

**Ministère De l'Enseignement Supérieur Et De la Recherche Scientifique**

**Université SAAD DAHLAB- BLIDA-1-**

**Faculté des sciences de la nature et de la vie**

**Département de Biologie des populations et des organismes vivants**



**En vue l'obtention d'un diplôme de Master II en Biologie**

**Option : biodiversité et développement durable**

**Thème**

## **Estimation de la qualité de l'air à travers la biodiversité lichénique Cas de Meftah**

**Présenté par :**

- MAHAS Nour El Houda

**Soutenu le : 16/09/2015**

**Devant le jury :**

- |                           |            |              |
|---------------------------|------------|--------------|
| - M <sup>me</sup> OUADAH  | MCA (USDB) | PRESIDENTE   |
| - M <sup>me</sup> TAKARLI | MAA (USDB) | EXAMINATRICE |
| - M <sup>me</sup> Radi.N  | MAA (USDB) | PROMOTRICE   |

**Année universitaire 2015/2016**

## **Remerciements**

*Nous remercions avant tout ALLAH tout puissant, pour nous avoir donné la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail, et la chance d'étudier et de suivre le schéma de la science.*

*Nous exprimons nos profonds remerciements et notre vive connaissance à **Mme Radi** maître assistant classe A à la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'université Saad Dahlab Blida, pour avoir encadré et dirigé ce travail avec une grande rigueur scientifique, sa disponibilité, ses conseils et la confiance qu'elle nous accordé pour nous permettre de réaliser ce travail*

*Notre profonde gratitude est à **Mr Ourabah Khaled** chargé de stage au niveau CRD-Sonatrach , pour nous avoir guidé, conseillé et orienté avec beaucoup de pertinence, de nous avoir aidé à faire le dosage des métaux lourds .*

*Nous adressons nos sincères remerciements à les membres de jury **Mme Takalri** pour avoir bien voulu lire, commenter, et débattre notre mémoire. et aussi à **Mme Ouadah** d'avoir accepté de présider le jury.*

*Nous exprimerons nos vifs remerciements à **Mr Hammouche Kamel** responsable de service formation au niveau de Cimenterie Meftah. Blida . pour son soutien moral et encouragement..*

*Nous tenons également à remercier **Mr Touati Karim** directeur de personnel au niveau de CRD Sonatrach.*

*Nous adressons nos remerciements et notre reconnaissance Au personnel du CRD Sonatrach pour leur aide, en particulier le personnel du laboratoire environnement surtout **Melle Nadji Halima** .*

*Nos remerciements vont aussi à l'ensemble des travailleurs du Parc national Tikjda*

*Nous adressons nos remerciements et notre reconnaissance à tous les enseignants, étudiants et travailleurs de l'université Saad Dahlab Blida, qui ont contribué de près ou de loin à notre formation pédagogique et scientifique.*

*au terme de ce travail, il nous est agréable de remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin, directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.*

## Dédicace

*Tant de fois avais- je pensé à vous offrir quelques choses en signe de reconnaissance pour tout ce que vous avez consenti rien que pour me voir réussir, cette fois c'est l'occasion : A toi papa et à toi maman école de mon enfance, vous êtes mon ombre durant toutes les années de mes études je dédie ce travail ; tous les puissant vous garde et vous procure santé, bonheur et longue vie pour vous demeuriez le flambeau illuminant le chemin de vos enfants*

*A la mémoire de ma grand-mère. mon beau frère que dieu les accueille dans son vaste paradis*

*A mes frères*

*A mes sœurs*

*A mes belles sœurs*

*A toi Boubou*

*A toi Safo*

*A toute la famille*

*A tous mes amis*

*A ma promotion de Master II biodiversité et développement durable*

*Je dédie ce mémoire à toute personne qui a donné l'espoir pour leur aider.*

*Nour el Houda*



*Avant tout nous remercions Dieu tout puissant pour nous avoir donné la force, le courage et la chance d'étudier et de suivre le schéma de la science.*

*Je dédie ce travail avec toute ma gratitude :*

*A mes chers parents qui ont sacrifié leur noble existence pour bâtir la mienne, qui pour leurs précieux conseils et soutien ont su me guider vers la voie de la réussite.*

*A mes chers Frères, mes chères sœurs.*

*A mon grand père et ma belle grand-mère.*

*A ma cousine ZOLIKHA*

*.Et surtout à mon mari BOUSTILA KHALIL qui m'avait encouragé dans les moments difficiles. Je le remercie pour sa patience.*

*A toutes les familles : BOUSTILA, ZAHRA et RAZALI.*

*Ames amies sans oublier toute la promotion de la biodiversité et développement durable 2013-2014.*

*A la fin je dédie ce travail surtout a mon beau bébé ABD RRAOUF.*



## Résumé

La présente étude vise à estimer la qualité de l'air via la biodiversité lichénique et ce à travers l'étude de la flore lichénique épiphyte de la commune de Meftah.

Nous avons réalisé un inventaire et identifié la flore lichénique pour en déduire l'indice de la qualité de l'air (IQA) et l'indice de pureté de l'air (l'IPA) à travers 16 stations dans la commune de Meftah en les comparant à une zone témoin (Tikjda) à travers 3 stations.

Nous avons également dosé les métaux lourds par spectrométrie par torche à plasma chez *Xanthoria parietina*, espèce lichénique bioindicatrice connue pour son pouvoir bioaccumulateur.

Six espèces de lichens uniquement ont été récoltées et identifiées au niveau de la commune de Meftah avec un recouvrement faible contre 20 espèces récoltées au niveau de Tikjda dont 18 espèces seulement ont été identifiées avec un taux de recouvrement est plus important.

Les résultats du calcul de l'IQA montrent une mauvaise qualité de l'air au sein de la commune de Meftah. Nous avons testé la fiabilité de cette méthode en comparant ces résultats avec ceux de l'indice de la pureté de l'air (IPA) des stations échantillonnées qui nous ont permis d'établir une carte de qualité de l'air. Nous avons déduit par conséquent que la qualité de l'air est faible.

La détection de la pollution atmosphérique par dosage des métaux lourds confirme la forte pollution au niveau de la commune de Meftah avec des taux élevés notamment en zinc, cuivre et plomb.

**Mots clés :** Meftah, pollution atmosphérique, biodiversité lichénique, indice de Pureté de l'Air, bioindication, qualité de l'air.

## Abstract

This study aims to assess the air quality through lichens biodiversity and through the study of the epiphytic lichen flora of the town of Meftah.

We conducted an inventory and identified lichen flora to derive the index for the air quality (IQA) and the index of air purity (IPA) across 16 sites in the town of Meftah comparing them to a witness area (Tikjda) across 3 stations.

We also assayed the heavy metals by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy with *Xanthoria parietina*, lichen bioindicator species known for its bioaccumulator power.

Six species of lichens only were harvested and identified at the town of Meftah with a low recovery against 20 species collected at Tikjdadont only 18 species were identified with a more important recovery rate.

The results show AQI poor air quality in the town of Meftah. We tested the reliability of this method by comparing these results with those of the index of air purity (IPA) of the sampled stations that have allowed us to establish an air quality map. We deduced therefore that the quality of the air is low.

The detection of air pollution by heavy metals assay confirms the high level of pollution in the town of Meftah with high rates particularly in zinc, copper and lead.

**Keywords:** Meftah, air pollution, lichen biodiversity, Purity Index of Air, bioindication, air quality.

## ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقدير نوعية الهواء عبر التنوع الحيوي للأشنيات، وذلك من خلال دراسة مجموع الأشنيات الأفقية لبلدية مفتاح.

لقد قمنا بإعداد قائمة ، وتعرفنا على مجموع الأشنيات بغرض تحديد مؤشر نوعية الهواء IQA و مؤشر نقاوة الهواء IPA وذلك عبر 16 موقع في بلدية مفتاح ومقارنتها بمنطقة مرجعية (تيكجدة) عبر 3 مواقع.

لقد قمنا أيضا بمعايرة المعادن الثقيلة بطريقة الحث البلازما الطيفي الانبعاث الذري لدى فصيلة *Xanthoria parietina* التي تعتبر مؤشر حيوي معروف بخاصية التراكم الحيوي.

سنة فصائل فقط تم العثور عليها والتعرف إليها في بلدية مفتاح مع غطاء ضعيف مقابل 20 فصيلة جمعت في تيكجدة والتي تم التعرف على 18 منها مع غطاء أكثر أهمية.

إن نتائج حساب مؤشر نوعية الهواء IQA تظهر نوعية هواء سيئة في مفتاح، وقمنا كذلك بالتأكد من مصداقية نتائج هذه الطريقة بمقارنة هذه النتائج مع نتائج IPA عبر المواقع المدروسة، حيث تمكنا من انشاء خريطة نوعية الهواء المقدره بالمنخفضة.

إن الكشف عن التلوث الهوائي عبر معايرة المعادن الثقيلة يثبت التلوث المرتفع على مستوى منطقة مفتاح بتركيز مرتفع للزنك، النحاس و الرصاص.

**الكلمات المفتاحية :** مفتاح، التلوث الهوائي، التنوع الحيوي للأشنيات، مؤشر نقاوة الهواء، نوعية الهواء، مؤشر حيوي.

## *Liste des abréviations*

- **ONM** : Office National Météorologique
- **Fig**: Figure
- **ICP: Spectrométrie** par torche à plasma
- **IQA**: Indice de la qualité de l'air
- **IPA**: Indice de pureté atmosphérique

## ***Glossaire***

- **Polluant** : agent chimique, physique ou biologique indésirable provoquant une perturbation du milieu.
- **Bio indication** : approche de suivi de la qualité d'un milieu à travers l'intégrité biologique (morphologique, tissulaire ou physiologique) d'une espèce vivante sous l'influence d'un polluant.
- **Bioindicateur** : organisme vivant capable de qualifier la qualité de son milieu environnant à travers l'intégrité biologique (morphologique, tissulaire ou physiologique)
- **Bio accumulation** : processus biologique d'absorption et de concentration d'une substance depuis le milieu environnant.
- **Bioaccumulateur** : organisme vivant capable d'absorber et de concentrer une substance depuis son environnement
- **Biosurveillance** : utilisation de n'importe quel niveau biologique (molécule, physiologie, communauté...) pour révéler l'altération du milieu environnant.
- **Apothécie** : appareil reproducteur fongique présent sur le cortex supérieur des lichens
- **Epiphyte** : qualifie une espèce végétale se développant sur un autre végétal, sans contact avec le sol.
- **Phorophyte** : arbre substrat des lichens épiphytes

( Yannick A., 2013)

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau I:</b> quelques effets des principaux polluants sur la santé humaine, l'environnement et les lichens.....	5
<b>Tableau II :</b> localisation des stations dans la zone d'étude.....	26
<b>Tableau III :</b> localisation des stations dans la zone de référence.....	28
<b>Tableau IV:</b> Critères d'identification des lichens.....	30
<b>Tableau V:</b> réactions colorées sur des thalles lichéniques vis-à-vis des différents réactifs.....	31
<b>Tableau VI:</b> Echelle d'évaluation de la qualité de l'air de KRSCHBAUM ET WIRTH (1970). ....	33
<b>TableauVII:</b> tableau des zones d'isopollution et classes d'IPA.....	34
<b>Tableau VIII:</b> Modalités de représentation graphique des cartes de qualité de l'air en couleur .....	34
<b>Tableau IX:</b> Les espèces phorophytes.....	38
<b>Tableau X:</b> Les différents tests chimiques effectués pour la reconnaissance des taxons.....	39
<b>Tableau XI :</b> Répartition de la flore lichénique selon le gradient de la pollution.....	43
<b>Tableau XII :</b> Répartition de la flore lichénique selon le gradient de la pollution.....	44
<b>Tableau XIII:</b> Répartition et comparaison des inventaires lichéniques entre la station de référence Tikjda et la station d'étude commune de Meftah selon la résistance des lichens à la pollution atmosphérique.....	45
<b>TableauXVI.</b> Indice de la qualité de l'air des stations étudiées.....	47
<b>Tableau XVII:</b> Les valeurs d'IPA calculées.....	48
<b>Tableau XVIII :</b> Nombre de stations par classe d'IPA et par zone.....	51
<b>Tableau XIX:</b> Distribution quantitative des familles des lichens rencontrés dans la commune de Meftah et le parc national tikjda .....(ANNEXE 4)	
<b>Tableau XX:</b> Distribution quantitative des différents types physiologiques des lichens recensés dans la commune de Meftah et dans le massif forestier Tikjda..... (ANNEXE 4)	
<b>tableaux XXI :</b> les espèces, les phorophytes et les coordonnées géographiques des stations	

..... (ANNEXE 5)

**Tableau XXII:** Calcule l'indice de pureté de l'air: IPA..... (ANNEXE 5)

**tableaux XXIV :**présentent les espèces, les coordonnées géographiques et les phorophytes  
..... (ANNEXE 6)

**Tableau XX V:** Calcul de l'indice de pureté de l'air (IPA) .....(ANNEXE 6)

**Tableaux XXVI :** Résultat de dosage des métaux lourds..... (ANNEXE 7)

**tableau XXVII :** valeurs de référence (en mg/kg) des concentrations en éléments traces dans les lichens. .... (ANNEXE 7)

## *Liste des figures*

<b>Figure 1</b> : Coupe longitudinale d'un lichen .....	8
<b>Figure 2</b> : les différents thalles des lichens corticoles.....	10
<b>Figure 3.a</b> : <i>Xanthoria parietina</i> développé(2015) .....	15
<b>Figure 3.b</b> : <i>Xanthoria parietina</i> au cours de développement(2015) .....	15
<b>Figure 4</b> : Carte de localisation de la zone d'étude Meftah.. .....	17
<b>Figure 5</b> : Températures moyennes mensuelles de la région de Meftah durant la période 1995-2005.....	18
<b>Figure 6</b> : Précipitations moyennes mensuelles de la région de Meftah durant la période 1995 - 2005.....	19
<b>Figure7</b> : Répartition saisonnière des pluies pour la commune de Meftah.....	19
<b>Figure 8</b> : l'humidité moyenne mensuelle de la région de Meftah durant la période 1995 – 2005. ....	20
<b>Figure 9</b> : Vitesse moyenne mensuelle du vent de la région de Meftah durant la période 1995 –2005.....	21
<b>Figure 10</b> : Le diagramme de la saison sèche. ....	21
<b>Figure11</b> : Emplacement de la commune de Meftah sur le climagramme d'Emberger (1954).22	
<b>figure12</b> : photo du Parc National de Tikjda (2015) .....	23
<b>Figure 13</b> : la localisation des sites d'étude.....	24
<b>Figure 14</b> : localisation des stations dans les mailles.....	25
<b>Figure 15</b> : le transparent de relevé sur le tronc d'arbre .....	30
<b>Figure 16</b> : Protocole de dosage des métaux lourds dans les lichens.....	36

