.2. Les conséquences de la pollution atmosphérique..... | 29 |
| II.3.3. Impacts des polluants atmosphériques sur les végétaux | 29 |
| II.4. Les plantes indicatrices de la pollution atmosphérique..... | 30 |
| II.5. Les aérosols..... | 30 |
| II.5.1. Définition..... | 30 |
| II.5.2. Origine de l'aérosol | 31 |
| II.5.3. Taille des aérosols..... | 31 |
| II.5.4. Composition chimiques des aérosols..... | 32 |
| II.6. Effets de la pollution au baryum..... | 32 |
| II.6.1. Effets dans les compartiments de l'environnement..... | 32 |
| B. Le cadre législatif Algérien de la pollution atmosphérique Algérien | 32 |
| II.1. Le système législatif de la république Algérienne | 32 |

| | | |
|-------------------------|--|-----------|
| II.2. | Législation nationale clé concernant la protection de l'environnement..... | 33 |
| II.3. | Des prescriptions de protection environnementale..... | 33 |
| II.4. | Résumé de la législation nationale en vigueur atmosphérique | 34 |
| II.4.1. | Emissions atmosphériques..... | 34 |
| II.4.2. | Les objectifs et indicateurs de qualité de l'atmosphère..... | 35 |
| II.5. | Le contrôle des émissions de gaz à effet de serre..... | 35 |
| Conclusion | | 35 |

Chapitre III : La biosurveillance de la qualité de l'air par la chlorophylle

| | |
|--|-----------|
| Introduction..... | 37 |
| III.1. La biosurveillance..... | 37 |
| III.1.1. Définition..... | 37 |
| III.1.2. Les concepts de la biosurveillance..... | 37 |
| III.1.2.1. L'utilisation de biomarqueurs..... | 37 |
| III.1.2.2. La bioindication..... | 38 |
| III.1.2.3. La biointégration..... | 38 |
| III.1.2.4. La bioaccumulation..... | 38 |
| III.1.3. Réponse d'un individu et paramètres considérés..... | 38 |
| III.1.4. Les végétaux indicateurs..... | 39 |
| III.1.5. La biosurveillance par les plantes supérieures..... | 39 |
| III.1.5.1. La biosurveillance par les feuilles..... | 39 |
| III.1.5.2. Biosurveillance par les chlorophylles..... | 40 |
| III.2.1. La photosynthèse..... | 40 |
| III.2.2. La découverte de la photosynthèse..... | 40 |
| III.2.3. Le principe de la photosynthèse..... | 41 |
| III.2.4. La photosynthèse dans les feuilles..... | 42 |
| III.2.5. Mécanisme de la photosynthèse..... | 42 |
| III.2.5.1. La phase claire ou photochimique..... | 43 |
| III.2.5.2. La phase sombre..... | 44 |
| III.2.6. La chaîne de transfert d'électrons des thyracoïdes..... | 44 |
| III.2.6.1. Transfert linéaire..... | 44 |
| III.2.6.2. Transfert cyclique..... | 44 |
| III.2.7. Facteurs limitants de la photosynthèse..... | 45 |
| III.2.8. Réponse photosynthétique..... | 46 |
| III.2.8.1. L'effet de la pollution atmosphérique sur la potosynthèse..... | 46 |
| III.3. La chlorophylle..... | 47 |
| III.3.1. Les plastes..... | 47 |
| III.3.1.1. Les proplastes..... | 48 |
| III.3.1.2. Les chloroplastes..... | 48 |
| III.3.2. Structure et propriétés chimiques..... | 49 |
| III.3.3. Chlorophylles et stress..... | 51 |
| III.3.4. La chlorophylle et la pollution atmosphérique..... | 51 |
| III.3.5. Thylakoïdes..... | 51 |
| III.3.6. Sensibilisation des thylakoides a la pollution atmosphérique..... | 51 |

Chapitre IV : climatologie de la zone d'étude

| | |
|--|----|
| Introduction..... | 54 |
| IV.1. Climatologie | 54 |
| IV.1.1. Eléments et Facteurs du climat..... | 54 |
| IV.1.1.1. La température..... | 54 |
| IV.1.1.2. Pluviométrie..... | 56 |
| IV.1.1.3. Les précipitations..... | 56 |
| IV.1.1.4. La neige..... | 57 |
| IV.1.1.5. Grêle..... | 57 |
| IV.1.1.6. Evaporation. | 58 |
| IV.1.1.7. L'humidité..... | 58 |
| IV.1.1.8. Les vents..... | 59 |
| IV.1.2. Le diagramme Ombro-thermique de Gaussen et Bagnouls..... | 59 |
| IV.2. Présentation de la zone d'étude | 61 |
| IV.2.1. Cadre géographique..... | 61 |
| IV.2.2. Le potentiel forestier..... | 61 |
| IV.2.3. Le milieu naturel..... | 63 |
| IV.2.3.1. Milieu physique..... | 63 |
| a. Relief..... | 63 |
| b. Hydrographie..... | 63 |
| c. Pentés..... | 63 |
| IV.2.4. Aperçu pédologique..... | 64 |
| a. Massif d'Ouled Yagoub et Beni M'loul : milieu floristique..... | 64 |
| b. Massifs de Beni Oudjana..... | 65 |
| IV.2.4. Milieu floristique..... | 66 |
| IV.2.4.1. Les habitats..... | 66 |
| IV.2.4.1. Les habitats rupicoles..... | 66 |
| IV.2.4.3. Les pelouses sèches et mésophiles acidophiles (pozzines)..... | 66 |
| IV.2.4.4. Garrigues à xérophytes épineux et pâturages écorchés cultureaux..... | 67 |
| IV.2.4.5. La cédraie de haute montagne..... | 67 |
| IV.2.4.6. La cédraie à chêne vert..... | 67 |
| IV.2.4.7. La chênaie verte..... | 67 |
| IV.2.4.8. La thuriféraie..... | 67 |
| IV.2.4.9. La pinède à chêne vert..... | 68 |
| IV.2.4.10. La pinède à romarin..... | 68 |
| IV.2.5. Milieu faunistique..... | 68 |
| IV.2.6. L'agriculture..... | 68 |

Chapitre V : matériels et méthode

| | |
|---|----|
| Introduction..... | 79 |
| V.1. Méthodologie | 70 |
| V.1.1. Justification du choix des sites..... | 70 |
| V.1.2. Matériels utilisés..... | 70 |
| V.1.2.1. Le GPS..... | 70 |
| V.1.2.2. Google Earth..... | 71 |
| V.1.2.3. Systèmes d'information géographique (SIG)..... | 71 |
| • Définition..... | 71 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| V.1.2.4. | Spectrophotomètre domaine UV/visible 6305..... | 72 |
| a. | Définition..... | 72 |
| b. | Applications de la spectroscopie UV-VISIBLE..... | 72 |
| A/ | Analyse qualitative..... | 73 |
| B/ | Analyse quantitative..... | 73 |
| V.2. | Les stations des prélèvements..... | 73 |
| V.3. | Mode d'échantillonnage..... | 74 |
| V.3.1. | Paramètre mesuré..... | 75 |
| V.3.1.1. | Le principe de mesure des teneurs en chlorophylle..... | 75 |
| V.3.1.2. | Dosage de la chlorophylle..... | 76 |
| V.4. | Analyse statistique | 76 |

Chapitre VI : Résultats et discussions

| | | |
|------------------------------------|---|-----------|
| Introduction | | 80 |
| VI.1. | Observations établies au cours des prélèvements..... | 80 |
| VI.2. | Résultats des analyses des chlorophylles..... | 81 |
| VI.2.1 | Teneurs en chlorophylles..... | 81 |
| VI.2.1.1. | Teneurs en chlorophylles chez <i>Juniperus Phoenicea</i> L..... | 81 |
| VI.2.1.2. | <i>Juniperus Oxycedrus</i> L..... | 82 |
| - | A la station (St 2) localisée au sommet du mont Chélia et à la station (St 5) Yabous..... | 82 |
| VI.2.1.3. | <i>Juniperus Thurifera</i> L. (Chelia sommet et Ouad tidar)..... | 83 |
| VI.2.1.2. | Comparaison des chlorophylles des espèces..... | 86 |
| a. | Comparaison des chlorophylles a et b..... | 86 |
| - | Chlorophylle a..... | 87 |
| - | Chlorophylle b..... | 87 |
| b. | Comparaison entre les espèces..... | 87 |
| VI.2.2. | Teneurs en chlorophylle totale..... | 88 |
| VI.2.3. | Le rapport chl a/ chl b..... | 88 |
| VI.3. | Bioaccumulation du baryum..... | 88 |
| Conclusion..... | | 89 |
| Conclusion générale..... | | 91 |
| Perspective..... | | 94 |
| Références bibliographiques | | |
| Annexes..... | | a |

Introduction générale

Introduction

L'atmosphère terrestre est le siège d'un transport de matière et d'éléments d'origines diverses, dont une proportion importante résulte des activités humaines, ce qui induit des conséquences parfois graves, pour la santé humaine et pour la fonctionnalité des écosystèmes. Les éléments ainsi transférés sont redéposés, de manière complexe, à la surface de la terre, conduisant à des altérations diversifiées de la composition des eaux et des sols et de la fonctionnalité des êtres vivants. La redéposition atmosphérique est étudiée depuis une cinquantaine d'année sur les arbres, qui constituent une matrice verticale commune, très enrichie par l'apport atmosphérique, et pouvant mener soit à une analyse de composition, soit à des études de bioindication. Il en a découlé des tests de routine largement utilisés. Cependant, pour définir avec précision les apports d'origine anthropique et mieux maîtriser, en vue de les réduire, les apports anormaux ou dangereux.

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'air, protégeant le sol contre l'érosion et améliorant la qualité de l'eau ; et socio-économique important.

Dans le but d'apporter des éléments de réponse précis à une interrogation qui consiste à améliorer le diagnostic basé sur les teneurs en chlorophylles, nous nous sommes intéressés aux formations à genévriers (*Juniperus L.*) de la forêt de kenchela.

Ce travail consiste à utiliser des espèces végétales pérennes bio-indicatrices, ligneuses, pour la biosurveillance de la pollution atmosphérique pouvant être causée par l'industrie de barytine dans la forêt. Le genre (*Juniperus L.*), se trouve un peu partout, à l'état d'arbres isolés le cas de (*Juniperus thurifera L.*) ou en petites formations tel que (*Juniperus Phoenicea L.*) ou même mixte comme c'est le cas de (*Juniperus Oxycedrus L.*).

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 des espèces choisies (*Juniperus L.*) pour l'entreprendre comme indicateur de pollution atmosphérique.

L'étude a cependant porté sur l'utilisation de trois espèces végétales pérennes pour l'évaluation d'une pollution atmosphérique d'origine industrielle dans la région forestière de Kenchela. Nous

avons recensé un ensemble d'arbres et retenus des essences largement utilisées comme plantes médicinales pérenne dans le milieu, à savoir (*Juniperus thurifera* L.), (*Juniperus Phoenicea* L.) et (*Juniperus oxycedrus* L.). Ce choix est lié à des raisons essentielles, telles que :

- les espèces sont répandues dans la région d'étude,
- l'une d'elles représente une ressource endémique (*Juniperus thurifera* L.),
- Elles sont susceptibles de traduire au mieux l'ampleur de la pollution particulaire,
- Le genévrier est un arbre ligneux parmi les essences les plus utilisés dans le domaine de la médecine traditionnelle.

Si ces espèces ont fait l'objet de nombreuses études dans différents domaines, Il n'en est pas de même pour détecter la pollution atmosphérique et l'état de l'environnement, car l'utilisation de ses verticilles contribue à la quantification de la pollution de l'air par les rejets dans l'air des effluents de l'usine d'exploitation des gisements de baryte.

Cet objectif est développé dans ce mémoire qui s'articule en trois principales 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 des trois espèces préconisées, 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. Elle expose ensuite la méthode et technique utilisée au cours de ce travail, de l'échantillonnage à l'analyse pour atteindre les objectifs visés : préparation du matériel d'échantillonnage, le (GPS), mode de prélèvement, mesures des teneurs en chlorophylles au laboratoire par spectrophotométrie.
- La troisième partie, "**Résultats et discussion**", s'attache aux résultats obtenus et les observations effectuées au cours de l'expérimentation et de l'échantillonnage tout en comparant avec les résultats obtenus dans les travaux de certains auteurs, 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.

Chapitre I :
Etude descriptive de *Juniperus*

Introduction et généralités

Les Cupressacées sont des arbres, arbustes, arbrisseaux gymnospermes, toujours verts, très rameux, à bois odorant. Les feuilles soient en forme d'aiguilles allongées, rigides, piquantes, verticillées par 3, soient en forme d'écailles très petites, imbriquées et couvrant complètement les rameaux. Fleures dioïques ou, rarement monoïques, en chatons très petits, à l'aisselle des feuilles ou terminaux. Les fruits sont des cônes charnus en forme de baies globuleuses ou ovoïdes, rouges, rougeâtres, bleuâtres ou noirâtres à maturité (Lieutaghi, 2004).

Les genévriers ont une place non négligeable dans la végétation méditerranéenne, mais leur signification phytoécologique varie nettement selon les groupes d'espèces. Ce sont généralement des éléments pionniers jouant un rôle appréciable dans la dynamique des groupements, pré forestiers surtout, se développant également dans des situations écologiques extrêmes (Quezel et Medail, 2003).

Les genévriers sont les seules essences résineuses pouvant constituer en montagne, dans les plus mauvaises conditions de sol et de climat, de véritables peuplements forestiers, se localisant en particulier dans le moyen et le grand Atlas, les derniers représentants de la végétation forestière aux hautes altitudes (boudy, 1950). Le genre *Juniperus* inclut environ 75 espèces groupées en trois sections. La section *Caryocedrus* avec une seule espèce : *J. drupacea* Labill.. La section *Juniperus* avec une espèce type : *J. communis* regroupant 14 espèces, caractérisées par des cônes bleus ou rouges. La section *Sabina* qui regroupe approximativement 60 espèces (Adams, 2014).

L'aire de répartition des espèces de genévrier dans le monde se fait selon la distribution sur la carte de la figure 1.

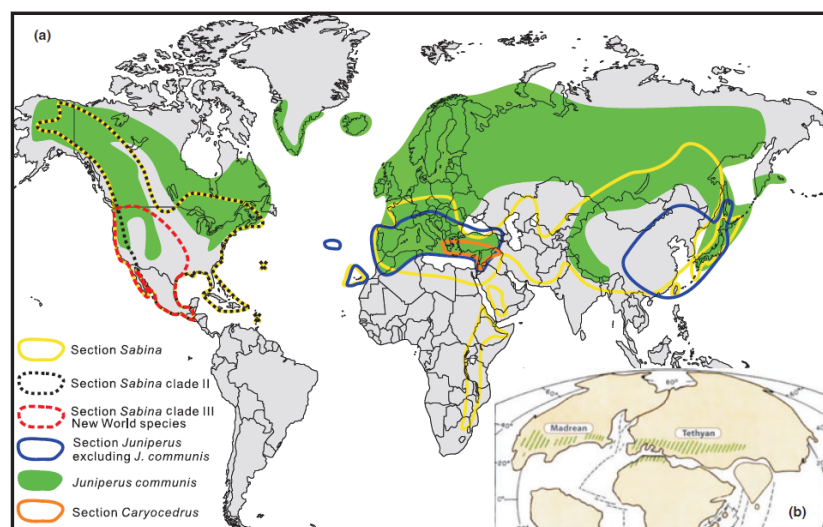


Figure 1 : Aire de répartition du genre *Juniperus* L. dans le monde (Mao *et al.*, (2010) cité par Zraib, 2016).

Il comporte la plupart des espèces, des variétés "rigides" ou à aiguilles piquantes ; *Juniperus macrocarpa*, *Juniperus drupacea* et des variétés "souples" à feuillage en écailles soudées pouvant vivre plus de 1000 ans; *Juniperus phoenicea*, *J.thurifera*, *J.polycarpus*, *J.foeditissim* (Quezel et Medail, 2003).

Les genévriers sont des gymnospermes. Alors qu'en règle générale, la graine des gymnospermes est nue, entourée d'écailles ligneuses qui forment un fruit conique ou globuleux. Chez les genévriers, les écailles sont charnues, très imbriquées, au point d'envelopper la graine dans un fruit appelé galbule. Lagraine des genévriers n'est pas ailée comme elle l'est chez la plupart des résineux. La dissémination ne se fait pas par le vent mais par les oiseaux et par certains mammifères qui l'ingurgitent, digèrent la partie charnue et restituent la semence qui germe alors plus facilement (Quezel et Medail, 2003).

I.1. *Juniperus thurifera* L.

Le Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.), Aiwâl ou Hazenzna en berbère, est une espèce emblématique des montagnes du bassin ouest-méditerranéen (Figure 2) (Gauquelin et al., 1999). Si cette espèce a fait l'objet de nombreuses études dans différents domaines en Europe et au Maroc, il n'en est pas de même pour l'Algérie, où elle est principalement localisée dans les Aurès (Beghami et al., 2013).



Figure 2 : Morphologie d'un rameau de Genévrier thurifère (Régis et al., 2008).

I.1.1. Principaux caractères morphologiques de *Juniperus thurifera* L.

Dans les Aurès, les thurifères sont majoritairement multicaules (Figure 3). Toutefois, un nombre important de pieds de thurifère unicaules a été observé, notamment dans la vallée de l'Oued Abdi.

Pour cette raison, on peut se demander si les tiges multiples ne correspondraient pas à des rejets de souche. D'autre part, en raison de la mutilation répétée des branches et le pacage des bourgeons terminaux, l'arbre a souvent l'allure d'un grand champignon ligneux à tronc court et trapu (Belkassir et Temagoult (2001) cités par Beghami et al., 2013).



Figure 3 :La forme multicaule d'un pied de *Juniperus thurifera* L.

C'est un arbre ou arbuste dioïque, bien que la présence de quelques individus monoïques ait été mentionnée dans les Alpes françaises et en Corse (Borel et Polidori, 1983 ; Conrad, 1986) ; de même en Espagne, au Maroc dans le Haut Atlas (Badri, 2003), et en Algérie (les Aurès) dans la population de T'kout plus précisément dans la localité dite Malou (Figure 3).

A l'état juvénile, les feuilles ne sont pas sous forme d'écailles mais de petites feuilles en alènes (jeunes pousses)(Figure 4), semblables à celles du genévrier oxycèdre ou commun, espèces qui appartiennent au même genre (Badri, (2003) cité par Zeraib, 2016).

L'association des galbules est le résultat du développement des fleurs femelles et des chatons qui portent les grains de pollens sur le même individu (Zeraib, 2016).



Figure 4 : Echantillon récolté d'un individu dioïque (Zeraib, 2016).

Selon (Baghami, 2013), la physionomie des formations du Genévrier thurifère dans les Aurès est très fastigiée. En effet, la strate arborescente dépasse rarement 10 % et atteint quelquefois 25 à 30 % dans les thuriferaies les plus denses, quant à la strate arbustive, elle oscille entre 0 et 50 %. Cette physionomie est essentiellement due à l'action anthropique : pratiques de défrichements pour la mise en culture et surtout la réalisation des parcours. Si la céréaliculture est abandonnée aujourd'hui ou devenue rare, le pâturage reste la cause principale de la destruction et l'obstacle majeur menaçant toute possibilité de régénération.

I.1.1.1. Le feuillage

Cette espèce présente un port très variable, sous l'influence de différents facteurs, endogènes et exogènes. Le feuillage sempervirent est constitué de feuilles en écailles, allongées et aiguës, opposées et disposées sur quatre rangs, réunies en ramules plus ou moins quadrangulaires (Rameau et al., 2008). Les écailles portent sur la face dorsale une glande sécrétrice, qui confère au Genévrier thurifère son odeur si particulière (Figure 4) (Rameau et al., 2008).

I.1.1.2. Les fleurs

Les fleurs mâles sont réunies en inflorescence à la partie terminale des ramules, et formant un chaton condensé de forme globuleuse (Figure 4) (Rameau et al., 2008).

I.1.1.3. Les galbules

Les cônes femelles ou galbules sont charnus, subglobuleux, de couleur noir bleuâtre, et contiennent 2 à 4 graines suivant la variété (Figure 5) (Rameau et al., 2008).



Figure 5 : Galbules récoltés d'un individu monoïque

I.1.2. La régénération

Le Thurifère est une espèce qui ne rejette pas de souches, à reproduction est difficile. Vu le manque d'études, on peut dire que vu l'émondage auquel l'espèce est exposée, un grand nombre d'arbres se trouvent dans l'impossibilité de produire en quantité suffisante des graines (Boudy 1950).

En Afrique du Nord (Algérie et Maroc), cette essence forestière est considérée comme menacée d'extinction du fait principalement d'un impact anthropique sévère (pratiques culturales inadaptées, pression pastorale) qui limite les processus de régénération naturelle de l'espèce et en conséquence accélère le vieillissement des peuplements (Gauquelin et al., (1999) cité par Sanguin, 2013).

I.1.2.1. Les facteurs limitants de la régénération naturelle du Genévrier thurifère

a. L'activité humaine processus de compétition avec les espèces ligneuses

La régénération naturelle du Genévrier thurifère est quasi inexistante dans son aire naturelle. Comme pour de nombreuses essences forestières en milieu méditerranéen, ce type de dysfonctionnement dans la dynamique spatio-temporelle du couvert forestier est principalement attribué à l'effet conjugué de l'activité humaine (pâturages et coupes) de la dégradation des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des sols et aux processus de compétition avec la végétation environnante (Albaladejo et al., 1998). En plus de l'aléa climatique, cette perturbation aurait comme cause principale la pression anthropique, qui est fort ancienne et qui présente des origines historiques et sociales (Abdessamed, 1984).

b. L'attaque par les espèces de ravageurs

À tous ces facteurs limitants, s'ajoute un phénomène très spécifique au Genévrier thurifère, à savoir l'impact des insectes spécialisés dans l'exploitation des cônes et galbules, limitant ainsi la

production de graines susceptibles de germer (El Alaoui El Fels, 1991). Alors qu'en 1999, le même auteur a montré qu'au Maroc, 17 espèces de ravageurs ont été observées dans et sur les galbules seulement avec 2 espèces spécifiques du genévrier thurifère : *Megastigmus thuriferana* et *contarinia sp.* L'Acarien *Trisetacus quadrisetus* s'attaque aux galbules au début de leur formation ce qui aboutit à des graines vides d'apparence intacte.

La synchronisation de la période d'attaque des ravageurs et la phase de croissance, aboutit à la déshydratation des galbules puis à leur chute précoce. Le nombre moyen de graines pleines par galbule diminue au fur et à mesure que les galbules sont attaqués : Avant l'attaque, ce nombre est de l'ordre de 1,2 après intervention des Acariens il devient 0,8 et après attaque des insectes le nombre de graines pleines par galbule devient 0,4 soit une perte de 70 % des graines susceptibles de germer (El Alaoui El Fels, 1991).

c. Le sex-ratio

(Cambecèdes et al., 2013) ont énoncé l'hypothèse selon laquelle, dans les populations végétales naturelles, le sex-ratio est de 1/1, comme chez de nombreuses espèces méditerranéennes est vérifiée en 2001 sur la station à (*Juniperus thurifera* L.) de la montagne de Rié, contrairement aux stations marocaines qui présentent un sex-ratio déséquilibré en faveur des arbres femelles (Gauquelin et al., 2002).

Aucune référence ou étude nationale n'a mentionné qu'il existe une perturbation ou hétérogénéité dans la notion de sex-ratio pour l'espèce aussi bien dans les Aurès que dans les autres thuriferaies. Ce sex-ratio n'est pas homogène au sein de la population avec un biais significatif en faveur des femelles dans la zone haute de la thuriferaie et une tendance mâle dans le bas du peuplement monospécifique. Ce déséquilibre semble lié à la dynamique de la population ; en effet, les plantes doivent atteindre une certaine taille ou masse critique pour fleurir or pour différents genévriers cette masse est moins importante chez les mâles que chez les femelles (Falinski, 1980).

Dans les populations marocaines de *J. thurifera*, les sex-ratios biaisés en faveur des femelles ont été trouvés dans les vieilles populations sans régénération où les arbres juvéniles sont rares alors que dans d'autres populations où la recolonisation est évidente, le sex-ratio est de 1/1, voire déséquilibré en faveur des arbres mâles (Gauquelin et al., 2002).

I.1.2.2. La germination préférentielle

Cependant, quelques espèces d'oiseaux mangent et défèquent les graines (Figure 6 : gauche) à des distances plus ou moins importantes de la plante source (Santos et al., 1999). Et en mesure de jouer

un rôle de disperseur à courte distance. De plus, un micro-édaphisme se crée sous le couvert des genévriers. En effet, dans diverses formations atlasiques (Cambecèdes et al., 2013), on constate un enrichissement important en carbone organique et en éléments minéraux induisant le développement d'un niveau humifère riche sous couvert qui favorise la germination des galbules (Gauquelin et Dagnac, 1988).



Figure 6 : Régénération des populations de genévriers crotte de fouine (à droite) et crotte de merle (à gauche) (Mandin J.P., 2008).

La germination des graines est meilleure après le passage par le tube digestif des oiseaux du genre *Turdus* surtout qui les ingèrent avec les galbules (Santos et Tellería., 1994). Cela peut expliquer la germination préférentielle et la grande part d'arbres juvéniles sous le couvert des arbres sexués. Cependant, l'association entre arbres de petits diamètres et couvert végétal pose l'hypothèse d'une phase sciaphile dans le développement de la plantule de *J. thurifera*. Ce qui pourrait être alors une nouvelle explication du développement plus important sous le couvert des arbres sexués (Cambecèdes et al., 2013).

I.1.2.3. La régénération artificielle

Les essais de régénération artificielle se sont fréquemment heurtés à la difficulté de maîtriser la germination des semences de cette espèce en conditions contrôlées. Le pourcentage des cônes et graines attaqués par les ravageurs dépasse fréquemment 80% (El Alaoui El Fels et Roques, 2006) et le processus de germination des graines viables est relativement complexe du fait de la présence d'un tégument rigide et de la forte dormance des semences (Ferradous et al., 2013).

Les quelques essais entrepris au niveau de la Faculté des sciences de la nature et de la vie de Khenchela ont donné de résultats probants. Cette étude s'inscrit dans un programme de recherche

visant à maîtriser la multiplication en conditions contrôlées du Genévrier thurifère par la maîtrise de la germination des graines. Les résultats du prétraitement ont permis d'obtenir les taux de germination (%) variant significativement selon les prétraitements ; les fractions et le traitement par le froid ainsi que leur interaction dont le meilleur pourcentage (80 %) est enregistré par l'application du prétraitement par (1000 ppm) des graines de la fraction lourde conservées au froid. L'analyse des groupes Homogènes a révélé que le prétraitement par l'acide gibbérellique a présenté le meilleur pourcentage de germination dans toutes les fractions (Hameli, 2015).

I.1.3. Ecologie

Le Genévrier thurifère, (*Juniperus thurifera* L.), est un arbre ouest-méditerranéen montagnard à aire actuelle morcelée, il est aussi considéré comme espèce clé des écosystèmes forestiers steppiques durant les phases froides du Pléistocène (Quézel et Médail, 2003).

I.1.3.1. L'adaptation

Pour s'adapter à ces contraintes écologiques fortes, le Genévrier arborescent montre généralement un développement racinaire très grand par rapport à son houppier. D'autre part, si sa croissance radiale habituelle est lente (1-1,5 mm/an), il peut arriver à la multiplier par trois en profitant de deux ou de plusieurs périodes favorables au printemps, en été ou en automne (Camarero, 2006) cité par Villar, 2013).

I.1.3.2. La stratégie de développement

Le *Juniperus thurifera* est une espèce longévive produisant ponctuellement de très nombreux galbules. Elle présente donc des caractéristiques appartenant aux stratégies K et R, cette espèce adoptant une croissance lente en milieu aride et produisant de nombreux descendants de façon à s'assurer que certains d'entre eux rencontrent des conditions favorables (Gauquelin, 2012). Ainsi, concernant sa longévité et sa croissance, il adopte la stratégie K, mais sporadiquement pour de courtes périodes, il s'oriente vers une stratégie R. Concernant les organes reproducteurs, les pieds mâles adultes produisent une grande quantité de pollen, soit un véritable nuage appelé cierna. Les pieds femelles peuvent atteindre jusqu'à 200 kg de galbules et cela peut se produire tous les deux ans (Montesinos, 2007).

I.1.4. L'écophysiologie

Concernant l'écophysiologie, certains individus se protègent par une couche de cire autour de l'épiderme foliaire, sans pour autant connaître le mécanisme précis permettant ainsi d'économiser l'eau et d'éviter une forte transpiration, là le thurifère garde encore le secret. Aussi faut-il se

demander quelle va être la réaction de ces groupements forestiers face à l'augmentation de la température moyenne et la diminution prévue des précipitations. Une élévation des étages de végétation est à attendre (Fernández-González et al., 2005).

Cela impliquerait, dans les montagnes à affinité méditerranéenne, la progression en altitude du méso-méditerranéen et la réduction du supra-méditerranéen. Sous ce scénario, *Juniperus thurifera* devrait profiter de sa capacité importante à coloniser les sols pierreux soumis à la cryoturbation sous une atmosphère plus sévère. Alors, en considérant sa dynamique récente, et le grand nombre de stations favorables tant édaphiquement que climatiquement, cet arbre aurait une forte capacité d'expansion (García López et al., 2005).

Le genévrier thurifère présente des capacités remarquables de résistance aux environnements hostiles. Il ne craint ni la sécheresse, ni le froid et se contente d'un sol médiocre, voire totalement absent. On voit des individus en pleine santé pousser dans des fissures de rochers ou sur des versants totalement rocheux. Par ailleurs, il se régénère très facilement s'il est coupé, brisé par le vent, les troupeaux ou les chutes de pierre, ou encore foudroyé. Sa forte teneur en essences aromatiques semble le protéger efficacement des attaques des insectes, champignons et parasites. Son seul point faible est sa croissance extrêmement lente, et sa faible distribution, semble essentiellement liée à la concurrence avec des espèces à croissance plus rapide comme les pins. Dans les stations où il est protégé de la concurrence par des coupes sélectives, les populations sont en bonne santé et en expansion. Comme pour toutes les espèces méditerranéennes, le feu reste une menace permanente (Boudy, 1950).

I.1.5. Systématique de *Juniperus thurifera* et questions évolutives

Le *Juniperus thurifera* (Linné, 1753) appartient à la famille des Cupressacées. La problématique liée à sa classification est ancienne d'autant plus que le genre *Juniperus* est très diversifié. Sa taxonomie s'étudie à différents niveaux. L'étude morphologique est la première utilisée car elle est facilement réalisable, et consiste en l'étude à la fois de l'appareil végétatif et de l'appareil reproducteur. Actuellement, les galbules (taille et forme des galbules et nombre de graines) et les feuilles (forme squamiforme) sont les principaux critères utilisés pour son identification. Les données génétiques permettent aujourd'hui d'affiner cette structure taxonomique, notamment pour les populations des Aurès, qui sont encore trop peu étudiées, pour lesquelles les individus présentent une ressemblance morphologique avec la sous-espèce *Africana* de l'Atlas marocain, mais sont génétiquement plus proches de la sous-espèce *Thurifera* (Gauquelin, 2012).

Une nouvelle taxonomie pour *J. thurifera* doit ainsi être proposée. Pour cela, il faudrait, d'une part, étudier davantage la dispersion des graines par les oiseaux pour mieux comprendre la répartition du Genévrier thurifère. D'autre part, pour améliorer la taxonomie, il serait intéressant d'étudier la part de la contribution éventuelle des phénomènes paléogéographiques sur le patron de structure génétique, et les phénomènes d'adaptation locale (isolement). Les résultats de toutes ces études montrent l'intérêt de croiser les données, morphologiques et génétiques. Les traits morphologiques étudiés historiquement sont variables, présentant parfois plus de variations intrapopulationnelle qu'inter-populationnelle. Ils dépendent notamment du microclimat, mais aussi d'autres facteurs comme des pressions anthropiques directes et/ou indirectes. Les participants ont mis en avant la nécessité de sélectionner les traits les plus stables pour les études futures. Les traits reproductifs comme la taille et la forme des galbules, ainsi que la taille et le nombre de graines, sont les traits les moins affectés par les conditions environnementales. Cependant, le cycle de production des galbules demeure mal connu (Gauquelin, 2012).