<b>Figure 17.</b> Spectre systématique des espèces lichéniques recensées à la commune de Meftah et Tikjda.....	41
<b>Figure 18.</b> Spectre physiologique des lichens récoltés dans la commune de Meftah.....	42
<b>Figure 19.</b> Spectre physiologique des lichens récoltés dans le massif forestier Tikjda.....	42
<b>Figure 20 :</b> Carte de la qualité de l'air de la commune de Meftah.....	52
<b>Figure 21 :</b> Les valeurs de l'IPA pour les trois stations échantillonnées à Tikjda.....	53
<b>figure 22:</b> teneur d'accumulation de manganèse par <i>Xanthoria parietina</i> dans les 4 stations .....	54
<b>figure 23:</b> teneur d'accumulation de Zinc par <i>Xanthoria parietina</i> dans les 4 stations.....	55
<b>figure 24:</b> teneur d'accumulation de fer par <i>Xanthoria parietina</i> dans les 4 stations.....	56
<b>figure 25:</b> teneur d'accumulation de cuivre par <i>Xanthoria parietina</i> dans les 4 stations.....	56
<b>figure 26:</b> teneur d'accumulation de Plomb par <i>Xanthoria parietina</i> dans les 4 stations .....	57
<b>figure 27:</b> teneur d'accumulation de Cadmium par <i>Xanthoria parietina</i> dans les 4 stations...	58
<b>figure 28:</b> teneur d'accumulation de chrome par <i>Xanthoria parietina</i> dans les 4 stations.....	59

## Table de matière

INTRODUCTION.....	1
<b>Chapitre I : Données bibliographiques</b>	
I.1.Pollution atmosphérique.....	3
I.1.1 Définition de la pollution .....	3
I.1.1.1- Définition de la pollution atmosphérique.....	3
I.1.1.2. Sources de la pollution atmosphérique.....	3
I.1.1.3. Effets des différents polluants de l’atmosphère.....	4
I.1.1.4. Paramètres influençant la dispersion des polluants atmosphériques.....	6
I.2. Pollution par les métaux lourds.....	6
I. 2.1. Définition de métaux lourds.....	6
I.2.3. Bioindication et bioaccumulation.....	7
I. 3. Les lichens.....	7
I. 3.1 Définition d’un lichen.....	7
I.3.2. Partenaires des lichens .....	8
I.3.3. Morphologie de l’appareil végétatif .....	8
I.3.4. Principaux organes portés par le thalle.....	10
I.3.5. La reproduction des lichens.....	11
I.3.6. La physiologie des lichens.....	11
I.3.7. Répartition géographique des lichens.....	12
I.3.8 . Ecologie des lichens .....	12
I.3.9. Propriétés des lichens.....	13
I.4. Usage des lichens .....	14
I.5. Les mécanismes d’accumulation des métaux lourds par les lichens.....	14
I.6. Description de <i>Xanthoria parietina</i> .....	15
I.6.1. Morphologie de <i>Xanthoria parietina</i> .....	15
I.6.2. Systématique de <i>Xanthoria parietina</i> .....	15
I.7.1.Présentation de la zone d’étude.....	16
I.7.3.Données climatiques .....	18
I.7.1.3.1.La température .....	18
I.7.1.3.2.Les précipitations .....	19
I.7.2.Station de référence : (Parc national de tikjda).....	23

I.7.2.1. Données climatiques de Tikjda .....	23
--	----

## **CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES**

II. 1. Présentation du maillage et choix des stations d'échantillonnage.....	24
II. 2. Méthode de prélèvement.....	28
II.2.2. Détermination et identification des lichens .....	30
II.2.3. Traitement des données.....	32
II.3. Dosage des métaux lourds dans les lichens.....	35
II.3.1. Choix de l'espèce .....	35
II.3.2. Préparation des échantillons.....	35
II.3.2.1. Préparation de la poudre végétale .....	35
II.3.2.2. Minéralisation .....	35
II.3.3. Dosage : par spectrométrie par torche à plasma.....	35
II.3.3.1. Dosage par l'ICP : (Spectrométrie par torche à plasma ) .....	35
II.3.4. Expression des résultats .....	37

## **CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS**

III.1. La diversité des phorophytes.....	38
III.2. Diversité des lichens.....	39
III.2.1. Identification des espèces.....	39
III.2.2. Recensement des espèces lichéniques .....	40
III.3. Calcul de l'indice de la qualité de l'air (IQA) dans les sites échantillonnés.....	47
III.4. Résultats de l'indice de pureté atmosphérique (IPA) .....	48
III.4.1. Analyse des valeurs IPA.....	48
III.4.2. Calcul de l'indice de la pureté de l'air (IPA) des stations échantillonnées à Tikjda.....	52
III.5. Résultats de l'analyse des métaux lourds.....	54

CONCLUSION .....	61
------------------	----

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

## *Introduction*

---

Le compartiment atmosphérique, comme tout autre compartiment naturel tel que l'hydrosphère, la lithosphère, ou la biosphère, participe au stockage et au transfert des éléments chimiques au sein des grands cycles biogéochimiques (**Pedro,2007. Rauch et Pacyna, 2009**).

La révolution industrielle et l'évolution technologique sont à l'origine de l'augmentation de la quantité des polluants émise dans l'air (**Arques, 2001**).

La qualité de l'air peut être contrôlée par la mesure de polluants directement dans l'air ou dans le dépôt ou en utilisant la biosurveillance . (**Markert et al., 2003**).

Les végétaux sont des outils de grand intérêt pour la biosurveillance. Leur diversité offre un large éventail d'organismes utilisables : les bryophytes, les lichens ainsi que certaines plantes qui sont employés spécifiquement ou non pour détecter un grand nombre de polluants.

Les lichens épiphytes dont la nutrition est étroitement tributaire de l'atmosphère réagissent à des doses infimes de polluants (**Edith,,2001**). Cette remarquable toxisensibilité des lichens est utilisée pour estimer des polluants dans l'atmosphère en polluants. Par leur activité continue, les lichens sont plus soumis à la pollution que les autres végétaux qui perdent leurs feuilles. Les lichens sont extrêmement sensibles aux impuretés contenues dans l'atmosphère et en particulier aux fumées et aux poussières industrielles et domestiques, ce qui les élimine des grandes villes, à un taux de pollution plus ou moins élevée, et de leur périphérie. Leur grande longévité permet de suivre l'évolution de la pollution.

Leur productivité réduite est attribuée à la faible quantité de chlorophylle qu'ils possèdent. Les lichens accumulent de façon non sélective des quantités très importantes de substances prélevées dans l'atmosphère comme les métaux lourds, le soufre, le fluor et les éléments radioactifs en raison de l'absence des moyens de lutte contre la pollution contrairement aux végétaux supérieurs (régulation stomatique, présence de cuticule, perte des feuilles pendant la saison froide) (**Ozenda et Clausade, 1970 ; Richardson, 1992**).

La présence de certaines espèces ou de certaines associations lichéniques particulièrement toxitolérantes, nous permet d'évaluer le taux de pollution de la région considérée. (**Gaveria.1999**)

En raison de cette propriété des lichens à déterminer le degré de pollution, nous nous sommes intéressées à cet aspect de biosurveillance de l'air à travers la biodiversité lichénique. Notre principal objectif est d'apprécier la qualité de l'air de la commune de Meftah et de distinguer des zones de faible, moyenne ou forte pollution atmosphérique et d'identifier l'impact de la pollution atmosphérique sur la répartition des populations lichéniques.

## *Introduction*

---

Nous tenterons également d'établir une carte de qualité de l'air. Finalement et pour confirmer le degré de pollution nous déterminerons le taux d'un type de polluant à savoir les métaux lourds par spectrométrie par torche à plasma, au niveau d'une espèce lichénique toxitolérante *Xanthoria parietina* connu pour son pouvoir bioaccumulateur et sa résistance à la pollution et ce dans quelques sites de la commune de Meftah qu'on comparera à une station témoin Tikjda.

Nous avons choisi la commune de Meftah car elle renferme plusieurs industries polluantes accompagnées d'un trafic routier intense en plus de l'action anthropique et nous avons au même temps opté pour Tikjda comme zone témoin grâce à ses caractéristiques climatique et orographique favorable aux développement lichens et son éloignement notamment des industries.

### **I.1. Pollution atmosphérique**

#### **I.1.1- Définition de la pollution**

C'est toute modification du flux de l'énergie, de l'intensité des rayonnements, de la concentration des constituants chimiques naturels ou encore l'introduction dans la biosphère de substances chimiques artificielles produites par l'homme (**Ramade, 2000**)

##### **I.1.1.1- Définition de la pollution atmosphérique**

La pollution atmosphérique peut être définie comme « la présence de substances dans l'atmosphère, résultantes des activités synthétiques ou des processus naturels, entraînant des effets nuisibles pour l'homme et pour l'environnement ».(**Pacyna, 1984 ; Pacyna et Graedel, 1995**).

On parle de pollution lorsque « la présence d'une substance étrangère ou une variation importante dans la proportion des constituants de l'air est susceptible de créer une gêne ou de provoquer un effet nuisible, compte tenu des connaissances scientifiques du moments » (**Bauwens 2003**).

Les polluants atmosphériques comprennent toutes les substances naturelles ou artificielles susceptibles d'être aéroportées : il s'agit de gaz, de particules solides, de gouttelettes liquides ou de différents mélanges de ces formes. (**Chambers ,1968**).

##### **I.1.1.2. Sources de la pollution atmosphérique**

Les émissions de polluants peuvent avoir des sources anthropiques ou biogéniques différentes.

###### **I.1.1.2.1. Pollution d'origine naturelle**

On peut citer comme polluants atmosphérique, les poussières dues à la décomposition du sol, embruns et sels marins, poussières et gaz d'origine volcanique provoquant des « nuages de cendre », produits de feu spontané de forêts, poussières d'origine extraterrestre et produits d'origine végétale, animale ou microbienne.

###### **I.1.1.2.2. Pollution due aux véhicules automobiles**

Les véhicules émettent de l'oxyde de carbone, des hydrocarbures, des oxydes d'azote et du plomb. Toutes ces matières atteignent immédiatement les couches les plus basses de l'atmosphère et peuvent, en concentration élevée à long terme, porter atteinte à la santé.

#### **I.1.1.2.3. Polluants dus à la combustion**

La combustion est rarement complète et provoque alors des émissions de particules de gaz polluants dont les plus importants sont : le monoxyde et dioxyde de carbone (CO et CO<sub>2</sub>), les composés soufrés (SO<sub>x</sub>) et les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>).

#### **I.1.1.2.4. Pollution due aux centrales thermiques**

Les principaux polluants émis par les centrales thermiques sont : les oxydes de soufre (SO<sub>2</sub> et SO<sub>3</sub>), les oxydes d'azote (NO et NO<sub>2</sub>), des poussières (cendre imbrulées), des poussières provenant des stocks et des opérations de manutention du charbon.

#### **I.1.1.2.5. Pollution par les rejets des diverses industries**

Le problème de la pollution par les rejets industriels prend de plus en plus d'importance en raison de l'accroissement de la production dans les usines et de la multiplication des complexes industriels. Les plus importants polluants qui en résultent sont : les oxydes de soufre, l'oxyde de carbone, les hydrocarbures légers volatils ou lourds imbrulés et l'hydrogène sulfuré. (Popesco et al., 1998)

#### **I.1.1.2.6. Pollution due aux composés organique volatils (COV)**

Les composés organiques volatils sont des molécules organiques, constituées principalement d'atomes de carbone et d'hydrogène, mais aussi d'atomes d'oxygène, de chlore, d'azote, de soufre, de phosphore ou de fluor. A température ambiante, ces substances sont à l'état de vapeur dans l'air, elles sont à la fois d'origine naturelle et anthropogénique. Ces composés sont fortement impliqués dans les phénomènes perturbateurs de l'équilibre terrestre (Yassaa, 2001).

#### **I.1.1.3. Effets des différents polluants de l'atmosphère**

Les effets des principaux polluants sur la santé humaine, l'environnement et les lichens sont résumés dans le tableau I.

## *Partie I. Données bibliographiques*

**Tableau I:** quelques effets des principaux polluants sur la santé humaine, l'environnement et les lichens (Radi et al., 2004).

Polluants	Effets sur la santé humaine	Effets sur l'environnement	Effets sur les lichens
Oxyde de soufre(SO <sub>x</sub> )	Troubles respiratoires pour les asthmatiques et les gens sensibles. -Altération de la fonction de respiration chez l'enfant.	-Apparition de nécroses entre les nervures des feuilles de plantes sensibles. -Ralentissement de la croissance des arbres. -Changement des caractères du sol.	Appauvrissement de la végétation lichénique voire leur disparition. -Diminution de la diversité lichénique dans le temps et dans l'espace. -Diminution de la photosynthèse.
Oxyde d'Azote(NO <sub>x</sub> )	-Irritation des voies respiratoires et troubles respiratoires chez les asthmatiques.	-Pollution phot oxydante. -Atteinte à la croissance des végétaux.	-Diminution de la teneur en chlorophylles. -Détérioration des ultra structures chez certaines espèces. -Diminution du recouvrement des lichens.
Plomb	-Neuropathies et encéphalopathies. -Anémies, troubles du tube digestif. -Saturnisme.	-Accumulation dans la faune, la flore et le sol. -Le plomb se concentre dans les chaînes alimentaires.	-Baisse de la fertilité. -Réduction de la germination des spores -Contamination de l'hyménium conduisant à l'affection de la vitalité des ascospores. -Diminution de la photosynthèse et de la respiration.

Métaux lourds	-Maladies chroniques notamment provoquées par le mercure.	-Contamination des chaînes alimentaires. -Retards de croissance des espèces végétales. -Accumulation dans le sol et l'eau.	-Ralentissement de la croissance. -Déformation des thalles. -Disparition.
---------------	---	--	---

#### **I.1.1.4. Paramètres influençant la dispersion des polluants atmosphériques**

La dispersion des polluants dans l'atmosphère peut être influencée par des facteurs Météorologiques (vents, températures, précipitations) ainsi que des facteurs topographiques (relief).

Le type de temps peut être favorable ou défavorable à la dispersion des polluants ainsi qu'à leur transformation physico-chimique.

- **Le vent**

Le vent agit par sa fréquence, son intensité et sa direction sur la dispersion des polluants et son absence provoque la stagnation des polluants. Aggravant le problème de la pollution par condensation

- **Température**

Une faible température entraîne un changement de comportement des gens en favorisant une hausse du chauffage urbain et de l'utilisation des véhicules, ce qui augmente les émissions. (Guelle et Emmanuel, 1998).

- **Précipitations et l'humidité**

Les précipitations contribuent à baisser le niveau de pollution de l'air grâce aux gouttes d'eau qui captent les impuretés atmosphériques.

- **Facteurs topographiques**

La diffusion des polluants dépend du relief et des concentrations urbaines.

### **I.2. Pollution par les métaux lourds**

#### **I. 2.1. Définition de métaux lourds**

Les métaux lourds peuvent être définis comme tout métal ayant une densité supérieure à 5 g/cm<sup>3</sup>. Il s'agit de tout métal pouvant être toxique pour les systèmes biologiques. Les principaux métaux lourds associés aux notions de pollution et de toxicité sont généralement : l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le mercure (Hg), le manganèse

(Mn), le nickel (Ni), le plomb (Pb), l'étain (Sn), et le zinc (Zn). (**Kabata-Pendias, et al.,2001**).

### **I.2.3. Bioindication et bioaccumulation :**

Certaines plantes sont résistantes à la pollution. Elles peuvent accumuler des polluants (métaux lourds, SO<sub>2</sub>, pesticides ou autre). Il s'agit essentiellement des bryophytes, des algues, de plantes supérieures notamment les herbacées.

Outre ces plantes, les lichens sont de très bon bio-indicateurs qui réagissent à de doses infimes de polluants, et particulièrement les corticoles dont la nutrition est étroitement tributaire de l'atmosphère.

Les lichens sont utilisés comme d'excellents bio-indicateurs ; n'ayant ni racine, ni tige, ni feuilles, ni appareil conducteur, ils sont incapables d'effectuer une régulation hydrique. Ils sont soumis aux fluctuations du milieu et peuvent absorber et accumuler sans distinction des quantités très importantes de substances prélevées dans l'atmosphère (eau, poussières, substances et gaz dissous) (**Dorleans, 2006**).

Leur capacité d'accumulation permet de déceler la présence actuelle ou passée d'éléments traces dans l'atmosphère.

## **I. 3. Les lichens**

La première mention du terme de lichen apparaît au IV<sup>ème</sup> siècle avant JC pour désigner les hépatiques par le grec Théophraste. Plus tard, entre 1798 à 1814 ACHARIUS différencie les lichens des autres cryptogames par leur morphologie. Ce n'est qu'en 1867 que la véritable nature symbiotique du lichen, symbiose d'une algue ou d'une cyanobactérie et d'un champignon, est décrite pour la première fois par Schwendener et De Bary (**Abbeyes, 1951**).

### **I. 3.1 Définition d'un lichen**

**Ozenda et Clauzade en 1970**, définissent les lichens "comme une association symbiotique entre un eumycète et un cyanophyte ou un chlorophyte". Il s'agit donc d'un binôme entre un élément algal autotrophe qui, grâce à la chlorophylle, procure la substance organique et d'un élément fongique qui protège l'algue et lui procure de l'humidité. (**Serusiaux et al, 2004**)

### **I.3.2. Partenaires des lichens**

Le lichen peut être reconnu comme une entité morphologique et physiologique autonome, composée d'au moins d'un champignon (le mycobionte) et d'un partenaire photosynthétique, souvent qualifié d'algal (le photobionte). (Serusiaux et al, 2004)

#### **I.3.2.1. Le partenaire fongique (mycobionte)**

Le mycobionte est un champignon qui livre l'eau, les vitamines et quelques sels minéraux du milieu au photobionte et assure sa fixation et sa protection contre la dessiccation.

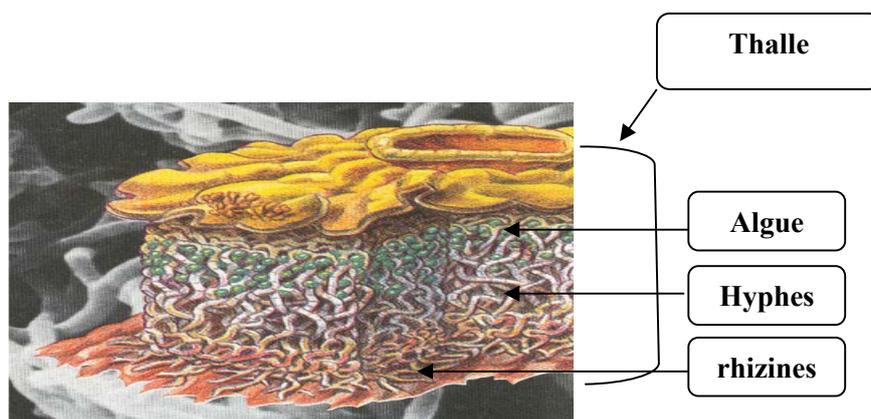
#### **I.3.2.2. Le partenaire chlorophyllien (photobionte)**

Le photobionte est une algue. Etant chlorophyllien, il est capable de fabriquer grâce à la photosynthèse des glucides, et la vitamine B qui sont absorbés par le mycobionte.

### **I.3.3. Morphologie de l'appareil végétatif**

L'appareil végétatif des lichens est un thalle. La morphologie externe et l'anatomie interne de l'appareil végétatif des lichens sont extrêmement variables. (Ozenda et Clauzade, 1970)

La coupe longitudinale d'un lichen (Fig.1), montre que le thalle est formé par un réseau de filaments nommés hyphes, comparables au mycélium des champignons. C'est au milieu d'un enchevêtrement de ces filaments que se trouvent les algues. Au niveau de la partie inférieure du thalle, on observe un nouvel entrelacement de filaments servant à fixer le lichen à un support, ce sont les rhizines (Bauwens, 2003).



**Figure 1** : Coupe longitudinale d'un lichen (Ahmadijian et Jacobs, , in Bauwens, 2003)

Les thalles des lichens peuvent être classés en sept types morphologiques fondamentaux. Chacun de ces derniers peut présenter des aspects plus ou moins divers et parfois des formes de transition avec d'autres types (Clauzade et Roux, 1987).

- **Thalle fruticuleux** : c'est un thalle non appliqué sur le substrat et n'adhérant à celui que par une surface de fixation réduite qui joue le rôle de crampon. (fig.2.a). En forme de tige cylindrique (*Usnea*) ou de lanière (*Ramalina*, *Evernia*, *Cetraria*). (**Deruelle, 1994**).
- **Thalle foliacé** : ce thalle est étalé sur le substrat, il est fixé à celui-ci par des rhizines. (fig.2.b). certains formes sont fixes au substrat par un point en position plus au moins centrale, à la face inférieure du thalle ; formant des thalles ombiliqués ; c'est le cas de *Umbilicaria* (**Jahns, 1989**).
- **Thalle squamuleux** : c'est un thalle formé par des sortes d'écailles plus ou moins rapprochées contiguës et même imbriquées à bord n'adhérant pas au support. dont seulement une partie du thalle s'adhère au substrat (thalle pelté) (Fig.2.c). (**Serussiaux et al, 2004**).
- **Thalle composite** : il comporte soit un thalle primaire crustacé, ou squamuleux ou plus rarement foliacé, plus ou moins étalé sur le substrat et un thalle secondaire fruticuleux. avec des podétions (éléments se développant perpendiculairement au substrat), ramifiés ou non (**Deruelle, 1994**), fréquemment en forme d'entonnoir et provenant de la prolifération de la partie basale des ascocarpes genre *Cladonia* (Fig.2.d) (**Ozenda et Clauzade, 1970**).
- **Thalle gélatineux** : c'est un thalle noirâtre coriace, friable à l'état sec, Sous l'action de l'eau ; le thalle gonfle ; devient pulpeux, semblable a de la gélatine (**Clauzade et Roux, 1987**).(fig.2.e)
- **Thalle filamenteux** : il est formé par une algue verte filamenteuse du genre *trentepohilia*.
- **Thalle crustacé** : fortement adhérent au substrat auquel il est parfois incorporé en totalité ou en partie.(fig.2.f)



a. Thalle fruticuleux

*Usnea filipendula*



b. Thalle foliacé

*Parmelia sulcata*



c. Thalle squamuleux

*Squamarina*



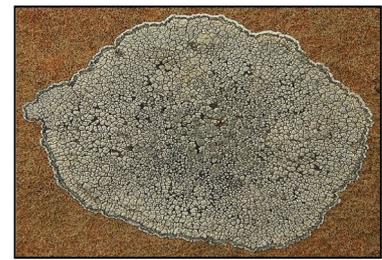
d. Thalle composite

*Cladonia cristatella*



e. Thalle gélatineux

*Collema subflaccidum*



f. Thalle crustacé

*Lecanora*

Figure 2 : les différents thalles des lichens corticoles

#### I.1.3.4.3. Principaux organes portés par le thalle : (Ozenda et Clauzade, 1970)

Selon Ozenda et Clauzade, 1970 on distingue six organes portés par le thalle de lichens

##### ❖ Pseudocyphelle

La pseudocyphelle est une ouverture, une fente ou une fissure dans l'épiderme supérieure du thalle. Elle joue un rôle dans les échanges avec l'atmosphère.

##### ❖ Rhizine

La rhizine est constituée d'un faisceau d'hyphes, elle peut être simple ou ramifiée. Elle est un organe de fixation à la face inférieure des thalles foliacés.

##### ❖ Apothécie

Les apothécies sont des organes (disques, cupules), se développant à la surface supérieure du thalle (l'hyménium) (Roumeguere, 1868). Cette dernière est constituée principalement par les sommets des asques lesquels sont tous en contact directement avec l'extérieur.

##### ❖ Soralie

Il s'agit d'un amas globuleux constitué de plein de petites boules (sori) permettant la reproduction asexuée. Elle a parfois une couleur différente de celle du lichen. On distinguera les soralies marginales et les soralies faciales.

❖ **Isidie**

L'isidie est une excroissance dressée, simple ou ramifiée de même couleur que le thalle. Plus lourde que les soralies, les isidies ne peuvent pas être transportés loin par le vent.

❖ **Poils**

Les poils sont constitués par l'extrémité libre d'hyphe appartenant au cortex ou, en l'absence de celui-ci à la médulle. On le rencontre chez les lichens foliacés sur les deux faces du thalle.

### **I.3.5. La reproduction des lichens**

La reproduction des lichens se fait soit:

- par dissémination du complexe lichénique lui-même : par « bouturage » de fragments de thalle ou émission de sorédies ou d'isidies.
- par la production de spores du champignon qui, en germant, donnent des hyphes qui capturent des algues. Par contre. Les gonidies ne se multiplient que par voie asexuée (**Ozenda et Clauzade.1970**).

### **I.3.6. La physiologie des lichens**

#### **I.3.6.1. La nutrition**

Le champignon capte sur toute la surface de ses hyphes, la moindre trace d'humidité et les poussières (riche en élément minéraux) en suspension dans l'air.

L'algue, à l'inverse, est capable de produire des sucres mais elle a besoin d'un support protecteur, d'eau et de sels minéraux. Chacun fournit à son partenaire les matières qui lui font défaut. Ainsi, le champignon assure la nutrition hydrique et minérale et l'algue, fournit les éléments organiques par la photosynthèse.

Les lichens n'ont pas de racine, ils sont totalement dépendants de l'atmosphère. Ils n'ont ni cuticule, ni stomates pour se protéger. Ainsi, ils absorbent les polluants atmosphériques en même temps que les éléments qui leurs sont essentiels. Ils sont donc amenés à disparaître quand la qualité de l'air se dégrade et, inversement quand celle-ci s'améliore certaines espèces sensibles peuvent réapparaître.

#### **I.3.6.2. Croissance**

Le couple algue-champignon croît lentement, insensiblement, de quelque dixième de millimètres à quelque millimètre par an. La vitesse d'accroissement dépend de l'espèce. Elle est généralement lente, elle est de l'ordre 10 à 15 mm par an pour certaines espèces comme *Cetraria islandica* (**Abbar ,2009**).

La taille du thalle après croissance est inchangeable pendant un temps de vie considérable, et peut atteindre pour certaines espèces l'ordre des centaines d'années. (Chadefaud et al,1978)

### **I.3.7. Répartition géographique des lichens**

Les lichens sont cosmopolites, habituellement répartis en trois zones : la zone holarctique la zone tropicale, et la zone antarctique (Coste, 2008).

### **I.3.8 . Ecologie des lichens**

#### **I.3.8.1. Facteurs biotiques**

Il s'agit principalement de la concurrence vitale s'exerçant entre les lichens eux-mêmes et aussi entre les lichens et les autres plantes notamment l'influence de la végétation des bryophytes et des plantes vasculaires qui modifie localement les conditions climatiques et substratiques, créant des microclimats et des microstations.

L'action des animaux et principalement de l'homme (facteurs anthropozoïques) se manifestant surtout mécaniquement : piétinement et fragmentation des thalles. (Ozenda ,1990).

#### **I.3.8.2. Facteurs abiotiques**

##### **I.3.8.2.1. Substrat**

Le substrat agit de deux façons, soit par des facteurs mécaniques et physiques tels que la dureté, l'hétérogénéité de la roche, la structure histologique et la porosité des écorces ; soit par des facteurs chimiques dont les principaux sont la réaction ionique et la teneur en matière azotée. ( Ozenda et Clauzade, 1970).

Les thalles peuvent être incorporés en totalité ou en partie au substrat et selon ce dernier on classe les lichens en :(Ozenda, 1990).

- ✓ Lichens **saxicoles** vivants sur substrat rocheux.
- ✓ Lichens **corticoles** vivants sur l'écorce des arbres.
- ✓ Lichens **épiphyll** vivants sur les feuilles persistantes.
- ✓ Lichens **lignicoles** vivants sur le bois mort
- ✓ Lichens **terricoles** vivants sur l'humus ou la terre.

##### **I.3.8.2.2. Eau**

L'eau est un facteur très important et joue un rôle capital dans la répartition des lichens, notamment parce que le degré d'hydratation du thalle conditionne les fonctions vitales. Ainsi, un même lichen peut passer très rapidement de l'état de vie active à celui de vie ralentie suivant les variations de son hydratation. C'est ce phénomène de reviviscence qui lui permet la colonisation de milieux à sécheresse temporaire et qui est un mécanisme d'adaptation à une

dessiccation plus ou moins longue. A l'état sec, ils sont en vie ralentie et leurs échanges gazeux sont pratiquement impossibles à déceler mais, dès qu'ils sont humidifiés, la photosynthèse et la respiration augmentent très rapidement. Les lichens sont mieux adaptés à l'humidité qu'aux sécheresses prolongées.

### **I.3.8.2.3. Lumière**

Les lichens sont pratiquement des organismes héliophiles.

### **I.3.8.2.4 . Température**

La résistance des lichens aux températures extrêmes est tout à fait remarquable. **(Ozenda ,1990).**

### **I.3.8.2.5. Vent**

Son action physiologique est indirecte et agit par le biais d'une augmentation de la vitesse de dessiccation des thalles **(Van Haluwyn et Lerond ,1993)**

### **I.3.8.2.6. Qualité de l'air**

L'altération de la qualité de l'air perturbe l'équilibre naturel de la flore lichénique..

## **I.3.9. Propriétés des lichens :**

L'association lichénique apporte des propriétés structurales et biologiques qu'on ne trouve pas chez l'un ou l'autre des partenaires :

- La dépendance plus ou moins grande des lichens vis-à-vis du substrat et qui dépendent alors étroitement des caractères physiques (dureté, porosité) ou chimiques (pH, teneur en calcium) de ce substrat. **(Hawksworth et Hill, 1984 ; Ozenda, 2000).**
- La reviviscence, qui permet la colonisation de milieux à sécheresse temporaire.
- La résistance aux basses températures, qui entraîne la richesse en lichens des montagnes et des régions nordiques.
- Les lichens sont dépourvus de système de contrôle des entrées et des sorties, ils n'ont pas de stomates pour contrôler les échanges avec l'atmosphère. **(Deruelle et Lallement, 1983).**

## **I.4. Usage des lichens**

Les lichens ont été utilisés depuis l'Antiquité comme plantes médicinales, et pour de multiples autres usages alimentaires ou artisanaux. Le principal intérêt des lichens en médecine est leur potentiel antibiotique. Ils sont également utilisés en homéopathie pour la fabrication de sirops et de pastilles **(Ozenda, et CLauzade ,1970).** Ils ont été employés comme nourriture

pour l'homme dans certaines régions (Japon, Canada) grâce à leur composition de macromolécules de lichénine dégradées en glucose au cours de la digestion. D'autres comme des fourrages. L'intérêt des huiles essentielles de certaines espèces de lichens sont utilisées pour la fabrication de parfums et de savons. Les lichens sont également connus pour la fabrication artisanale de teintures, et d'autres utilisations telles que la décoration de tables, la confection des maquettes et enfin leur usage en tant qu'indicateur des conditions du milieu reste leur principale utilisation notamment comme bio indicateur de la pollution atmosphérique en général et celle due aux métaux lourds en particulier. (Bauwens, 2003)

#### **I.5. Les mécanismes d'accumulation des métaux lourds par les lichens sont :**

##### **❖ Le piégeage particulaire**

Les particules atmosphériques riches en éléments traces sont souvent insolubles. De ce fait, l'accumulation s'effectue directement à l'intérieur de la matrice biologique (au niveau de la médulle centrale de lichens). À titre d'exemple, la structure en réseaux chez *Xanthoria parietina* présente 18 % d'espace libre (Collins et Farrar, 1978).