I.1.6. Position systématique de *Juniperus thurifera* L.

Les populations algériennes de *Juniperus thurifera* très peu étudiées, ont le plus souvent été assimilées de manière péremptoire aux populations marocaines en leur appliquant ainsi sans vérification les conclusions taxonomiques et biogéographiques s'y rapportant (Véla et Schäfer, 2013). L'étude menée par Terrab et al., en 2008, est la seule qui concerne toute l'aire de répartition de *Juniperus thurifera*.

Elle a montré que le polymorphisme génétique de type AFLP (polymorphisme de longueur de fragments amplifiés) permettait de rapprocher partiellement la population algérienne étudiée des populations européennes, tandis qu'elle confirmait la nette distinction des populations marocaines, non seulement des populations européennes mais aussi des populations algériennes.

Par contre, l'étude menée par (Véla et Schäfer, 2013) a montré que les individus de la population algérienne présentent une ressemblance morphologique avec la sous-espèce *Africana* des Atlas marocains. Cette similitude est confirmée par (Zeraib et al., 2014), à partir d'une étude phytochimique menée sur la composition chimique des huiles essentielles des feuilles récoltées de six localités dans les Aurès.

(Véla et Schäfer, 2013 ; Zeraib et al., 2014) ont proposés d'appeler la population algérienne par *Juniperus thurifera* var. *aurasiaca* Vela & P. Schafer, dans le rang variétal.

L'étude systématique classique propose une classification de *Juniperus thurifera* L. selon le tableau suivant.

Tableau 1 : La position systématique de *Juniperus thurifera* L., d'après Quézel P. et Santa S., (1962). Avec des modifications (variété).

| | |
|---------------------------|--|
| Règne | <i>Plantae</i> |
| Sous-règne | <i>Pracheobionta</i> |
| Embranchement | <i>Spermaphytes</i> |
| Sous-embranchement | <i>gymnospermes</i> |
| Division | <i>Pinophyta</i> |
| Classe | <i>Pinopsida</i> |
| Ordre | <i>Pinales</i> |
| Famille | <i>Cupressaceae</i> |
| Sous-famille | <i>Cupressoideae</i> |
| Genre | <i>Juniperus L</i> |
| Section | <i>Sabina</i> |
| Groupe | <i>IV</i> |
| Espèce | <i>Juniperus thurifera L.</i> |
| Variété | <i>Aurasiaca Vela et P. Schafer (2013)</i> |
| Noms vernaculaires | <i>Aywal, Tazenzena (Noms berbère)</i> |

I.1.7. Répartition géographique et pédologique du *juniperus thurifera* L. en Algérie

L'aire de répartition du thurifère, témoigne d'une histoire biogéographique particulière, liée soit à une régression de l'espèce à partir d'une aire ancienne beaucoup plus large, soit à la colonisation postglaciaire de milieux aux exigences écologiques propres à l'espèce. En Algérie le thurifère est limité aux montagnes des Aurès, avec des arbres clairsemés et souvent très grands, qui sont probablement les restes de peuplements autrefois plus vastes(Gauquelin, 2012).

Selon Beghami et al., (2013), les différentes régions de son aire de répartition sont inégalement et insuffisamment étudiées, notamment en Afrique du Nord où, par manque de moyens, certains peuplements n'ont jamais fait l'objet d'études, ainsi les peuplements de Genévrier thurifère des Aurès n'ont donné lieu qu'à très peu de travaux. Ils semblent pourtant présenter une certaine originalité et sont surtout soumis à une pression anthropique forte(*Juniperus thurifera* L. var. *Aurasiaca*) est une espèce endémique des Aurès (Algérie).

La thuriféraie se présente sous forme de peuplements importants mais très dégradés du fait d'une surexploitation de cette ressource forestière qui est actuellement menacée de disparition. Ceci est aggravé par le fait que cette espèce présente une croissance lente ainsi qu'un problème de régénération. Cette essence est remarquable par sa capacité à se développer sur des sols rocailleux pauvres. Elle est également de grande importance économique de par la qualité de son bois qui est imputrescible. En Algérie, *Juniperus thurifera* est localisé dans les montagnes des Aurès et actuellement, les sujets les mieux conservés se trouvent au Djebel Chélia, situé à l'Est de l'Algérie.

Le thurifère des Aurès se répartit selon trois ensembles principaux d'inégale importance :

Le premier est situé dans la région de T'kout, le deuxième dans la vallée de l'Oued Abdi tandis que le troisième est localisé dans le lieu-dit Tibhirine. Dans deux autres localités, le thurifère est dominé par d'autres essences forestières et n'arrive pas à individualiser des formations distinctes. Il s'agit des cédraies de S'gag et de Chélia. Cependant, des sujets isolés peuvent se rencontrer çà et là dans le massif, (un pied au village de Medina, quelques sujets au niveau de la zone d'Inoughessene et de Zalatou) (Beghami et al., 2013).

Le Genévrier thurifère s'observe dans les Aurès, à la fois sur les versants exposés au sud et au nord. D'une manière générale, son amplitude altitudinale se situe entre 1300 et 2000 m. Des individus isolés peuvent même dépasser cette limite supérieure. Il se développe sur des sols très squelettiques, avec roche mère affleurante, cette dernière étant constituée, le plus souvent, par une dalle de calcaire fissurée ou parfois par une alternance de couches marno-calcaires. Dans de rares cas, le thurifère se rencontre sur des sols plus développés et profonds ; c'est le cas des formations de S'gag et du Chélia, où il est dominé par d'autres espèces forestières notamment le cèdre, le pin d'Alep ou encore le chêne vert (Beghami et al., 2013).

I.1.8. Utilisation de *Juniperus thurifera* L.

Son utilisation est très commune dans toute son aire où il est encore très fréquent d'observer les troncs de cette essence en différents usages, en tant que passerelle traditionnelle au-dessus des cours d'eau, d'araire ou charrue simple, de support de moulin à eau. Concernant son utilisation en médecine traditionnelle, les galbules du thurifère sont utilisées pour les soins des gencives particulièrement contre les saignements ou consommées comme amuse-gueule, en étant aromatiques et un peu sucrées. Quant à son bois, il sert dans la production du goudron sous forme d'huile de cade et dans son utilisation comme abortif, tout comme le Genévrier oxycèdre (Bellakhdar, (1998), cité par Ouhammou, 2013). Toutes ces utilisations ne sont pas sans laisser de

menaces résultant de l'exploitation abusive de cette espèce. Parmi ces menaces, on signale le surpâturage et les incendies provoqués. Il y a aussi l'effet naturel des espèces d'insectes arthropodes, ravageurs des graines (El Alaoui El Fels (1999), cité par Ouhammou, 2013).

I.1.9. Lutte contre l'extinction de l'espèce

Beghami et al., (2013) ont montré que vue l'ampleur de la croissance des risques anthropiques auxquels sont exposées les formations arborescentes des Aurès et, en particulier, celles du Génévrier thurifère, il est temps de mettre en place rapidement des politiques de protection et de développement durable plus efficaces. En effet, il y a quelques décennies ces régions étaient relativement peuplées. L'exode rural vers les villages notamment durant les deux dernières décades a donné la chance au Génévrier thurifère de nous exprimer déjà son potentiel de régénération dans ces biotopes largement perturbés. La régénération signalée en témoigne. Malgré le recul de la mise en culture de ces espaces et la fréquence des incendies de forêt, la présence des bergeries de pâturage peut toujours entraver toute espérance de restauration de ces écosystèmes. Certes, une prise de conscience est récemment née. Une placette de 12 ha a été mise en défens dans la thuriféraie de l'Oued Abdi, par les services forestiers dans le cadre du programme de l'UICN (Union International pour la Conservation de Nature) Néanmoins, la présence d'une carrière juste à côté et le non-respect rigoureux de cette placette menacent toute tentative de préservation de ces peuplements. L'absence de régénération en témoigne l'inefficacité.

Des mesures de développement et de changement du mode de vie avec réglementations contractuelles entre la population riveraine et l'État permettraient de limiter efficacement la dégradation des thuriférais liées à la pression du pâturage. Ne pas y adhérer entraîne l'annulation des aides et des subventions octroyées par l'État. Si la situation actuelle perdure, sans mesures de préservation de ce patrimoine inestimable, le risque de transformer cette région, autrefois forestière, en un milieu totalement asylvatique deviendra une réalité.

I.2. *Juniperus Phoenicea* L.

I.2.1. Principales caractéristiques botaniques

I.2.1.1. Description générale

Phoenicea = Phénicien, écrit avec un p minuscule, phoeniceus, a, um, signifie d'un rouge éclatant, on devrait traduire *juniperus phoenicea* par génévrier à fruits rouges. Le Mourven des Provençaux est l'un des arbustes les plus typiques et les plus élégants de la flore méditerranéenne. Bien plus touffu que le cade, avec ses innombrables ramules couverts de feuilles minuscules étroitement imbriquées sur 6 rangs, il porte à maturité des fruits d'un beau rouge brique. Très xérophile ce

genévrier habite les garrigues les plus pauvres et s'aventure souvent dans les roches, dans les anfractuosités des falaises calcaires où ses boules vertes défient pendant des siècles l'ensoleillement le plus fou et l'aridité quasi absolue (Lieutaghi, 2004).

I.2.1.2. Allure générale

Le *Juniperus phoenicea* est un arbuste dressé ou arbrisseau touffu, de forme pyramidale, résineux et aromatique, qui fait de 4 à 8 mètres de haut, des peuplements ouverts, il est également d'un port buissonnant, tronc grêle, atteignant 2 m de circonférence (Figure 7), branches et rameaux exondant. Ramules et ramilles nombreux étalés (Ait Youssef, 2006), écorce d'un brun rouge, légèrement lamelleuse fibreuse, devient assez épaisse, à système racinaire profond (Rameau et al, 2008).



Figure 7 : Des pieds de *juniperus phoenicea*L.

I.2.1.3. Branches

Les branches forment une corbeille très compacte de rejets, dont certaines ont 5 mètres de diamètre et 3 mètres de hauteur ; mais cette faculté de rejet de tige n'a lieu, sans doute, que pour des sujets jeunes, de moins de 50 ou 60 ans (Boudy, 1952).

I.2.1.4. Feuilles

Selon (Varlet, 2008), les feuilles sont squammiformes nombreuses, fort petites ; charnues, d'un vert foncé, ovales, convexes obtuses fortement, imbriquées, appliquées contre les rameaux, semblables à de petites écailles (Figure 8), possèdent de très petites glandes à résine, au point de vue anatomique de grosses cellules scléreuses ovoïdes.



Figure 8 : Feuilles de *Juniperus phoenicea* L. (Mandin, 2008).

I.2.1.5. Fleurs

C'est une espèce monoïque, c'est à- dire, que c'est une plante à fleurs unisexués mâles et femelles séparées, portés par le même pied (Auguste, 1860).

Les fleurs mâles disposées en petits chatons ovales ou arrondis situés à l'extrémité des rameaux (Figure 9), munis d'écaillés pédicellées, en forme de bouclier ; elles tiennent lieu de calice ; il n'y a point de corolle : les étamines sont composées de trois ou quatre anthères, placées sous chaque écaille. Dans la fleur femelle, les écailles sont épaisses, aigues, disposées sur quatre rangs. Ces écailles croissent, deviennent charnues et forment une baie arrondie, contenant ordinairement trois noyaux à une seule loge (Chaumeton (1945) cité par Attar, 2006).



Figure 9 : Morphologie d'un rameau femelle (à gauche) et d'un rameau mâle (à droite) de (*Juniperus phoenicea*) (Régis et al., 2008).

I.2.1.6. Fruits

Selon Seingue, (1985), le fruit est formé d'écaillés soudées, opposées en croix, de 8 à 15 mm, il est brun rouge à maturité, les écailles sont charnues, la pulpe est jaune, fibreuse et résineuse. Les

fruits contiennent quatre à neuf graines, ovales, aux extrémités aigues avec une enveloppe dure qui retarde la germination. Les fruits sont verts puis deviennent rouges la deuxième année (Figure 9).

I.2.2. Bioécologie et écophysiologie du genévrier de Phénicie

La plupart des auteurs ont souligné l'excellent pouvoir d'adaptation du genévrier dans les conditions écologiques difficiles. Comme les autres essences forestières, la croissance du genévrier est quantitativement liée à l'hérédité et aux conditions écologiques : climatiques, édaphiques et actions anthropique (Beghami et al., 2013).

I.2.2.1. Les contraintes du milieu

a. Exigences édaphiques

C'est une espèce indifférente au sol, supporte l'argile, les sables, les sols calcaires ou dolomitiques, les marnes, les sols volcaniques et même les sols légèrement salés (Seingue, 1985). Il paraît se plaire principalement dans les sols meubles et siliceux et convient très bien pour la fixation des dunes. Il doit être considéré comme une essence de protection (Auguste, 1860). Sur pente rocailleuse des coteaux arides, éboulis fixés à gros blocs, rochers et falaises, il est réduit (5% à 30%) pour les formations dolomiticoles, forte à très forte dans les éboulis et falaises calcaires.

I.2.3. Association du genévrier dans le bassin méditerranéen

Il apparaît comme essence subordonnée, participe alors simplement aux formations à *Pinus halepensis* ou à *Olea europea*, surtout en position sublittorale, notamment dans les îlestyrrhéniennes, ou à *Qercus ilex*, en particulier en France méridionale. Il forme parfois des peuplements purs, très clairs et sans sous-bois, dans les stations les plus exposées au vent (Quezel et Medil, 2003). L'association est différente, selon les secteurs sur les versants Atlantiques du Maroc, elles sont envahies par les espèces des territoires arides voisins tel que l'Alfa (*Stipa tenacissima*) (Teibi, 1992).

I.2.4. La croissance du genévrier de Phénicie

Le peuplement de genévrier de Phénicie peut atteindre des âges importants malgré une taille modeste, des individus de 1,5 m de haut, avec un tronc de 8 m de diamètre sont âgés de 1150 ans. Dans les falaises des gorges, il existe des arbres vivants nettement plus vieux, que 1500 ans et que certaines souches mortes sont en place depuis plusieurs millénaire (Mandai, 2005).

I.2.4.1. Régénération

Seingue, en 1985, montre que la germination de *Juniperus phoenicea* est lente et difficile, elle est facilitée par le passage dans le tube digestif des animaux (Figure 5 : droite). Les oiseaux jouent

donc un grand rôle dans la dissémination (Figure 5 : gauche), ainsi là où il n'est pas concurrencé par les autres essences. D'après (Boudy, 1952), sa régénération s'effectue partiellement par rejets, mais surtout par semis naturels. Les graines germent difficilement et restent dans le sol. Pour assurer la régénération par semis, il faudra donc une longue période allant de 20 à 25 ans au moins.

I.2.4.2. Phénologie de l'espèce

La floraison à lieu en avril-mai, après la pollinisation par le vent, le fruit se forme en juillet, où la maturation des fruits est presque totale, provenant des fleurs de l'année précédente (Auguste, 1860).

I.2.5. Traitement sylvicole et aménagement

L'aménagement consiste à délimiter un quartier, avec mise en défens du 1/5^{ème} de la surface de la série, qu'on laissera se régénérer pendant 20 à 25 ans. Dans le reste de serrée, on continuera les exploitations usagères par furetage en la divisant, pour éviter le désordre, en 15 coupons à parcourir annuellement et périodiquement (Boudy, 1950).

I.2.6. Importance économique et écologique de l'espèce

D'après Boudy (1952), les peuplements de genévrier de Phénicie ont jusqu'ici été un peu abandonnés à eux-mêmes, mais il faut cependant les soumettre à un traitement permettant d'assurer la permanence de la forêt dans des conditions humaines et physiques difficiles et n'en tirer que le minimum de produits nécessaires aux populations locales.

La composition de l'huile essentielle est obtenue par la distillation à partir de rameaux. En France, le rendement de la production d'huile essentielle de rameaux est de l'ordre de 0,8 % alors que pour le Maroc central la production est de 1% (Ait Youssef, 2006).

Le bois de genévrier clair pour le houppier, jaune sombre pour le cœur, est imputrescible. Il a de grandes qualités pour la construction et l'ébénisterie. Comme bois de feu, il est excellent. Seules ses faibles dimensions limitant son emploi. Les feuillages sont parfois utilisés pour l'alimentation de bétail et en médecine traditionnelle en décoction contre les troubles digestifs. L'exploitation des branches feuillées du genévrier de Phénicie pour la production du goudron végétal naturel, qui est utilisé en médecine traditionnelle pour traiter certains cas d'eczéma. On l'utilise en inhalation contre l'asthme, les maux de tête et les étourdissements (Seingue, 1985).

I.2.7. Place taxonomique du genévrier de Phénicie

Le *Juniperus phoenicea*, appartenant à la famille des cupressacées, tribu des junipereés, genre *Juniperus* (Tableau 2); était classiquement subdivisé en deux variétés: la première; *Juniperus lycia* en diffère cependant par les galbules, qui permettent d'en faire au moins deux formes l'une *scléocarpa*, présenterait des galbules bosselés et aréolés d'une couleur jaune orange luisent et non glauque, l'autre *macrocarpa*, aurait des galbules globuleux, imbriqués à la base et portant ordinairement 6 aréoles convexes, brunâtres ou noirâtres. La deuxième variété est *turbinata* ; confinée dans les habitats de dunes de sable côtière, cônes ovales, plus étroites que longue.

Tableau 2 :Position systématique de genévrier de Phénicie (Teibi, 1992).

| | |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Règne | <i>Plantae</i> |
| Sous-Règne | <i>Pracheobionta</i> |
| Embranchement | <i>Spermaphytes</i> |
| Sous-Embranchement | <i>Gymnospermes</i> |
| Classe | <i>Pinopsida</i> |
| Ordre | <i>Pinales</i> |
| Famille | <i>Cupressaceae</i> |
| Sous-Famille | <i>Cupressoideae</i> |
| Genre | <i>Juniperus L</i> |
| section | <i>Sabina</i> |
| Espèce | <i>Juniperus Phoenicea L</i> |
| Noms Vernaculaires | <i>Araar, Zimba</i> (Noms Berbères) |

I.2.8. Aire de répartition de genévrier de Phénicie

I.2.8.1. Dans le monde

Le genévrier de Phénicie est une espèce dont l'aire de répartition est circumméditerranéenne, il est représenté en Algérie, au Maroc, en basses montagne, mais dans certaines régions du littoral, en Tunisie et en Libye. On le trouve aussi bien sur les dunes du littoral qu'à l'intérieur dans les collines et les montagnes (Ait Youssef, 2006). Cet arbre présente non seulement une distribution très morcelée, mais également très inégale (Figure 1).

Boudy, (1952) Estime les superficies occupées par le genévrier de Phénicie, en Afrique du nord à 450.000 ha, dont 290.000 en Algérie, 80.00 en Tunisie et 152.000 au Maroc. L'aire de répartition typique méditerranéenne est étendue en sud d'Europe, en Afrique du sud, en Asie mineure, en crête ; au Chypre, il s'étend des îles Canaris, en Arabie et en Jordanie.

Au Maroc, on le rencontre souvent dans une zone se situant entre la forêt à *Tetraclinis* et celle de *Quercus ilex*, mais dans les parties les plus froides de l'étage semi-aride, il prend la place des *tetraclins* (Seingue, 1985). Le Genévrier de Phénicie est réparti dans tout le Moyen Atlas, de Taza au Tadla, puis dans le grand Atlas où il couvre des surfaces très importantes, notamment sur le versant sud où il remplace le Chêne vert (Boudy, 1952).

En Espagne, Seingue, (1985) indique que le Genévrier de Phénicie se trouve dans la Serra del Cabode Gâta, la station la plus aride, se contente de 200 mm de précipitations et atteint 1000 m. En France, il participe à diverses végétations méditerranéennes dont la diversité typologique importante est en rapport avec la nature du substrat, la géomorphologie et la situation géologique.

I.2.8.2. Aire de distribution en Algérie

En Algérie, le Genévrier de Phénicie est très rare. En 1962, il n'était présent qu'en Kabylie, dans les rochers des hautes montagnes du Djurdjura. L'espèce est commune sur l'ensemble du littoral, sur les hauts plateaux et l'Atlas saharien de l'Oranais, de l'Algérois et du Constantinois. Elle est assez rare ailleurs, on la trouve surtout sur les dunes littorales, dans les collines et les montagnes. Il est souvent en mélange avec *Pinus halepensis*, mais c'est dans l'Atlas saharien bordant le désert qu'il trouve sa place en grande extension (Ait Youssef, 2006).

I.2.8.3. Répartition dans la forêt de Khenchela

Il occupe une faible étendue de **13283 Ha** soit **9%** de la superficie forestière totale. Il est à l'état de maquis dégradés dans les stations rocailleuses et chaudes. C'est une espèce rustique, robuste et peu exigeante en sol. Il est concentré surtout sur les versants Sud de la forêt domaniale de Beni-Imloul. Dans les conditions difficiles, il se présente en mauvais état de végétation, rabougri et parfois dépéri (dépérissement vers le haut). Il est le plus souvent associé à des espèces à caractère xérophile telles que : l'Alfa, le Romarin, la Globulaire, le Genêt, le lentisque, et l'Armoise blanche (BNEDER, 2008).

I.3. *Juniperus oxycedrus* L.

I.3.1. Description du Genévrier oxycèdre

L'oxycèdre ou cade (latin *cedrum*. *Oxycedre*, formé de *oxus*, "aigu", et de *kedros*, "cèdre", signifie cèdre piquant. Les Grecs confondaient Cèdre et Genévrier sous le même nom de *kedros*.

C'est un bel arbuste glauque, au port largement conique, s'arrondissant avec l'âge, aux rameaux souvent pleureurs, ou de gros fruits couleur de terre cuite ancienne font, à la fin de l'année. Son tronc, dégarni à la base sur le tard, mesure fréquemment plus de 1m de tour. Répandu dans toute la

région méditerranéenne qu'il ne débordé guère, le cade est disséminé dans la chênaie verte et dans la chênaie pubescente la plus chaude, sur tous les sols, parfois presque exclusive après les déboisements portant sur les feuilles, surtout abondant dans les lieux arides et très ensoleillés, sur les terrains rocaillieux et pelés du maquis et de la garrigue. C'est un élément important de la strate arbustive méridionale, que l'on distinguera au premier coup d'œil du genévrier de Phénicie, son parent à fruits rouges dont les feuilles sont réduites à des écailles minuscules (Figure 10) (Lieutaghi, 2004).

I.3.2. Caractères botaniques

I.3.2.1. Feuilles

Feuillage entièrement aciculaire, aiguilles verticillées par trois autour du rameau, plus longues que *J.communis* (longueur : 10 à 25 mm, largeur : 1,5 mm), la pointe est aigüe (Figure 10), cornée et très piquantes, la face supérieure avec deux bandelettes blanchâtres à des stomates nettement distinctes (Debazac, 1991).



Figure 10 : Morphologie d'un rameau de Genévrier oxycèdre (à gauche)(Régis et al., 2008).

I.3.2.2. Ecorce

Fissurée en minces lanières brun- gris (Riou-Nivert, 2001).

I.3.2.3. Organes de reproduction

a. Chatons males

Ils se présentent comme de petits sacs jaune rose (Figure 10) (Seingue, 1985).

b. Inflorescences

Les fleurs femelles sont sensiblement globuleuses petites avec de minces écailles verticillées par trois soudées à la base (Figure 10) (Seingue, 1985).

I.3.2.4. Cônes

Presque sphérique de 6 à 10 mm de diamètre, plus gros que chez *J. communis* (Riou-Nivert, 2001), (Figure 10) constitué de six écailles dont trois sont visibles au sommet, de teinte vert olive la première année, puis brun orange à maturité à la seconde année (Callen, 1976). Les baies sont fortement diurétiques, stimulantes et vermifuges (Riou-Nivert, 2001).

I.3.2.5. Bois

Bois jaune, à odeur vive et agréable, homogène, autrefois apprécié en ébénisterie, placage, marqueterie, tournerie, fabrication de crayons. La distillation du bois âgés et des racines fournit l'huile de cade, utilisée en médecine et en savonnerie (Callen, 1976).

I.3.2.6. Hauteur

Plus trapu que le genévrier commun, il dépasse cependant assez souvent 5m de haut et peut exceptionnellement atteindre le double de cette hauteur (Lieutaghi, 2004), avec un système racinaire bien développé (Callen, 1976).

I.3.2.7. Longévité

De croissance lente et il peut atteindre jusqu'à 200 ans (Callen, 1976).

I.3.3. Place taxonomique du genévrier oxycèdre

Le statut systématique du Genévrier oxycèdre ne soulève pas a priori autant d'interrogations que celui de ses congénères (Genévriers commun et nain, Genévrier thurifère, Genévrier de Phénicie). Trois sous-espèces ont été décrites sur des bases géographiques et morphologiques : le taxon type *Juniperus oxycedrus* L., à petits galbules, est présent au nord de la Méditerranée ; la sous-espèce à gros fruits, *J. oxycedrus* ssp. *macrocarpa* (Sibth. et Sm.) Ball, se rencontre en milieu littoral dans les îles de Méditerranée, et en Afrique du Nord où la troisième entité : *J. oxycedrus* ssp. *rufescens* (Link) Deb. à petits fruits également est responsable des populations intérieures, notamment en montagne (Maimi, 1952). Suivant en cela quelques auteurs, (Gaus, 1968) considère ces trois taxons comme autant d'espèces distinctes, bien qu'apparentées au sein de la section II, *Oxycedroides*, du sous-genre *Oxycedrus* (Lebreton, 1991).

L'étude systématique propose une classification de *Juniperus thurifera* L. selon le tableau suivant.

Tableau 3 : Position systématique de *Juniperus oxycedrus* L.d'après Quézel P. et Santa S., (1962).

| | |
|---------------------------|-------------------------------|
| Règne | <i>Plantae</i> |
| Sous-Règne | <i>Pracheobionta.</i> |
| Embranchement | <i>Spermaphytes.</i> |
| Sous-Embranchement | <i>Gymnospermes.</i> |
| Classe | <i>Pinopsida.</i> |
| Ordre | <i>Pinales.</i> |
| Famille | <i>Cupressaceae</i> |
| Sous-Famille | <i>Cupressoideae.</i> |
| Genre | <i>Juniperus L.</i> |
| section | <i>Juniperus.</i> |
| Espèce | <i>Juniperus oxycedrus L.</i> |
| Nom Vernaculaire | <i>Taga (Nom Berbère).</i> |

I.3.4. Caractéristiques écologiques

I.3.4.1. Conditions édaphiques

Peu exigeant pour le sol, se localise surtout sur les sols calcaires (Quezel et Gast, 1998). Selon Seigue, (1985), on le trouve sur tous les sols qui ne sont pas marécageux ; il préfère les sols légers, caillouteux, même argileux ainsi que les sables.

I.3.4.2. Altitude

Le genévrier oxycède est une espèce typiquement de garrigue méditerranéenne, en moyenne altitude plutôt de 500 à 1000 mètres d'altitude (Laszlo, 2000).

I.3.5. Usage divers du genévrier oxycède

L'oxycède produit un bois susceptible de quelques emplois industriels, bois fort beau, très aromatique, fauve ou brunâtre, homogène, à grain très fin ; il prend un poli magnifique et peut être utilisé au tour ou en menuiserie. Les objets qui en sont faits conservent très longtemps sa senteur pénétrante. Il a parfois été substitué au genévrier de Virginie dans la fabrication des crayons. Il brûle en exhalant un parfum bien plus puissant que celui du genévrier commun. Secs usages dans le Midi (échalas, manches d'outils, etc.) ne diffèrent pas de ceux du précédent (Lieutaghi, 2004).

I.3.6. Répartition géographique

Le genévrier oxycède est une espèce typique de la région méditerranéenne où elle représente un élément pionnier très dynamique, surtout en milieu forestier dégradé. Il se localise dans le Tell

associé essentiellement au chêne liège, voire au pin d'Alep, présent sur les massifs montagneux où il est souvent abondant dans les chênaies (Quezel et Gast, 1998). C'est une essence que l'on trouve de madère jusqu'au Caucase et en Iran septentrional (Marie, 1952).

I.3.6.1. Répartition dans la forêt de khenchela

Il est localisé dans la partie Nord du massif forestier de Beni Imloul, souvent en mélange avec le Chêne vert, et le Frêne dimorphe, et on le rencontre dans les stations les plus pauvres et dégradées. Il est très faiblement représenté **1%**. Ces aiguilles sont pâturées par les chèvres, d'où l'absence de jeunes plants d'oxycèdre (BNEDER, 2008).

Chapitre II :
La pollution atmosphérique et
son cadre législatif en Algérie

Introduction

De tous les milieux avec lesquels 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. A côté des constituants majoritaires, représentant plus de 99,5% de la masse de l'atmosphère, coexistent une multitude d'autres composés minoritaires : molécules, atomes ou radicaux.

La pollution de l'air est une préoccupation forte à la fois de la population et des collectivités locales et de l'Etat, tant pour ses effets sur la santé que sur l'environnement. La surveillance de la qualité de l'air est indispensable et doit s'inscrire dans une stratégie de surveillance basée sur la réglementation actuelle et prochaine. Elle est largement orientée vers l'évaluation de l'exposition de la population et de l'environnement (Hoenner, 2006).

La problématique de la pollution atmosphérique remonte à plusieurs siècles, ce problème a été particulièrement manifeste à Londres à cause de la combustion du charbon et des conditions climatiques défavorables en 1952, du 05 au 09 décembre (Levallois et Lajoie, 1998).

A. Cadre scientifique de la pollution atmosphérique

I. Définition de la pollution atmosphérique selon la législation Algérienne

L'introduction de toute substance dans l'air ou l'atmosphère provoquée par l'émanation de gaz, de vapeurs, de fumées ou de particules liquides ou solides susceptible de porter préjudice ou de créer des risques au cadre de vie (JORADP, 2003).

La pollution atmosphérique est définie par la présence dans l'atmosphère d'une ou de plusieurs substances dans des quantités sur une période telle qu'elles présentent un effet mesurable sur les êtres vivants et sur les matériaux (Beraux, 2011). D'autres auteurs comme Blifert et al., (2011), avancent qu'il s'agit de composés ou de mélanges de composés indésirables dans l'air, qui parviennent dans l'atmosphère à la suite de processus naturels ou de l'activité humaine, ou qui se forment directement dans l'atmosphère, à des concentrations capables de créer vis-à-vis des hommes et de leur environnement des conditions qui leur sont préjudiciables.

I.2. L'origine polluante des particules

La complexité des aérosols atmosphériques vient en grande partie du fait qu'il existe une multitude de sources et de procédés de formation, contrairement à la majorité des polluants gazeux. Ils ont 3 origines principales : ils sont d'une part rejetée directement dans l'atmosphère, on parle alors d'aérosols primaires ; ils peuvent d'autre part résulter de transformations chimiques à partir des polluants gazeux présents dans l'atmosphère, ce sont les aérosols secondaires ; enfin,

les aérosols qui se sont déposés au sol peuvent être remis en suspension (Berruyer, 2017). La pollution atmosphérique est causée par des polluants habituels tels que les poussières, le SO₂, les NO_x, le CO, les métaux lourds, les composés organiques volatils, le fluor, l'acide chlorhydrique, etc. (Bourg et al, 2006). Ces polluants interagissent dans une parfaite complexité.

I.3. Causes, conséquences et impacts

I.3.1. Causes de la pollution atmosphérique

La première cause de pollution atmosphérique directe est la combustion des combustibles fossiles, du bois et des déchets). Le caractère diffus des émissions dans l'air s'accroît. En proportion et par comparaison avec les activités industrielles, l'implication des ménages est croissante de par ses activités résidentielles ou par l'usage des moyens de transports (Ngô et Régent, 2004).

I.3.2. Les conséquences de la pollution atmosphérique

La pollution atmosphérique est la conséquence des émissions dans l'atmosphère de gaz et de particules qui résultent de diverses activités humaines. Les impacts de ces polluants sur l'atmosphère, le climat ou sur les hommes peuvent être directs, en raison des propriétés radiatives ou de la toxicité des composés émis, ou indirects après transformation dans l'atmosphère et formation de composés secondaires comme l'ozone ou les aérosols ou de composés acides au sein des nuages et des gouttes de pluies. L'impact de la pollution sur les milieux terrestres, qu'ils soient naturels (océan, écosystèmes terrestres) ou façonnés par l'homme (zones urbanisées, agricoles, etc.), se fait à travers des mécanismes de dépôt par voie sèche ou humide (Delmas et al., 2007).

I.3.3. Impacts des polluants atmosphériques sur les végétaux

La pollution atmosphérique représente des dommages qui peuvent se manifester en plusieurs façons (Figure 11). Ils peuvent apparaître sur le feuillage, sous forme de lésions nécrotiques (tissus morts). Ils peuvent aussi être lents à se manifester et entraîner le jaunissement ou la chlorose de la feuille. On peut aussi remarquer un ralentissement de croissance au niveau de différentes parties de la plante. Il arrive que les plantes meurent tout de suite, mais la mort se produit habituellement après des attaques répétées (Griffiths, 2003).

L'effet de la pollution sur la végétation dépend en premier lieu de la concentration du polluant, de la durée d'exposition, ainsi que l'espèce végétale affectée et son stade de croissance (Martin, 2006 cité par Catinon, 2010).



Figure 11 : Impact des polluants atmosphériques sur les plantes (Griffiths., 2003).
Droite : Poussière de ciment sur Pommier. Gauche : Fluorures et blessures des feuilles de prunier

I.4. Les plantes indicatrices de la pollution atmosphérique

Les végétaux sont des organismes, sensibles à la pollution atmosphérique ;et sont parfois utilisés comme indicateurs de pollution : c'est le cas des plants de tabac, très sensibles à l'ozone ou aux phénylacylnitrates, et des conifères, dont on étudie l'abondance des aiguilles (Beraux, 2011).

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 le caroubier (*Ceratonia siliqua*) (Belhadj et al., 2011), Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) et les cyprès (*Cupressus sempervirens*, *Cupressus macrocarpa*) (Dellaa, 2012), le Châtaignier (*Castanea sativa*) ; et le Laurier rose (*Nerium oleander*) (Dellaa, 2003) ; Rossini, 2007). Ces végétaux sont qualifiés d'arbres sensibles.

II. Les aérosols

II.1. Définition

De nombreux auteurs ont travaillé et définit les aérosols, parmi lesquels on peut en citer : (Ngô et Régent, 2004) : L'atmosphère contient de fines particules en suspension que l'on appelle des aérosols.

Un aérosol est un ensemble de particules, solides ou liquides, en suspension dans un milieu gazeux. Un aérosol organique secondaire est composé de particules secondaires, d'origine organique, dont les précurseurs sont les composés organiques secondaires. On distingue également les espèces inorganiques secondaires : sulfate, nitrate, ammonium..., le carbone élémentaire (carbone suie) produit par la combustion, le carbone organique, formé par oxydation ou combustion incomplète, les composés minéraux et sel provenant de l'abrasion et de l'envol

dépoussières, les métaux issus de processus d'abrasion et les composés biologiques (pollens, spores, microorganismes) (I.N.E.R.I.S, 2009).

II.2. Origine de l'aérosol

Il existe deux types d'aérosols mélangés dans l'atmosphère dans toutes les atmosphères terrestres :

-L'aérosol d'origine naturelle

-L'aérosol de pollution

La part de chacun des deux types d'aérosols dépend de l'éloignement des centres d'activités humaine et industrielle d'une part et de l'éloignement des zones désertiques et marines de l'autre. En zone marine, polaire ou désertique, l'aérosol est très majoritairement naturel. En revanche, en zone urbaine, l'aérosol de pollution est toujours mélangé avec l'aérosol naturel, car ce dernier peut être transporté à longue distance (Masclat, 2005).

Les poussières en suspension dans l'atmosphère proviennent essentiellement de l'érosion éolienne des sols : aérosol terrigène (taille supérieure de $1\mu\text{m}$), aérosol crustal (croûte terrestre), des océans (aérosol marin), des volcans (aérosol volcanique), des feux de forêt ou de savane (aérosol de combustion de biomasse), et de la respiration des plantes (aérosol biogénique) (Masclat, 2005).

II.3. Taille des aérosols

La taille des aérosols atmosphériques va de quelques nanomètres à quelques dizaines de micromètres pour les aérosols liés à des débris végétaux. Cette dernière catégorie est très spécifique, on limite en général l'étude du spectre à des diamètres de l'ordre de la dizaine de micromètres : au-delà, les vitesses de chute (effet gravitaire) sont en effet assez importantes pour que les aérosols ne soient pas à considérer (Sportisse, 2008).

On considère toutes les particules comme sphériques ou assimilées à des sphères. Leur taille est définie par le diamètre aérodynamique moyen appelé D_p . Cette approximation est correcte pour des particules humides qui sont sphériques. Elle ne l'est pas pour des cristaux de glace par exemple ou des particules de combustion fraîchement émises. La taille des particules s'étale sur plusieurs ordres de grandeur : de $0.001\mu\text{m}$ à $100\mu\text{m}$. On distingue trois classes de particules :

- $D_p < 0,1\mu\text{m}$: les particules ou noyaux de Aitken. Ces particules sont essentiellement dues à la conversion des gaz.
- $0,1 < D_p < 2,0\mu\text{m}$: les particules moyennes ou mode d'accumulation, sont considérées comme étant les plus importantes en chimie atmosphérique. Comme le nom l'indique, les particules formées par conversion grossissent et s'accumulent.
- $D_p > 2,0\mu\text{m}$: les grosses particules. Il s'agit de particules détritiques, de sables ou de particules très chargées en eau (Masclat, 2005).

II.4. Composition chimiques des aérosols

On distingue les aérosols inorganiques de ceux organiques, qui contiennent du carbone. En pratique, les aérosols apparaissent comme des mélanges complexes d'espèces organiques, d'espèces inorganiques, de suie et éventuellement d'eau liquide. La composition moyenne de la colonne atmosphérique d'aérosol est indiquée dans le tableau 4. Une part non négligeable de la masse n'est pas attribuée par les méthodes actuelles de mesure. Il faut aussi compter avec les artefacts de mesures, liés, par exemple, à des processus de surface sur les filtres, qui conduisent à modifier lors du prélèvement la composition chimique (Sportisse, 2008).

Tableau 4 : composition chimique de la colonne atmosphérique d'aérosols (1995)

| Espèce | Colonne e mg.m ⁻² |
|------------------|------------------------------|
| Sels de mer | 7.0 |
| Minéral | 36.1 |
| Sulfate | 6.8 |
| Nitrate | 1.3 |
| Feux de biomasse | 3.9 |
| Partie organique | 4.5 |

(Sportisse, 2008).

III.5. Effets de la pollution au baryum

Le baryum est 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).

III.5.1. 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 (Lunntech, 2008). Dans l'atmosphère, les rejets de baryum résultent de la combustion du charbon, des produits pétroliers et des déchets. Les dépôts sur le sol ont pour origine les activités humaines : épandage de cendres et de boues d'épurations (IPCS, 1990) cité par Elluin et al., 2005).

B. Le cadre législatif Algérien de la pollution atmosphérique Algérien

I. Le système législatif de la république Algérienne

Le système législatif algérien est présenté dans (Figure 12). Les lois passées par le gouvernement et votées par l'Assemblée Populaire Nationale sont complétées par un certain nombre de mesures

réglementaires, principalement des décrets et des ordonnances des autorités exécutives. Au niveau régional, le Wali promulgue des arrêtés qui adaptent la législation nationale aux conditions locales (A.N.A., 2012).

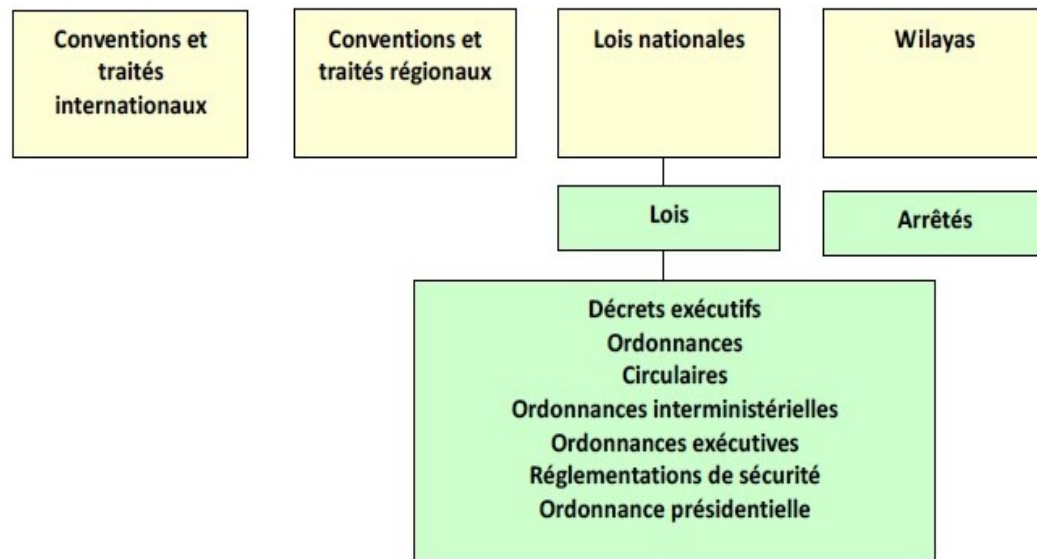


Figure 12: Système législatif Algérien(A.N.A., 2012).

Le Ministère chargé de l'Environnement établit des normes et des directives qui sont applicables à tous les secteurs de l'industrie.

I.1. Législation nationale clé concernant la protection de l'environnement

La principale législation environnementale, est la récente loi 03-10 du 19 juillet 2003, qui abroge la loi précédente 83-03 sur l'environnement, et qui introduit de nouveaux principes de gestion environnementale nationale. La loi 03-10 définit les principes nationaux de gestion environnementale, et des mesures pour limiter les dommages sur l'environnement, dans le but d'atteindre un développement durable.

Selon la Loi n 03-10 du 19 Jomada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.

I.2. Des prescriptions de protection environnementale

Des prescriptions de protection de l'air et de l'atmosphère :

(Art. 44) Constitue une pollution atmosphérique au sens de la présente loi, l'introduction, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances de nature à :

- mettre en danger la santé humaine ;
- influencer sur les changements climatiques ou appauvrir la couche d'ozone ;
- nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes ;

- compromettre la sécurité publique et incommoder la population ;
- provoquer des nuisances olfactives ;
- nuire à la production agricole et aux produits agro-alimentaires ;
- altérer les constructions et porter atteinte au caractère des sites ;
- détériorer les biens matériels.

(Art. 45) Les immeubles, les établissements industriels, commerciaux, artisanaux ou agricoles ainsi que les véhicules ou autres objets mobiliers sont construits, exploités ou utilisés selon les exigences de protéger l'environnement, d'éviter et de réduire les pollutions atmosphériques.

(Art. 46) Lorsque les émissions polluantes de l'atmosphère constituent une menace pour les personnes, l'environnement ou les biens, leurs auteurs doivent mettre en œuvre toutes dispositions nécessaires pour les supprimer ou les réduire.

Les unités industrielles doivent prendre toutes les dispositions nécessaires visant à réduire ou éliminer l'utilisation des substances provoquant l'appauvrissement de la couche d'ozone.

(Art. 47) Conformément aux articles 45 et 46 ci-dessus, sont déterminées par voie réglementaire les prescriptions concernant notamment :

- 1) les cas et conditions dans lesquels doit être interdite ou réglementée l'émission dans l'atmosphère de gaz, fumées, vapeurs, particules liquides ou solides, ainsi que les conditions dans lesquelles s'exerce le contrôle ;
- 2) les délais dans lesquels il doit être satisfait à ces dispositions pour les immeubles, les véhicules et autres objets mobiliers existant à la date de promulgation des textes réglementaires y afférents ;
- 3) les conditions dans lesquelles sont réglementés et contrôlés, en application de l'article 45 ci-dessus, la construction des immeubles, l'ouverture des établissements non compris dans la nomenclature des installations classées, prévues à l'article 23 ci-dessus, l'équipement des véhicules, la fabrication des objets mobiliers et l'utilisation des combustibles et carburants ;
- 4) les cas et conditions dans lesquels les autorités compétentes doivent, avant l'intervention de toute décision judiciaire, prendre, en raison de l'urgence, toutes mesures exécutoires.

I.3. Résumé de la législation nationale en vigueur atmosphérique

Un récapitulatif des réglementations environnementales en vigueur et plus généralement des réglementations afférentes à l'atmosphère en Algérie est présenté par thème dans le (tableau 01) (Annexe II).

I.3.1. Emissions atmosphériques

Le Décret exécutif 06-138 adopté le 15 avril 2006 instaure une législation nationale régulant les émissions de polluants atmosphériques dans l'environnement. Il définit notamment :

- Les limites des concentrations des émissions de polluants atmosphériques provenant des installations industrielles, avec des limites adaptées pour les installations existantes
- Les dispositions de suivi – des suivis internes doivent être effectuées par la loi sur une base à définir par le ministre en charge de l'environnement, si nécessaire en coordination avec les autres ministres concernés (dans le cadre du processus d'autorisation des installations classées). De plus, l'administration en charge de l'environnement peut effectuer les contrôles appropriés.
- Les exigences pour que les émissions atmosphériques soient aussi faibles que possible, si nécessaire au moyen de technologies de traitement des émissions, et effectuées de manière à permettre une diffusion satisfaisante des contaminants dans l'atmosphère (Tableau 2 annexe 2).

I.3.2. Les objectifs et indicateurs de qualité de l'atmosphère

Le décret exécutif 06-02 définit les indicateurs de qualité quantitatifs et les objectifs pour la qualité de l'air atmosphérique ambiant, les polluants atmosphériques typiques associés aux processus de combustion (dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, ozone et autres particules).

Différentes valeurs de seuil sont définies, à savoir : les objectifs de qualité, les valeurs limites (concentration maximale admissible de polluants atmosphériques ne nécessitant pas de mesures spécifiques), les seuils d'information (à partir desquels les populations sensibles pourraient être touchées suite à une courte exposition), et les seuils d'alerte (à partir desquels toute la population pourrait être touchée suite à une courte exposition). Ces valeurs sont récapitulées dans le tableau suivant (Tableau 03 Annexe 2).

I.4. Le contrôle des émissions de gaz à effet de serre

Le décret présidentiel 04-144 ratifie le Protocole de Kyoto pour l'Algérie, sans cependant encore définir un mécanisme national pour le contrôle des émissions de gaz à effet de serre. L'Algérie n'est pas incluse dans l'annexe B du Protocole de Kyoto, et n'est donc pas tenue à des objectifs quantitatifs de réduction de ses émissions de gaz à effet de serre.

Conclusion : La pollution de l'air, quelle que soient les échelles d'espace et de temps auxquelles nous nous intéressons, fait partie de l'environnement de l'homme. Aussi la compréhension de ses mécanismes et de ses effets nécessite une prise en compte de facteurs techniques et humains qui mobilise des disciplines très variées : physico-chimie, biologie, épidémiologie, toxicologie mais aussi économie, sociologie, psychologie, anthropologie, géographie. Selon des études, la demande en transport augmente avec le développement économique ainsi on compte plus de 3,6 % dans les pays en voie de développement et 1,6 % dans les pays industrialisés en 2020 (Bang Ho, 2010).

Chpitre III :
La biosurveillance de la qualité
de l'air par la chlorophylle

Introduction

Pour comprendre quelle est la réponse d'un système biologique à la pollution atmosphérique, il faut analyser son effet sur le comportement d'un individu et d'une population entière. Notre travail porte sur l'utilisation des végétaux. En générale, pour corréler les effets observés avec la pollution atmosphérique dans la forêt de Khenchela, Nous avons étudié plusieurs échantillons d'arbres de genre (*Juniperus*) dont un les essences témoins ne subis aucun stress de la pollution atmosphérique.

I. La biosurveillance

I.1. Définition

La biosurveillance végétale de la qualité de l'air est une discipline, intégrée à l'écotoxicologie, qui regroupe quatre concepts (biointégration, bioindication, bioaccumulation et utilisation des biomarqueurs). Chacun a fait l'objet de très nombreuses applications afin de caractériser les effets des polluants atmosphériques à différents niveaux d'organisation biologique. La biosurveillance est complémentaire et non substitutive aux mesures physico-chimiques. Les demandes de plus en plus importantes quant aux évaluations des risques sanitaires et environnementaux liés à la pollution atmosphérique devraient augmenter encore le spectre déjà large des applications de la biosurveillance (Cuny et al., 2008).

La biosurveillance végétale et fongique de la qualité de l'air s'est développée à partir des années 1970. Elle se définit par Garrec et Van Haluwyn en (2002), comme l'utilisation des réponses à tous les niveaux d'organisation biologique (moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique, tissulaire, morphologique, écologique) d'organismes ou d'un ensemble d'organismes pour prévoir et/ou révéler une altération de l'environnement et pour en suivre l'évolution. En fonction des niveaux de réaction des organismes, trois concepts de biosurveillance ont été distingués : la biointégration (modifications de la présence et de l'abondance des espèces), la bioindication (altérations macroscopiques individuelles morphologiques ou tissulaires), 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).

I.2. Les concepts de la biosurveillance

I.2.1 L'utilisation de biomarqueurs : qui se base 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.

I.2.2. La bioindication : est l'observation d'altérations visibles de l'organisme (par exemple la formation de nécroses foliaires).

I.2.3. La biointégration : qui 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 trois premiers concepts font appel à des réactions physiologiques des organismes.

I.2.4. 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, LC 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 quatre 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, comme nous allons le présenter dans les paragraphes qui suivent (Cuny et al., 2008).

I.3. Réponse d'un individu et paramètres considérés

Pour la plupart des polluants les symptômes visibles de leurs effets comprennent :

- Une diminution de la croissance et des poids frais et sec (Braun et Fluckiger 1995., woodbury et al., 1994)
- Des changements morphologiques (rapport tige/racine, distances internodales) (Arb et Brunold 1990).
- Une diminution de la production et de la viabilité de graine (Janakrman et al., 1975).
- Des nécroses et des chloroses (Braun et Fluckiger 1995).
- Des altérations de la pigmentation (Arb et al., 1990).

Aux niveaux biochimique on observe :

- Des changements d'activité de certaines enzymes (Bender et al., 1994).
- Des changements de taux de chlorophylle et d'autres pigments (Knudson et al., 1977).
- Des changements de concentration de certains composés (phytol, acides aminés) (Bender et al., 1994).
- Des perturbations membranaires et des changements de concentrations d'ions calcium potassium et sodium (Scotti et al., 1994).

I.4. Les végétaux indicateurs

La biosurveillance de la pollution atmosphérique à l'aide des végétaux a été très développée durant ces dernières années. En Europe, en Asie, en Amérique du nord et même en Afrique du nord, plusieurs recherches ont été menées grâce à des travaux de divers institutions, aboutissant à démontrer que certains 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) cité par Mulgrew et Williams, 2000).

Les végétaux 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 la concentration toxique pour d'autres organismes. Les plantes supérieures servent d'indicateurs dans la pollution de l'air des 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 (Mulgrew et Williams, 2000).

I.5. La biosurveillance par les plantes supérieures

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. Les espèces d'arbres à feuillage fourré 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 glandulosa*, *Quercus robur* et *Fagus sylvatica* (Mulgrew et Williams, 2000).

I.5.1. La biosurveillance par les feuilles

Les surfaces foliaires des arbres, 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 (Mulgrew et Williams, 2000).

Les deux épidermes de la feuille sont recouverts d'une cuticule, imprégnée de cutine, en général plus épaisse sur la face supérieure. La cuticule a une structure stratifiée et sa composition varie selon les espèces. La cuticule, dès qu'elle a une certaine épaisseur, constitue certes une barrière efficace contre la plupart des polluants, mais, 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 âgé.

I.5.2. Biosurveillance par les chlorophylles

En raison de leur immobilité, les plantes ont développé des stratégies efficaces afin de s'adapter aux stress hydrique et salin. 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).

II. La photosynthèse

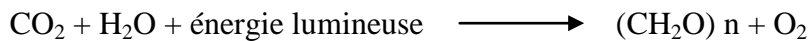
La vie est apparue sur terre voici 3,5 à 4 millions. A cette époque, l'atmosphère était peu épaisse et surtout composée de méthane, de dioxyde de carbone et de vapeur d'eau. Parmi les organismes primitifs certains utilisèrent l'énergie lumineuse pour synthétiser des molécules organiques complexes à partir d'éléments minéraux simples. Capables d'effectuer la photosynthèse, ils acquéraient cette autonomie caractéristique (Laberche, 1999).

La photosynthèse, consiste, non seulement, en une réduction du dioxyde de carbone en substances carbonées glucidiques et un dégagement d'oxygène mais aussi en une synthèse de molécules d'ATP, molécules riches en énergie qui serviront dans les réactions métaboliques endergoniques. C'est cet oxygène produit par la photosynthèse que l'on retrouve dans l'atmosphère actuelle. L'énergie nécessaire à ces réactions biochimiques est assurée par l'utilisation de l'énergie lumineuse. Enfin les pigments responsables de la photosynthèse sont les chlorophylles disposées dans les chloroplastes (Laberche, 1999).

II.1. La découverte de la photosynthèse

C'est L'Anglais Joseph Priestly en 1771 ; qui observant ce qui se passait sous une cloche de verre hermétiquement close, montra qu'une bougie incandescente s'y éteignait très rapidement et qu'une souris ne pouvait vivre longtemps sous cette cloche sans renouvellement de l'air, alors qu'une plante inversement pourrait y vivre de long mois. Croisant les facteurs expérimentaux, il remarqua aussi qu'une souris pouvait vivre longtemps sous une cloche à condition qu'une plante y soit aussi disposée. Malgré la qualité de ses expériences, Priestley ne vit pas le rôle de la lumière dans ces phénomènes. En 1771, le Hollandais Jan Ingenhousz découvrit que l'oxygène était fabriqué

uniquement par les organes verts placés à la lumière. Ceci fut confirmé et complété par le prêtre français Jean Senebier en 1796 qui montra qu'en même temps que le gaz carbonique était fixé, de l'oxygène était émis. Les connaissances sur le phénomène de la photosynthèse se précisèrent grâce à Mayer qui suggéra, en 1845, que la lumière agit comme source d'énergie et à Sachs en 1846, qui découvrit de l'amidon dans les chloroplastes (Laberche, 1999). La réaction générale de la photosynthèse pouvait donc déjà s'écrire :



II.2. Le principe de la photosynthèse

L'ensemble structural impliqué dans la photosynthèse est appelé photosystème: ce sont des groupes de plusieurs centaines de molécules de chlorophylle contenus dans un thylakoïde, où a lieu la photosynthèse (Figure 13). Les eucaryotes, organismes dont les cellules ont un noyau individualisé, ont deux types de photosystèmes : I et II, (P700 et P680 respectivement). Les pigments accessoires absorbent la lumière et transmettent l'énergie de molécule en molécule de la périphérie du système jusqu'au centre réactionnel qui comprend une paire de molécules de chlorophylle *a* spécialisée. Ces molécules sont les seules qui, lorsqu'elles sont excitées par les photons, peuvent donner des électrons à l'accepteur d'électron (I.R.D, 2001).

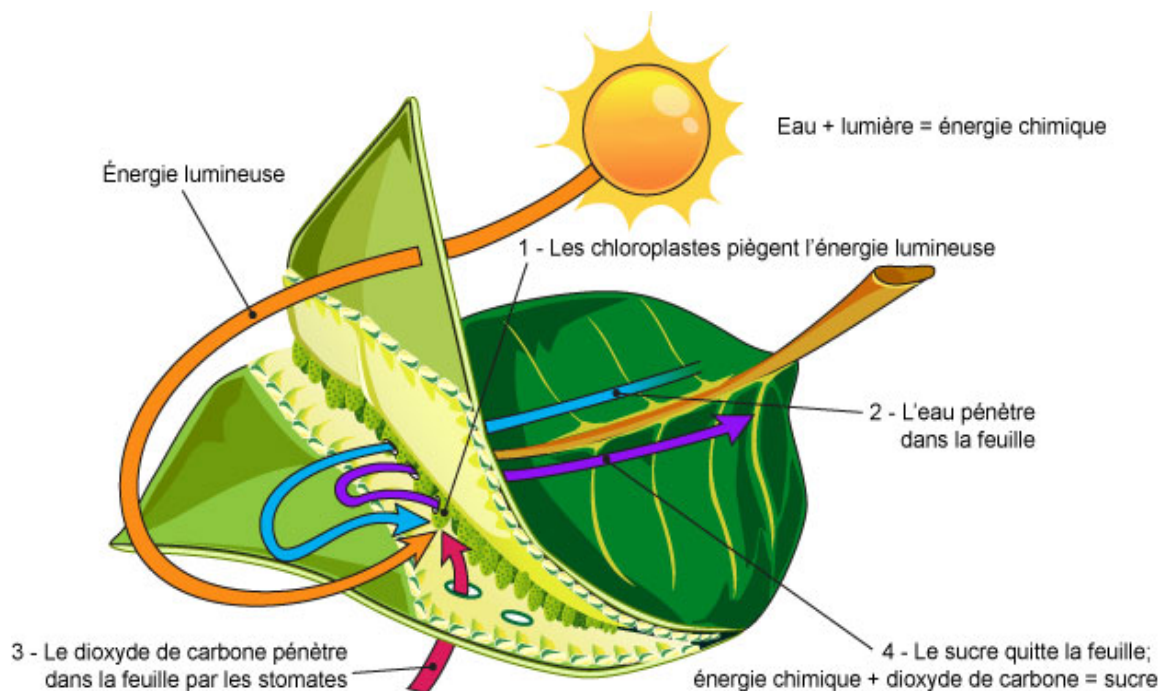


Figure 13 : les processus de la photosynthèse dans la feuille

Les électrons excités par la lumière seront acceptés par des molécules appartenant à une chaîne de transport d'électron. Ces réactions se font dans les membranes des thylakoïdes et sont appelées réaction photochimiques (Annexe II).

II.3. La photosynthèse dans les feuilles

Les feuilles sont des structures aériennes qui doivent réaliser la photosynthèse dans des environnements hostiles. Comment les thalles des hépatiques sont plus ou moins aplatis sur leur substance, ces organismes peuplent un monde essentiellement bidimensionnel. Tout avantage acquis par une extension des surfaces d'échanges est, dans une certaine mesure, encore amélioré du fait que les thalles ont tendance à se superposer. Néanmoins, le chevauchement des thalles fait qu'ils se créent mutuellement de l'ombre, ce qui tend à diminuer l'efficacité de la photosynthèse. Au contraire les feuilles des plantes terrestres supérieures, sont généralement des structures aériennes, portées par des tiges ramifiées.

Cette configuration compense en partie la tendance au chevauchement en permettant à l'organisme de se déployer dans un espace tridimensionnel. Mais si dans le même temps sont prises en compte les pertes d'eau et la perte d'un contact intime avec un substrat humide, alors l'adoption d'une telle configuration amène les structures photosynthétiques dans un environnement très hostile. Les problèmes d'apport en eau sont au moins partiellement, résolus par l'apparition d'une tige comportant des tissus vasculaires. La tige avec son réseau de conduits permet de maintenir le contact entre les feuilles, aériennes, et les tissus, possédant une fonction d'absorption dans la racine, qui demeure par ailleurs, ancrée dans un sol humide. Les tissus conducteurs assurent le transport de l'eau et des nutriments dissous depuis la racine jusqu'aux feuilles ainsi que le transport d'énergie et d'aliments des feuilles vers les racines.

La structure anatomique des feuilles est telle que toute cellule photosynthétique n'est éloignée d'un cordon vasculaires que par tout au plus une, voire deux, cellules. Cette proximité des tissus et des cellules photosynthétiques signifie l'importation de nutriments ainsi que l'exportation des produits de la photosynthèse peuvent s'accomplir signifie que l'importation de nutriments ainsi que l'exportation des produits de la photosynthèse peuvent s'accomplir rapidement et efficacement. Comme le thalle des hépatiques, les feuilles des plantes supérieures terrestres sont recouvertes d'une cuticule et contiennent des pores. Cependant à la différence des pores des hépatiques qui sont inertes, les pores foliaires, nommés stomates, sont des valves hydrauliques qui peuvent contrôler leur degré d'ouverture en fonction des circonstances (Ziegler, 1987). Les stomates et la présence d'un système conducteur constitue tous deux les innovations structurales les plus importantes qui ont permis aux plantes, de coloniser avec succès l'environnement terrestre (Hopkins, 2003).

II.4. Mécanisme de la photosynthèse

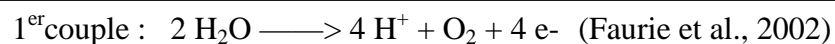
La photosynthèse est le processus par lequel les cellules des plantes fabriquent des glucides à partir du dioxyde de carbone et d'eau en utilisant la lumière et la chlorophylle (Figure 13).

Dans les cellules des végétaux verts se trouvent des organites arrondis de couleur verte, les chloroplastes. Une photo au microscope électronique laisse apparaître à l'intérieur de ces structures un stroma dans lequel baignent des saccules aplatis, les thylakoïdes, dont certains s'empilent à leur manière de pièces de monnaie pour former des granules. Les thylakoïdes contiennent de la chlorophylle brute qui est un complexe de plusieurs pigments photosynthétiques (chlorophylle a, chlorophylle b, xanthophylle, caroténoïdes). La photosynthèse consiste en la conversion d'énergie apportée par des particules lumineuses, les photons, en énergie chimique qui se traduit par la biosynthèse de molécules organiques. Cette transformation se fait en deux étapes :

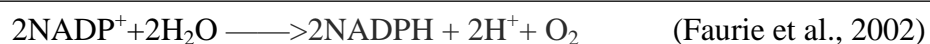
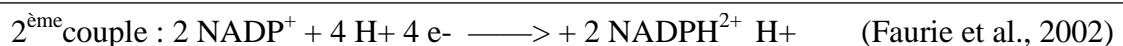
- _ Une phase photochimique marquée par la photolyse de l'eau en présence de lumière ; on l'appelle aussi phase claire de la photosynthèse-elle se déroule dans les thylakoïdes ;
- _ Une phase purement chimique appelée aussi phase sombre, car elle se passe de lumière, et qui fixe du carbone prélevé dans le CO₂. Elle a lieu dans le stroma (Faurie et al., 2002).

II.4.1. La phase claire ou photochimique

La lumière par ses bombardements de photons excite les molécules de chlorophylle qui passent ainsi à un niveau énergétique supérieur et libèrent des électrons. Ceux-ci sont repris par une chaîne de transporteurs dont les potentiels redox s'accroissent avec le transfert des électrons. En fin de chaîne, l'activité des transporteurs conduit à l'élaboration de molécules d'ATP qui seront utilisées dans la seconde phase pour la synthèse de molécules glucidiques. La chlorophylle, régénérer son niveau énergétique, va pouvoir trouver des électrons grâce à une photo oxydation d'un corps qui en cède facilement, l'eau. Cette photolyse fournit non seulement des électrons récupérables par la chlorophylle mais libère également des ions H⁺ et un déchet, le dioxygène. Elle se réalise en deux temps qui mettent en jeu deux couples oxydoréductifs, O₂/H₂O et NADP⁺/NADPH (Faurie et al, 2002).



Les proton H⁺ sont pris en charge par un transporteur oxydé, le NADP⁺ qui va être réduit selon l'équilibre suivant :



Ce transporteur réduit sera lui aussi consommé pendant la phase sombre et assurera avec l'ATP le couplage entre les deux phases. En additionnant membre à membre les deux réactions précédentes, le résultat final sera le suivant :

II.4.2. La phase sombre

C'est seulement au cours de cette phase qui se déroule dans le stroma des chloroplastes que la plante capte le dioxyde de carbone. Ce dernier va être réduit et pris en charge par un accepteur de CO_2 , le ribulose diphosphate (rudiP) qui va se scinder en deux molécules d'acide phosphoglycérique, grâce au couplage réalisé par l et le NADPH_2^+ provenant de la phase claire. Ces premiers corps carbonés glucidiques synthétisés par la photo vont subir des réactions biochimiques diverses qui vont conduire à un stockage, sous forme de grains d'amidon dans les chloroplastes, ou à l'élaboration de molécules plus complexes comme des protides ou des lipides mettant en œuvre le métabolisme cellulaire. Notons également qu'une partie des trioses phosphates synthétisés sert à le Rudi P. La photosynthèse apparaît donc comme une oxydoréduction (oxydation de l'eau et réduction du CO_2). Des expériences de marquage avec des radio-isotopes ont permis de préciser que l'oxygène dégagé par la photosynthèse provient de la photolyse de l'eau et non du CO_2 comme on aurait pu le penser. (Faurie et al., 2002)

II.5. La chaîne de transfert d'électrons des thyracoïdes

Deux voies de transferts d'électron sont possibles, un transfert linéaire et un transfert cyclique(Figure 14).