##### **❖ L'adsorption extracellulaire**

Le principal mécanisme d'accumulation métallique par les lichens constitue l'adsorption, c'est la fixation de surface par des liaisons chimiques plus ou moins fortes au niveau extracellulaire (Nieboer *et al.* 1978), Ce processus passif met en jeu l'échange extracellulaire entre cations, ces derniers ayant pu être solubilisés depuis des particules. (Ekmekyapar *et al.*, 2006)

##### **❖ L'adsorption intracellulaire**

À l'instar des éléments majeurs indispensables pour les fonctions métaboliques comme K ou Ca, les éléments traces peuvent également être internalisés à l'intérieur des cellules. Ce mécanisme passif est cependant plus lent et moins intense que l'adsorption extracellulaire (Beckett et Brown, 1984).

##### **❖ La désorption**

Il s'agit soit de la compétition cationique et la solubilisation d'éléments solubles. (Richardson et Nieboer, 1981)

#### **I.6. Description de *Xanthoria parietina* :**

##### **I.6.1. Morphologie de *Xanthoria parietina* :**

*Xanthoria parietina* est un lichen foliacé qui montre une structure nettement stratifiée, jaune à grands lobes à apothécies. Le thalle forme des rosettes jusqu'à 10 cm de diamètre à

lobes allant de 1 mm à 5 mm de large. Ces derniers sont plats et légèrement concaves, apprimés et se recouvrant plus ou moins partiellement aux extrémités élargies et arrondies. La face supérieure est lisse à plissée de couleur jaune orangée, jaune d'or à vert jaunâtre (aux teintes verdâtre à grises dans les endroits ombragés et exposés au nord). Tandis que la face inférieure est blanchâtre à rares rhizines simples et claires. Les apothécies sont presque toujours présentes, situées au milieu du thalle, sessiles à courtement stipitées avec un rebord thallin net et disque plus sombre (orangé). (Kirschbaum et Wirth, 1997).

**I.6.2. Systématique de *Xanthoria parietina* d'après Ozenda et Clauzade (1970)**

- Classe : Ascolichens.  
Sous classe II : Discolichens.  
Ordre : Cyclocarpales.  
Sous ordre : Caloplacinées.  
Famille : Caloplacacées.  
Genre : *Xanthoria*.  
Espèce : *Xanthoria parietina*



**Figure 3.a :** *Xanthoria parietina* développé(2015)



**Figure 3.b:** *Xanthoria parietina* au cours de développement(2015)

Notre zone d'étude dans le présent travail est la commune de Meftah située dans la Wilaya de BLIDA que nous avons tenté de comparer avec une zone de référence « Parc National de Tikjda », située dans la Wilaya de BOUIRA.

Nous avons réalisé nos sorties sur le terrain durant les mois : mai , juin, et août de l'année en cours.

Notre partie expérimentale a été réalisée au niveau du laboratoire du département de l'environnement du Centre de Recherche et Développement( CRD). SONATARCH. Situé dans la Wilaya de BOUMERDES durant une période d'un mois.

### **I.7.1. Présentation de la zone d'étude : (la commune de Meftah)**

#### **I.7.1.1.Localisation**

La commune de Meftah située à environ 40 km à l'Est pat de la wilaya de Blida, et à 27 km au Sud-Ouest d'Alger est limitée à l'Est par la Su commune de l'Arabaa, et au Sud par la commune de Djbabra.

La commune de Meftah occupe une superficie totale de 46.46 km<sup>2</sup> soit 4646 ha. **(Tidjani, 1991)**

comprises entre les latitudes Nord 36°37'30' et les longitudes Est 3°15'00'.( Fig.4)

Nous avons choisi la commune de Meftah car elle renferme plusieurs industries polluantes accompagnées d'un trafic routier intense en plus de l'action anthropique .



**Figure 4 :** Carte de localisation de la zone d'étude Meftah.

### I.7.1.2. Couvert végétal

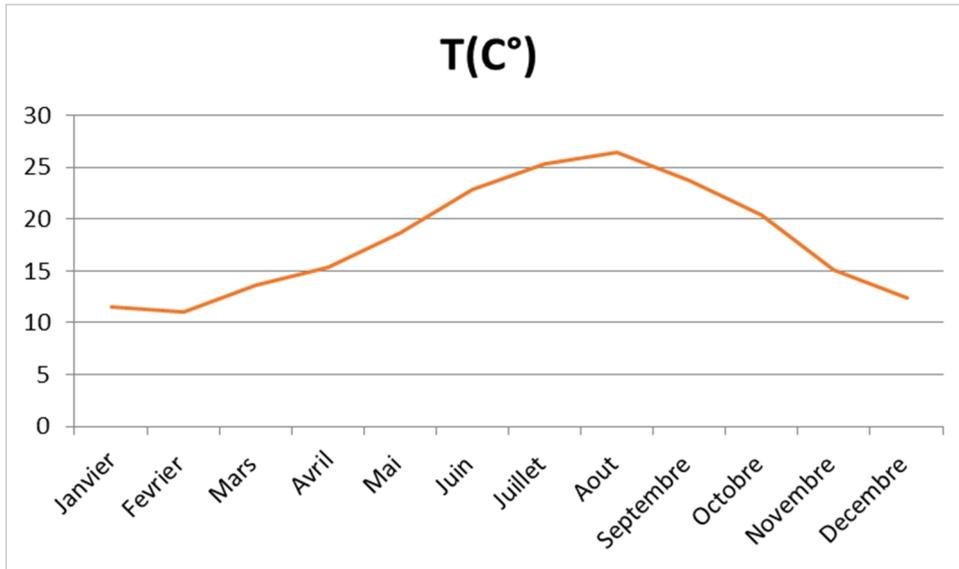
Les différentes cultures observées sur le terrain sont principalement des Cultures maraichères, l'eucalyptus (*Eucalyptus citroodora*), les Pins (*Pinus longifolia*, *Pinus pinea*), les cupressacées (*Thuja orientalis*, *Tetraclinic articulata*), la Céréaliculture : blé dur (*Triticum durum*), les arbres fruitiers tel que le figuier (*Ficus carica*), le grenadier (*Punica granatum*), le citronnier (*Citrus limon*), l'oranger (*Citrus siensis*) et le caroubier. (Tidjani, 1991)

### I.7.1.3. Données climatiques

Les données climatiques de notre zone d'étude nous ont été fournies par l'Office National de la Météorologie (ONM) de Dar El-Beïda .Alger

#### I.7.1.3.1.La température

Les données sur la température moyenne pour la région d'étude au cours de la période 1995-2005 sont consignées dans le graphe (fig.5)

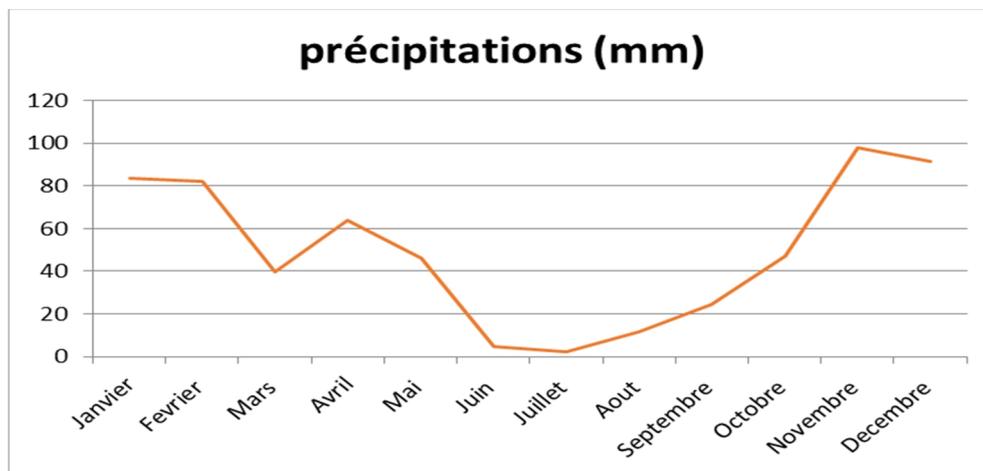


**Figure 5** : Températures moyennes mensuelles de la région de Meftah durant la période 1995-2005.

La commune de Meftah est caractérisée par une température moyenne annuelle de 18.1 °C, avec de fortes variations saisonnières. Les températures les plus élevées sont enregistrées principalement au mois le plus chaud (août) avec une moyenne mensuelle de 26.5°C et les températures les plus basses durant le mois le plus froid (février) avec une moyenne mensuelle de 11.1°C.

#### I.7.1.3.2. Les précipitations :

Le régime des précipitations dans la région d'étude est consigné dans la figure 6

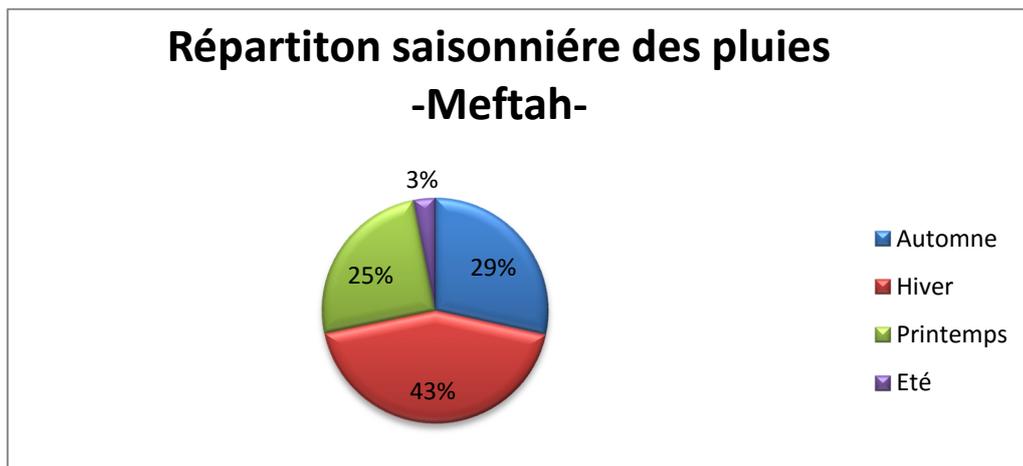


**Figure 6** : Précipitations moyennes mensuelles de la région de Meftah durant la période 1995 - 2005.

Le total des précipitations annuelles dans la région de Meftah est assez élevé (595.1mm). Il ressort de la figure 6 une fluctuation remarquable avec un maximum de pluviométrie enregistré durant le mois de novembre (98.0 mm) et un minimum durant le mois le plus sec (juillet) avec de 2.1 mm.

#### **II.1.3.2.1. Répartition saisonnière des précipitations:**

L'étude du régime saisonnier donne une indication sur la répartition des pluies suivant les quatre saisons de l'année (Djellouli, 1981). La figure 7 montre la répartition saisonnière des précipitations:

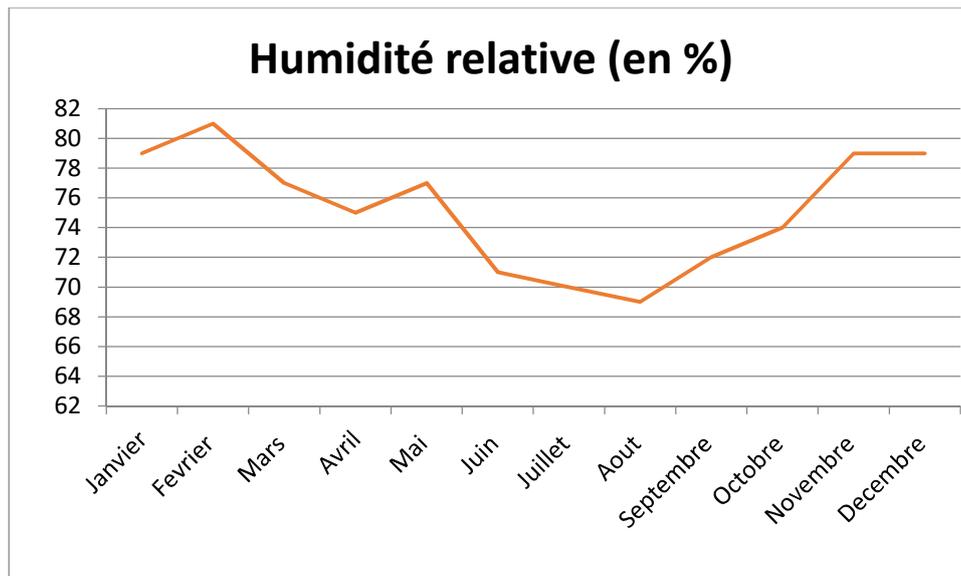


**Figure7 :** Répartition saisonnière des pluies pour la commune de Meftah

La saison hivernale est la plus pluvieuse avec une moyenne de 258 mm, soit autour de 43% du total annuel. L'automne et le printemps, se caractérisent par une pluviométrie allant de 56,56 mm à 49.93 mm soit de 29% à 25% des pluies totales annuelles. En été, la pluviométrie est faible, ne dépassant pas 18.6 mm, soit de 3% du total des pluies.

#### **I.7.1.3.3. L'humidité relative :**

Les données caractérisant l'humidité relative de l'air de la région de Meftah au cours de la période allant de 1995 à 2005 sont reportées sur la figure 8.

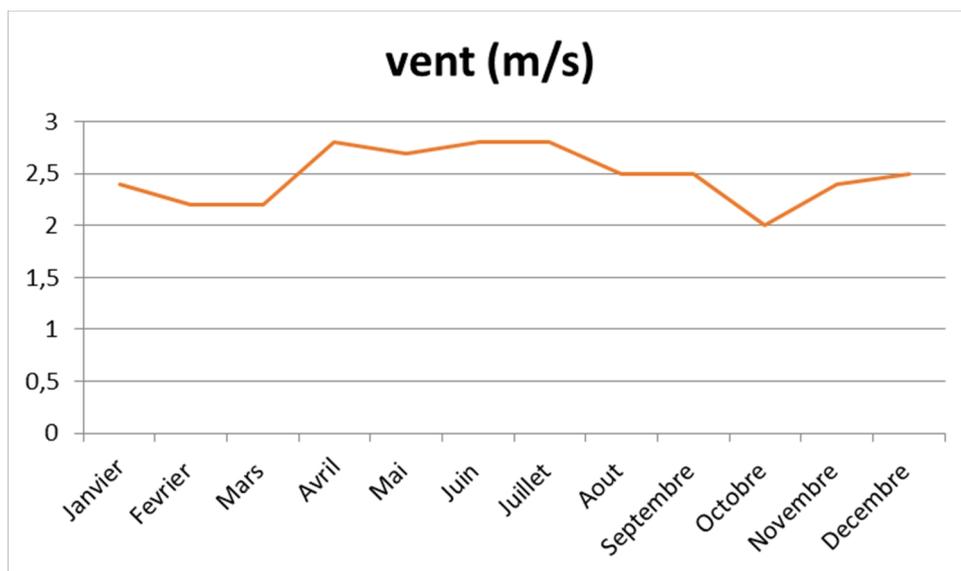


**Figure 8 :** l'humidité moyenne mensuelle de la région de Meftah durant la période 1995 – 2005.

L'humidité annuelle dans la région de Meftah est presque constante avec des valeurs convergentes. Le mois de février étant le mois le plus humide avec 81% par contre le taux d'humidité le plus faible est noté au mois d'août avec 69%.