II.5.1. Transfert linéaire. Le PSII comporte vers le lumen un complexe enzymatique, le complexe de dégagement d'oxygène (CDO), qui peut fixer deux molécules d'eau et en arracher les électrons pour réduire P680 chaque fois que ce dernier est oxydé par photochimie. La dégradation de l'eau libère des protons dans le lumen et produit de l' O_2 qui migre par diffusion hors du lumen, du chloroplaste, des cellules et de la feuille pour gagner l'atmosphère.

Quatre photons engendrent la libération d'une molécule d' O_2 . Chaque réaction photochimique du PS 2 permet la réduction d'un accepteur, la phéophytine (phè), qui cède ensuite un électron à des transporteurs plus oxydants. Une seconde réaction photochimique assurée par le PS1 permet de produire un second composé très réducteur (A) qui cède ensuite un électron à des transporteurs plus oxydants. NADP^+ set le dernier accepteur d'électrons. La dégradation de deux molécules d'eau et l'absorption de quatre photons permet donc la réduction de deux molécules de NADP^+ . Le schéma en Z de Hill et Bendall (1960) modélise le transfert d'électrons en tenant compte des potentiels redox de chaque transporteur. Seules les réactions photochimiques sont endergoniques. Le transfert d'électrons de l'eau au NADP^+ via les deux photosystèmes est dit linéaire (Meyer et al, 2013).

II.5.2. Transfert cyclique : Les électrons ne sont pas toujours cédés au NADP^+ par la ferrédoxine en aval du PS1. La ferrédoxine peut aussi céder son électron au cytochrome b6f qui le réinjecte dans

le pool de plastoquinone. Dans ce cas, le transfert d'électrons est cyclique. Il ne produit pas de NADPH ni d' O_2 , mais il permet en revanche, de concentrer dans le lumen les protons nécessaires au couplage énergétique (Figure 14) (Meyer et al.,2013).

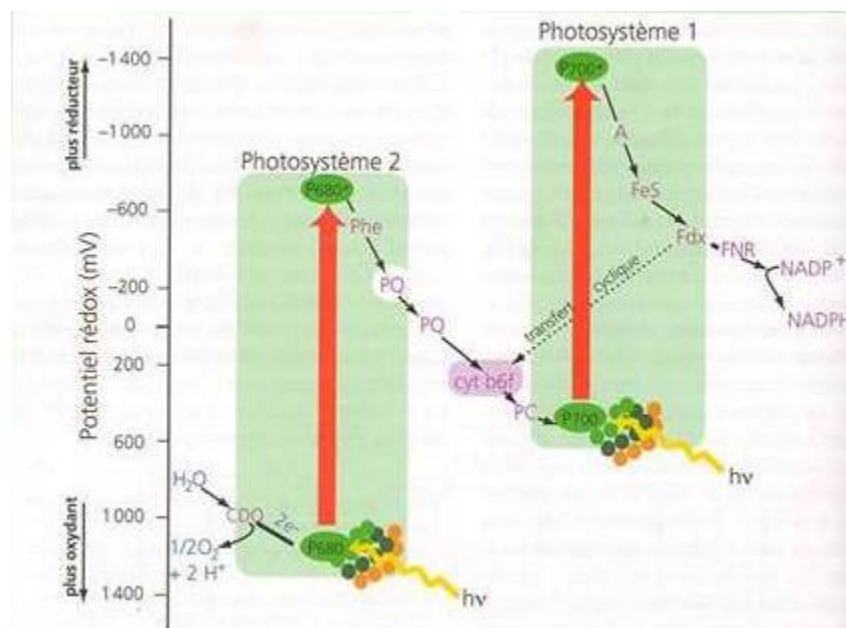


Figure 14 : Fonctionnement des photosystèmes au cours du transfert d'électrons (Meyer et al.,2013)

Les réactions photochimiques sont en rouge. Les potentiels redox indiqués sont les potentiels redox standards pour lesquels les concentrations des formes réduite et oxydée du composé considéré sont égales. Ce schéma indique que P680 oxydé est un puissant oxydant, car il peut oxyder l'eau dont le potentiel redox est de 815 mV. Le transfert d'un électron de l'eau au $NADP^+$ prend environ 0.02 s. CDO (Complexe De Dégradation D' O_2) phe (Phéophytine) ; PO (Plastoquinone) ; cyt b6f (Cytochrome b6f) ; PC(Plastocyanine) ; A (Accepteur du PS1) ; feS(protéine Fer-soufre) ; Fdx (ferrédoxine) ; FNR, (Ferrédoxine $NADP^+$ Réductase). Le potentiel redox du couple $NADPH/NAD^+$ est de -320 mV (Meyer et al.,2013).

II.6. Facteurs limitants de la photosynthèse

La loi du minimum : Le rendement de conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique dépend de la présence, en quantité suffisante, des facteurs dont dépend la photosynthèse. Il suffit qu'un seul de ces facteurs soit déficitaire ou absent pour que cette conversion ne s'effectue pas. C'est la loi du minimum (Claude et al., 2002).

Le moteur de la premier de ces facteurs c'est planté doit à savoir la photosynthèse, à savoir la lumière. Mais la plante doit disposer en plus de dioxyde de carbone et d'une humidité adéquate. Un facteur, enfin, joue un rôle essentiel, c'est la température. Celle-ci doit se situer dans des limites

raisonnables car les végétaux supportent mal le froid et sécheresse, sauf s'ils pas la des caractères adaptatifs appropriés, ce qui n'est règle générale. Évidemment, si la chlorophylle n'est pas fonctionnelle, comme c'est le cas lorsqu'elle est altérée par une maladie des feuilles, la chlorose par exemple, elle n'assure pas correctement la conversion (Claude et al., 2002).

II.7. Réponse photosynthétique

La réaction de l'appareil photosynthétique à la pollution atmosphérique est largement connue. Cette réaction se manifeste soit sous forme de changements des concentrations des pigments soit d'une diminution de l'efficacité de la photosynthèse. Cette dernière peut être estimée par l'analyse de la fluorescence de chlorophylle (effet de Kautski). Plus le système photosynthétique est endommagé, plus grande est l'énergie émise sous forme de fluorescence. De nombreux appareils de mesure ont été construits pour étudier cette réaction *in vitro* ou *in situ*. Leur application aux plantes d'une région ou aux algues d'un lac permet d'établir le niveau de contamination local de l'air ou de l'eau. D'autre part, la pollution atmosphérique n'agit pas seule. D'autres facteurs environnementaux comme la température, la lumière ou l'humidité ayant une action sur le développement des organismes peuvent compliquer l'interprétation de la réponse (Chakhparonian et Zryd, 1995).

II.7.1. L'effet de la pollution atmosphérique sur la potosynthèse

Bien qu'il soit difficile de généraliser la façon dont les divers polluants interfèrent avec les processus métaboliques, il existe entre eux plusieurs points communs. Tous les polluants gazeux pénètrent par les stomates vers les espaces intra cellulaires. Il est connu qu'ils peuvent changer la conductance stomatale directement en affectant les cellules de gardes ce qui altère la photosynthèse (Chakhparonian et Zryd, 1995).

D'autre part leur effet direct sur la photosynthèse peut conduire à des perturbations du contrôle de conductance stomatale par l'effet de rétroaction du CO₂. En générale, les résultats des expériences visant à établir l'effet des polluants sur la conductance stomatale sont contradictoires justement à cause de l'interaction de ces deux voies d'impact. Après pénétration, les polluants agissent sous forme radicalaire plutôt que sous leur forme native. Ils peuvent se dissoudre dans l'eau de surface des cellules, en affectant par là le Ph cellulaire et réagir avec les parois des cellules du mésophile.

En fait, la paroi polysaccharidique étant relativement inerte, l'élément le plus touché reste la membrane cellulaire et notamment les protéines intermembranaires. Les effets ne sont pas limités à la membrane cytoplasmique, mais atteignent aussi les organites cellulaires, dont les chloroplastes qui sont les plus frappés.

III. La chlorophylle

III.1. Les plastes

Le terme de plaste vient du grec plastikos. Le plaste est un organe commun à toutes les cellules végétales. Il prend un aspect bien différent selon le type cellulaire et ses fonctions (Meyer et al., 2013). Mais ils ne sont habituellement présents qu'une seule forme à l'intérieur d'une même cellule, ce qui n'empêche pas de rencontrer simultanément le type jeune et adulte dans des cellules en cours de différenciation (Bowes et Mauseth, 2012).

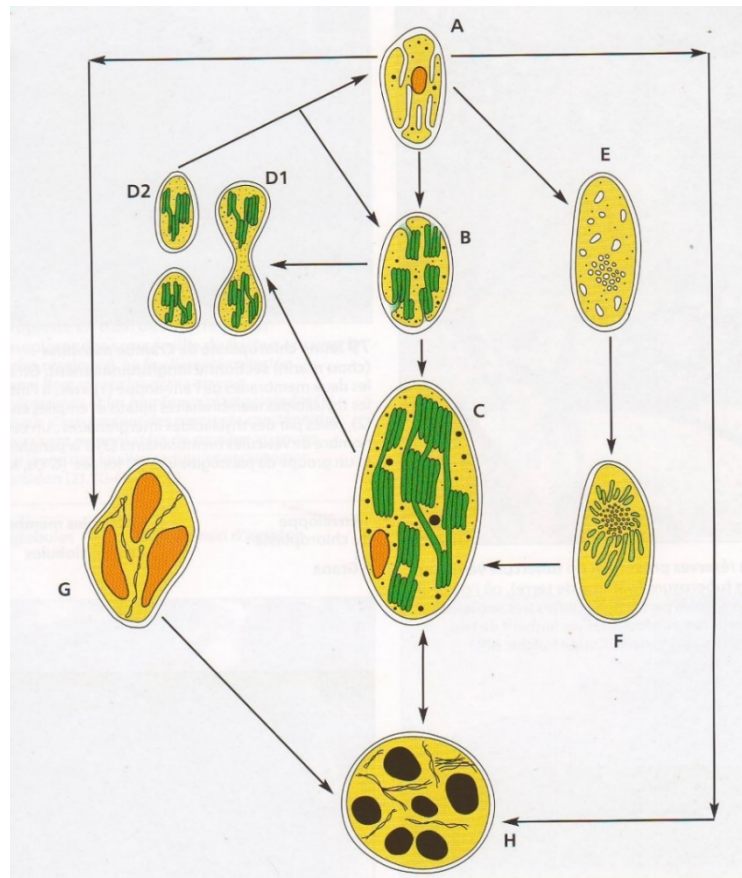


Figure 15 : Principales voie de développement du plastide (Bowes et Mauseth, 2012).

Dans les jeunes pousses vertes, le mode de différenciation le plus courant est celui de proplaste non pigmentés (A) se transformant en jeunes chloroplastes (B) puis en chloroplastes verts matures (C). la réplication des plastes peut intervenir à n'importe quelle phase, mais elle est toutefois particulièrement commune chez les proplastes et les jeunes chloroplastes (D1, D2). dans les pousses croissantes dans l'obscurité (ou dans les cellules protégées de la lumière par des couches de tissu), se forment des étioplastés (E), qui se différencieront (F) en chloroplastes (C) dès qu'ils seront exposés à la lumière. Dans les racines (ainsi que la plupart des cellules épidermiques de la tige), les proplastes et les amyloplastés donnent naissance à des leucoplastés (G) dépourvus de pigments. Les chromoplastés (H) renferment des pigments rouges, oranges ou jaunes ; ils se différencient soit

directement à partir de proplastés, soit à partir d'amyloplastés ou de chloroplastés dégénérés. une blessure dans le tissu peut provoquer la division des chloroplastés et des amyloplastés matures, et leur dérivé régressant parfois au stades de proplastés. On a également observé la transformation de chromoplastés en chloroplastés (Figure 15)(Bowes et Mauseth, 2012).

III.1.1. Les proplastés

Ces éléments non différenciés, précurseurs des autres plastés, sont de forme sphérique ou amiboïde. Ils ne dépassent habituellement pas 1 à 2 μm de large contiennent peu de membranes internes. Les proplastés se rencontrent dans les cellules méristématiques et on en dénombre jusqu'à 40 par cellule dans l'apex racinaire. Les proplastés se divisant eux-mêmes, leur nombre demeure à peu près constant dans les cellules formées par les nombreuses divisions cellulaires des méristèmes apicaux. En règle générale, cependant, leur nombre augmente ensuite à mesure que les dérivés des cellules apicales grossissent et se différencient. Les différents tissus et organes de la plante adulte voient alors se développer des plastés spécifiques (Bowes et Mauseth, 2012).

III.1.2. Les chloroplastés

Au stade adulte, ils sont normalement oblongs lenticulaires (Figure 19) et mesurent 5 à 10 μm de long. Les membranes de leur enveloppe sont séparées par un espace de 10 à 20 nm de large (Figure 16) (Bowes et Mauseth, 2012).

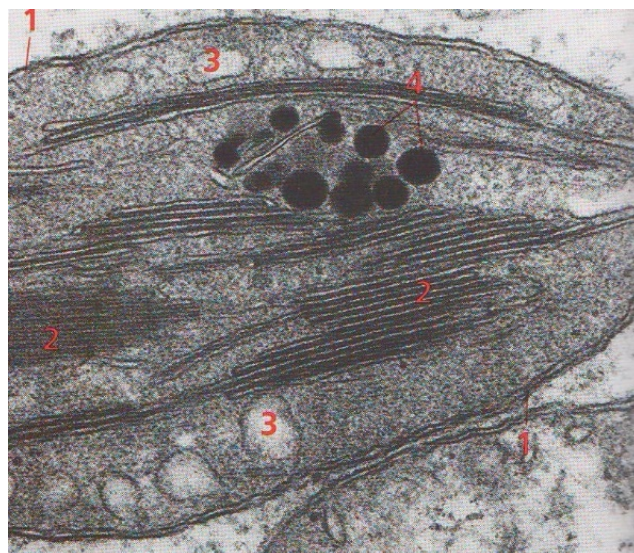


Figure 16: Un jeune chloroplaste (Bowes et Mauseth, 2012) :

Section longitudinalement d'un jeune chloroplaste : les deux membranes de l'enveloppe (1) avec, à l'intérieure, les thylakoïdes membranaires aplatis et empilés en grana (2), reliés par des thylakoïdes intergranaires, un nombre de vésicules membranaires (3) à la périphérie et un groupe de plastoglobules (4) foncés. 1. Enveloppe du chloroplaste 2. Grana 3. Vésicules membranaires 4. Plastoglobules.

Chaque membrane possède une perméabilité différente : la membrane externe est une barrière aux protéines cytoplasmique, mais est perméable aux petites molécules (Meyer et al., 2013).

La membrane interne étant parfois reliée à celle des thylakoïdes contenus dans le stroma. Ces dernières sont pour la plupart orientées parallèlement au grand axe de plaste et forment normalement un système photosynthétique tridimensionnel complexe qui se compose de lamelles stromatiques empilée en grana et reliées par des thylakoïdes dits stomatiques ou intergranaires. Chaque granum est constitué de deux à cent disques membranaires aplatis et empilés et chaque membrane granaire renferme un espace intrathylakoïde (Figure 16)(Bowes et Mauseth, 2012).

Le principal constituant protéique du stroma est une enzyme, la ribulose biphosphate carboxylase. L'amidon est fréquent dans le stroma des chloroplastes où il constitue un stockage temporaire de sucre. On observe aussi des plastoglobules qui portent des pigments assurant le transfert des électrons et, quelquefois, des dépôts de phytoferritines, une forme de réserve de fer. Durant le développement foliaire, les chloroplastes se multiplient dans chaque cellule en se divisant (Bowes et Mauseth, 2012).

III.2. Structure et propriétés chimiques

La chlorophylle est le principal pigment responsable de la capture de l'énergie lumineuse utilisée dans la photosynthèse. 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 (Féret, 2009).

La molécule de la chlorophylle est constituée de deux moitiés, une tête formée d'une porphyrine et en longue queue d'hydrocarbures ou phytol. Une porphyrine est un groupement cyclique tétrapyrrolique, constitué de quatre noyaux pyrrole contenant d'un atome d'azote et disposé en cycle. Les porphyrines sont des composés ubiquistes dans les organismes vivants ; elles constituent le groupement hémique de l'hémoglobine des mammifères ainsi que des pigments photosynthétique et respiratoires, les cytochromes.

Dans la chlorophylle, le pigment phytol, un alcool à 20 atomes de carbone est relié par une liaison ester au noyau de la porphyrine. Cette longue queue liposoluble d'hydrocarbures est un dérivé de l'isoprène, molécule à 5 atomes de carbone, précurseur d'une foule de molécule importante, comprenant d'autres pigments (carotènes) (hopkins, 2003).

La molécule de chlorophylle comprend un ion magnésium Mg^{2+} formant un chélat avec les quatre atomes d'azote au centre du cycle. Quatre types de chlorophylles dénommées chlorophylles a, b, c

et d sont connu. La structure chimique de la chlorophylle a, le principal pigment photosynthétique chez toutes les plantes supérieures (Figure 17).

La structure de la chlorophylle b est identique sauf qu'un groupement de formule (-CHO) remplace le groupement méthyle sur le noyau. La chlorophylle b est présente dans pratiquement tous les végétaux supérieurs et les algues vertes. La principale différence entre la chlorophylle a et c est l'absence de queue phytol chez la chlorophylle c. Enfin, la chlorophylle d qui n'est présente que chez les algues rouges, est similaire à la chlorophylle a sauf qu'un groupement (-O-CHO) remplace le groupe (-CH=CH₂) sur le noyau (Hopkins, 2003).

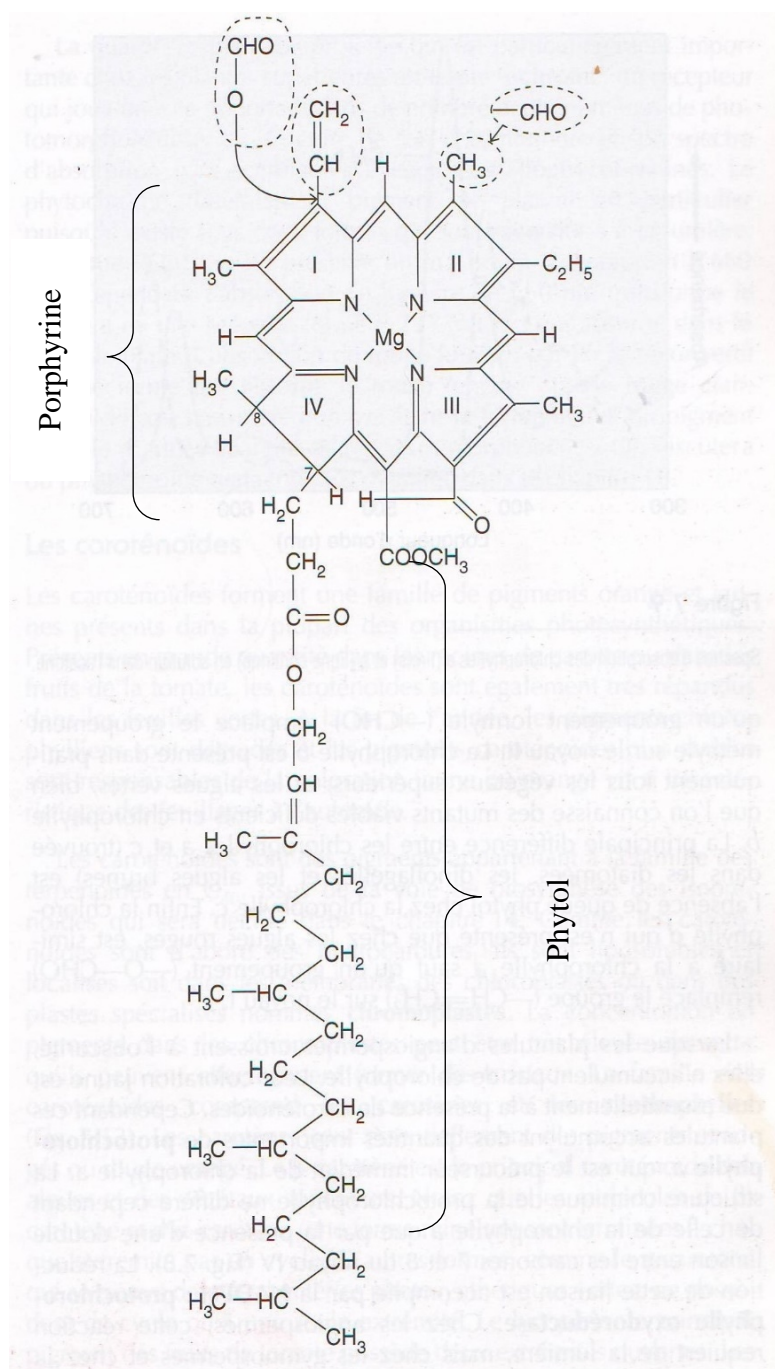


Figure 17 : Structure de la chlorophylle (Hopkins, 2003).

III.3. 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 donc par dégradation des chlorophylles. La biosynthèse des chlorophylles est beaucoup plus inhibée par le froid que par la chaleur (Landis and Yu, 1995).

III.4. La chlorophylle et la pollution atmosphérique

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).

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).

III.5. Thylakoïdes

Chaque thylakoïde est constitué d'une membrane qui isole un espace interne mince. Les saccules forment des empilements réguliers ou granums. Les thylakoïdes se prolongent par des tubes aplatis qui les mettent en continuité avec les saccules d'autres granums. Les membranes granaires, plus épaisses en raison de superposition, se distinguent des membranes intergranaires qui les prolongent.

Elles séparent du stroma les compartiments que délimitent les thylakoïdes. Ces derniers renferment presque la moitié des protéines chloroplastiques, l'autre moitié étant en gros localisée dans le stroma (Hopkins, 2003).

III.6. Sensibilisation des thylakoides a la pollution atmosphérique

La membrane thylakoidienne est visiblement la plus sensible. Les conséquences les plus désastreuses pour la plante sont les changements irréversibles des enzymes des protéines et surtout

de l'ultrastructure des organites cellulaires entraînant la désorganisation de l'appareil photosynthétique. Tous les autres processus métaboliques sont également détériorés ce qui conduit à l'endommagement de la plante, même si les symptômes ne sont pas apparents (Chakhparonian et Zryd, 1995).

Chapitre IV :
Climat de la zone d'étude

Introduction

Pris dans son sens large, le mot climat recouvre deux notions différentes : celle de climat moyen et celle de variabilité climatique. Le climat moyen correspond à l'ensemble des conditions qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un lieu ou une région donnée. La variabilité du climat est une de ses éléments caractéristiques importants. Elle correspond à la dispersion statistique de ses éléments caractéristiques autour de leur valeur moyenne (Guyot. 1999). 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).

IV.1. Climatologie

C'est la discipline scientifique relative au climat. Elle a pour objet la caractérisation et la classification des différents types de climats, leur localisation géographique, l'étude des causes de leur diversification et, en un lieu donné, l'analyse de leur variabilité temporelle (Guyot. 1999).

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 pluvieuse avec une température moyenne minimale de 1,75 °C, 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 avec une température moyenne maximale de 35 °C.

L'étude climatique est faite à partir des données recueillies de la station météorologique de Khenchela, localisée dans l'agglomération d'El Hamma et située à une altitude de 983 m, s'étendant sur une période de 10 ans, de 2005 à 2015.

IV.1.1. Eléments et Facteurs du climat

IV.1.1.1. La température

La température est la grandeur physique à laquelle les études sont le plus essentiellement liées. La notion du temps qu'il fait est intrinsèquement liée au sentiment de chaud et de froid (Delmas, 2012). C'est une grandeur permettant de repérer l'énergie thermique d'un corps. Elle est liée à sa capacité à céder ou à recevoir de l'énergie des corps environnants. La température est donc un repère et n'est pas une grandeur additive (Parcevaux, 2007).

En altitude moyenne (1700m), la moyenne annuelle des températures dans la zone d'étude est de 11,9°C, soit une moyenne sensiblement inférieure à la moyenne de la station de Khenchela qui se situe autour de 16°C. On note que le mois de Juillet et Août sont les mois les plus chauds, alors que les mois de Janvier et Février sont les mois les plus froids (Figure 18).

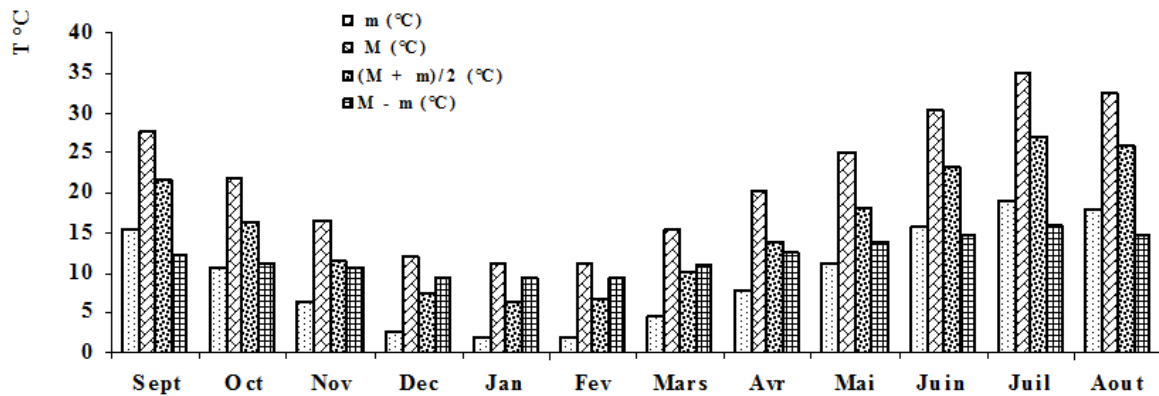


Figure 18: Diagramme des températures moyennes mensuelles de la période 2005-2015 dans la wilaya de Khenchela (Station météorologique del'Hamma).

Il ressort également des données climatiques, une amplitude thermique moyenne annuelle importante (20,4 °C), tout comme l'amplitude mensuelle qui atteint 6,9°C en hiver et 13,4°C en été. D'une façon générale, les températures de la zone d'étude sont favorables à la croissance et au développement de *Juniperus*, puisqu'elles ne présentent pas les valeurs qui limitent ou inhibent la production.

Quezel et Medail, 2003) montrent que les genévriers en région méditerranéenne se répartissent, du point de vue écologique en plusieurs ensembles :

- Les genévriers thermophiles ou thermo-méditerranéens (*Juniperus phoenicea*, *Juniperus turbinata*, *Juniperus macrocarpa*, *Juniperus navicularis*).
- Les genévriers sont à peu près intégralement liés à des structures forestières : *Juniperus oxycèdrus* dans l'ambiance de la chênaie sclérophylle, *Juniperus communis* surtout au supra-méditerranéen
- Les genévriers sont essentiellement liés à l'étage oroméditerranéen : *Juniperus thurifera*. Sur les montagnes du Maghreb et *Juniperus excelsa* sur celles de méditerranée orientale.
- Les genévriers sont largement préférentiels des milieux steppiques : *Juniperus turbinata*, *Juniperus thurifera*.
- Les genévriers sont de souche eurasiatique, montagnards surtout : *Juniperus communis* et *Juniperus sabina*.

Le Genévrier thurifère est un arbre d'un grand intérêt forestier, biologique et écologique, puisqu'il est endémique des pays riverains de la Méditerranée occidentale. D'un point de vue bioclimatique, il est à noter que l'espèce s'épanouit dans les domaines méso et supra-méditerranéens, débordant un peu vers l'oroméditerranéen, mais toujours dans des nuances continentales. Il s'agit de climats secs, parfois semi-arides, oscillant entre les 340 mm/an de précipitations (Villar, 2013).

Le genévrier oxycède exige beaucoup de lumière et de chaleur, il résiste à la sécheresse et sensible au froid (Riou-Nivert, 2001). Il se développe dans les étages méso et supra-méditerranéens, en bioclimat subhumide. Il peut apparaître très localement en bioclimat semi-aride où il arrive parfois à former des peuplements presque purs, notamment dans les vallées internes du Haut Atlas. Il colonise également les dunes littorales où il est représenté par un type particulier à gros fruits (*J. macrocarpa*) (Quzel et Gast, 1998).

IV.1.1.2. Les précipitations

La représentation en histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station d'El Hamma montre une hétérogénéité importante des précipitations d'un mois à un autre, avec une valeur maximale qui atteint 67,27 mm au mois de Septembre et un minimum de l'ordre de 20,92 mm au mois de juillet. Les moyennes des précipitations pour les deux stations sont résumées dans la figure (Figure 19).

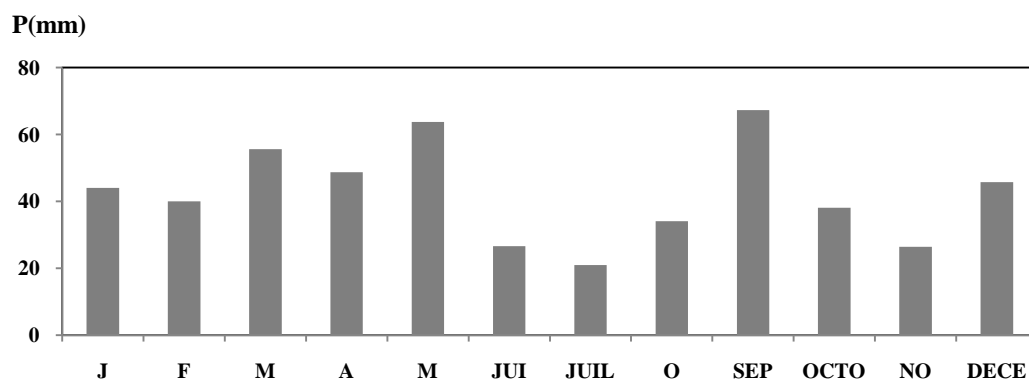


Figure 19 :Diagramme des précipitations moyennes mensuelles pour la période (2005-2015)
(Station météorologique del'Hamma).

Les précipitations ont un rôle très important en régions méditerranéennes, leur régularité et leur répartition sont très souvent mauvaises. *Juniperusphoenicea* L.croit dans l'étage bioclimatique semi-aride avec une pluviométrie moyenne annuelle de 250 mm (Boudy,1952).

IV.1.1.3. Pluviométrie

La pluviométrie représente 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). Cette étape constitue une phase importante du cycle de l'eau.

IV.1.1.4. La neige

L'enneigement dans la région 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).

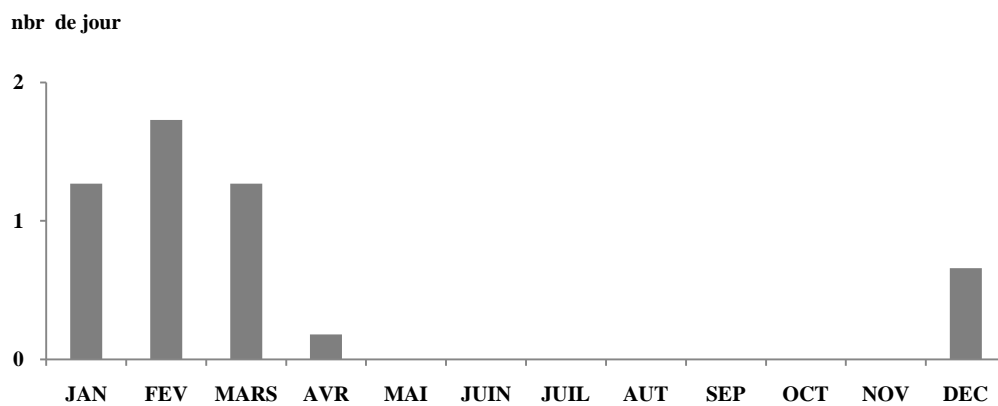


Figure 20: Diagramme des moyennes mensuelles des neiges de la période 2005-2015 (Station météorologique del'Hamma).

IV.1.1.5. Grêle

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).