#### I.7.1.3.4. Le vent :

Les données sur la vitesse moyenne du vent pour la région d'étude au cours de la période 1995-2005 sont consignées dans la figure 9



**Figure 9 :** Vitesse moyenne mensuelle du vent de la région de Meftah durant la période 1995 – 2005

La vitesse maximale du vent a été enregistrée au cours des trois mois (Avril, Juin et Juillet) avec une moyenne de 2.8 m/s. Par contre, la minimale a été relevée au mois d'octobre 2,0m/s.

#### I.7.1.3.5. Diagramme pluviométrique (Diagramme de BAGNOULS et GAUSSEN, 1953)

On remarque d'après la (figure.10) que le climat est caractérisé par deux périodes l'une sèche et chaude qui dure 5 mois, et s'étale du mois de mai jusqu'au septembre. L'autre humide et froide qui dure près de 7 mois, Elle s'étend du mois de septembre au mois de mai.

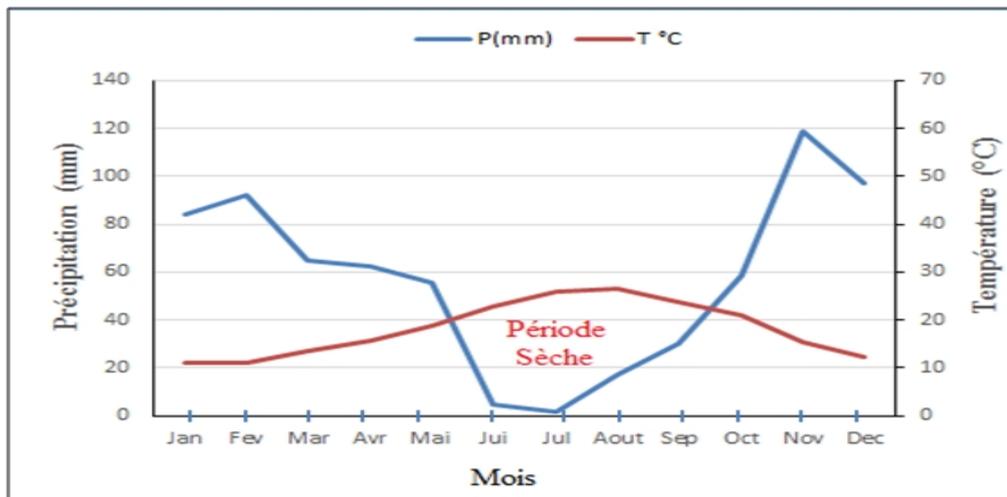


Figure 10: Le diagramme de la saison sèche

#### I.7.1.3.6. Le quotient pluviothermique d'EMBERGER (1954) :

EMBERGER (1954) a proposé un indice appelé quotient pluviothermique (Q) spécifique au climat méditerranéen :

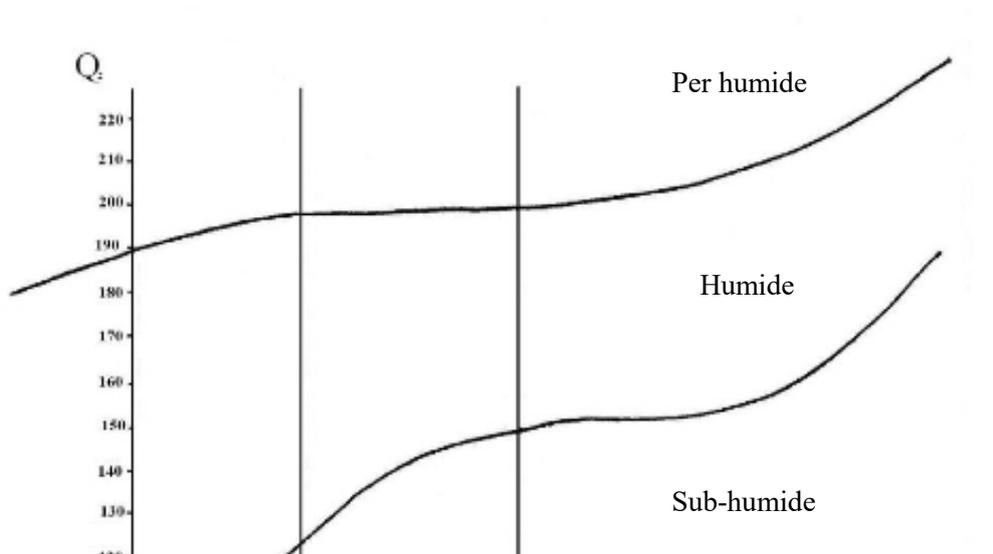
$$Q = 2000 * P / (M^2 - m^2)$$

**P** : pluviométrie moyenne annuelle (mm).

**M** : température maximale moyenne annuelle en degrés absolus (°K).

**m** : température minimale moyenne annuelle en degrés absolus (°K).

A partir du quotient pluviothermique d'EMBERGER (1954), il est facile de classer la commune de Meftah sur le climagramme d'EMBERGER pour déduire l'étage bioclimatique auquel elle appartient. (Figure 11)



**Figre11** : Emplacement de la commune de Meftah sur le climagramme d'Emberger (1954)

La station de meftah appartient à l'étage bioclimatique **sub-humide à hiver tempéré**.

**I.7.2. Zone de référence : (Parc national de Tikjda)**

Tikjda, appartient au versant Sud du Djurdjura, commune d'El Esnam, Wilaya de Bouira , à 32 km à l'Est du chef-lieu de wilaya, à environ 1 500 m d'altitude.



**figure12** : photo du Parc National de Tikjda (2015)

**I.7.2.1. Données climatiques de Tikjda:**

**I.7.2.1.1. Précipitations**

Les précipitations sont de l'ordre de 800mm à 1500mm. La totalité du volume étant reçu de décembre à avril. La neige est souvent fréquente dans la zone.

**I.7.2.1.2. Températures**

La moyenne annuelle des températures avoisine les 15°C. Les minimums étant relevés en décembre-janvier (0°-5°). Les maximums étant observés en juillet-août (21°- 24°). Nous notons, cependant, que la période de gel peut atteindre 30 à 60 jours.

### **I.7.2.1.3.Vents**

D'une manière générale, deux vents dominants sont en présence dans le versant Sud du Djurdjura, d'orientation Ouest et Sud-Ouest. Le premier souffle en automne et en hiver, il est porteur d'humidité et de neige. Le second, appelé communément Sirocco, souffle dès la fin du printemps et durant l'été accentuant ainsi le dessèchement du sol et l'évapotranspiration des végétaux.

En résumé, si l'on se réfère aux données de la station météorologique de Tikjda (1500 m d'altitude), située en position d'abri, rapportées dans le climagramme d'Emberger (1971), le versant Sud s'inscrit dans l'étage humide à hiver frais.

L'utilisation du diagramme pluviothermique de Bagnouls et Gausson (1953), la période sèche caractérisant les milieux méditerranéens se situe durant l'été, soit juin-août. Cette sécheresse estivale coïncide avec la période ventée de direction Sud. (**Benmouffok ,1994**)

## II.1. Présentation du maillage et choix des stations d'échantillonnage

Notre zone d'étude est située dans un quadrilatère de 34 km<sup>2</sup>, Il comprend principalement des sources de pollution (cimenterie, usine d'amiante, usine de brique et trafic routier) et des sites relativement éloignés des sources de pollution. (la ville de Meftah avec ses établissements et infrastructures ainsi que quelques champs cultivés).

Cette zone d'étude est subdivisée en une grille de 14 mailles, Les coordonnées de chaque maille sont précisées par un nombre en abscisse et par une lettre en ordonnée. Les sites étaient numérotés de 1 à 4. Chaque site comprend plusieurs mailles. Chaque maille peut contenir une à plusieurs stations d'échantillonnage. De manière générale, le choix des stations est conditionné par les facteurs écologiques (abondance de phorophytes et homogénéité des formations végétales). Au cours de la réalisation de ce travail, nous avons considéré un système écologique cohérent tenant compte des stations, par des arbres d'alignement, ou arbres isolés et accessoirement par les vergers d'agrumes et les arbres de quelques parcs urbains. Le site 1 est celui qui est le plus exposé aux divers polluants émanés de site industriel, Par contre le site 4 est le moins exposé à la pollution des sites industriels et urbanisés (la ville de Meftah)

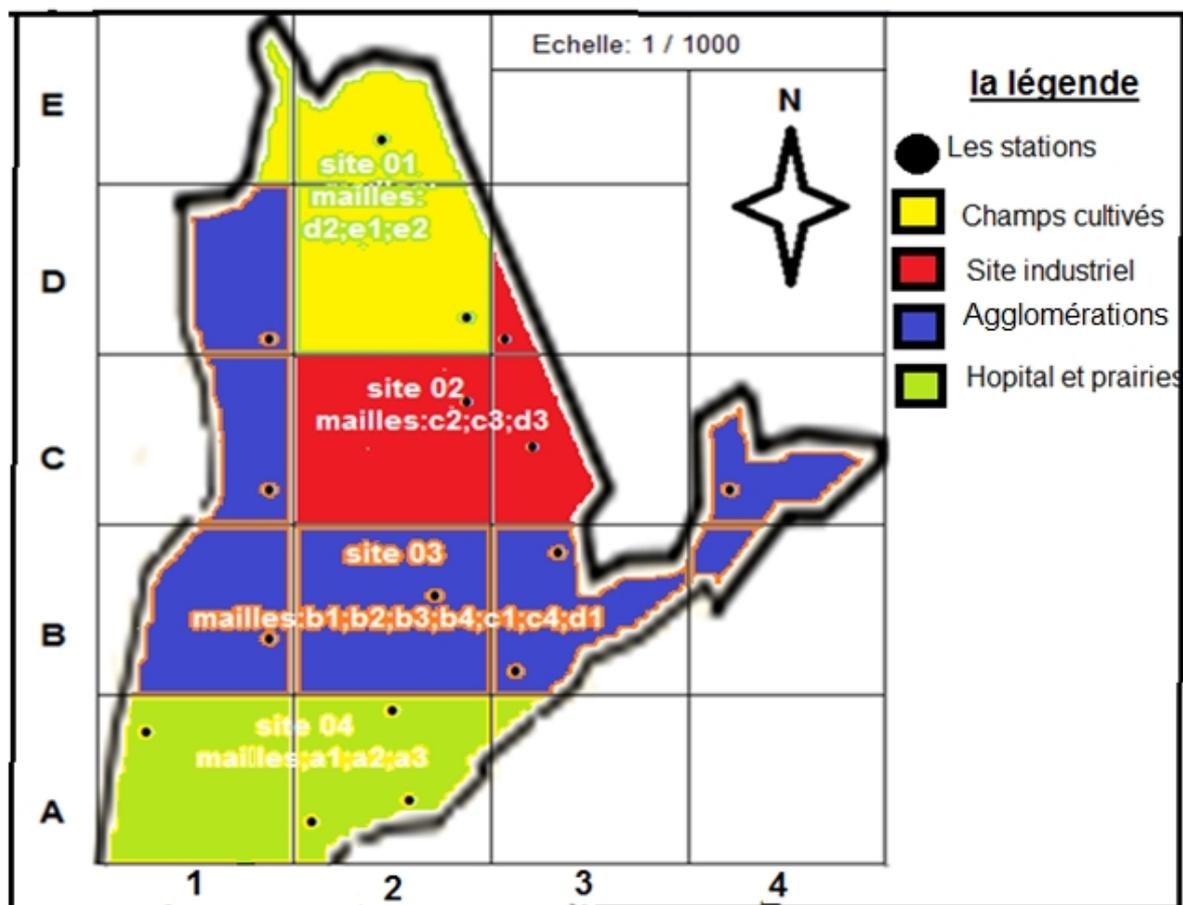


Figure 14 : localisation des stations dans les mailles

**Tableau II** : localisation des stations dans la zone d'étude

Site	Station	Dénomination	Exposition	Végétation dominante
Agglomérations	station1	Se localise au niveau de l'établissement scolaire (C.E.M el morabatine.)	N	<i>Morus nigra</i>
	station2	Se localise au niveau de l'établissement scolaire (lycée Ahmed el kafif )	E	<i>Morus nigra</i>
	station3	Se localise dans le jardin d'un citoyen en face de la cimenterie (douar d'ouled said)	S	<i>Fucus Carica</i>
	station4	Se localise dans un quartier situé à la sortie de la ville de Meftah vers l'Arabaa (Cité bargoug)	E	<i>Olea europaea</i>
	Station5	Se localise dans une petite forêt à Saf Saf	S-W	<i>Olea europaea</i>
	Station6	Rue Feniche Ahmed	N	<i>Punica granatum</i>
	Station7	Se localise dans un jardin privé à la sortie de la cité Traikia	N	<i>Fucus Carica</i>
	Station8	Se localise à Zayane	N	<i>Morus nigra.</i> <i>Fucus Carica</i> <i>Olea europaea</i>

## Partie II. Matériel et méthodes

	Station	Dénomination	Expositio n	Végétation dominante
Site industriel	Station 9	Se localise au sein de la Cimenterie	N	<i>Mimosa illuminera</i> <i>Morus nigra</i>
	Station 10	Se situe au sein de l'usine de brique ( elikhwa swakri)	N	<i>Fucus carica</i>
	Station 11	Se situe au sein de l'usine de l'amiante	N	<i>Morus nigra</i>
Les champs cultivés	Station 12	Se localise au bord de l'auto route(champ d'oranger)	S	<i>Citrus sinensis</i>
	Station 13	Se localise au bord de la route nationale (champ de citronnier)	E	<i>Citrus limon</i>
Hôpital et des prairies	Station 14	Se localise dans la place sidi hammad	N	<i>Olea europaea</i> <i>Mimosa illuminera</i> <i>Morus nigra</i>
	Station15	Se localise à proximité de la ville de djababra (champ d'olivier)	N	<i>Olea europaea</i>
	Station16	Se localise au niveau de l'établissement hospitalier	N	<i>Ceratonia siliqua</i>

Tableau III : localisation des stations dans la zone de référence

Station	localisation	exposition	Altitude	Essence
Station 1	Au bord de complexe hôtelier ( la huit)	N	1475m	<i>Cedrus atlantica</i>
Station 2	Situé au bord de la route qui liée entre El-Asnem et Haizer	W	1485m	<i>Quercus ilex</i>
Station 3	Au bord de chalet du Kef	E	1500m	<i>Cedrus atlantica</i>

Pour réaliser notre travail, plusieurs sorties de prospection sur le terrain ont été réalisées afin de choisir les sites à échantillonner. Il s'agit des différents espaces verts de la commune de Meftah en plus du parc national de tikjda qui servira de station témoin. Le prélèvement des échantillons a été fait sur des troncs d'arbre au niveau de 16 stations au niveau de la commune de Meftah en plus des 3 sites de la station de référence du parc national de tikjda . Pour chaque observation c'est à dire relevé de lichens, et après avoir choisi les 6 arbres ou la végétation est homogène (mêmes espèces de préférence), nous notons les coordonnées situationnelles (latitude, longitude, altitude et exposition).