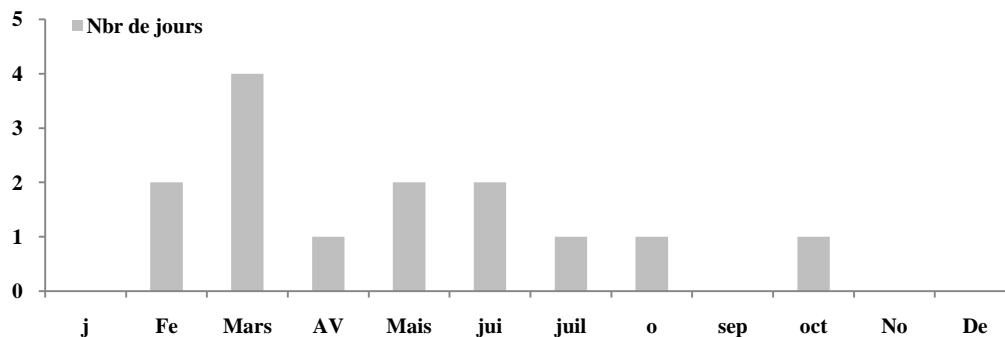


Figure 21: Diagramme des moyennes mensuelles Grêle de la période (2005-2015). (Station météorologique de l'Hamma).

IV.1.1.6. Evaporation

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.

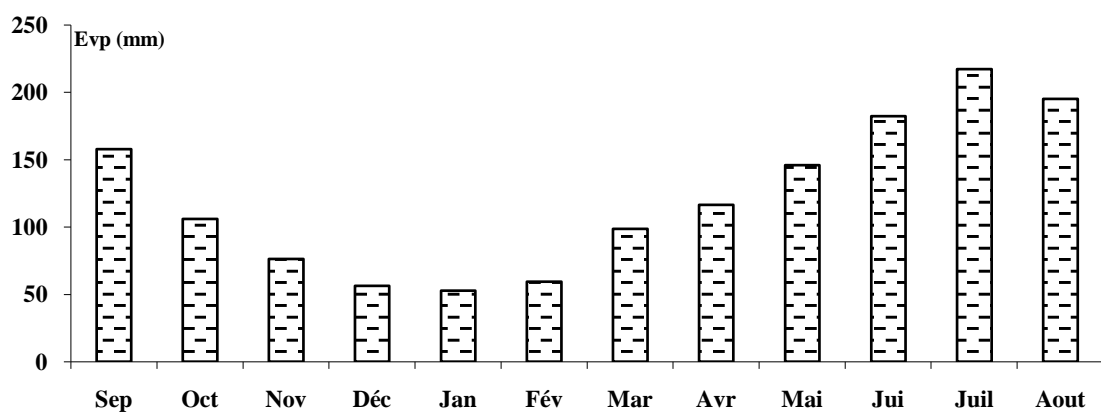


Figure 22: Diagramme des moyennes mensuelles de l'évaporation de la période (2005-2015).

IV.1.1.7. L'humidité

La teneur en eau est le rapport de la masse d'eau contenue dans un matériau à la masse de matière sèche de ce dernier. L'humidité est le rapport de la masse d'eau contenue dans un matériau à la masse totale de ce dernier. Ce sont des grandeurs sans dimension que l'on exprime souvent sous forme de pourcentage. La distinction entre ces deux notions n'est pas toujours faite de façon appropriée (Parcevaux, 2007).

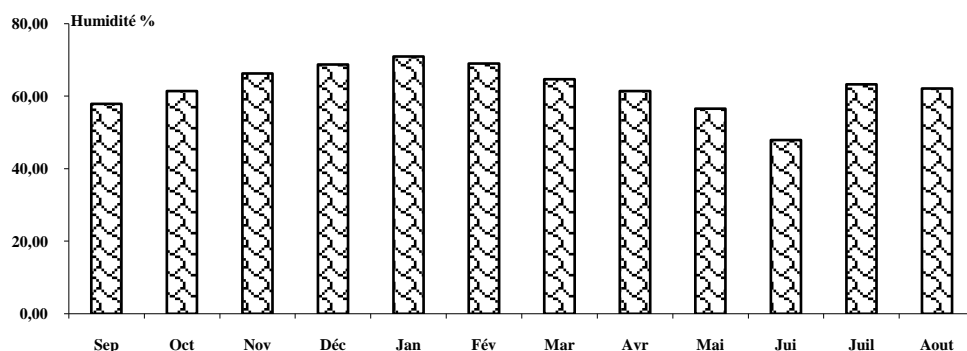


Figure 23: Diagramme des moyennes mensuelles d'humidité de la période 2005-2015.

C'est la masse de vapeur d'eau contenue dans une unité de volume d'air (Estienne et Godard, 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).

IV.1.1.8. Les vents

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).

Les échanges de chaleur, de vapeur d'eau, de gaz carbonique d'un couvert végétal avec le milieu environnant dépendent pour une bonne part de la vitesse du vent. Une valeur minimale de l'ordre de 0.5 m.s^{-1} est utile pour assurer des échanges suffisamment rapides permettant un bon développement des plantes ; ces conditions qui ne sont généralement pas assurées dans les serres posent des problèmes entraînant des pertes de productivité importantes. A contrario, des dégâts peuvent apparaître sur différents organes dès que la vitesse du vent dépasse 3 m.s^{-1} . Le vent peut avoir une action mécanique directe ou une action physiologique indirecte (Parcevaux, 2007).

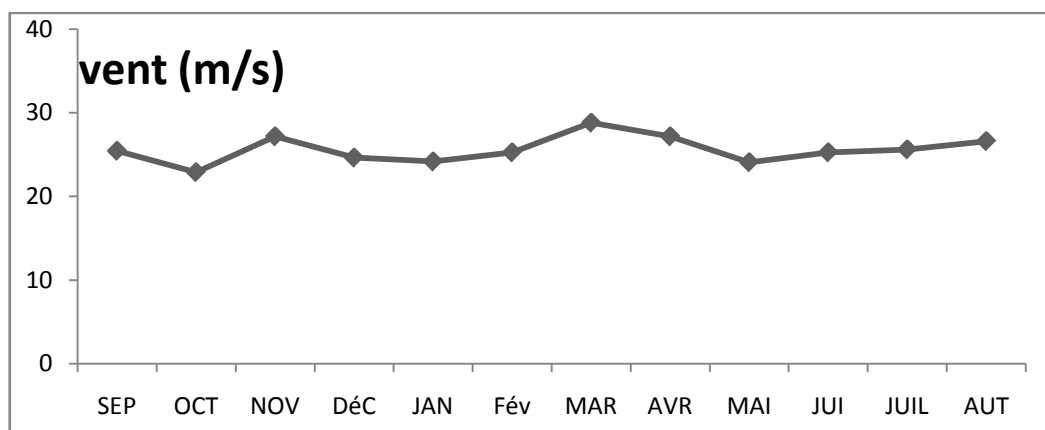


Figure 24: Evolution des moyennes des vitesses maximales instantanées des vents de la période (2005-2015) (Station météorologique del'Hamma).

La vitesse moyenne annuelle des vents dans la région d'étude de la période 2005-2015 est de $25,59 \text{ m/s}$ (figure 24). La rose des vents est une représentation diagrammatique des directions de

vent (figure 25), ça montre que les vents dominants dans la région soufflent dans la direction W-S-W.

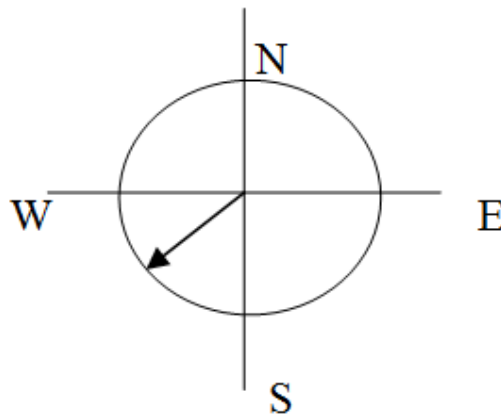


Figure 25: La rose des vents correspondant à la région d'étude avec le vent dominant (Station météorologique del'Hamma).

Selon (Rameau et al.,2008), Le *Juniperusphoeniceas*'adaptant à des contextes climatiques méridionaux variés, héliophile, se rencontre en station sèche à l'étage thermo méditerranéen et montagnard, xérophile. Il résiste mieux à l'aridité et au froid. Il a un tempérament robuste lui permettant de végéter dans des conditions très sévères et de supporter de graves mutilations. Il résiste moins bien aux incendies et caractérisé par sa résistance au vent (Boudy, 1952).

IV.1.2. Le diagramme Ombro-thermique de Gaussen et Bagnouls

Pour avoir la relation entre la température et la précipitation on utilise le diagramme Ombro-thermique de Gaussen et Bagnouls qui est établi a partir des données des températures moyennes mensuelles et des précipitations moyennes mensuelles avec une échelle $P=2T$ (Figure 26).

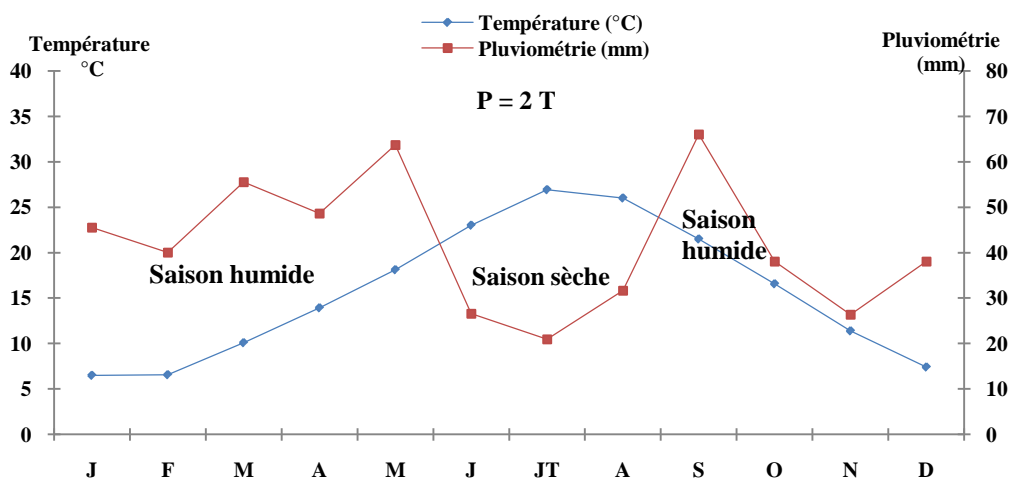


Figure26: Diagramme Ombro thermique de Gaussen (2005-2015).

Donc le climat de la région d'étude est typiquement semi-aride est de climat semi-aride à un hiver frais. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 15,7 °C. Les précipitations moyennes annuelles égale 503,7 mm L'évapotranspiration réelle moyenne est de 490,5 mm.

IV.2.Présentation de la zone d'étude

La zone concernée par l'actuel travail se situe sur les hauts plateaux de l'Est Algérien et appartenant au grand ensemble des massifs des Aurès. Elle fait partie des forêts domaniales d'Ouled Yagoub (Massif Ouled Yagoub) et Beni Oudjana (Massif Chelia) qui constituent en plus des fonctions qu'elles remplissent en qualité d'écosystèmes, un important patrimoine naturel (BNEDER, 2010)

IV.2.1.Cadre géographique

La wilaya de Khenchela, s'étend sur une superficie de 9.715,6 Km². Elle est composée de 21 communes et 08 daïra ; et confine avec la wilaya d'Oum El Bouaghi au Nord, El Oued au Sud, Tébessa à l'Est, Batna à l'Ouest et Biskra au Sud-Ouest (Figure 27).

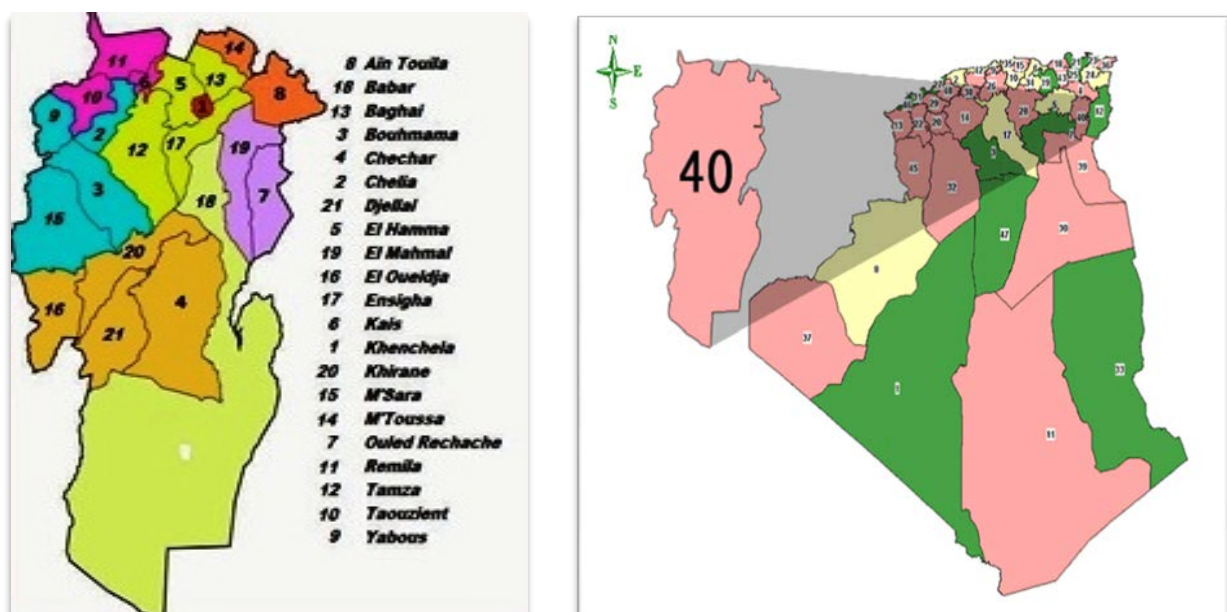


Figure 27: Carte de localisation Géographique de la wilaya de Khenchela.

Et les communes de la wilaya

IV.2.2.Le potentiel forestier

La wilaya de Khenchela se caractérise par une richesse et une diversité forestière exceptionnelle avec une superficie de 146.303 ha de forêts et de 42 000 ha d'alfa, Le taux de boisement est

relativement important (15% de la superficie totale de la wilaya), il est réparti essentiellement entre trois grands blocs :

- La Forêt des Béni-Imloul : 67 655 Ha ;
- La Forêt des Ouled Yacoub : 27 307 Ha ;
- La Forêt des Béni-Oudjana : 34 666 Ha ; (Figure 28).

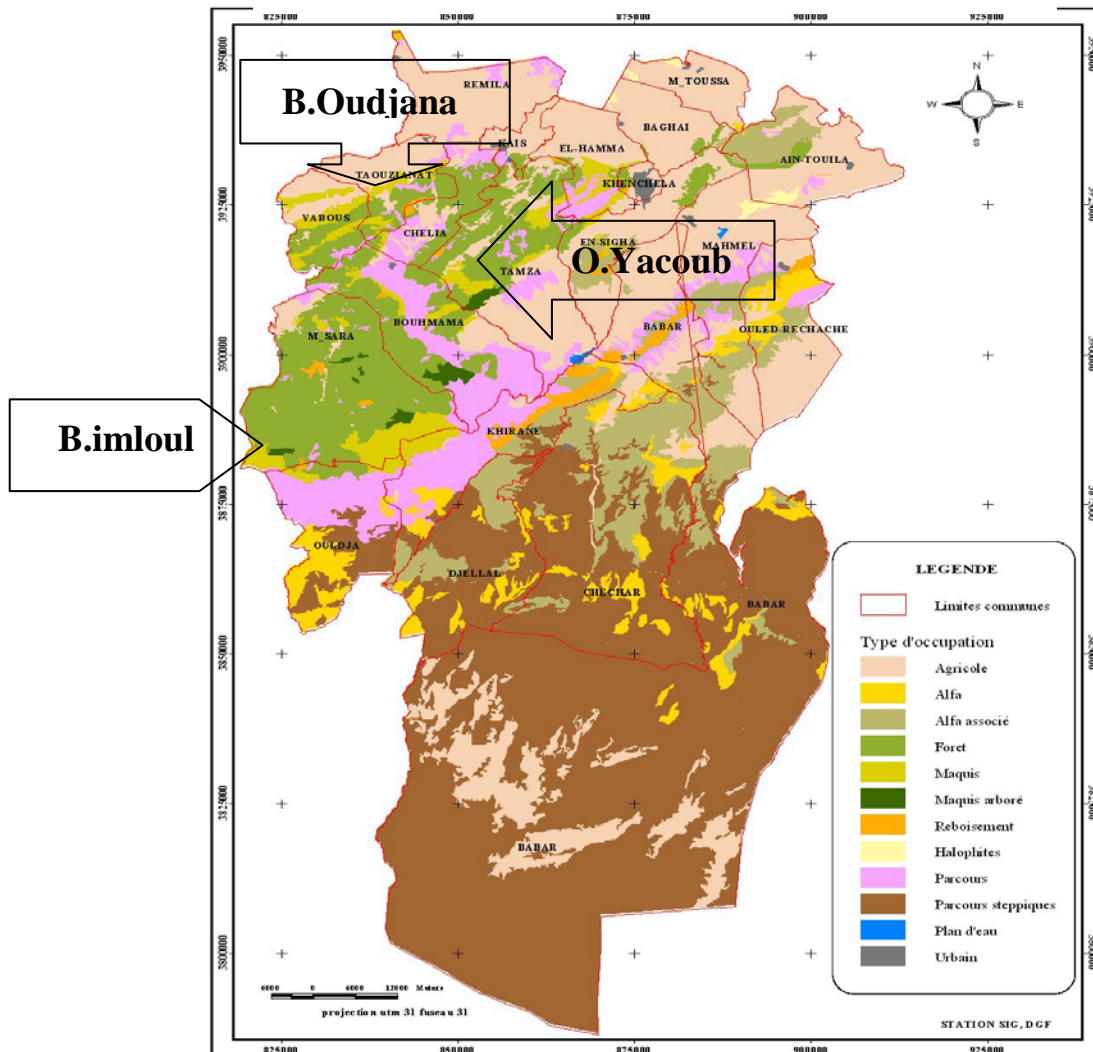


Figure 28: Carte d'occupation Forestière de la wilaya de Khenchela.

Auxquels s'ajoutent 26 027 ha disséminés à travers l'ensemble du territoire de la wilaya, avec un taux de couverture de l'ordre de 15,03 %, composés essentiellement de : Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) : 95778 Ha, soit 68 % ; Chêne vert (*Quercus ilex*) : 17257 Ha, soit 12 % ; Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) : 15229 Ha, soit 10 % ; Genévrier de phénicie (*Juniperus phoenicea*) : 13283 Ha soit 9 % ; Genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycèdrus*) : 1366 Ha soit 1 % ; Espèces endémiques : Frêne dimorphe (*Fraxinus xanthoides*) et Genévrier thuriféraire (*Juniperus thurifera*) qui est une espèce menacée de disparition (Figure 29).



Figure 29: Répartition de la superficie forestière par essence.

IV.2.3. Le milieu naturel

IV.2.3.1. Milieu physique :

a. Relief

La zone d'étude des massifs forestiers, fait partie du grand massif montagneux des Aurès, qui appartient à son tour au domaine montagneux de l'Atlas Saharien. Ces monts surplombent les hautes plaines au Nord et la dépression d'Outa El Mroudj et les monts des Nememcha au Sud. L'aire d'étude se compose de deux blocs montagneux bien distincts séparés par la vallée à vocation agricole de l'Oued Mellagou au Nord et de l'Agglomération Centre Locale de Bouhmama au Sud. Le relief est constitué pour les deux blocs par une chaîne montagneuse formée de plis parallèles orientés du Sud-Ouest vers le Nord-Est avec comme exposition dominante, un versant Sud-Est et un versant Nord-Ouest.

b. Hydrographie

Le réseau hydrographique est organisé en système endoréique et aréique, d'ordre très important et dense pour l'ensemble du périmètre d'étude. Compte tenu du relief montagneux et accidenté on distingue deux bassins versants :

- 62% sont situés dans le bassin versant du Chott Melrhir,
- 38% sont situés dans le bassin versant des Hauts Plateaux Constantinois.

Il est à signaler, que la zone d'étude dispose de nombreuses sources à débits très importants. Ces sources sont dispersées à travers le périmètre.

c. Pentes

La zone d'étude est située sur des terrains accidentés à vallées encaissées, constituées essentiellement de substrat à dominance calcaire et marno-calcaire. Elle est caractérisée par la prédominance des terres à pentes fortes, supérieures à 25 % (Figure 30).

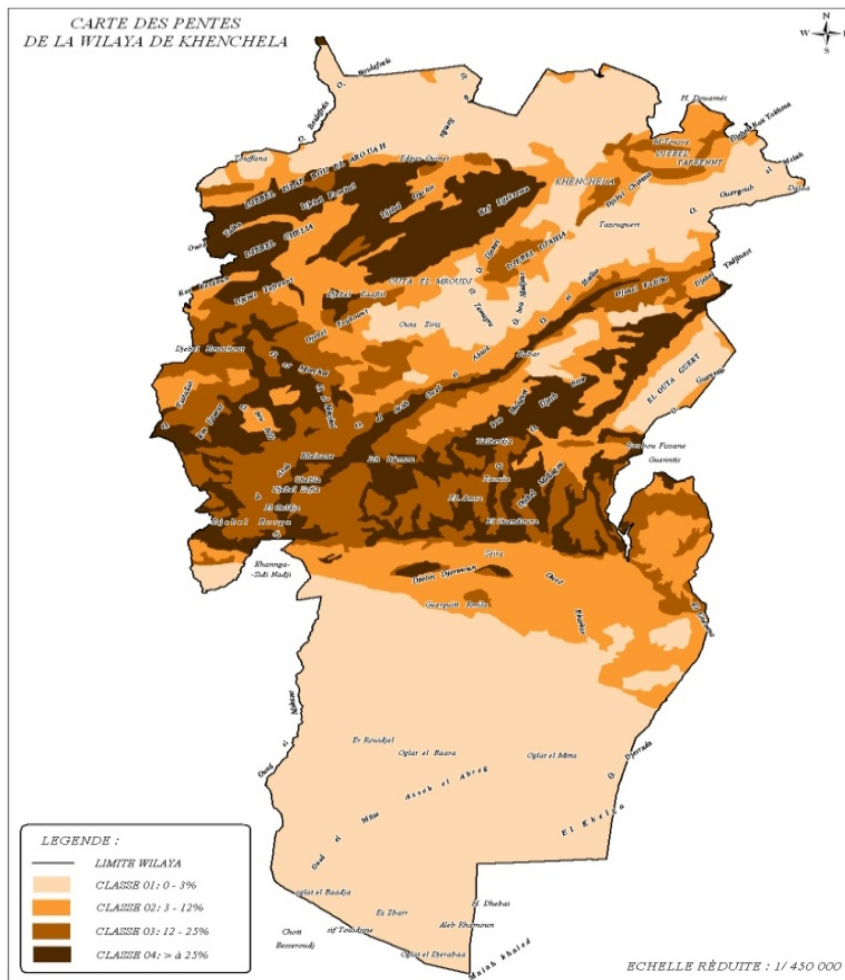


Figure 30 : Carte des pentes de la wilaya de Khenchela

IV.2.4.Aperçu pédologique

Les sols rencontrés au niveau de la zone d'étude se présentent comme suit (Figure 31):

a. Massif d'Ouled Yagoub et Beni M'loul :milieu floristique

L'analyse pédologique réalisée sur la base des études disponibles, fait ressortir quatre (04) types de sols :

- Sols brunifiés

Ces sols sont composés de grès et de calcaire dans le massif d'Ouled Yagoub et sur des grès siliceux légèrement acides au niveau du massif de Chélia avec un horizon de surface riche en matière organique avec dominance des argiles rouges, en profondeur. Sur le plan hydrique, ces sols, de par la présence de l'humus présentent un pouvoir d'emménagement d'eau sur une longue période de l'année.

- Sols rendzines

Ce sont des sols peu profonds (<45cm), très riches en matière organique dans les horizons supérieurs mais avec présence d'une charge caillouteuse importante en profondeur du profil. Le régime hydrique de ces sols est défavorable au vu de la faible profondeur et de la présence d'un niveau limitant imperméable.

- Sols peu évolués d'érosion

Ce sont des sols peu développés pour des raisons liées aux conditions du milieu (pente forte, apport récent, érosion...). Dans ce groupe de sols, seule une petite quantité de matière organique peut apparaître en surface, mais elle est absente sur les pentes fortes. Au niveau de ces massifs, les sols peu évolués d'érosion se développent sur roche dure et/ou tendre d'où leur appartenance au sous groupe des sols lithiques et régosoliques. Ces types de sols sont situés sur des terrains à forte pente et peu profonds ($P < 25\text{cm}$) et à charge caillouteuse importante, contraintes qui les rangent dans la catégorie des sols médiocres à très faible potentiel productif.

- Sols d'apport colluvial

Ces sols sont constitués de matériaux provenant de l'érosion des hautes pentes avec des profondeurs variant entre 30 et 70cm ; ils se caractérisent par un profil hétérogène constitué par un mélange de matériaux grossiers de toutes dimensions (colluvium) et un humus en surface très actif, bien aéré et pénétré par les racines. Caractérisés par des propriétés physiques favorables, ces sols ont un pouvoir de rétention en eau important et une infiltration assez bonne.

b. Massifs de Beni Oudjana

Issue des travaux réalisés en 2008 au titre de l'étude d'aménagement et de développement forestier de la forêt domaniale de Beni Oudjana, l'analyse pédologique pour ce massif fait ressortir deux types de sols :

- Des sols profonds sans contraintes majeures au regard de leurs propriétés physico-chimiques assez favorables (bonne structure des agrégats, pH légèrement alcalin, fertilité chimique appréciable et absence de salure).
- Des sols présentant une texture équilibrée, une bonne structure des agrégats, une fertilité chimique appréciable, une bonne teneur en matière organique, une absence totale de salinité et un pH moyennement alcalin. Leurs contraintes majeures s'articulent autour de leur profondeur

(<50cm) et à l'excès de calcaire et font qu'ils conviennent moyennement aux espèces sylvicoles très tolérantes au calcaire et moins exigeantes en profondeur tel le Pin d'Alep.

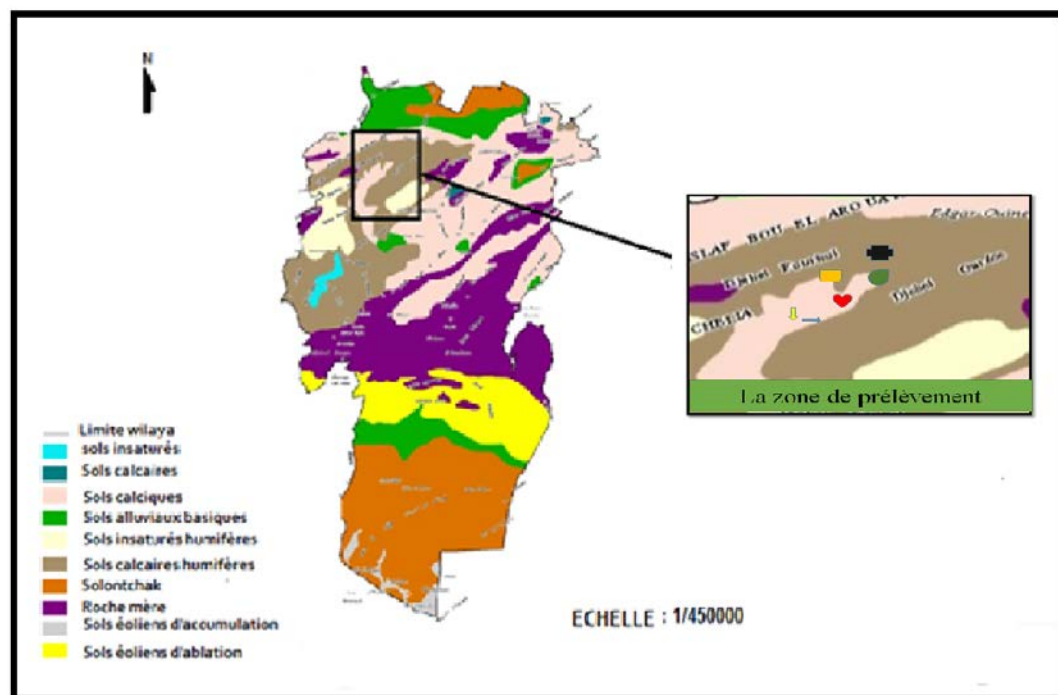


Figure 31 : Carte des classes des sols de la wilaya de Khenchela

IV.2.4. Milieu floristique

IV.2.4.1. Les habitats

On rencontre des cédraies pures et mixtes, la yeuseraie (chênaie verte), la pinède de Beni Oudjana et d'Ouled Yagoub et les garrigues à xérophytes épineux, ainsi que d'autres petits groupements végétaux présentant un grand intérêt sur les pans biologiques biogéographiques et écologiques (associations colonisant les rochers et des potzines). On dénombre au niveau de la zone, les types d'habitat ci-après :

IV.2.4.1. Les habitats rupicoles

Représentant un des aspects les plus remarquables de la végétation, ils se caractérisent par la richesse de leur flore et la présence d'espèces endémiques au niveau des sommets qui constituent l'asile le plus sûr où peuvent se maintenir les nombreux types les plus archaïques où les plus évolués.

IV.2.4.3. Les pelouses sèches et mésophiles acidophiles (pozzines)

L'aire des répartitions de ces habitats se trouve sur les hautes altitudes sur des sols assez épais et humides sur le sommet de Djebel Chélia entre 2200 et 2328m d'altitude où la géomorphologie et

l'évolution des versants ont permis la prolifération des pelouses et de pozzines au niveau de dépressions et replats permettant une accumulation de matériaux fins et matériel humique.

IV.2.4.4. Garrigues à xérophytes épineux et pâturages écorchés cultureaux

Les garrigues à xérophytes épineux en coussinet constituent un des faciès les plus caractéristiques de la végétation des montagnes méditerranéennes de l'Afrique du Nord dont les altitudes se situent entre 2000 et 3400 m, ces habitats renferment une végétation présentant une grande abondance d'espèces endémiques souvent à vicariances multiples, riches de signification biogéographique. Au dessous de 2200 et 1600 m, respectivement sur les versants Sud et Nord, apparaissent les premiers buissons de xérophytes épineux en coussinets.

IV.2.4.5. La cédraie de haute montagne

Les cédraies pures se développent sur l'étage montagnard sur des altitudes de plus de 1800m et croissent dans des conditions difficiles (vents violents et sols squelettiques à forte pente) qui limitent la production et la régénération naturelle. Ces cédraies couvrent une faible superficie et se rencontrent uniquement au-dessous du sommet du djebel Chélia d'Ouled Yagoub.

IV.2.4.6. La cédraie à chêne vert

En dessous de 2000 m, la cédraie est envahie par le chêne vert, avec apparition du genévrier oxycèdre. Cet habitat représente les peuplements les plus répandus, constitués d'arbres sous forme de futaie irrégulière, et dépassant souvent les 20 mètres.

IV.2.4.7. La chênaie verte

Localisée au niveau des monts de Chélia et d'Ouled Yagoub ainsi que dans les versants Nord et Sud de Djebel Tkhizrannt. On le trouve également dans les piémonts d'Ifersane. Il est accompagné du frêne dimorphe et parfois de Pin d'Alep et de genévrier oxycèdre. Les peuplements de chêne vert sont en bon état et bien venant pour la plupart avec un bon couvert végétal à des altitudes inférieures à 1750m.

IV.2.4.8. La thuriféraie

Cette formation végétale, caractéristique des hauts versants méridionaux exposés aux influences sahariennes, à des altitudes situées entre 1800 et 2000 m est constituée de vieux arbres épars (17 spécimens) de dimensions exceptionnelles, de 10 à 15 m de circonférence et 8 m de hauteur.

IV.2.4.9. La pinède à chêne vert

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) se trouve essentiellement dans le semi-aride entre 1200 à 1500 m d'altitude, ou il forme une futaie climacique qui domine une strate basse de chêne vert.

IV.2.4.10. La pinède à romarin

Cette association mixte représente l'association climatique du Pin d'Alep dans le semi-aride, caractéristique des sols rocailleux et ensoleillés, présentant une forte porosité notamment calcaire. Elle occupe les versants de Djebel El Aouad et Lakhzoum, essentiellement au niveau de la forêt domaniale de Beni Oudjana.

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 phoenicea*) (B.N.E.F., 2004).

IV.2.5. Milieu faunistique

La zone d'étude abrite une faune riche et diversité non négligeable (oiseaux, mammifères, reptiles) grâce à la diversité de ses écosystèmes et paysages naturels traduisant la diversité des habitats de la région. Elle abrite également des espèces d'amphibiens et des insectes qui restent méconnues. Ces espèces faunistiques sont variées en nombres et en espèces qui sont très diversifiées, donc sa conservation ne pourrait être efficace que par une gestion rationnelle des espèces et des habitats naturels.

La zone d'étude est composée de 193 espèces animales, réparties comme suit :

115 espèces d'oiseaux (60% du total), 41 espèces de reptiles (21% du total), 33 espèces de mammifères (17% du total), 04 espèces d'amphibiens (2% du total).

IV.2.6. 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 :
Matériels et méthodes

Introduction

L'étude a porté sur l'utilisation de trois espèces végétales pérennes pour l'évaluation d'une pollution atmosphérique d'origine industrielle dans la région forestière de Khenchela. Nous avons recensé un ensemble d'arbres et retenus des essences largement utilisées comme plantes médicinales pérennes dans le milieu, à savoir (*Juniperus thurifera* L.), (*Juniperus Phoenicea* L.) et (*Juniperus oxycedrus* L.). Pour la création et la limitation de la carte de la Zone d'étude, nous avons utilisé les logiciels Arc GIS et Google earth pour préciser les coordonnées des stations.

V.1. Méthodologie

V.1.1. Justification du choix des 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 les espèces dominantes 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 de l'usine de transformation de baryte est dispersée dans l'atmosphère 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 toute coordonnée géographique sur le globe, de jour comme de nuit, avec précision, en temps réel aussi bien la position (x et y) ; l'altitude (z) ; l'heure ; la vitesse que l'orientation (Figures 32 et 33).

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.

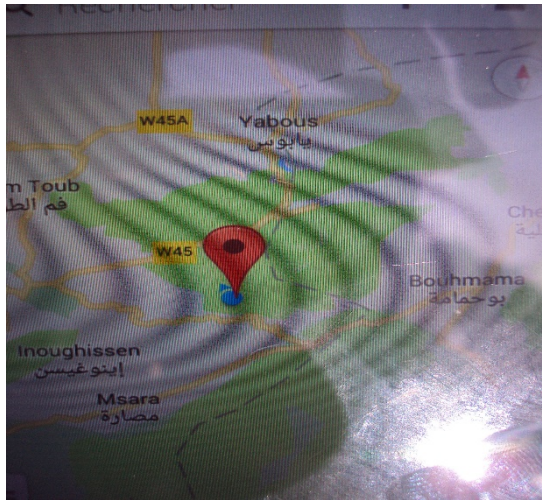


Figure 32 : GPS de téléphone



Figure 33 : GPS essentiel

V.1.2.2. Google Earth

Est un logiciel, propriété de la société Google, permettant une visualisation de la Terre avec un assemblage de photographies aériennes ou satellitaires (Figure 34). Anciennement produit par Keyhole inc., alors d'accès payant, ce logiciel permet à tout utilisateur de survoler la Terre et de zoomer sur un lieu de son choix. Selon les régions géographiques, les informations disponibles sont plus ou moins précises. Ainsi un habitant d'une métropole peut localiser son restaurant préféré, obtenir une vue tridimensionnelle (3D) des immeubles de la métropole, alors que la résolution des photos d'une bonne partie de la Terre est très faible. La couverture, d'après Google, devrait s'améliorer rapidement. La modélisation en 3D des constructions, initialement réalisée à l'aide du logiciel Sketch Up, est maintenant créée automatiquement à l'aide d'algorithmes utilisant pour une part les prises de vues Street View et des données d'altitude. Depuis le 20 janvier 2015, les licences Google Earth Pro sont gratuites. En octobre 2011, Google annonce que Google Earth a été téléchargé et installé plus d'un milliard de fois à travers la planète. Cela en fait le SIG le plus utilisé de toute l'histoire.

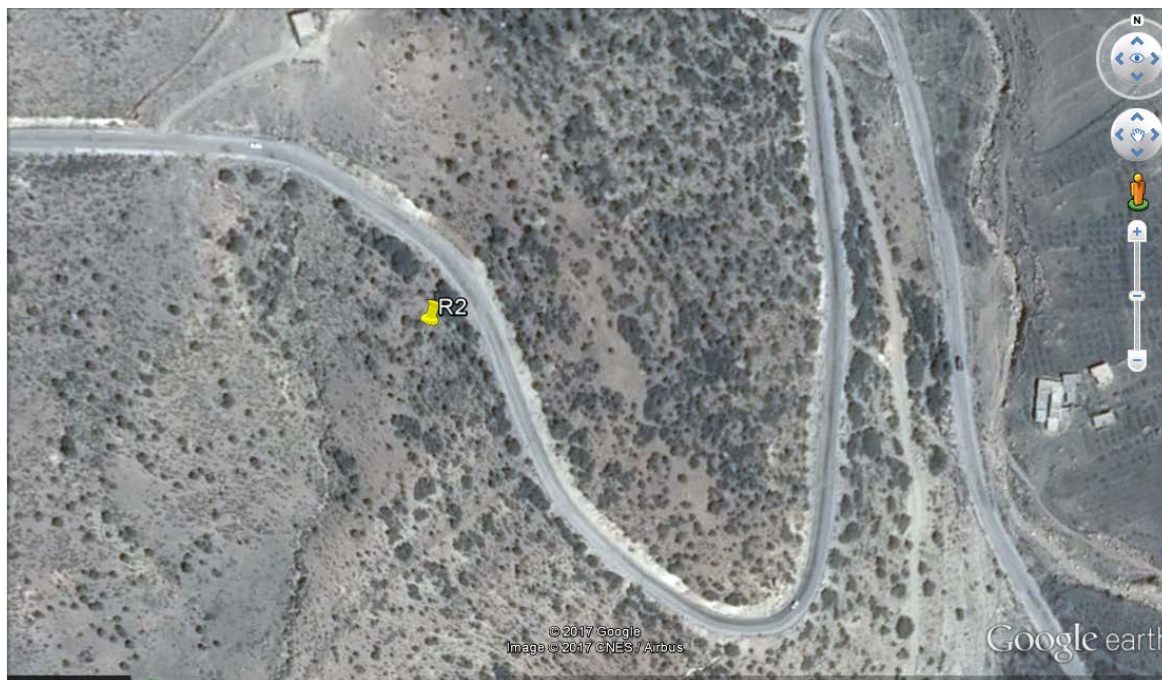


Figure 34 : Image satellitaire de la 2^{ème} station (Google earth, 2017).

V.1.2.3. Systèmes d'information géographique (SIG).

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 35).

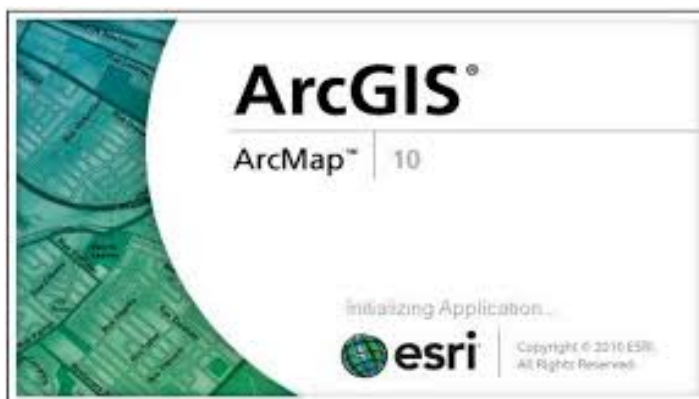


Figure 35 : Logiciel Arc GIS version 10.1

V.1.2.4. Spectrophotomètre domaine UV/visible 6305

a. 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 36).



Figure 36 : Appareils spectrophotomètre de type JENWAY 6305 UV/Vis

b. Applications de la spectroscopie UV-VISIBLE

- **A/ Analyse qualitative :** Les spectres UV fournissent en général 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.
- **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 ;
- Détermination des masses molaires.

V.2. Les stations des prélèvements

Les sites portés sur la carte de la Figure 37 sont situés dans le sommet de Chélia, Oued Ikhamine, Tafrent, Hamam Jaariri, la forêt d'Ouled Yaagoub. Leurs environnements sont plus ou moins contrastés selon la proximité de la source de fumée.

Station 1 : Située à Oued Tidar, ses coordonnées géographiques sont affichées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Cordonnées géographiques de la station 1

| Site | Ouade Tidar | | |
|------------------|---------------|---------------|--------------|
| | Latitude (N) | Longitude (E) | Altitude (m) |
| Station 1 | 35°18'38.72'' | 6°37'32.01'' | 1942 |

Station 2 : Située au sommet de la montagne de Chelia et sur le chemin y menant

Tableau 6 : Cordonnées géographiques des stations 5 et 6

| Site | Chelia route et Chelia sommet | | |
|-----------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|
| | Latitude (N) | Longitude E | Altitude (m) |
| Chelia route (St 5) | 35°17'31.62'' | 6°38'49.81'' | 1548 |
| Chelia sommet (St 6) | 35°18'38.92'' | 6°37'34.07'' | 1954 |

Station 3 : Localisée à **Hammam Jariri**.

Tableau 7 : Cordonnées géographiques de la station 3.

| Site | Hammam Jariri | | |
|------------------------------|---------------|---------------|--------------|
| | Latitude (N) | Longitude (E) | Altitude (m) |
| Hammam Jaariri (St 3) | 35°16'47.52'' | 6°47'11.02'' | 1085 |

Station 4 : Située dans la forêt d'**Ouled Yaagoub**

Tableau 8 : cordonnée de la station 4

| Site | Ouled Yaagoub | | |
|-----------------------------------|---------------|--------------|--------------|
| | Latitude (N) | Longitude E | Altitude (m) |
| Foret Ouled Yaagoub (St 4) | 35°22'07.92'' | 6°46'03.23'' | 1288 |

Station 5 : localisé à **Tafrent**

Tableau 9 : Cordonnées géographiques de la station 2

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

V.3. Mode d'échantillonnage

Les prélèvements sont réalisés au niveau des 5 stations selon l'échantillonnage aléatoire simple (Figure 37) (un échantillonnage dans chaque station et de chacun 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 *Juniperus L.* Pour cela, le prélèvement a été effectué, dans la période du printemps au cours du développement de la synthèse des chlorophylles. Le prélèvement des échantillons est réalisé le 24 Avril 2017 au foret de Khenchela en raison de la localisation de l'usine et de la direction des vents de transformation de la baryte.

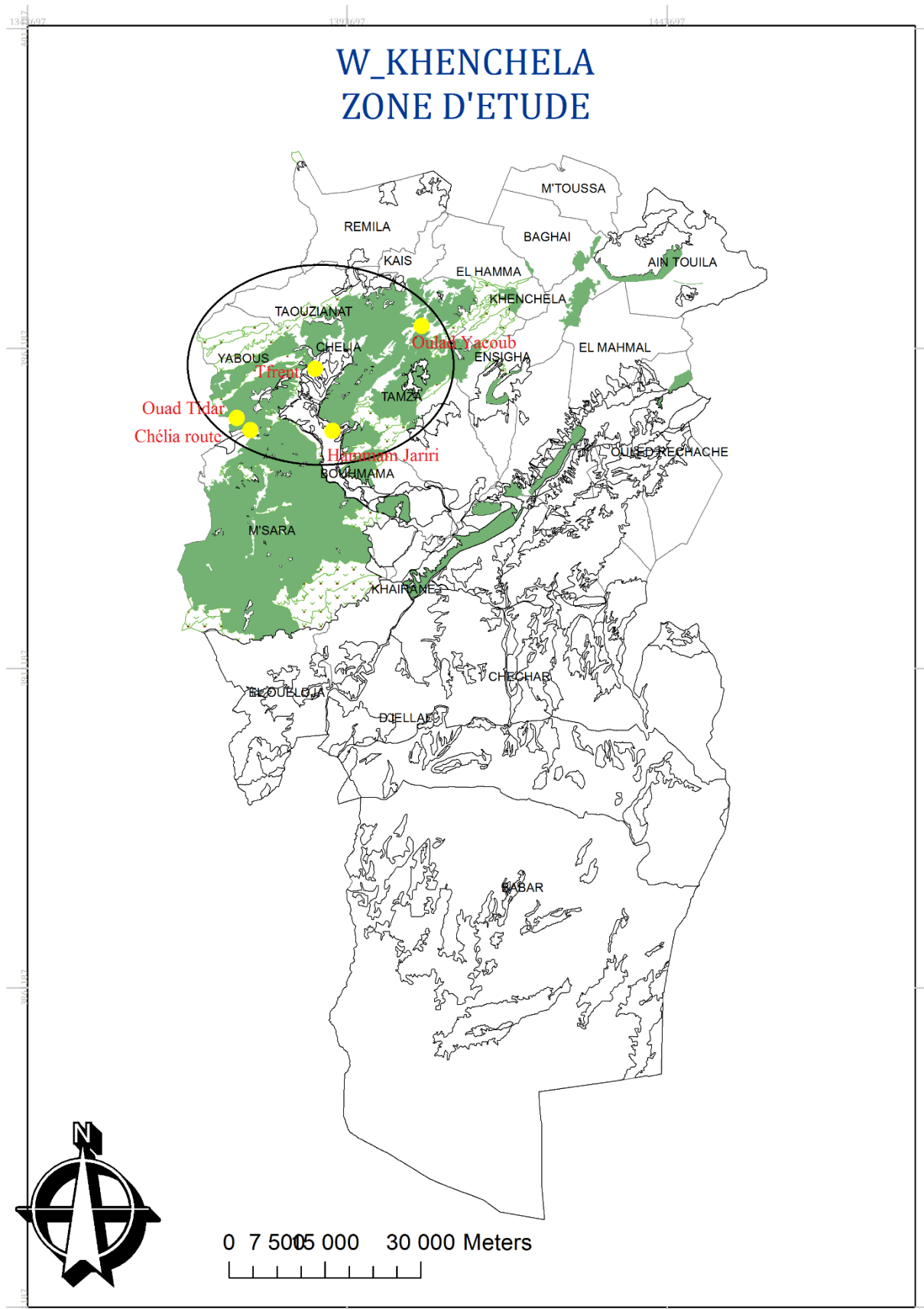


Figure 37 : Localisation des stations de prélèvements dans la zone d'étude

V.3.1. Paramètre mesuré

L'objectif de cette étude est de mesurer les teneurs en chlorophylle a, en chlorophylle b et totale, ce qui pourrait montrer l'importance de la végétation captant le maximum de particules atmosphériques en milieu industriel, dont la source d'émission est l'usine de barytine, et de constater si cette accumulation a un impact sur l'activité physiologique du végétale dans l'espace. Principalement pour les espèces endémiques en voie de disparition tel que *Juniperus thurifera* L.

V.3.1.1. Le principe de mesure des teneurs en chlorophylle

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

- Couper dans le limbe des verticilles des trois espèces préconisées dans ce travail 100 mg de matière fraîche, pour chaque répétition et les placer dans des boîtes noires,
- Laisser macérer dans un mélange d'acétone et d'éthanol dans des proportions de 75 et 25 %, pendant 48 heures, pour les 03 répétitions également,
- Procéder à la lecture des densités optiques des solutions à l'aide d'un spectrophotomètre à deux longueurs d'ondes (645 pour la chlorophylle b et 663 nm pour la chlorophylle a), après étalonnage de l'appareil avec la solution témoin d'acétone-éthanol dans les mêmes proportions que pour les échantillons (Figure 38).

Les teneurs en chlorophylles sont déterminées selon les formules suivantes :

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

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

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

Avec :

V : Volume de la solution extraite,

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

V.3.1.2. 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 38 : Mode opératoire et dosage des chlorophylles.

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 des moyennes et des écarts-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.

Chapitre VI :
Résultats et discussions

Introduction

Des observations sur l'état des plantes, leur apparence, les variations morphologiques qu'elles montrent, ou même les dégâts observés sont faits 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).



Figure 39 : Prélèvements des échantillons d'arbres de *Juniperus Thurifera* L. au cours d'une sortie.

VI.1. Observations établies au cours des prélèvements

Au cours de la première sortie sur terrain pour le prélèvement des échantillons, nous avons observé l'existence de 4 pieds de *Juniperus Thurifera* L. sur le sommet du mont Chéliadont 1 seul arbre est femelle, au vu de l'importante quantité de galbules sur le sol qui entourait le tronc.

- Parmi les nombreux inconvénients rencontrés au cours de ce travail, la distribution des espèces choisies dans l'étude : la seule espèce disponible dans toutes les stations est uniquement le *Juniperus Oxycedrus*. Ce travail se trouve donc amputé, par exemple, de l'espèce *Juniperus phoenicea* en St 2 et de *Juniperus thurifera* en St 4. De modestes explications sont fournies au cours de ce chapitre.

- nous avons remarqué une variabilité dans la morphologie des sols d'une station à une autre.

- parfois, comme au niveau de la station située montagne de Yabous, le genévrieroxycède est utilisé en reboisement sur de grandes surfaces et sur les bordures des routes.

- En plus de l'utilisation des feuilles de Zimba par la population dans la fabrication du petit lait (leben), son bois est exagérément utilisé dans la menuiserie, la fabrication des outils scolaires tels que les crayons et le tannage en poudre (Debagha).

Son utilisation dans la médecine traditionnelle a conduit à une dégradation excessive et remarquable au niveau de toutes les stations.

VI.2. Résultats des analyses des chlorophylles

Afin de mieux interpréter les variations de la chlorophylle, nous avons affiché nos résultats d'analyse après traitement avec le progiciel Excel avec une représentation graphique figurée sous forme d'histogrammes. Une échelle uniforme est adaptée à toutes les figures pour mieux comparer les teneurs aussi bien entre individus qu'entre stations.

Les lectures des concentrations sont effectuées dans un premier temps sur spectres UV réalisés au laboratoire de recherche LAPSI2A, sous l'œil vigilant du Pr Djelloul, puis dans un deuxième temps par lecture directe des densités optiques au spectrophotomètre et calcul des concentrations par les équations de Witham et al., (1970).

VI.2.1 Teneurs en chlorophylles

VI.2.1.1. Teneurs en chlorophylles chez *Juniperus Phoenicea* L.

Les teneurs en chlorophylles chez *Juniperus Phoenicea* L. présentent de grandes fluctuations de la station le nord de massif Oulad yacoub (St 4) à celle Hamam Jaariri (St 3).

Les résultats montrent que la station (St 4) dans le nord du massif (Ouled yagoub), révèle les teneurs les plus élevées en **chl a** ($0,77 \pm 0,04$), **chl b** ($2,71 \pm 0,21$), **chl a+b** ($3,48 \pm 0,26$), et **chl a/b** ($0,28 \pm 0,01$), alors que les teneurs en chlorophylles de la station (St 3) concernant les sujets localisés à proximité de Hamam Jaariri (St 3), expriment les concentrations les plus faibles, la **chl a** ($1,04 \pm 0,53$), **chl b** ($2,30 \pm 0,52$), **chl a+b** ($3,35 \pm 0,28$), et **chl a/b** ($0,51 \pm 0,38$) (figure 40).

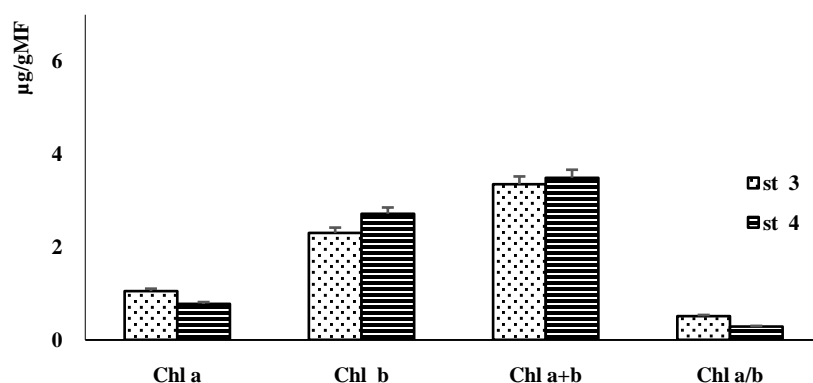


Figure 40 : Teneurs en chlorophylles chez *Juniperus Phoenicea* L.

Juniperus Phoenicea L. du quel l'échantillon est prélevé au niveau de la (St 4) est un arbuste jeune comparativement aux arbres qui l'entourent. Par contre, la station (St 3) paraît connaître un défrichage et un déboisement en présentant des arbres toujours soumis aux aléas climatiques sur un terrain rocailleux (Figure 41).



Figure 41 : Specimens de *Juniperus Phoenicea* L. à la station St 3

VI.2.1.2. *Juniperus Oxycedrus* L.

- A la station (St 2) localisée au sommet du mont Chélia et à la station (St 5) Yabous

Les teneurs en chlorophylles chez *Juniperus Oxycedrus* L. présentent des fluctuations entre la station (St 2) et la station (St5).

La station (St 2), présente les teneurs les plus élevées en chlorophylles, avec $(1,48 \pm 0,41)$ en chl a, $(4,27 \pm 2,26)$ en chl b, $(5,75 \pm 1,85)$ en chl a+b, et $(0,53 \pm 0,54)$ en chl a/b, alors que les valeurs des chlorophylles de la station (St 5) concernant les individus localisés juste à proximité de Yabous, expriment les concentrations les plus faibles en chlorophylle, avec $(1,06 \pm 0)$ en chl a, $(3,86 \pm 0)$ en chl b, $(4,92 \pm 0)$ en chl a+b, et $(0,27 \pm 0)$ en chl a/b (Figure 41).

Nous avons choisi la station (St 2), située à une altitude de 2200 mètres comme station témoin parce qu'elle est très loin de toute source de pollution ce qui explique que les teneurs en chlorophylles y soient les plus élevées (Figure 42).

Inversement, le *J. Oxycedrus* de la station (St 5), connaît des concentrations plus faibles en chlorophylles, sa localisation juste sur la bordure de la route lui confère une baisse de la teneur en chlorophylle car les effets des rejets de transport routier tels que, les carburants les poussières, les fumées ainsi que les dépôts sur les feuilles d'arbre provoquent le colmatage, la fermeture des

stomates, affectent la conductance stomatale (Chakhparonian et Zryd, 1995), ce qui empêche la respiration et l'évapotranspiration avec une diminution de la synthèse des chlorophylles, donc une dégradation de la photosynthèse.

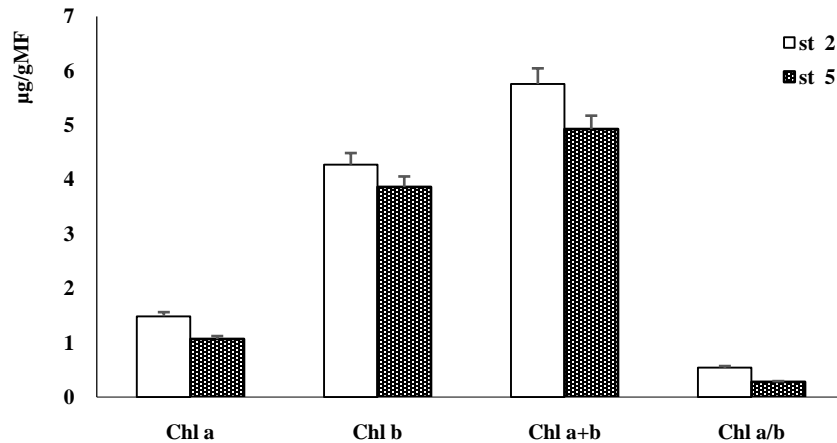


Figure42: Teneurs en chlorophylles chez *Juniperus Oxycedrus L.*

En 1996, Paakkonen publiait que 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 effluents rejetés par les usines.

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).

VI.2.1.3. *Juniperus Thurifera L.* (Chelia sommet et Ouad tidar)

Les teneurs en chlorophylles chez *Juniperus Thurefera L.* présentent des fluctuations entre la station (St 2) et la station (St 1) (Figure 43).

Les arbres de la station (St 2) au sommet de Chélia, montrent les teneurs en chlorophylles les plus élevées tels que, (1,03±0,10) pour la chl a, (4,51±1,63) pour la chl b, (5,55±1,73) pour la chl a+b, et (0,24 ±0,06) pour la chl a/b ; tandis que les valeurs des chlorophylles de la station (St 1) expriment les concentrations les plus faibles, avec (0,75±0,32) pour la chl a, (1,90±2,40) pour la chl b, (2,66±2,72) pour la chl a+b et (1,43±1,64) pour la chl a/b (Figure44).

Une revue des résultats des teneurs en chlorophylles a permis de remarquer une nette différence dans la synthèse des chlorophylles entre individus males et femelles au niveau de la même station. Cependant, les concentrations sont nettement plus importantes chez les spécimens femelles.

Une grande quantité de galbules sur le sol qui entourait le tronc, pouvant atteindre 200 kg peut se produire tous les deux ans (Montesinos, 2007), signifie qu'il est femelle, l'énorme production nécessite beaucoup d'énergie photochimique (sucres et d'ATP), cette dernière sera divisée par plusieurs rôles Janakrman et al en 1975 une diminution de la production et de la viabilité de graine et de synthèse de la chlorophylle. Des changements de concentration de certains composés (phytol, acides aminés) (Bender et al., 1994).

Bien que les individus de *J.thurefera* soient voisins, leurs concentrations en chlorophylles sont différentes. Le *J.thurefera* de la station (St 1 échantillon 1), a connu des concentrations plus faibles en chlorophylles que le spécimen de (St 2 échantillon 1), cette différence est montrée dans la figure 44 à droite. L'allure générale de l'individu en St 2 nous a donné une information que celui-ci est un jeune arbre.

Le spécimen de la (St 1 **échantillon 1**) affiche les concentrations en chlorophylles les plus faibles, pouvant être dues, selon les observations personnelles faites au cours des sorties sur le terrain, qu'il y a une grande compétition ligneuse particulièrement avec les spécimens de cèdre.

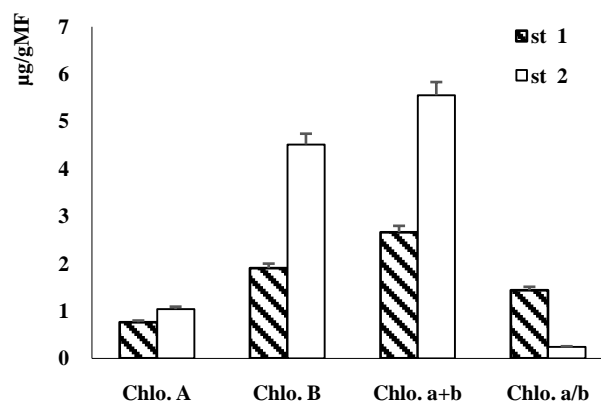


Figure43: Teneurs en chlorophylles chez *Juniperus Thurefera*L.Echantillon1.

En1998, Albaladejo et al. ont montré que la dégradation des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'écosystème et aux processus de compétition avec la végétation environnante peut contribuer à une dégradation de la morphologie de l'arbre.

Le spécimen d'arbre au niveau de la station (St 2) (**échantillon 1**), porte des chatons donc il nous a informé qu'il est mal, l'énergie produite aux cours de la photosynthèse a été conservée, puisque l'arbre mal effectue moins de fonctions que l'arbre femelle. Aussi, sa localisation isolée qui donne le pouvoir de capter une grande quantité de lumière pour une meilleure photosynthèse.

Au laboratoire, au cours des lectures des densités optiques des extraits de chlorophylles par spectrophotométrie, il était nécessaire de procéder à des dilutions à l'acétone-éthanol, la lecture étant impossible, car les extraits relatifs aux échantillons des arbres de la station St 2 sont très concentrés, ce qui témoigne d'une chlorophylle en bonne santé, donc une photosynthèse développée.

Une comparaison entre deux individus males, au niveau de la même station a permis d'avoir les résultats suivants :

Les teneurs en chlorophylles chez *Juniperus Thurefera* L. mesurées dans les deux stations (St 1 et St 2) sont légèrement voisines.

La station (St 2) au le sommet du mont Chélia, montre les teneurs les plus élevées des chlorophylles avec, $(0,86 \pm 0,16)$ pour la **chl a**, $(3,37 \pm 0,79)$ pour la **chl b**, $(4,24 \pm 0,96)$ pour la **chl a+b**, et $(0,25 \pm 0,01)$ pour la **chl a/b**, alors que les valeurs des chlorophylles de la station (St 1) expriment les concentrations les plus faibles, avec $(1,02 \pm 1,02)$ pour la **chl a**, $(3,60 \pm 3,60)$ pour la **chl b**, $(4,62 \pm 0,28)$ pour la **chl a+b** et $(4,62 \pm 0,28)$ pour la **chl a/b** (Figure 44).

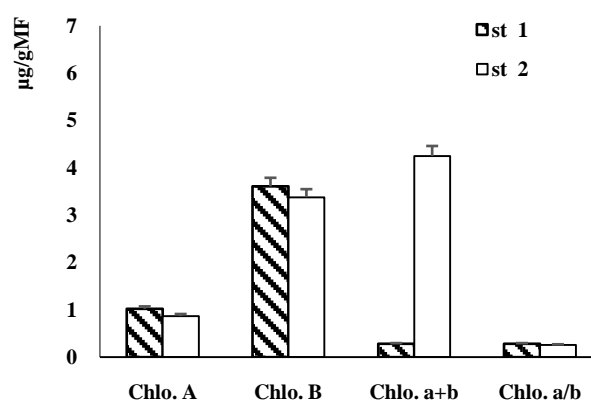


Figure 44 :Teneurs en chlorophylles chez *Juniperus Thurefera* L. Echantillon 2.

La (St 1) connaît toujours une compétition ligneuse avec le cèdre, dont la hauteur peut atteindre 20 m, alors que *Juniperus Thurefera* qui est haut d'uniquement 8 à 15 m va se trouver sous l'ombre du cèdre captera une plus grande quantité de l'énergie solaire utilisée dans la photosynthèse

(Figure 45). Au cours de l'observation nous avons juste remarqué qu'il y a uniquement les arbres males qui portent les chatons.



Figure 45 : allure générale du spécimen male utilisé en St 2

VI.2.1.2. Comparaison des chlorophylles des espèces

a. Comparaison des chlorophylles a et b

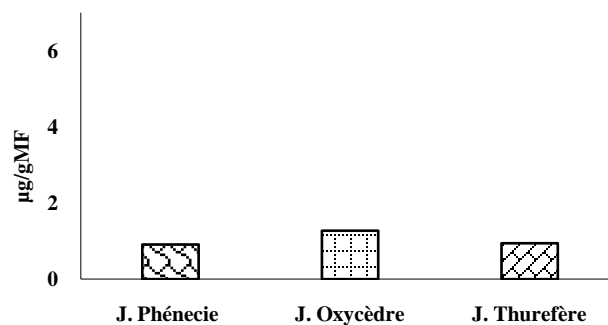


Figure 46: Comparaison des teneurs en chlorophylle a des trois espèces

Les graphes des figures 46 et 47 illustrent une comparaison des teneurs additionnées des chlorophylles a et b des trois espèces de *junepirus*.

- Chlorophyllea

Chez *Juniperus Oxycedrus* L., la moyenne totale de chlorophylle témoigne de la valeur la plus élevée (Figure 46) avec **1,27 µg/g MF**. Cette concentration importante pourrait être expliquée par son indifférence à la pollution, se traduisant par une meilleure biosynthèse de la chlorophylle, car son aire de répartition est très vaste, même dans les zones considérées comme polluées, à proximité de l'usine de transformation de la barytine, en (St 4 : Massif d'Ouled Yagoub, à Ain Mimoune) et sur les bordures des routes.

Cette répartition géographique vaste dans toute la zone d'étude reflète sa résistance à la pollution atmosphérique, son adaptation aux changements et sa faible compétition avec les autres essences forestières, ses aiguilles lisses ne favorisent pas les dépôts des particules, on peut donc conclure que l'oxycèdre est un spécimen indifférent.