La récolte des Lichens est relativement aisée, d'abord parce qu'ils sont largement présents en toutes saisons dans la plupart des milieux naturels, et aussi parce que leur conservation ne présente pas les mêmes difficultés que celle des autres matériaux biologiques. (AIT HAMMOU Mohamed, et al. 2013)

Pour des raisons évidentes, éviter d'abîmer l'écorce des arbres, et en particulier d'atteindre les tissus vivants du liber. Lorsque le lichen forme une rosette qu'il n'est pas possible de récolter en entier, il importe de prélever des fragments périphériques et centraux du thalle, on note éventuellement la taille de la rosette (SERUSIAUX et al, 2004).

## II.2.Méthode de prélèvement

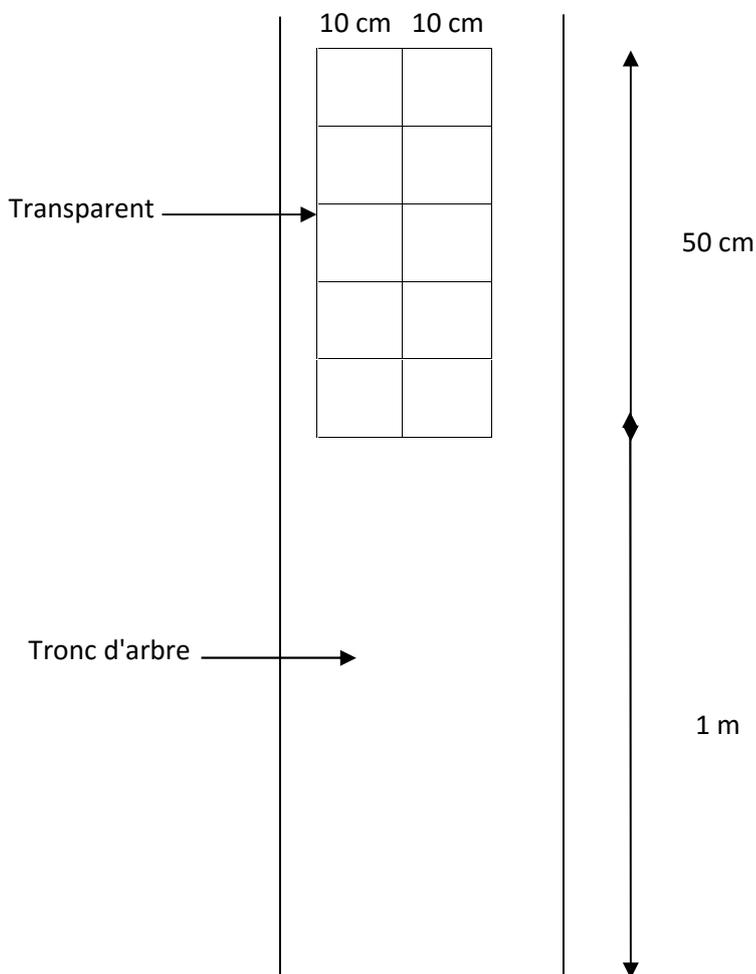
L'échantillonnage est simple à réaliser, il faut se munir du matériel nécessaire

- Une loupe, pour l'observation des lichens de petits thalles, peu visibles à l'œil nu.
- Un appareil photo.

- Un cutter pour la récolte des espèces.
- Une grille de 50x20 cm en plastique transparent.
- Des enveloppes pour conserver les échantillons récoltés.
- Un guide pour la reconnaissance des espèces lichéniques .
- Fiche de relevé lichénique.

### II.2.1.Surface des relevés

Nous avons préparé une grille de comptage (20 cm x 50 cm) à l'aide d'un transparent de rétroprojecteur, sur lequel nous avons tracé 10 cases de (10 cm x 10 cm).



**Figure 15** : le transparent de relevé sur le tronc d'arbre

#### II.2.1.1. Réalisation des relevés

- Nous avons placé le transparent sur le tronc à une hauteur de 1m de sa base à l'endroit où il y a le plus de lichens sur la face exposée à l'une de source de pollution ;

- Etablir la liste des espèces présentes dans chaque carré de la grille (indiquer les lichens non identifiés par une lettre. Ex : espèce X) ;
- Indiquer le nombre de case dans lesquelles ces espèces sont présentes,
- La récolte des lichens se fait à l'aide d'un cutter et sont transportés ensuite dans des enveloppes pour l'identification au niveau du laboratoire ;
- Refaire la même opération sur chaque arbre de la station ;
- Remplir la fiche station en calculant la fréquence de chaque espèce et l'indice de qualité de l'air pour la station ;
- Les lichens doivent être soigneusement triés, emballés et étiquetés, pour éviter qu'ils ne se détériorent par frottement mutuel dans le sac, qu'ils ne soient pas salis par des débris de terre et que les plus petits d'entre eux ne se perdent (**Clauzade et Ozenda, 1970**).
- Il est pratique d'utiliser de bonnes enveloppes en papier pour assurer le transport du matériel et leur conservation jusqu'à leur classement définitif, après détermination. Chaque enveloppe doit porter un numéro de récolte, la commune, le lieu de récolte, les coordonnées géographiques, l'habitat précis et la date de récolte.
- Il est utile de préparer des fiches de relevés lichéniques de terrain (espèces trouvées, site, exposition, date de récolte)

### **II.2.2. Détermination et identification des lichens**

Le principal critère d'identification des lichens est : le type de thalle : caractère qui permet de placer le lichen dans l'un des 7 types morphologiques suivants : lépreux, crustacé, squamuleux, foliacé, fruticuleux, composite ou gélatineux.

**Tableau IV:** Critères d'identification des lichens (**Ait Hammou et al., 2013**)

Les critères d'identification		
La couleur du thalle	Jaune, orangé, vert, vert bleu, brun.....	
La forme		
la couleur et la localisation des divers organes portés par le thalle	organes non reproducteurs	Organes reproducteurs
	poils, cils, fibrilles, rhizines, papilles, pseudocyphelles.	soralies, isidies, apothécies ou périthèces

Les caractères microscopiques de l'appareil reproducteur	apothécies (lécidéine, lécanorine, lirelline...), périthèces, asques, paraphyses, spores.
des tests chimiques avec certains réactifs	l'eau, l'hypochlorite de sodium (noté C), potasse KOH (notée K), acide nitrique (noté N), Paraphénylène diamine (p), iode(noté i)

• **Test chimique:**

Pour identifier des espèces lichéniques par les réactifs chimiques nous avons besoin de trois réactifs principaux à savoir l'Iode, la potasse(KOH) et l'eau de Javel.

Pour ce faire, nous mettons sur chaque espèce à identifier une goutte de chaque réactif dont le changement de couleur du réactif se voit clairement à la loupe binoculaire et permet d'identifier facilement l'espèce lichénique en utilisant les guides des lichens.

Nous avons utilisés principalement les clés de détermination suivantes :

- J-C MASSON - IFE - avril 2014, marcel
- Vaillaud (la garrigue des lichens.2011)
- Ozenda et Clauzade (1970). " Les lichens, Etude biologique et flore illustrée. "
- Clauzade et Roux (1985). " Likenoj de Okcidenta Europo ilustrita determinlibro."

Les réactions colorées des thalles des espèces échantillonnées en présence des réactifs sont regroupées Dans le tableau V

**Tableau V:** réactions colorées sur des thalles lichéniques vis-à-vis des différents réactifs.

Code	Réactives		
	KOH (K)	Eau de javel(C)	L'iode
<b>E1</b>	<b>K+rouge</b>	<b>c-</b>	<b>-</b>
<b>E2</b>	<b>K-</b>	<b>c+</b>	<b>-</b>
<b>E3</b>	<i>K+jaune</i>	<i>c+</i>	<b>-</b>
<b>E4</b>	<b>-</b>	<i>c-</i>	<i>I+ Bleu très claire</i>
<b>E5</b>	<i>K+très jaune</i>	<i>c-</i>	<b>-</b>

<b>E6</b>	<i>K+jaunâtre</i>	<i>c-</i>	-
<b>E7</b>	-	<i>c+ rouge</i>	-
<b>E8</b>	<i>K+ jaune</i>	<i>c+ rouge</i>	-
<b>E9</b>	-	<i>c-</i>	-
<b>E10</b>	-	<i>c -</i>	-
<b>E11</b>	<i>k-</i>	-	-
<b>E12</b>	<i>K+ jaune</i>	<i>c-</i>	-
<b>E13</b>	<i>K+ jaune</i>	<i>c-</i>	-
<b>E14</b>	<i>K+ jaune</i>	-	-
<b>E15</b>	<i>K+ jaune</i>	<i>c-</i>	-
<b>E16</b>	-	<i>c+ orange</i>	-
<b>E17</b>	<i>k-</i>	<i>c-</i>	-
<b>E18</b>	<i>K+ rouge</i>	<i>c-</i>	-

+ : présence de la réaction, - : absence de la réaction

### II.2.3.Traitement des données

Une fois les espèces identifiées nous remplaçons au niveau de chaque fiche de relevé (fiche d'arbre) le code de l'espèce par le nom correspondant et nous regroupons les phorophytes de chaque maille afin de procéder au calcul de l'IQA et l'IPA

#### II.2.3.1.Calcul de l'Indice de la Qualité de l'Air (IQA)

- Calculez la fréquence moyenne de chaque espèce de lichens pour les 6 arbres
- Faire la somme des fréquences de chaque espèce (= **Indice de Qualité de l'Air ou I.Q.A.**)

Cet indice est reporté sur une échelle de l'évaluation de la pollution de l'air. Plus l'indice obtenu est élevé, plus la pollution atmosphérique est faible, donc plus l'air est de bon.

Tableau VI : Echelle d'évaluation de la qualité de l'air de KRSCHBAUM ET WIRTH (1970).

Indice de qualité de l'air	L'échelle de pollution
0	pollution extrêmement élevée
0-12.5	pollution très élevée
12.5-25	pollution élevée
25-37.5	pollution moyenne
37.5-50	pollution faible
50	pollution très faible

### II.2.3.2. Calcul de l'indice de pureté atmosphérique (IPA)

Cette méthode a été employée sous sa forme actuelle par **Leblanc et De Sloover (1970)**. Son principe consiste à explorer le plus grand nombre possible de stations sur toute la zone étudiée, de déterminer plusieurs critères quantitatifs (nombre total d'espèces, recouvrement et fréquence) et de calculer un indice qui sera reporté sur une carte (**Deruelle, 1978**).

$$I.P.A = 1/10 (\sum_{n_1} Q . F)$$

n : nombre d'espèces

Q : indice représentant le cortège floristique moyen

Q est calculé par la moyenne du nombre d'espèces accompagnant l'espèce retenue dans toutes les stations où elle est présente.

F : c'est le coefficient qui détermine visuellement la présence d'espèce.

1 : espèce très rare et à recouvrement très faible

2 : espèce très peu fréquente ou à faible recouvrement.

3 : espèce peu fréquente ou à recouvrement moyen.

4 : espèce fréquente ou à recouvrement très élevé sur quelques arbres.

5 : espèce très fréquente et à recouvrement très élevé sur la plupart des arbres.

Le produit Q.F est divisé par 10 pour réduire la valeur de l'I.P.A.,

Afin de pouvoir faire des comparaisons entre la qualité de l'air des différentes stations à partir des valeurs d'IPA, nous allons retenir les même classes d'IPA proposées par (Rahali, 2003) et utilisées par (Ghennam, 2011) qui donnent au total cinq(5) zones.

**Tableau VII:** tableau des zones d'isopollution et classes d'IPA d'après (Rahali ,2003) *In* (Ghennam ,2011).

<b>Zones</b>	<b>Classes des IPA</b>
<b>I.</b>	<b>(0-7)</b>
<b>II.</b>	<b>(7-14)</b>
<b>III.</b>	<b>(14-21)</b>
<b>IV.</b>	<b>(21-28)</b>
<b>V.</b>	<b>(28-35)</b>

Pour ce faire nous allons utiliser la charte graphique des couleurs selon Garrec et Van haluwyn (2002) avec les différentes classes d'IPA retrouvées que nous visualisera sur la zone d'étude Meftah.

**Tableau VIII:** Modalités de représentation graphique des cartes de qualité de l'air en couleur (Leger et Lerond, 1990 *In* Garrec et Van Haluwyn, 2002)

<b>Qualité de l'air</b>	<b>Classes de qualité de l'air</b>	<b>Cyan</b>	<b>Magenta</b>	<b>Noir</b>
Très bonne	<b>G</b>	<b>10%</b>	<b>2%</b>	
Bonne	<b>F</b>	<b>30%</b>	<b>6%</b>	
Moyenne	<b>E</b>	<b>40%</b>	<b>10%</b>	<b>5%</b>
Passable	<b>D</b>	<b>60%</b>	<b>10%</b>	<b>10%</b>
Médiocre	<b>A,B,C</b>	<b>80%</b>	<b>10%</b>	<b>20%</b>

### **II.3. Dosage des métaux lourds dans les lichens**

#### **II.3.1. Choix de l'espèce**

Le lichen choisi pour l'analyse est *Xanthoria parietina* pour son intérêt dans la bioaccumulation et son abondance. Son indice de toxicité est de 0.7, qualifié comme une espèce assez tolérante à la pollution atmosphérique, (Kirchbaum et Wirth, 1997). Il est également facile à détacher du substrat.

La récolte de l'espèce *Xanthoria parietina* a été effectuée sur 4 stations seulement qui sont l'usine d'amiante, le champ de citronnier, la cimenterie, et le Parc National de Tikjda

#### **II.3.2. Préparation des échantillons**

##### **II.3.2.1. Préparation de la poudre végétale**

Au laboratoire le matériel végétal frais est étalé sur un plateau dans une étuve à 60 C° jusqu'à stabilisation du poids. Il est ensuite broyé à l'aide d'un mortier, pesé par une balance analytique. La poudre végétale est ensuite conservée à l'abri de l'humidité dans des flacons en verre.

##### **II.3.2.2. Minéralisation :** (le protocole de CRD Sonatrach)

Cette technique consiste à faire réagir 1g de matière végétale sèche avec 5ml d'acide nitrique (HNO<sub>3</sub> à 65%) dans des creusets, puis les évaporer à sec sur un bain de sable à 120 C° Jusqu'à évaporation complète sous hotte.

Après refroidissement, le contenu récupéré par 5ml d'acide nitrique (HNO<sub>3</sub> à 65%) dans des fioles de jauge et ajusté à 100ml avec de l'eau distillée. 1 ml de chaque échantillon est transversé dans des tubes de dilution et complété jusqu'à 10ml par de l'eau distillée.

#### **II.3.3. Dosage des métaux lourds par spectrométrie par torche à plasma**

##### **II.3.3.1. Dosage par l'ICP : (Spectrométrie par torche à plasma )**

La spectrométrie par torche à plasma est une méthode physique d'analyse chimique permettant de doser la quasi-totalité des éléments simultanément.

Il utilise à cet effet les lignes directrices selon la norme ISO 11885 :2007 (deuxième édition)

- **Principe :**

Cette méthode consiste à mesurer l'émission de la lumière par une technique de spectroscopie optique. Les échantillons sont nébulisés et l'aérosol ainsi produit est transporté dans une torche à plasma où se produit l'excitation. Les spectres d'émission caractéristiques sont produits par un plasma à couplage inductif par

## Partie II. Matériel et méthodes

haute fréquence (ICP). Les spectres sont dispersés par un spectromètre à réseau et l'intensité des raies est évaluée par un détecteur. Les signaux du détecteur sont traités et contrôlé par un système informatique. Lors du dosage des éléments à l'état de traces, une correction appropriée de bruit de fond est utilisée pour compenser les variations des contributions du bruit de fond.

4 échantillons de lichens



Evaporation à sec sur un bain de sable



ajouter 5 ml d'acide nitrique  
à 65 %

Prise de 1 ml de chaque échantillon



Récupération par 5 ml d'acide nitrique à 65%



ajustement du volume jusqu'à 100ml  
par l'eau distillée

Ajustement du volume par l'eau distillée jusqu'à 10ml

**Analyse par l'ICP**

**Figure 16:** Protocole de dosage des métaux lourds dans les lichens

**II.3.4. Expression des résultats :**

**La concentration finale des métaux lourds dans les extraits de *Xanthoria parietina*** est calculée par la formule suivante :

$$\text{Concentration finale (mg/l)} = \frac{[C .E .lue \text{ (mg /l)} - C .b \text{ (mg/l)}] \times V \text{ de 1ere d} \times V \text{ de 2eme d}}{\text{poids d'échantillon (g)}}$$

### III.1. La diversité des phorophytes

Les espèces phorophytes sur les quels ont été récoltés les lichens sont regroupées dans le tableau IX ainsi que le nombre d'individus échantillonnés

**Tableau IX:** Les espèces phorophytes

N°	Noms des phorophytes	Nombre d'arbres échantillonnés par espèce	
1	<i>Morus nigra</i>	35	La zone d'étude (Meftah)
2	<i>Olea europaea</i>	18	
3	<i>Ficus carica</i>	18	
4	<i>Mimosa illuminera</i>	7	
5	<i>Ceratonia siliqua</i>	6	
6	<i>Citrus limon</i>	6	
7	<i>Citrus sinensis</i>	6	
8	<i>Cedrus atlantica</i>	12	La zone de référence(Tikjda)
9	<i>Quercus ilex</i>	6	

Les phorophytes échantillonnées dans la zone d'étude sont majoritairement représentées par le genre *Morus*, le genre *Olea*, genre *Ficus*.

Tandis que pour la zone de référence 2 genres seulement ont été concernés par l'échantillonnage à savoir le genre *Cedrus* et le genre *Quercus*

### III.2. Diversité des lichens

#### III.2.1. Identification des espèces

D'après les résultats des réactions colorées effectuées lors de la phase d'identification des espèces (tableau X) nous avons pu identifier au total 6 espèces qui reviennent régulièrement sur les écorces de 72 phorophytes échantillonnées dans la commune de Meftah , et 18 espèces ont été identifiées dans la région de Tikjda . Néanmoins il est à noter que certains espèces ont été facilement identifiées par leur morphologie (type de thalle, couleur de thalle et/ou les différents organes qu'il porte comme (*Xanthoria parietina*) et (*Lecanora dispersa*)

**Tableau X :** Les différents tests chimiques effectués pour la reconnaissance des taxons par station et par espèce

Code	Réactifs			Espèces identifiées
	KOH (K)	Eau de javel(C)	L'iode	
<b>E1</b>	<b>K+ rouge</b>	c-	-	<i>Xanthoria parietina</i>
<b>E2</b>	K-	c+	-	<i>Lecanora dispersa</i>
<b>E3</b>	K+jaune	c+	-	<i>Lecanora clarotera</i>
<b>E4</b>	-	c-	<i>I+ Bleu très claire</i>	<i>Lecanora conzanoide</i>
<b>E5</b>	K+très jaune	c-	-	<i>Physia adscendens</i>
<b>E6</b>	Jaunâtre	c-	-	<i>Permelia caperata</i>
<b>E7</b>	-	c+rouge	-	<i>Parmelia borrieri</i>
<b>E8</b>	K+ jaune	c+ rouge	-	<i>Parmelia subrudecta</i>
<b>E9</b>	-	c-	-	<i>Caloplaca herbidella</i>

<b>E10</b>	-	c-	-	<i>Amandinea punctata</i>
<b>E11</b>	k-	-	-	<i>Anaptychia ciliaris</i>
<b>E12</b>	K+ jaune	c-	-	<i>Evernia prunastri</i>
<b>E13</b>	K+ jaune	c-	-	<i>Pseudevernia furfuracea</i>
<b>E14</b>	K+jaune	c-	-	<i>Lecanora epibryon</i>
<b>E15</b>	K+ jaune	-	-	<i>Ramalina farinacea</i>
<b>E16</b>	-	c+ orange	-	<i>Lecidella elaeochroma</i>
<b>E17</b>	k-	c-	-	<i>Physconia distorta</i>
<b>E18</b>	K+ rouge	c-	-	<i>Xanthoria polycarpa</i>

### III.2.2. Recensement des espèces lichéniques

Les espèces lichéniques recensées à la commune de Meftah sont au nombre de six :

*Hypogymnia physodes, Lecanora chlarotera, Lecanora conizoeoides, Lecanora dispersa, Parmelia caperata, Xanthoria parietina*

Les espèces lichéniques dans le massif forestier du Parc National de Tikjda sont au nombre de 20 espèces inventoriées dont 18 seulement ont été identifiées. Il s'agit de :

*Amandinea punctata, Anaptychia ciliaris, Caloplaca herbidella, Evernia prunastri, Lecanora chlarotera, Lecanora conizoeoides, Lecanora dispersa, Lecanora epibryon, Lecidella elaeochroma, Parmelia borrieri, Parmelia caperata, Parmelia subrudecta, Physcia adscendens, Physconia distorta, Pseudevernia furfuracea, Ramalina farinacea, Xanthoria parietina, Xanthoria polycarpa.*

Pour les 2 espèces restantes nous avons réussi à déterminer uniquement le genre *Parmelia*.

### III.2.2.1. Spectre systématique

Les lichens recensés se répartissent dans 6 familles (fig.17)

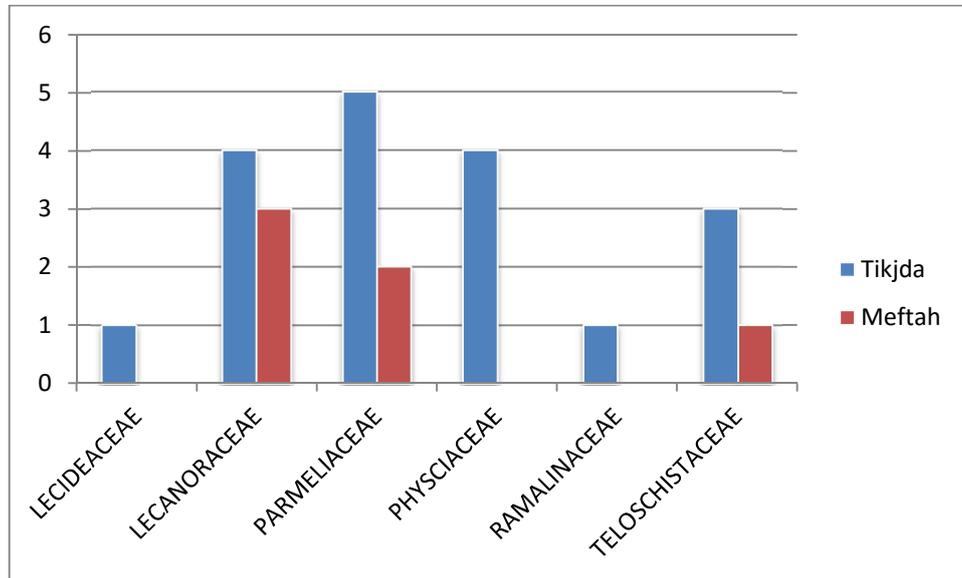


Figure 17. Spectre systématique des espèces lichéniques recensées à la commune de Meftah et Tikjda

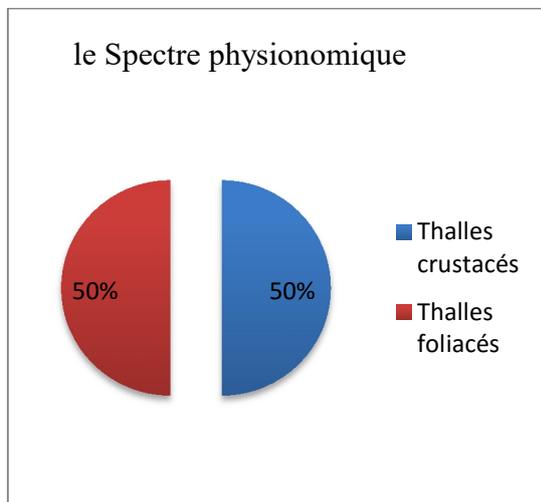
Le spectre systématique (Figure 18), montre une forte représentation de certaines familles, on remarque l'importance quantitative des Lecanoraceae pour les deux zones étudiées, avec 3 espèces (*Lecanora chlarotera*, *Lecanora conizoeoides*, *Lecanora dispersa*) pour la zone de Meftah contre 4 espèces (*Lecanora chlarotera*, *Lecanora conizoeoides*, *Lecanora dispersa*, *Lecanora epibryon*), pour la zone Tikjda. Une très faible représentation des Parmeliaceae 2 espèces (*Parmelia caperata*, *Hypogymnia physodes*), et des Teloschistaceae par une seule espèce (*Xanthoria parietina*) dans la zone d'étude contrairement à la zone de référence caractérisée par une présence relativement forte. des Parmeliaceae représentées par 5 espèces (*Evernia prunastri*, *Parmelia borrieri*, *Parmelia caperata*, *Parmelia subrudecta*, *Pseudevernia furfuracea*). et les Teloschistaceae par une faible représentation avec 2 espèces (*Xanthoria parietina*, *Xanthoria polycarpa*)

Pour le reste des familles, on enregistre une forte présence des Physciaceae avec 4 espèces (*Amandinea punctata*, *Anaptychia ciliaris*, *Physcia adscendens*, *Physconia distorta*), une très faible représentation pour les deux familles, les Lecideaceae (*Lecidella elaeochroma*), et les Ramalinaceae (*Ramalina farinacea*) avec une seule espèce dans la zone de référence.

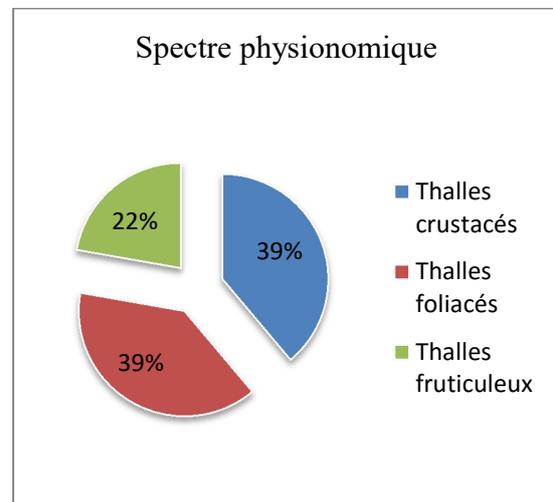
### III.2.2.2. Spectre physiologique

Nous avons distingué pour les espèces récoltées un certain nombre de types physiologiques en utilisant les termes de **Ozenda et Clauzade (1970)**, dont 2 ont été rencontrés dans la commune de Meftah et 3 dans le massif forestier du Parc National de Tikjda.

Le spectre physiologique des lichens recensés dans la commune de Meftah traduit une égalité des taux de répartition des lichens aux thalles crustacés et foliacés (50%).(Fig.18). Tandis que le spectre physiologique de Tikjda (fig.19) montre un fort pourcentage des thalles crustacés, des thalles foliacés (39%) et des thalles fruticuleux (22%).



**Figure 18. Spectre physiologique des lichens récoltés dans la commune de Meftah**



**Figure 19. Spectre physiologique des lichens récoltés dans le massif forestier Tikjda**

Nos résultats pour le spectre physiologique de la zone de Tikjda sont similaires à ceux de l'étude de la flore lichénique épiphyte du chêne vert de la forêt communale Guezoul de Tiaret menée par **Ait hammou et al (2013)** quant à la composition du spectre et l'ordre de fréquence des thalles. La dite étude a montré une prépondérance des lichens à thalles crustacés avec 63,41% suivi par les lichens à thalles foliacés avec 34,14%, les lichens à thalles fruticuleux sont les plus rares avec 2,43%. ceci et du au fait que les deux zones (Tikjda, et Guezoul) soient situées dans des écosystèmes similaires. Par apport au pollution des forêts.

### III.2.2.3. Détermination de la pollution a partir de .la présence des espèces

La diversité des espèces lichéniques, leur recouvrement peuvent s'expliquer par l'existence ou non d'une pollution, cependant il ne faut pas omettre le rôle des autres facteurs (climatiques et substratiques) ayant un rôle probant dans la répartition des lichens. (Semadi, 1983), (Rahali, 2002), (Roux et al., 2007).

Si nous prenons en considération la relation de la végétation lichénique et la pollution, nous remarquons que les espèces lichéniques sont réparties selon un gradient de pollution défini par la réduction du nombre d'espèces et la diminution du taux de recouvrement (*Fadel.et al*).

#### 1. la commune de Meftah

**Tableau XI :** Répartition de la flore lichénique selon le gradient de la pollution

<b>Localisation</b>	<b>Nombre d'espèces</b>	<b>Le taux de recouvrement (%)</b>	<b>La situation des sites</b>
<b>Site1</b> Des champs cultivés	2	00-5	Fortement polluée
<b>Site2</b> Des installations industrielles	2	00-5	Fortement polluée
<b>Site3</b> Agglomérations	4	5-10	Polluée
<b>Site4</b> Hôpital et prairies	4	5-10	Polluée

--	--	--	--

Selon la répartition spatiale, l'espèce la plus abondante dans la zone d'étude est « *Xanthoria parietina* », cette espèce est observée dans 10 sur 16 stations concernées par l'étude.

Ainsi nous avons constaté que tous les stations (1, 2, 3, 4) renferment très peu d'espèces (2 à 4) avec un taux de recouvrement très faible de 0 à 10%.

Les stations (2,3) sont fortement industrialisés et urbanisés, le site 1 est implanté dans la partie subcôtière non loin d'un site industriel et à proximité des axes routiers ainsi que le site 4, ils se trouvent dans la partie sud-ouest non loin d'un site urbanisé et d'un site industriel.

#### 2. Le massif de Tikjda

**Tableau XII** : Répartition de la flore lichénique selon le gradient de la pollution

Les Sites	Situation	Nombre d'espèces	Taux de recouvrement (%)
Station 2	Moyennement polluée	11	30
Station 3 (chalet du kef)	Peu polluée	11	31
Station 1 (la huit)	Non polluée	14	39

A partir de ce recensement, il est ressorti que six espèces (*Parmelia borrieri*, *Lecanora chlarotera*, *Lecanora epibryon*, *Physcia adscendens*, *Amandinea punctata*, *Xanthoria parietina*) sont pratiquement présentes dans les 3 stations étudiées. Ce sont les espèces les plus résistantes à la pollution. Selon la répartition spatiale, les espèces foliacées et crustacées sont abondantes et ont été observées dans toutes les zones concernées par l'étude.