Concernant les teneurs en chlorophylle chez *Juniperus Phoenicea* L. et le *Juniperus Thurefera* L. sont basses au niveau des stations où elles sont réparties avec des concentrations très similaires de l'ordre de **0,91 et 0,94 µg/g MF**. Nous avons vu déjà dans le premier chapitre (étude descriptive de *Juniperus*) que ces deux essences ont des exigences édaphiques, climatiques et physioécologique hautement spécifiques surtout le *Juniperus Thurefera* L. d'où son absence des autres stations (Figure 46)

- Chlorophylle b

La teneur en chlorophylle **b** chez *Juniperus Oxycedrus* L., affichée sur la figure 48 montre une valeur élevée (**4,07 µg/g MF**) par rapport aux autres espèces, par contre les concentrations des deux autres spécimens *Juniperus Phoenicea* L. et *Juniperus Thurefera* avec (**2,50 µg/g MF**) et (**3,49 µg/g MF**) respectivement, sont les plus faibles (Figure 47).

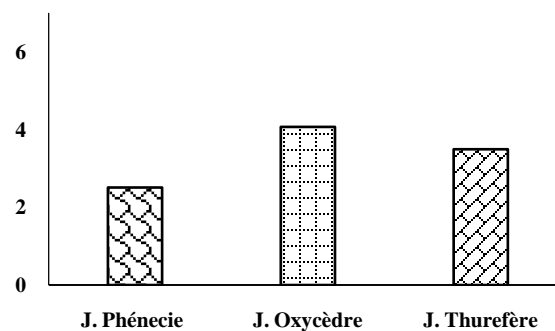


Figure 47 : Comparaison des teneurs en chlorophylle b des trois espèces

b. Comparaison entre les espèces

Sur la figure 48, nous avons procédé à une comparaison des teneurs en chl a et chl b en accumulant toutes les teneurs.

Les moyennes de la chlorophylle (**b**) chez tous les individus sont plus élevées avec (**4,07 µg/g MF**) (**2,50 µg/g MF**) et (**3,49 µg/g MF**). Il est alors établi que la concentration en chl b soit nettement supérieure que celle de la chl a avec (**1,27 µg/g MF**) (**0,91 µg/g MF**) et (**0,94 µg/g MF**) (Figure 48). De nombreux auteurs confirment lorsque la teneur en chlorophylle **a** est inférieure à la teneur

en chlorophylle **b**, l'arbre est touché par la pollution ou par un autre type de stress, des changements de taux de chlorophylles et d'autres pigments (Knudson et al., 1977).

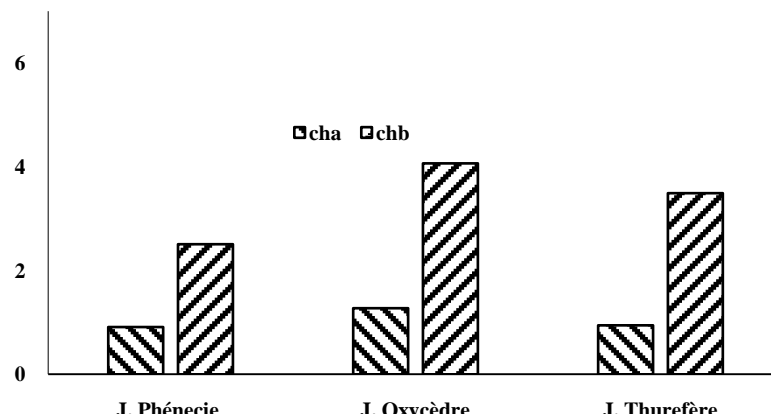


Figure 48: Chlorophylle a et b chez les trois arbres

Cela exprime que tout arbre dans la forêt de kenchela est touché soit par la pollution ou un d'autres facteurs environnementaux comme la température élevée et la sécheresse, une compétition pour la lumière ou l'humidité ayant une action sur le développement des organismes peuvent compliquer l'interprétation de la réponse de l'arbre (Chakhparonian et Zryd, 1995).

VI.2.2. Teneurs en chlorophylle totale

La teneur en chlorophylle totale présente une similarité entre les stations de prélèvement. 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.

VI.2.3. Le rapport chl a/ chl b

Nous avons remarqué que le rapport chl a/ chl b tout en restant toujours supérieure à zéro, traduit d'une adaptation des espèces étudiées aux conditions du milieu auquel elle est soumise et qu'elles fournissent un effort supplémentaire qui pourrait les emmener à puiser leurs réserves et aboutir à un dépérissement.

VI.3. Bioaccumulation du baryum

On trouve du baryum dans la plupart des plantes terrestres, 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 céréaliers, 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 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).

Conclusion

Les espèces préconisées dans ce travail n'existent pas simultanément au niveau des stations et sites choisis pour l'étude. Par exemple : le genévrier thurifère (Figure 39) est localisé uniquement au niveau de la montagne de Chélia, contrairement au genévrier oxycède qu'on rencontre au niveau de toutes les stations.

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). La forêt de Khenchela comporte une richesse forestière très importante, représentée surtout par des plantes ligneuses considérées comme étant des bio-indicateurs de la pollution atmosphérique dans cette forêt mais malheureusement dans les stations limitrophes ou même dans la direction des vents, à l'usine dont l'activité principale est l'exploitation des gisements de baryte (SOMIBAR), qui émet en permanence des fumées.

Cette contribution est consacrée à l'étude du Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera L.*) dans la région de Khenchela, cette espèce est en risque de disparition, ainsi, nos connaissances sur le développement et la reproduction de cette essence ou sur ses communautés ont bien progressé, mais elles restent partielles. Dans l'avenir, d'un point de vue pluridisciplinaire, il convient d'approfondir le volet écophysiological, de manière notamment à mieux comprendre la réponse de ce Genévrier au changement climatique actuel. D'autres aspects méritent aussi d'être encore précisés (Villar, 2013).

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif de cette étude était de montrer qu'une réponse biochimique par la chlorophylle chez trois espèces de Genévrier, à savoir "*Juniperus thurifera* L., *juniperus phoenicea* L., et *Juniperus oxycedrus* L.", peut se manifester sous l'effet d'une source de pollution industrielle.

La pollution atmosphérique constitue aujourd'hui un problème environnemental très complexe à l'échelle locale et planétaire. En effet, la quantification des préjudices de la pollution atmosphérique est possible par des espèces ligneuses où les polluants atmosphériques émis de diverses sources, tels que le trafic routier ou les diverses industries, etc. peuvent se déposer facilement sur leurs surfaces foliaires, et que la teneur en chlorophylles de chaque individu peut être considérée comme un indicateur de la pollution et peut donner des indications sur l'état de santé de ces plantes.

Dans ce contexte, notre étude est menée sur cinq stations dans la willaya de Khenchla : Oued Idare (St 1) situé un peu plus bas que le sommet du mont Chélia. Le sommet du mont Chélia (St 2), Hammam Jaariri (St 3) à Bouhmama, le massif d'Ouled Yacoub (St 4). Tafrente (St 5) sur la route de Yabous.

L'utilisation des feuilles des végétaux ligneux contribue à la quantification de la pollution de l'air par les particules dans les centres urbains. Ils sont utilisés, non seulement pour l'observation des symptômes d'attaque qu'ils manifestent, mais encore comme collecteurs de poussière (Ozenda., 1982 citée par Belhadj., 2011). Dans ce cas, la poussière accumulée sur les feuilles de Genévrier contient de la baryte selon que la localisation soit proche de l'usine de transformation de Baryte à Ain Mimoune ou à proximité de la route.

D'après les résultats obtenus, nous avons remarqué que *Juniperus oxycedrus* L. exprime les teneurs en chlorophylles les plus élevées, cela signifie que la synthèse des chlorophylles se fait normalement, induisant une meilleure photosynthèse. Au contraire les teneurs en chlorophylles chez *Juniperus thurifera* L., et *Juniperus phoenicea* L. sont les plus faibles. La variabilité des teneurs enregistrées, révèle que les quantités accumulées semblent être reliées au niveau de tolérance de l'espèce, donc *Juniperus oxycedrus* L. paraît être une espèce indifférente et tolérante de la pollution, alors que les deux autres espèces paraissent sensibles.

La teneur en chlorophylle **a** étant inférieure à la teneur en chlorophylle **b**, l'arbre est probablement touché par la pollution ou par une autre contrainte environnementale, se manifestant par des changements des taux de chlorophylle.

L'espèce *Juniperus thurifera* L. semble très sensible aux contraintes du milieu et ne supporte donc pas les conditions de pollution observées au niveau des stations comme St 2 ou St 1.

La teneur en Chlorophylle totale étant élevée, certains auteurs (Zid et Grignon., 1991 ; Singh et al., 1973 ; Tahri., 1998 cité par Benterouche.,2006) pensent que les quantités accumulées de ce paramètre pourraient être liées au niveau de tolérance aux stress. La variabilité des teneurs enregistrées, révèle que les quantités accumulées semblent pouvoir être reliées au niveau de tolérance de l'espèce, et que selon les résultats *Juniperus oxycedrus* L. est une espèce tolérante.

L'accumulation dans l'atmosphère de certains gaz produits par les activités humaines est susceptible d'entraîner à long terme d'importantes modifications du climat et de compromettre la pérennité de la biosphère. En conséquence, la protection de l'environnement contre les polluants atmosphériques à l'échelle globale nécessite une action internationale et nationale à l'échelle régionale et/ou locale.

Les végétaux sont alors des outils de grand intérêt pour la bio-surveillance. Leur diversité offre un large éventail d'organismes utilisables tels que les Bryophytes, les Lichens, les plantes à tige ou Cormophytes qui sont employés spécifiquement ou non pour détecter un grand nombre de polluants atmosphérique (ozone, oxydes d'azote, particules en suspensions, métaux lourds, HAP, dioxines, pesticides...).

Dans le cas de ce travail, il serait possible de considérer *Juniperus* comme Genre qui, par évaluation des taux de chlorophylles, donne beaucoup de précieuses informations sur la pollution dans le milieu naturel.

A la lumière des résultats obtenus, le paramètre chlorophylle constitue un bon indicateur de la pollution atmosphérique par l'industrie et le trafic routier pour *Juniperus*. Nous souhaitons qu'un suivi soit effectué pour mettre en évidence le phénomène de la pollution par l'exploitation des gisements de baryte par le biais de divers autres biocapteurs, tout en essayant d'évaluer le taux de pollution qui règne dans la région.

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. Nous avons recensé un ensemble d'arbres et retenus des essences largement utilisées comme plantes médicinales pérenne dans le milieu, à savoir (*Juniperus thurifera* L.), (*Juniperus Phoenicea* L.) et (*Juniperus oxycedrus* L.).

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 à 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.

Références bibliographiques

Références bibliographique

A :

A.N.A. (2012). Etude d'impact sur l'environnement. Rociade routière des hauts plateaux lot Est entre Batna et Tébessa sur 220 Km (Tronçon de la wilaya de Khenchela). Rapport de travail. 168p.

Abdessamed K., (1984). Les problèmes de la dégradation des formations végétales dans l'Aurès (Algérie). Première partie : la dégradation, ses origines et ses conséquences. Forêt méditerranéenne (6) : 19.

Adams R.P., (2014). The Junipers of the World: The Genus Juniperus. Victoria, BC, Canada: 4thEd. Trafford Publishing Co., Bloomington. In. Pp: 02.

Aït Youssef M., (2006). Plantes médicinales de Kabylie. Ed. Ibis Press. Pp : 177-179.

Albaladejo J., Martinez-Mena M., Roldan A. & Castillo V., (1998). Soil degradation and desertification induced by vegetation removal in a semiarid environment. Soil Use Management. 14 :1-5.

Albouy L., Rousseau, C., (1993). Mémento *roches et minéraux industriels*, La barytine, BRGM. Pp : 38.

Anonyme, (2001). (Association pour la Surveillance et l'Etude de la Pollution Atmosphérique en Alsace). Etude diagnostique sur l'évaluation de la pollution par les particules fines et leurs constituants, intégrant les méthodes de bio-indication et de bio accumulation en Alsace. 91p.

Anonyme, (2004). Bio indication de la qualité de l'air dans la région du nord pas de calais, faculté de pharmacie.

Anonyme, (2005). Utilisation des bio-indicateurs pour la surveillance des émissions et des risques.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), (2007). Toxicological Profile for Barium and Barium Compounds. U.S. Pp: 231.

Auguste M., (1890). La Flore forestière : Description et histoire des végétaux ligneux qui croissent Spontanément en France et des essences importantes de l'Algérie suivie d'une méthode analytique pour en déterminant les principales espèces pendant l'hiver et précédés d'un dictionnaire des mots techniques. IIème Ed. Ancienne Maison Griblot et Cie. N. GROSJEAN. Successeur. 353p.

B :

B.N.E.D.E.R. (Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural), (2008). Rapport sur la caractérisation des formations forestières de la Wilaya de Khenchela. Pp : 10-11.

B.N.E.D.E.R., (2010). Etude et expertise sur le deperissement de la cedraied'ouledyagoub et chelia wilaya de Khenchela.

B.N.E.F, (2004). Plan d'aménagement des foretsd'ouledyagoub et benioudjana).

Baazaoui H., (2009). Evaluation de la pollution photochimique à la ville de Tunis, sous-direction du laboratoire de CITET. P37.

- Baladah F., (2012).** Mémoire magister en mine, revalorisation des rejets barytiques issues des jigs et impact environnemental : cas de la mine d'Ain mimoun/ Khenchela. P 3 – 77.
- Bang H. Q., (2010).** Optimal Methodology to Generate Road Traffic Emissions for Air Quality Modeling: Application to Ho Chi Minh City. Thèse de Doctorat. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. Suisse. Faculté Environnement Naturel Architectural et Construit. Laboratoire de Systèmes d'Information Géographique. Programme doctoral en environnement. P 193.
- Beghami Y., Kalla M., Vela E., Thinon M., Benmessoud H., (2013).**Le Genévrier thurifère (*Juniperusthurifera* L.) dans les Aurès, Algérie:considérations générales, cartographie, écologie et groupements végétaux. *EcologiaMediterranea* : 39 (1). 17-30.
- 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). Vol 6, N : 22.
- Berruyer O., (2017),**La pollution aux particules fines.<https://www.les-crises.fr/la-pollution-aux-particules-fines/#top>. P 6.
- Bliefert P., (2011).** Chimiede l'environnement air, eau, sol, déchets. 2^E edition.125P.
- Borel A., PolidoriJ. L., (1983).**Le genevrier thurefere (*juniperus thurifera* L.) dans le parc national du mercantion (Alpes-Maritime).Bull. Soc. bot. France 130 lettre bot : (3). Pp : 227.
- Boudy P., (1950).** Economie forestière nord-africaine. Monographie et traitement des essences forestières. Volume 2. Larose. Paris. Pp : 754-759.
- Boudy P., (1952).** Guide du forestier en Afrique du nord. (Ed.) Maison Rustique. Paris. Pp : 274-278.
- Bourg G., Grandjean A., Libaert T., (2006).** Environnement et entreprises, en finir avec les discours, Village Mondial) Site www.capitalismedurable.com. Pp : 3.
- Bowes G. B., Mauseth J. D., (2012).**Structure des plantes. Ed. Quæ. Pp :30-64.
- Benterrouche I., (2006).** Réponses écophysiologicals d'essences forestières urbaines soumisesà une fertilisation avec les boues d'épuration, 82-86p.
- C :**
- Callen C., (1976).** Les conifères cultivés en Europe. Ed. J-B Ballière. 428p.
- Cambecèdes J., Samhat P., Fallour-Rubio D., Candy F., Gauquelin T., (2013).** Quel avenir pour la thuriféraie pyrénéenne de la montagne de Rié (Marignac, France), après l'incendie de 2003, suivie de la structure et de la dynamique de la population. *EcologiaMediterranea* : 39 (1). 85-86.
- 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. Laboratoire d'écologie Alpine-UMR 5553.Pp : 46, 48 -148, 206.
- Chakhparonian M.,Zryd J. P.(1995).**Développement d'un système biologique de surveillance de pollution atmosphérique : étude sur des populations d'*arbiiodopsisthaliana* sous conditions contrôlées. Université de lausanne- Faculté des sciences. Laboratoire de phytogénétique cellulaire. Pp : 3-7.

Cuny D., Rzepka M. A., Van Haluwyn C.,(2008).Introduction à la biosurveillance végétale et fongique de la qualité de l'air, concept et intérêt. *Spectra Analyse* : 264. Pp : 31-35.

D :

D.G.A.C., (2013). Direction générale d'Aviation Civile. Pollution atmosphérique et aviation, 2003. Rapport réseau environnement. Pp : 12.

Debazac E., (1991). Manuelle des conifères. E.N.G.R.E.F. Nancy. 2^{ème} édition. 172p.

Décret exécutif n° 06-02 du 7 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 7 janvier 2006 définissant les valeurs limites, les seuils d'alerte et les objectifs de qualité de l'air en cas de pollution atmosphérique.

Décret exécutif n° 06-138 du 16 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 15 avril 2006 réglementant l'émission dans l'atmosphère de gaz, fumées, vapeurs, particules liquides ou solides, ainsi que les conditions dans lesquelles s'exerce leur contrôle.

Décret présidentiel n° 04-144 du 8 Rabie El Aouel 1425 correspondant au 28 avril 2004 portant ratification du protocole de Kyoto à la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, fait à Kyoto, le 11 décembre 1997.

Dellaa Y., (2003). Utilisation des végétaux dans l'approche écotoxicologique de la pollution atmosphérique de Constantine, Mémoire de Magister. Université Mentouri, Constantine 289p.

Delmas R. et all., (2017). Atmosphère, Océan et climat. Ed. Belin. Bibliothèque scientifique. Pp 11.

Dobbertin K. M., Häne K., (2002). Genereux genévrier : un arbre de vie aux multiples visages. Echos de la recherche. WSL. N°11(6) : 24-25.

E :

El Alaoui El Fels M.A., Roques A., (2006). Les arthropodes associés aux galbules et aux graines des genévriers autochtones dans la partie sud du bassin méditerranéen. IIIe Coloquio Internacional sobre los sabinares y enebrales (*Género Juniperus*) : Ecologia y Gestion Forestal Sostenible, Soria (Espagne). Tome I : p 437.

El Alaoui El Fels, (1991). Contribution à l'étude des communautés animales frondicoles de la juniperaie a (*Juniperus thurifera* L.) : Impact des ravageurs sur le peuplement de genévrier thurifere dans le Haut Atlas de Marrakech Maroc). Thèse de 3^{eme} cycle. Uni. Cadi Ayyad, Fac. Sc., Marrakech. Pp 129.

El Khatri S., (2003). Manuel du cours de Climatologie. Ecole Hassania des Travaux Publics Direction de la Météorologie Nationale, Maroc. Pp : 5.

El Yamani M., (2006). Juin, Afsset, Pollution atmosphérique urbaine, rédacteur. Pp : 6.

Elichegaray C., (2008). Pollution de l'air : Source, Effet, Prévention. Edition DUNOD. Pp : 115.

Elluin M., Host S., Krakowiak D., (2005). Atelier Santé Environnement – IGS–ENSP. Pp : 71.

Estienn E. P., Godard A., (1970). Climatologie. Armande Coline Collection. Pp 39.

F :

Falinski J.B., (1980). Changes in the sex- and age-ratio in populations of pioneer dioecious woody species (*Juniperus*, *Populus*, *Salix*) in connection with the course of vegetation succession in abandoned farmlands. *Ekologia Polska* 28 (3) : 327.

Faurie G., Ferra C., Médori P., Dèuaux J., Hemptinne J.L., (2002). Ecologie. Approche scientifique et pratique ; 5^{ème} éditions. Pp : 134-136.

Féret J.B., (2009). Apport de la modélisation pour l'estimation de la teneur en pigments foliaires par télédétection. Thèse de doctorat de l'université pierre et marie curie. Pp : 13.

Fernández-González F., (2005). Impactos sobre la biodiversidad vegetal. 5. Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. Ministerio del Medio Ambiente. Madrid. 821 p.

Ferradous A., Alifriqui M., Hafidi M., Duponnois R., (2013). Essais de régénération artificielle du Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.). *Ecologia mediterranea* : 39 (1). Pp : 116.

G :

García López J.M. & Allué Camacho C., (2005). Caracterización y potencialidad de fitoclimáticas de la sabina albar (*Juniperus thurifera* L.) en la Península Ibérica. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales* 14(1) : 98.

Garrec J P. (2007). L'expertise technique et scientifique de référence. Laboratoire Pollution atmosphérique INRA. Centre de recherche de Nancy. Pp 28.

Gauquelin T., Dagnac J., (1988). Caractéristiques édaphiques des groupements à Genévrier thurifère des Atlas marocains : étude des niveaux superficiels des sols sous couvert et hors couvert. *Écologie méditerranéenne* 14 (3-4) : 43-46.

Gauquelin T., Bertaudière-Montès V., Badri W. & Montès N., (2002). Sex ratio and sexual dimorphism in mountain dioecious thuriferous juniper (*Juniperus thurifera* L., Cupressaceae). *Bot. J. Linn. Soc.* 138 : 237.

Gauquelin T., Chondroyannis P., Boukhdoud N., Bouyssou M., Brunel C., Danneyrolles V., Delforge Q., Guiraud M., Marchand C., Mathaux C., Orighoni H., Quent M., Sbeiti A., Sinet R., (2012). Le Genévrier thurifère, espèce partagée au Nord et au Sud de la Méditerranée Exemple d'une approche d'écologie globale à l'occasion de l'IVE colloque international de Saint-Crépin et Mont-Dauphin (5-8 octobre 2011). *Forêt méditerranéenne* t. XXXIII, n° 3, P : 2-5-6.

Gregory A., Carter B., Spiering A., (2002). Optical Properties of Intact Leaves For Estimating chlorophyll concentration. Pp : 1424-1432.

Griffiths H., (2003). Effets de la pollution atmosphérique sur les cultures agricoles. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales. Ontario (Canada). Pp 2.

Guyot G., (1999). Climatologie de l'environnement. Edition : DUNOD Pp : 287- 291.

H :

Hopkins W.G. (2003). Physiologie végétale. 2^{ème} édition De Boeck. 514p.

Hoenner V., (2006). Stage effectué du septembreévaluation de la pollution par les HAP et les métaux lourds en alsace, Mise en œuvre d'une campagne de mesure.Publie par (ASPA : au service de la qualité de l'air). Pp : 43.

Hamel N., (2016). Accélération de la germination des graines de *Juniperus thurifera* L. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en biologie.73p.

I :

I.R.D., (2001). Institut Régionale de Développement. Rapport de travail. 3 P.

INERIS., (2009),23 juin. Maîtriser le risque pour un développement durable, Interactions entre pollution atmosphérique et changement climatique. Pp : 13.

J :

BeauxJ. F., (2011). L'environnement, édition Nathan. Pp : 38-39.

FarineauJ., Morot-GaudryJ.F., (2006). La photosynthèse. Processus physiques ; moléculaires et physiologiques. Ed.Quae. 363p.

JORADP., (2003). N° 43, La protection de l'environnement dans le cadre du développement durable. Loi n° 03-10. Art 4, Pp : 8.

L :

Laberche J-C., (1999). Biologie végétale, édition DUNOD. P 159-160.

Lajoie P., Levallois P., (1998). Pollution atmosphérique et Champs électromagnétique. Les presses de l'université Lavale. Pp : 01.

Landis W.G., Yu M. H., (1995), introduction to environmental toxicology. Impacts of chemicals upon ecological system. CRC press.Inc. Boca Raton, USA. Pp: 328.

Laszlo P., (2000). Le savoir des plantes. Ed. Ellipses. 125p.

Leberto P., Bayet C., Muracciole M., (1991).Le statut systématique de genévrier oxycède *Junipurus oxycedrus* L. (cupressacée) : une contribution d'ordre biochimique et biométrique. *Lazaroa*. Vol : 12 .22.

LiefgreenP., (1984). La pollution atmosphérique à longue : une menace pour les forêts européennes, département des forêts de la FAO. Conférence régionale de la FAO pour l'Europe, 17 au 21 septembre 1984. Pp : 3-4.

Lieutaghi P., (2004). Le Livre Des Arbres Arbustes & Arbrisseaux. Ed. ACTES SUD, Pp652-672.

Loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.

Lenntech; Copyright ©1998-2008.Traitement de l'eau et de l'air. France - Belgique - Suisse - Canada - Pays Bas Rotterdamseweg 402 P.

M:

Maire I., (1952).Flore de l'Afrique du nord. Volume.*Encyclopédie biologique*. 366p.

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 de Annaba (Algérie). *J. Mater. Environ.* Vol 15 Sic 251-266.

Mandin J. P., (2008). Le Genévrier de Phénicie parmi les genévriers de France (<http://biologie.ens-lyon.fr/ressources/Biodiversite/Documents/la-plante-du-mois/le-genevrier-de-phenicie-parmi-les-genevrier-de-france>).

Mandin J.P., (2008). Les genévriers de Phénicie (*Juniperus phoenicea*) dans les parois rocheuses des gorges de l'Ardèche : morphologie et physiologie adaptées à des conditions extrêmes. Réserve Naturelle Nationale des Gorges de l'Ardèche Lycée Agricole O. de Serres Société botanique de l'Ardèche. Rapport de travail. 14p.

Mandin J. P., (2005). Découverte de très vieux genévriers de Phénicie (*Juniperus phoenicea* L.) dans les gorges de l'Ardèche (France). *J. Bot. Soc. Bot. France.* 29 : 53-62.

Martin R.R., Naftel S.J., Macfie S.M., Jones K.W., Feng H., Trembley C., (2006). High variability of the metal content of tree growth rings as measured by synchrotron micro x-ray fluorescence spectrometry. *X-Ray Spectrometry*, volume 35. Pp: 57-62.

Meyer. S, Reeb. C, Bosdeveix., (2013). Botanique. Biologie et physiologie végétales. Ed. Maloine. 2^{ème} édition révisée ; P127-129.

Montesinos D., (2007). Efecto de la disponibilidad de recursos sobre la eficacia reproductiva en *Juniperus thurifera*. Tesis doctoral. Universidad de Valencia. Valencia. Pp123.

Mulgrew A., Williams P., (2000). Biomonitoring of air quality using plants, air hygiene report n°10 W.H.O CC for air quality management and air pollution control. Pp: 200.

N :

Ngô. C, Régent. A., (2004). Déchets et pollution. Impact sur l'environnement et la santé. Edition DUNOD ; Pp : 82 – 52.

Nilsson S., et Sallinas O., (1999). Pollution atmosphérique et forêts Européennes, des modèles de simulation à l'appui des politiques forestières. *Forêt et environnement.* Pp : 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'O.M.S sur la qualité de l'air intérieur consacrées aux substances chimiques.

Ouhammou A., Hafidi M., Zarik L., Khoulassa S., Boumezzough A., Duponnois R., (2013). Gestion et conservation des thuriferaies au Maroc : cas du Parc national du Toubkal. *Ecologia mediterranea*: 39 (1) : 62.

P:

Paakkonen., (1996). Growth responses and related biochemical and ultrastructural changes of the photosynthetic apparatus in birch (*Betula pendula*) saplings exposed to low concentrations of ozone. Pp : 1.

MASCLETP., (2005). Environnement. Pollution atmosphérique (causes, conséquences, solutions, perspectives), édition ellipses. Pp : 72-80.

Q :

Quezel P., Medail F., (2003). Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Ed. Elsevier. 571p.

Quezel P. et Medail F., (2003). Que faut-il entendre par "forêts méditerranéennes". Forêt. P 12-27.

Quezel P., Gast M., (1998). Genévrier, encyclopédie berbère. Ed. Sud. Volume n° 20. Pp : 3016-3023.

R :

Ramade F., (2002), Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. 2ème édition. Dunod, Paris. Pp : 534.

Ramade F., (2005). Eléments d'écologie appliquée. 6^{ème} édition. Dunod-paris.

Ramade. F., (2005). Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines. 864P.

Rameau., Mansion D., Gérard D., (2008). Flore forestière française guide écologique illustré région méditerranéenne. 317P.

Rathinasabapathi B., (2000). Metabolic engineering for stress tolerance: installing osmoprotectant synthesis pathways. Pp 28.

Raven P H., Berg L R., Hassenzahl D M., (2009). Environnement. Ed. De Boeck Pp : 37-43.

Rayapati, P.J., Stewart, C.R., Hack, E., (1989). Pyrroline-5-Carboxylate Reductase Is in Pea (*Pisum sativum* L.) Leaf Chloroplasts. *Plant Physiol.* 91: 581–586.

Riou-Nivert P., (2001). Les résineux connaissances et reconnaissances. 2^{ème} édition. 256p.

Delmas R., Chauzy S., Verstraete J.M., Ferré H., (2007). Atmosphère, océan et climat. Edition Belin. Pp : 288.

Roques A., Raimbault J. P., Goussard F., (1984). La colonisation des cônes et des galbules des Genevriers Méditerranéens par les insectes et les Acariens et son influence sur la possibilité de régénération Naturelle de ces essences. *Ecologia mediterranea*, X : 147.

Rossini O., Valdés B., Mingorance M.D., (2007). *Nerium oleander* as a means to monitor and minimize the effects of pollution, p380-383.

S:

Sanguin H., Khouli S., Zarik L., Gryta H., Boumezzough A., Ouahmane L., Hafidi M., Ouhammou A., Prin Y., Dreyfus B., Cambecèdes J., Miché L., Gauquelin T., Duponnois R., (2013). Rôles potentiels de la symbiose mycorhizienne dans la conservation des populations méditerranéennes de Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.) *Ecologia mediterranea* : 39 (1). P101.

Santos T., Tellería J.L., (1994). Influence of forest fragmentation on seed consumption and dispersal of Spanish Juniper (*Juniperus thurifera*). *Biological Conservation* 70 : 129.

Santos T., Telleria J.L., Virgos E., (1999). Dispersal of Spanish juniper *Juniperus thurifera* by birds and mammals in a fragmented landscape. *Ecography*. 22 : 193.

Seingue A., (1985). La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Ed. Maisonneuve et la Rose, deuxième version. Paris. 503p.

SOMIBAR, (2015). Société des Mines de Baryte d'Algérie / Unité Khenchela.

Sportisse B., (2008). Pollution atmosphérique. Des processus à la modélisation, édition Springer. Pp : 208-211.

T :

Teibi M., (1992). Contribution à l'étude de l'estimation de biomasse aérienne d'un taillis de chêne vert (*Quercus ilex*) et de deux Genévriers : Genévrier oxycèdre, Genévrier de Phénicie dans la région de Kasserou. Mém. Ing. Agro. Uni. Batna. Pp : 80.

Tahri E. H., Belabed A., Sabki K., (1997-1998). Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de la proline et chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine. Synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum*). Bull. Inst. Sci., Rabat, no. Pp : 7.

V :

Van Haluwyn C., (2009). Quelle place et quelles perspectives pour la biosurveillance végétale dans les études de la qualité de l'air en France ? *Air-pur* (77). Pp : 5.

Varlet E., (2008). Découvrez les fruits sauvages : comestibles et toxiques. *Ellébore -Sang de la terre*. Pp : 104.

Véla E., Schäfer P. A., (2013). Typification de *Juniperus thurifera* var. *africana* Maire, délimitation taxonomique et conséquences nomenclaturales sur le Genévrier thurifère d'Algérie. *Ecologia mediterranea* : 39 (1) : 69-80.

Villar L., (2013). Le genévriethurifère vieil arbre compagnon de l'homme en méditerranée occidentale. *Ecologia mediterranea* : 39 (1). 8-14.

W:

Wayn L., Yo H., (1995). Introduction to Environmental Toxicology. Pp: 137.

Witham F.H., Blaydes D.F., Devlin R.M., (1971). Experiments in plant physiology. Eds. Van Nostrand Reinhold Company, 245p.

Z :

Zeraib A., (2016). Etude phytochimique et chimiosystématique de *Juniperus thurifera* L. en Algérie. Thèse de Doctorat de l'université Ferhat Abbas Sétif 1. Département de biologie et d'écologie végétale. Pp : 12-15.

Annexes

II.1. Nature de la lumière

La lumière visible, blanche, solaire ou artificielle ou monochromatique, peut être considérée comme un phénomène vibratoire transmissible dans le vide absolu à la différence des ondes sonores correspondant à une vibration des gaz de l'air ambiant. C'est une perturbation périodique de l'espace, éventuellement vide, ce qui rend très difficile la compréhension du phénomène. Il s'agit d'un rayonnement électromagnétique composé d'un champ électrique plan et d'un champ magnétique synchrone (situé dans un plan perpendiculaire). La composante électrique de l'onde exerce un effet sur les électrons des molécules de pigments photosynthétiques oscillant avec une fréquence (ν) voisine de 10^{15} Hz (Hz = 1 période par seconde). Ce rayonnement est caractérisé par sa longueur d'onde (en m) et sa vitesse de propagation qui, dans l'air ou le vide, correspond à la vitesse de la lumière, c , soit $300\,000\text{ km s}^{-1}$ ou $3 \cdot 10^8\text{ ms}^{-1}$. Il existe une relation simple entre la célérité, la longueur d'onde λ (la distance parcourue pendant une vibration) et la fréquence ν (nombre de longueurs d'onde parcourues par unité de temps) : $c = \lambda \nu$. La longueur d'onde, λ est égale à quelque centaines de nanomètres (10^9) pour la lumière visible et $\nu = 10^{15}\text{ s}^{-1}$ environ (Farineau, 2006).

La lumière intervenant en photosynthèse, de $0,4$ à $1\text{ }\mu\text{m}$ de longueur d'onde, est une composante du spectre du rayonnement électromagnétique comprenant des ondes de plus grandes longueurs d'onde : ondes radio (1 à 300 m), micro-ondes (1 à 10 mm), infrarouge (1 à $100\text{ }\mu\text{m}$) et des ondes de plus courtes longueurs d'onde : ultraviolets ($0,1$ à $0,4\text{ }\mu\text{m}$), rayons X ($0,1$ à $0,3\text{ nm}$), rayons gamma (10 à 100 ppm) et cosmiques (environ 1 pm). Selon la conception de Planck et Einstein, l'énergie transportée par une onde lumineuse électromagnétique est absorbée sous forme d'entités discrètes, les quanta d'énergies (quantité ou « paquets » d'énergie de valeur bien déterminées), correspondant à l'énergie de particules élémentaires sans masse, appelée photons. Leur énergie a une valeur dépendant de la longueur d'onde de la lumière par l'expression : $E = h \cdot \nu$; h étant la constante de Planck ($6,63 \cdot 10^{-34}$) et ν la fréquence de la vibration lumineuse (s^{-1}). A 650 nm (rouge) on calcule une quantité d'énergie transportée de $30,55 \cdot 10^{20}$. Par photon. En considérant une « mole » de photons, soit $6,02 \cdot 10^{23}$ photons, appelée naguère 1 Einstein, on calcule, pour une mole de photons, une énergie de 184 KJ/mole soit 769 Kcal/mole . Dans le bleu cette énergie est de 240 KJ/mole . L'énergie de la lumière visible ($400\text{-}700$) reçue par une feuille de 1 m^2 et par seconde (appelée densité du flux solaire incident) est ; est en France, de 21 milli mole de photons. $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, en été, sous éclairage solaire maximal. L'énergie d'un tel flux incident dépend de la composition spectrale de la lumière. Sachant que l'énergie des photons varie avec la longueur d'onde de la lumière, on considère que l'énergie solaire pour l'ensemble du spectre visible solaire (400 à 700 nm), correspondant à ces 2 milli moles de photons, est de $500\text{ J} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ (Farineau et al, 2006).

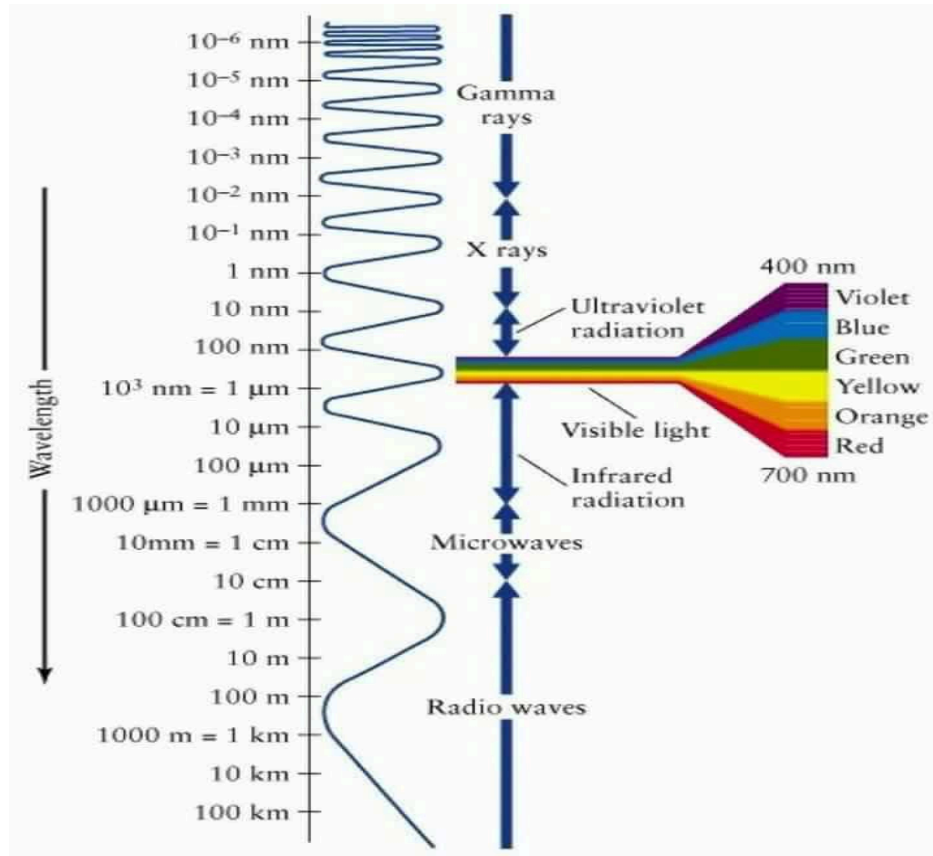


Figure 1: place de la lumière dans la gamme de radiations électromagnétiques

Le principe de la photosynthèse

La phase lumineuse de la photosynthèse : les deux types de réaction photochimiques.

On considère la phosphorylation cyclique et acyclique, toutes les deux photodépendante.

II.2. La photophosphorylation cyclique

C'est le trajet le plus simple pour l'électron existe.

Il y a production d'ATP (Adénosine Triphosphate : molécule hautement énergétique) mais pas d'O₂ ni de NADPH (Nicotinamide adénosine diphosphate à pouvoir réducteur).

Les électrons excités quittent la chlorophylle du centre réactionnel, passent par une courte chaîne de transport d'électrons et retournent au centre réactionnel.

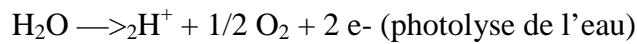
C'est une série d'oxydoréductions (redox) qui transporte l'électron d'une protéine à une autre.

Ceci se fait dans la membrane interne des thylacoïdes.

L'ATP est produite de façon indirecte par la force proton motrice (création d'un gradient électrochimique) due aux passages de protons de l'extérieur de la membrane du thylacoïde vers l'intérieur.

II.3. La photophosphorylation acyclique

Cette réaction implique les deux photosystèmes I et II avec les centres réactionnels (P700 et P680). L'énergie lumineuse provoque l'excitation et le départ d'un électron d'une molécule de chlorophylle du photosystème II. Pour compenser cette perte, ce dernier récupère un électron à partir de la photolyse de la molécule d'eau :



Il y a production d'O₂ d'ATP (indirectement par la force proton-motrice) et la NADP⁺ est réduit en NADPH et H⁺. C'est donc l'eau qui est le donneur d'électron et le NADP⁺ qui est accepteur final ; l'O₂ libéré dans l'atmosphère, est utilisé dans la respiration cellulaire.

Les phases lumineuses permettent donc de convertir l'énergie solaire captée par les pigments en énergie chimique qui est entreposée dans les molécules d'ATP très énergétiques et dans les molécules de NADPH (pouvoir réducteur). La synthèse de l'ATP se fait donc grâce à la force proton-matrice et à l'ATP synthétase qui permet la réaction $\text{ADP} + \text{P}_i \longrightarrow \text{ATP}$.

Grâce à la formation de ces deux molécules, la fixation de CO₂ est favorisée : par le cycle de Calvin.

II.4. La phase obscure de la photosynthèse : le cycle de Calvin

Le cycle de Calvin se fait dans le stroma des chloroplastes chez les eucaryotes. C'est la dernière étape de la photosynthèse, où l'ATP et le NADPH, produits pendant les réactions photochimiques, sont utilisés. Ce cycle est une succession de réactions biochimiques, régulées par différents enzymes pour permettre la réduction et l'incorporation du CO₂ atmosphérique dans des molécules organiques. L'enzyme clé de ce cycle est la Rubisco car elle permet la fixation du CO₂ au RuBP : cette Rubisco ou ribulose-1-5-biphosphate carboxylase représente jusqu'à 16 % des protéines totales du chloroplaste ; c'est une des protéines les plus importantes et abondantes sur terre. Ce cycle se répète 6 fois (donc 6 incorporation de CO₂) pour former une molécule de glucose par exemple. Ce glucose pourra ensuite servir dans la synthèse de polysaccharides, d'acides gras, d'acides amines, nucléotides et toutes les autres molécules nécessaires à la vie de la plante (Carbonnière. Rapport de stage).

I.1. Définition de la pollution atmosphérique

I.1.1. Selon Ramade

La pollution de l'air, est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité comme un sous-produit de l'action humaine, au travers d'effets directs ou indirects altérant les critères de réparation des flux de l'énergie, de niveaux de radiation de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou au travers des ressources agricoles, en eau et autres produits biologiques, Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède, les possibilités récréatives du milieu ou encore en enlaidissant la nature (Ramade, 2005).

I.1.2. Selon O.M.S

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.1.3. Selon le conseil de l'Europe de 1967

Définit comme polluant atmosphérique toute substance étrangère ou dont la variation du taux dans l'atmosphère est susceptible de provoquer un effet nuisible, compte tenu des connaissances scientifique du moment, ou de créer, une gêne (Elichegaray, 2008).

I.1.4. Selon la législation Algérienne

Pollution de l'atmosphère : L'introduction de toute substance dans l'air ou l'atmosphère provoquée par l'émanation de gaz, de vapeurs, de fumées ou de particules liquides ou solides susceptible de porter préjudice ou de créer des risques au cadre de vie (JORADP, 2003).

La pollution atmosphérique est définie par la présence dans l'atmosphère d'une ou de plusieurs substances dans des quantités sur une période telle qu'elles présentent un effet mesurable sur les êtres vivants et sur les matériaux. Les substances émises dans l'atmosphère sont pour l'essentiel des gaz (90 %) accompagnés de particules liquides ou solides (10 %). Elle peut résulter d'une augmentation de la concentration de certains constituants naturels de l'atmosphère comme le dioxyde de carbone au CO₂, ozone générant des effets indésirables. Cet accroissement peut provenir des activités humaines ou être lié à des phénomènes naturels. La pollution atmosphérique résulte aussi de l'émission de substances de synthèse produites par l'homme. Certains polluants, heureusement exceptionnels, sont des substances radioactives. Les polluants peuvent avoir des effets locaux ou régionaux en relation avec la circulation atmosphérique. D'autres polluants modifient la composition générale de l'atmosphère et peuvent entraîner des perturbations à l'échelle

du globe ; c'est le cas, par exemple, des constituants dits à effet de serre tels que le dioxyde de carbone, méthane, la vapeur d'eau, susceptibles d'influer sur la température globale (Beraux, 2011). D'autres auteurs comme Blifert et al., (2011), avançant qu'il s'agit de composés ou de mélanges de composés indésirables dans l'air, qui parviennent dans l'atmosphère à la suite de processus naturels ou de l'activité humaine, ou qui se forment directement dans l'atmosphère, et cela à des concentrations capables de créer vis-à-vis des hommes et de leur environnement des conditions qui leur sont préjudiciables.

I.2. Sources et origine de la pollution atmosphérique

I.2.1. Sources anthropiques de pollution atmosphérique

Les sources émettrices de polluants dans l'atmosphère peuvent être d'origine anthropique (domestique, industries, agriculture, transports, etc.) ou naturelle (volcans, etc.). Dans le cas des pollutions industrielles où le SO₂ est le traceur principal, le contrôle, l'amélioration des processus industriels, la désindustrialisation ont permis une baisse rapide et significative des émissions. Pour la pollution automobile, les bénéfices dus à l'amélioration du parc de voitures (pots catalytiques, réduction de la consommation) sont minimisés par l'augmentation continue du trafic. Le transport est actuellement un des secteurs les plus importants d'émission de polluants notamment pour les NO_x et les COV qui, sous l'effet de l'ensoleillement, produisent une pollution dite photochimique (mesurée par l'ozone), source majeure de pollution en zone urbaine et périurbaine (El Yamani, 2006).

I.2.2. L'origine des particules

La complexité des aérosols atmosphériques vient en grande partie du fait qu'il existe une multitude de sources et de procédés de formation, contrairement à la majorité des polluants gazeux. Les aérosols atmosphériques ont 3 origines principales, illustrées ci-dessous : ils sont d'une part rejetée directement dans l'atmosphère, on parle alors d'aérosols primaires ; ils peuvent d'autre part résulter de transformations chimiques à partir des polluants gazeux présents dans l'atmosphère, ce sont les aérosols secondaires ; enfin, les aérosols qui se sont déposés au sol peuvent être remis en suspension (Berruyer, 2017).

Tableau 1 : Impact des polluants atmosphérique sur la végétation (Ramade, 2005).

| Polluants atmosphériques | Symptômes des pollutantssur les végétaux |
|--------------------------|---|
| Anhydride | <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 ; |

| | |
|---|---|
| sulfureux (SO₂) | <ul style="list-style-type: none"> ● 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 (O₃) 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 |

I.3. Origine de l'aérosol

Il existe deux types d'aérosols mélanges dans l'atmosphère dans toute les atmosphères terrestres :

-L'aérosol d'origine naturelle

-L'aérosol de pollution

La part de chacun des deux types d'aérosols dépend de l'éloignement des centres d'activités humaine et industrielle d'une part et de l'éloignement des zones désertiques et marines de l'autre.

En zone marine, polaire ou désertique, l'aérosol est très majoritairement naturel. En revanche, en zone urbaine, l'aérosol de pollution est toujours mélangé avec l'aérosol naturel, car ce dernier peut être transporté à longue distance (Masclat, 2005).

Les poussières en suspension dans l'atmosphère proviennent essentiellement de l'érosion éolienne des sols : aérosol terrigène (taille supérieur de 1µm), aérosol crustal (croûte terrestre), des océans

(aérosol marin), des volcans (aérosol volcanique), des feux de forêt ou de savane (aérosol de combustion de biomasse), et de la respiration des plantes (aérosol biogénique) (Masclat, 2005).

Les sources anthropiques (principalement des particules carbonées et métalliques émises sous forme solide) sont variées, mais l'industrie, les transports, les combustions et l'incinération des ordures ménagères prédominent. Ces estimations à l'échelle mondiale des émissions particulaires doivent être utilisées avec une certaine prudence, compte tenu des difficultés liées à l'extrapolation à l'échelle du globe (Anonyme, 2001).

Tableau 2 : Répartition des sources d'aérosols (Masclat, 2005)

| Type d'aérosol | Masse dans l'atmosphère planétaire en Tg | |
|------------------------------|--|--------|
| <u>Aérosols naturels</u> | | |
| Sels de mer | 1000 | } 1950 |
| Erosion des roches | 500 | |
| Volcans | 50 | |
| Sulfates naturels | 250 | |
| Nitrates naturels | 75 | |
| Hydrocarbures(terpènes) | 75 | |
| Feux de forêts savane | 100 | |
| <u>Aérosols de pollution</u> | | |
| Sulfates de pollution | 220 | } 410 |
| Nitrates de pollution | 40 | |
| Hydrocarbures e pollution | 50 | |
| Processus industriels | 100 | |

I.3.1. Taille des aérosols

La taille des aérosols atmosphériques va de quelques nanomètres à quelques dizaines de micromètres pour les aérosols liés à des débris végétaux. Cette dernière catégorie est très spécifique, on limite en général l'étude du spectre à des diamètres de l'ordre de la dizaine de micromètres : au-

delà, les vitesses de chute (effet gravitaire) sont en effet assez importantes pour que les aérosols ne soient pas à considérés (Sportisse, 2008).

On considère toutes les particules comme sphériques ou assimilées à des sphères. Leur taille est définie par le diamètre aérodynamique moyen appelé D_p . Cette approximation est correcte pour des particules humides qui sont sphériques. Elle ne l'est pas pour des cristaux de glace par exemple ou des particules de combustion fraîchement émises. La taille des particules s'étale sur plusieurs ordres de grandeur : de $0.001 \mu\text{m}$ à $100 \mu\text{m}$. On distingue trois classes de particules :

- $D_p < 0,1 \mu\text{m}$: les particules ou noyaux de Aitken. Ces particules sont essentiellement dues à la conversion des gaz.
- $0,1 < D_p < 2,0 \mu\text{m}$: les particules moyennes ou mode d'accumulation, sont considérées comme étant les plus importantes en chimie atmosphérique. Comme le nom l'indique, les particules formées par conversion grossissent et s'accumulent.
- $D_p > 2,0 \mu\text{m}$: les grosses particules. Il s'agit de particules détritiques, de sables ou de particules très chargées en eau (MASCLET, 2005).

I.3.2. Composition chimiques des aérosols

On distingue en général les aérosols inorganiques des aérosols organiques, qui contiennent du carbone. En pratiques, les aérosols apparaissent comme des mélanges complexes d'espèces organiques, d'espèces inorganiques, de suie (carbone élémentaire) et éventuellement d'eau liquide. La composition moyenne de la colonne atmosphérique d'aérosol est indiquée dans le tableau 3 Une part non négligeable de la masse n'est pas attribuée par les méthodes actuelles de mesure. Il faut aussi compter avec les artéfacts de mesures, liés, par exemple, à des processus de surface sur les filtres, qui conduisent à modifier lors du prélèvement la composition chimique (Sportisse, 2008).

Tableau 3 : composition chimique de la colonne atmosphérique d'aérosols (1995), (Sportisse, 2008).

I.4. Cadre national et international de la protection de l'environnement

I.4.1. Protocole de Göteborg

Le 1er décembre 1999, la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies (CEE-NU) a obtenu de 26 pays européens, dont la France, qu'ils s'engagent à respecter, dans le cadre du protocole de Göteborg, des plafonds d'émissions afin de réduire les impacts de la pollution atmosphérique sur la santé et l'environnement : les émissions de dioxyde de soufre (SO_2), d'oxydes d'azote (NO_x) et d'ammoniac (NH_3), responsables de l'acidification et de l'eutrophisation, et les émissions de composés organiques volatiles (COV), qui avec les NO_x , donnent naissance à l'ozone.

I.4.2. Protocole de Montréal

Le Protocole de Montréal est un accord international visant à réduire de moitié les substances qui appauvrissent la couche d'ozone. Il a été signé par 24 pays et par la Communauté économique européenne en septembre 1987. Il impose la suppression de l'utilisation de CFC (chlorofluorocarbones) et de halons. Le calendrier d'élimination progressive est initialement prévu pour les pays développés concernant les polluant suivant : halons, Chlorofluorocarbones (CFC), Méthyle chloroforme, et le tétrachlorure.

Ce protocole concerne aussi d'autres polluants qui sont des produits de consommation tel que : hydrochlorofluorocarbones(HCFC), et le bromure de méthyle où sa réduction complète était prévue en l'an 2005. La production du bromochlorométhane était strictement interdit à compter du 1 Janvier 2002.

I.4.3. Protocole de Kyoto

En décembre 1997, à l'issue de la troisième réunion des pays signataires de la convention de Rio (1992), 38 pays industrialisés se sont engagés à réduire les émissions de six gaz à effet de serre en signant le Protocole de Kyoto : CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆.

Ces pays industrialisés se sont engagés sur une réduction de leurs émissions de 5,2% en moyenne entre 2008 et 2012 par rapport à 1990. Les pays en développement sont exemptés d'engagements chiffrés afin que leur développement ne soit pas remis en cause.

I.4.4. Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE)

Créé en 1972, le PNUE est la plus haute autorité environnementale au sein du système des Nations Unies. Le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (United Nation for Environment Program) joue le rôle de catalyseur, de défenseur, d'instructeur et de facilitateur oeuvrant à promouvoir l'utilisation avisée et le développement durable de l'environnement mondial. A cette fin, le PNUE collabore avec de nombreux partenaires, dont des organes des Nations Unies, des organisations internationales, des gouvernements nationaux, des organisations non gouvernementales, le secteur privé et la société civile.

I.4.5. Législation Algérienne

Tableau 3 : Résumé de la législation nationale en vigueur atmosphérique.

| Thème | Texte | Réf | Date | Titre ou sujet principal |
|-------|-----------------|--------|------------|--|
| | Décret exécutif | 07-299 | 27/09/2007 | Établissement des méthodes d'application de la taxe associée sur les sources de pollution atmosphérique industrielle |
| | Décret exécutif | 07-207 | 30/06/2007 | Réglémentant l'usage des substances qui appauvrissent |

| | | | | |
|------------|---------------------|--------|----------|--|
| Atmosphère | | | | la couche d'ozone, de leurs mélanges et des produits qui en contiennent |
| | Décret exécutif | 06-02 | 07/01/06 | Définition des limites de qualité de l'air ambiant, des seuils d'alarme et des objectifs en cas de pollution atmosphérique. |
| | Décret exécutif | 06-138 | 15/04/06 | Réglemente les émissions de polluants atmosphériques et leur suivi. |
| | Décret présidentiel | 04-144 | 28/04/04 | Ratification du Protocole de Kyoto (Amendements ultérieurs ratifiés par le Décret présidentiel N° 07-93 et 07-94) |
| | Décret exécutif | 03-410 | 05/11/03 | Émissions d'échappement et limites de bruit des véhicules à moteur |
| | Décret exécutif | 00-73 | 01/04/00 | Liste des substances réduisant la couche d'ozone, restrictions de leurs émissions et de leur importation |
| | Décret exécutif | 93-165 | 10/07/93 | Complété par le décret exécutif 2000-73 daté 01/04/2000 de fumées, gaz, poussières, odeurs et de substances sous la forme de particules. |
| | Décret exécutif | 93-163 | 10/07/93 | Émissions de COV (Composés organiques volatils) lors du traitement des huiles usées. |
| | Décret présidentiel | 93-99 | 10/04/93 | Ratification de la Convention des Nations Unies sur le changement climatique adoptée à New York en 1992. |
| | Décret présidentiel | 92-355 | 23/09/92 | Adhésion au Protocole de Montréal, amendé à Londres en 1990, sur les substances réduisant la couche d'ozone |
| | Décret présidentiel | 92-354 | 23/09/92 | Adhésion à la Convention de Vienne pour la protection de la couche d'ozone |

Tableau 4 : Limites de concentration des émissions de polluants atmosphériques telles que définies dans le décret exécutif 06-138.

| N° | Paramètres | Unité | Valeurs Limites | Tolérance Des Valeurs Limites Des Industries Anciennes |
|----|--|--------------------|-----------------|--|
| 01 | Poussières totales | mg/Nm ³ | 50 | 100 |
| 02 | Oxydes de soufre (exprimé en dioxyde de soufre) | mg/Nm ³ | 300 | 500 |
| 03 | Oxydes d'azote (exprimé en dioxyde d'azote) | mg/Nm ³ | 300 | 500 |
| 04 | Protoxyde d'azote | mg/Nm ³ | 300 | 500 |
| 05 | Chlorure d'hydrogène et autres composés inorganiques gazeux du chlore (exprimé en HCL). | mg/Nm ³ | 50 | 100 |
| 06 | Fluor et composés inorganiques du fluor (gaz, vésicule et particules), (exprimés en HF) | mg/Nm ³ | 10 | 20 |
| 07 | Composés organiques volatils (Rejet total de composés organiques volatils à l'exclusion du méthane) | mg/Nm ³ | 150 | 200 |
| 08 | Métaux et composés de métaux (gazeux et particulaires) | mg/Nm ³ | 5 | 10 |
| 09 | Rejets de cadmium, mercure et thallium, et de leurs composés | mg/Nm ³ | 0.25 | 0.5 |
| 10 | Rejets d'arsenic, sélénium et tellure et de leurs composés autres que ceux visés parmi les rejets de substances cancérigènes | mg/Nm ³ | 1 | 2 |
| 11 | Rejets d'antimoine, chrome, cobalt, cuivre, étain, manganèse, nickel, vanadium et zinc, et de leurs composés autres que ceux visés parmi les rejets de substances cancérigènes | mg/Nm ³ | 5 | 10 |
| 12 | Phosphine, phosgène | mg/Nm ³ | 1 | 2 |
| 13 | Acide cyanhydrique exprimé en HCN, brome et composés inorganiques gazeux du chrome exprimés en HBr, chlore exprimé en HCl, | mg/Nm ³ | 5 | 10 |

| | | | | |
|-----------|------------------------------------|--------------------|-----|-----|
| | Hydrogène sulfuré | | | |
| 14 | HCl, Hydrogène sulfuré Ammoniac | mg/Nm ³ | 50 | 100 |
| 15 | Amiante | mg/Nm ³ | 0.1 | 0.5 |
| 16 | Autres fibres que l'amiante | mg/Nm ³ | 1 | 50 |

Tableau5 : Valeurs de seuil de la qualité de l'air telles que définies par le décret 06-02

| Polluant | Objectif qualité µg/Nm ³ | Valeur limite µg/Nm ³ | Valeur du seuil d'information µg/Nm ³ | Valeur du seuil d'alerte µg/Nm ³ |
|---|--|-------------------------------------|--|--|
| Dioxyde d'azote (NO₂) | 135 | 200 | 400 | 600 |
| Dioxyde de soufre (SO₂) | 150 | 350 | 350 | 600 |
| Ozone (O₃) | 110 | 200 | 180 | 360 |
| Particules | A définir sur une base ad hoc en fonction de la toxicité spécifique des particules | | | |

I.5. Gisement de la baryte dans la région de Ain Mimoune

I.5.1. Définition de la barytine

La barytine est un sulfate de baryum naturel (BaSO₄), correspondant à la composition suivante : BaO (65,70 %) et SO₃ (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.

I.5.2. 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.

I.5.3. 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.

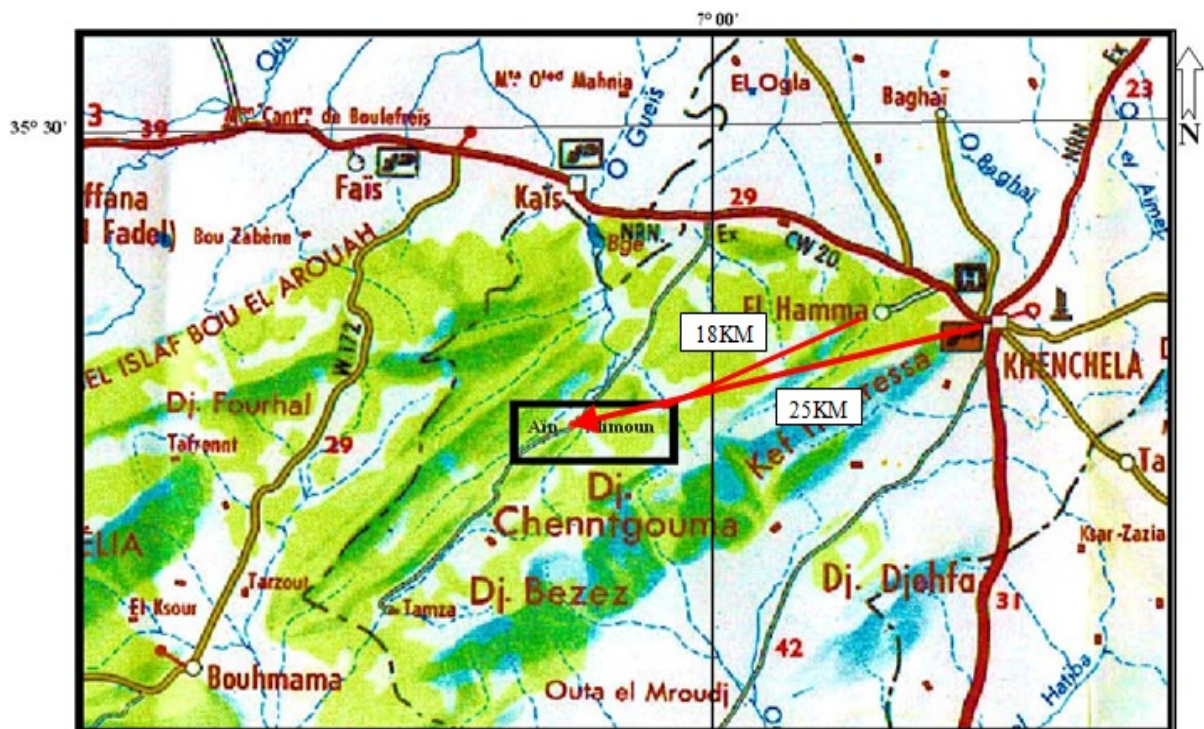


Figure 14 : Localisation géographique du gisement d'Ain-Mimoun (SOMIBAR, 2015)

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).

I.5.4. Composition chimique du minerai d'Ain Mimoun

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

Tableau 6 : Composition chimique du minerai d'Ain Mimoun (Elluin et al, 2005)

| Minerai | Composition | Densité g/cm ³ | Dureté | Couleur |
|----------|-------------------|---------------------------|--------|---------|
| Barytine | 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 |
| Covellite | 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 | KAlSi ₃ O ₃ | 2,5 - 2,6 | 6 - 6,5 | Incolore |
| Bauxite | Al ₂ O ₃ | 2,5 | Variable | Gris bleuté |



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

HANI Insaf

LAHMARI Asma

Résumé

Contribution à l'évaluation de l'éventuel impact de la pollution atmosphérique sur la synthèse de la chlorophylle chez le *Juniperus*

Ce travail porte sur l'étude de la pollution atmosphérique dans la forêt de Khenchela en utilisant les concentrations en chlorophylles de trois espèces ligneuses : (*Juniperus Oxycedrus* L., *Juniperus Phoenicea* L. et une espèce endémique de la région, à savoir *Juniperus. Thurifera* L.). Dans ce contexte, cinq stations de prélèvements sont choisies pour des échantillons qui concernent uniquement les aiguilles et les verticilles, sur lesquels une analyse des chlorophylles est réalisée au laboratoire. Les résultats montrent une variation des teneurs en chlorophylles d'une station à une autre. La station qui paraît la moins touchée est celle située dans la forêt d'Ouled Yagoub (St4), avec une teneur de 1,29 µg/g MF, où *Juniperus oxycedrus* L. enregistre la concentration la plus élevée en chlorophylle. Cette station, située au sommet du mont Chélia, paraît loin de toute forme apparente de pollution. Au moment où *J. Phoenicea* L. et *J. thurifera* L. affichent les concentrations les plus faibles avec (0,91 µg/g MF) et (0,94 µg/g MF) respectivement dans la station St4, située à proximité d'Ain Mimoune. Cette station paraît la plus touchée par les effluents gazeux. Les spécimens mâles de *J. thurifera* L. ont des teneurs plus élevées que les individus femelles. De nombreuses études, thèses d'état et projets de recherche, une série de colloques, ainsi que plusieurs communications publiées sur les sujets les plus divers, dédiés spécifiquement à *J. thurifera* L., constituent une base de connaissances solide concernant cet arbre endémique, qui constitue une ressource très importante pour le pays. Concrètement, la pollution atmosphérique de la région d'étude, amplifiée par la longue période de sécheresse, paraît alarmante et les conséquences pourront installer et amplifier un stress abiotique chez *Juniperus* aboutissant à son dépérissement.

Mots clés : *Juniperus Oxycedrus* L., *Juniperus Phoenicea* L., *Juniperus Thurifera* L., Pollution atmosphérique, Biosurveillance, Chlorophylle, Forêt, Khenchela.

Président : M^r Ben Hizia Toufik

MAA Université Abbes LAGHROUR–Khenchela

Examineur : M^r Menasri Ammar

MAA Université Abbes LAGHROUR–Khenchela

Promoteur : M^{lle} Dellaa Yasmina

MAA Université Abbes LAGHROUR–Khenchela

Invité : D^r Zraib Azzdin

MCB Université Abbes LAGHROUR–Khenchela

Année universitaire : 2016/ 2017