#### III.2.2.4. Répartition et comparaison de la diversité lichénique en fonction de leur résistance à la pollution:

Les espèces retrouvées peuvent être aussi classées en fonction de leur résistance à la pollution de l'air en utilisant les échelles de résistance de pollution données par (Van haluwyn .1970).

### Chapitre III. Résultats et discussions

**Tableau XIII:** Répartition et comparaison des inventaires lichéniques entre la station de référence Tikjda et la station d'étude commune de Meftah selon la résistance des lichens à la pollution atmosphérique.

Les espèces de lichens	Tikjda	Meftah
<i>Amandinea punctata</i>	+	
<i>Anaptychia ciliaris</i>	+	
<i>Caloplaca herbidella</i>	+	
<i>Evernia prunastri</i>	+	
<i>Hypogymnia physodes</i>		+
<i>Lecanora chlarotera</i>	+	+
<i>Lecanora conizoeoides</i>	+	+
<i>Lecanora dispersa</i>	+	+
<i>Lecanora epibryon</i>	+	
<i>Lecidella elaeochroma</i>	+	
<i>parmilia borrieri</i>	+	
<i>Parmelia caperata</i>	+	
<i>Parmelia subrudecta</i>	+	
<i>physcia adscendens</i>	+	+
<i>Physconia distorta</i>	+	
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	+	
<i>Ramalina farinacea</i>	+	
<i>Xanthoria parietina</i>	+	+
<i>Xanthoria polycarpa</i>	+	

#### Sensibilité:

Rouge: très résistante

+: Espèce présente

Jaune: résistante

Orange: moyennement résistante

Vert: sensible

Bleu: très sensible

La commune de Meftah est caractérisée par la présence de trois espèces très résistantes : *Hypogymnia physodes*, *Lecanora conizoeoides* et *Xanthoria parietina*, deux espèces résistantes : *Lecanora dispersa*, *Lecanora chlarotera* et une seule espèce sensible : *Parmelia caperata*. Quant à la zone de référence Tikjda, elle est caractérisée par 18 espèces : quatre espèces très résistantes : , *Lecanora conizoeoides*, *Lecidella elaeochroma*, *Xanthoria parietina*, *Xanthoria polycarpa*, trois espèces résistantes : *Amandinea punctata*, *Lecanora chlarotera*, *Lecanora dispersa*, quatre espèces moyennement résistante : *Evernia prunastri*, *Lecanora epibryon*, *Physcia adscendens*, *Pseudevernia furfuracea*, deux espèces sensibles : *Parmelia caperata*, *Parmelia subrudecta* et cinq espèces très sensibles : *Anaptychia ciliaris*, *Caloplaca herbidella*, *Parmelia borrieri*, *Physconia distorta*, *Ramalina farinacea*.

On déduit par conséquent que la flore lichénique de la zone de référence est plus diversifiée que celle de la zone d'étude « commune de Meftah »

L'absence des espèces lichéniques sensibles à la pollution atmosphérique dans la commune de Meftah nous permet de déduire que la commune est polluée

Nous avons remarqué la présence de quelques espèces communes à savoir *Lecanora chlarotera*, *Lecanora conizoeoides*, *Lecanora dispersa* et *Xanthoria parietina*. dans les deux zones étudiées

Les lichens sont utilisés comme des bio-indicateurs et bio-intégrateurs performants dans la détection de la pollution atmosphérique. Les lichens ne possèdent pas des structures leur permettant de limiter les conséquences de la pollution atmosphérique, leur disparition est considérée comme un signe de pollution (Gilbert,1973)

#### III.3. Calcul de l'indice de la qualité de l'air (IQA) dans les stations échantillonnées

D'après la méthode allemande de Kirchbaum et Wirth (1997), nous avons pu calculer l'indice de la qualité de l'air et d'évaluer la pollution atmosphérique des sites étudiés (Tableau XVI) .

**Tableau XVI.** Indice de la qualité de l'air des stations étudiées

N° de station		Nom de la station	IQA	Pollution atmosphérique
Stations échantillonnées à Tikjda	1	La huit	53.83	Très faible
	3	Chalet du kef	30.48	Moyenne
	2	Station 2	19.97	Elevée
Stations échantillonnées à Meftah	14	Champ de citronnier	8	Très élevée
	15	Usine de brique	7.66	Très élevée
	2	Le champ d'olivier	7.32	Très élevée
	5	Cité es saf saf	6.83	Très élevée
	11	Douar Ouled Said	6.66	Très élevée
	3	L'hôpital de l' asthme	4.83	Très élevée
	1	Douar Sidi Hammad	4.16	Très élevée
	12	Zayane	3.83	Très élevée
	16	Champ d'oranger	3.16	Très élevée
	9	Unité d'amiante	2.5	Très élevée
	8	lycée ahmed El caïfe	2.5	Très élevée
	10	Cimenterie	1.5	Très élevée
	13	C.E.M El Mourabitin	0	Extremment élevée
4	Cité bargoug	0	Extremment élevée	
	6	Rue Feniche Ahmed	0	Extremment élevée
	7	Traikia	0	Extremment élevée

### Chapitre III. Résultats et discussions

Les valeurs de l'indice de la qualité de l'air pour la commune de Meftah sont faibles pour toutes les stations étudiées et varient de (0 à 8) ce qui signifie que la pollution est très élevée d'où la mauvaise qualité de l'air.

La valeur de l'indice de la qualité de l'air augmente de (19.97 à 53.83) et la pollution de l'air varie entre élevée et très faible pour la zone de référence, ce qui dit que plus on s'éloigne des milieux fréquentés par le public, plus la qualité de l'air devient bonne.

La pollution atmosphérique est estimée de "élevée" à "très faible" selon l'échelle d'évaluation de la qualité de l'air de **Kirchbaum et Wirth (1997)**. pour Tikjda.

#### III.4. Résultats de l'indice de pureté atmosphérique (IPA)

Les valeurs de l'indice de pureté atmosphérique de notre zone d'étude sont rassemblées dans le tableau (XVII). Les résultats obtenus respectivement pour les 4 sites qui regroupent 16 stations nous donnent une appréciation globale de la qualité de l'air de chaque maille.

**Tableau XVII:** Les valeurs d'IPA calculées

N°	Station	IPA	N°	Station	IPA	N°	Station	IPA	N°	Station	IPA
01	Sidi Hammad	0.92	05	es SafSaf petite forêt d'oliviers	1.03	09	Unité d'amiante	0.42	13	CEM	0
02	Champ d'olivier	1.31	06	Rue Ahmed feniche	0	10	Cimenterie	0.42	14	Champ de citronnier	0.56
03	L'hôpital de meftah	1.16	07	Trakia	0	11	Douar ouled said	0.77	15	Usine de brique	0.71
04	Cité Bargoug	0	08	Lycée el kafif Ahmed	0.39	12	Douar Zayane	0.57	16	Champ d'oranger	0.38

##### III.4.1. Analyse des valeurs IPA

Les résultats de l'indice de pureté atmosphérique nous renseignent de manière globale sur la qualité de l'air pour chacune des stations.

Toutes les stations ayant un IPA très faible (pauvres en espèces lichéniques) révèlent une mauvaise qualité de l'air.

Les valeurs des IPA les plus faibles (0-0.38) se rencontrent dans les stations des sites 1 et 3 qui se localisent respectivement à proximité d'autoroute Est-Ouest et à la périphérie du site industriel.

#### III.4.1.1. Interprétation des valeurs de l'IPA

Pour interpréter les observations faites à partir des valeurs de l'IPA nous avons pris en considération un certain nombre des facteurs à savoir : la distance par rapport à la source de pollution, le couvert végétal, le vent.

#### III.4.1.2. Représentation graphique des IPA

Nous avons établi une carte qui reflète la qualité de l'air dans les différentes stations des 4 sites étudiés qui regroupent les 14 mailles. Nous nous sommes basées pour ce fait, d'une part sur les résultats de calcul de la valeur de l'indice de pureté atmosphérique et d'autre part, sur l'établissement d'une échelle de classes de cet indice, cette échelle a été proposée par **Rahali (2003)** et utilisée par **Ghennam (2011)**.

A partir de ces classes, nous avons réalisé un zonage allant de I à V, en répartissant l'IPA calculés dans ces classes. Nous avons constaté que toutes les stations étudiées se trouvent dans une seule et même classe donc une seule zone. (tableau XVIII)

**Tableau XVIII** : Nombre de stations par classe d'IPA et par zone

Zones	Classe des IPA	Nombres des stations
I.	(0-7)	16
II.	(7-14)	0
III.	(14-21)	0
IV.	(21-28)	0
V.	(28-35)	0

Nous avons constaté que les 16 stations étudiées et échantillonnées dans la commune de Meftah) sont classées dans la zone I. Pour visualiser cette classe d'IPA sur les mailles, nous avons utilisé la charte graphique des couleurs de (**Leger et Leronnd, 1999 in Garrec et Van Haluwyn, 2002**).

Nous avons attribué la couleur rouge foncée à toutes les stations, puisqu'elles appartiennent toutes à la classe des IPA compris entre 0 et 7 (zone 1) ce qui indique que ces stations sont fortement polluées.

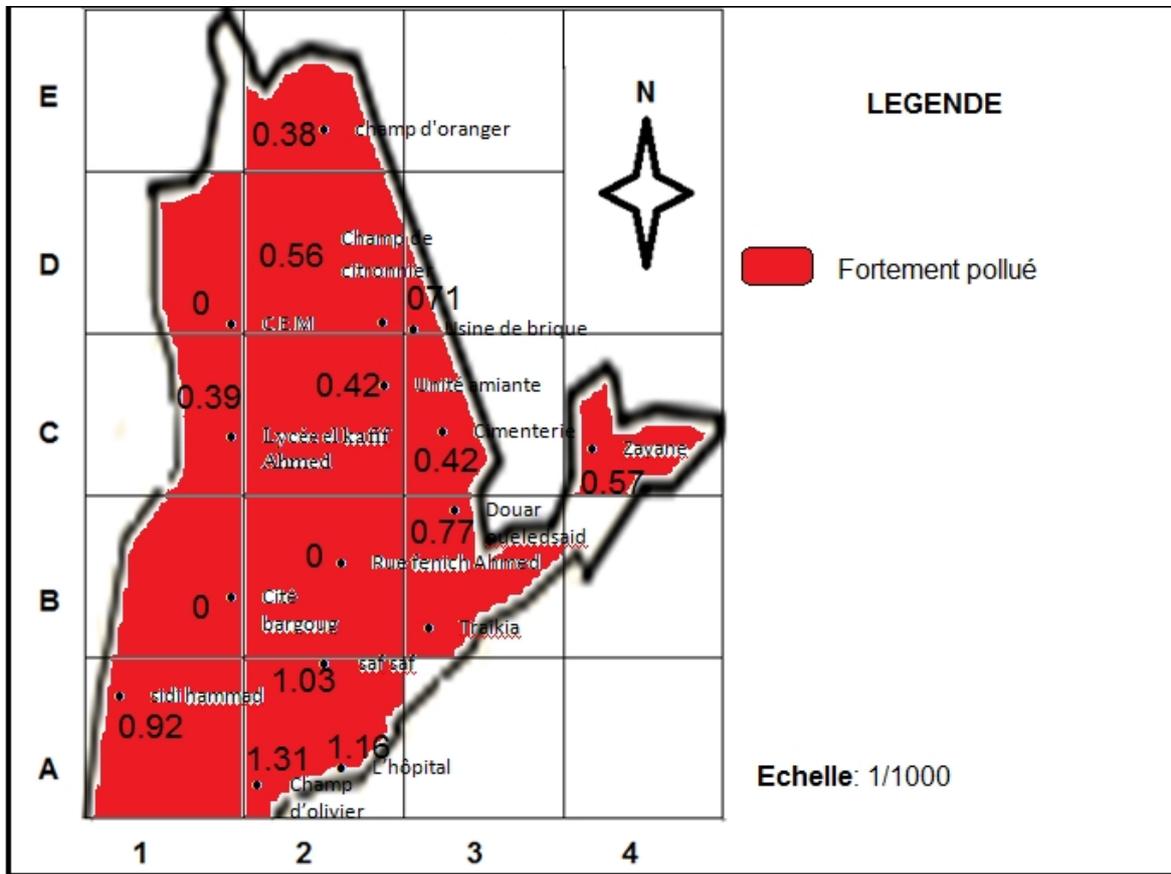
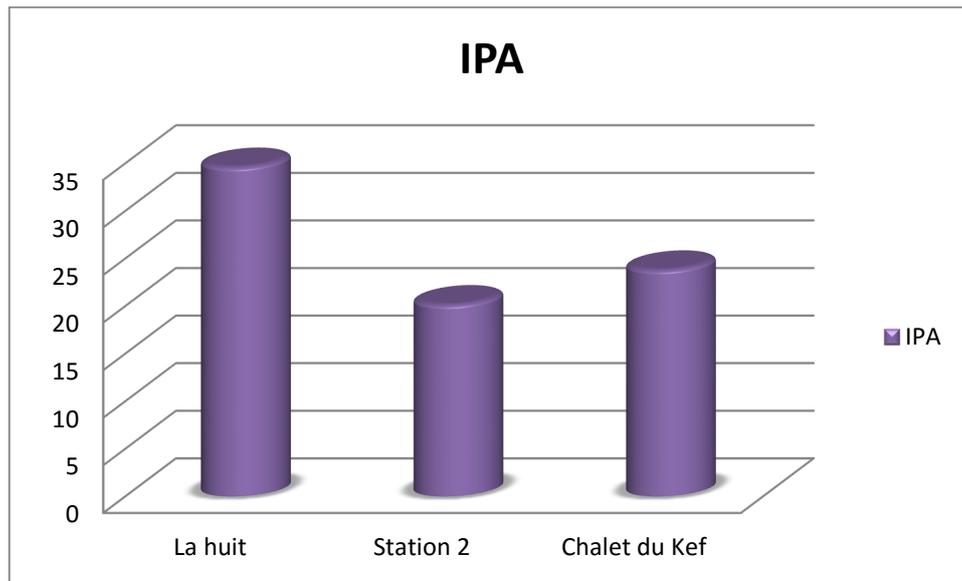


Figure 20 : Carte de la qualité de l'air de la commune de Meftah

#### III.4.2. Calcul de l'indice de la pureté de l'air (IPA) des stations échantillonnées à Tikjda :

Les valeurs d'IPA obtenues pour les trois stations échantillonnées sont représentées sur la figure(21).



**Figure 21** : Les valeurs de l'IPA pour les trois stations échantillonnées à Tikjda

Les valeurs de l'IPA sont élevées pour les trois stations. La valeur la plus importante a été trouvée dans la station 1 (la huit)(IPA=34.6), suivie par la station 3 (chalet du Kef)(IPA=23.8) puis la station 2 (IPA=20.15).

Nos résultats sont similaires à ceux de l'étude d '**Udeni Jayal et al.,2014** en Corée du Sud quant la valeur de l'IPA la plus élevée qui a été enregistrée dans la forêt de Quercus (53.93) ,suivie par la forêt de feuillus (30,98), et des faibles valeurs dans les sites de la ville centre très perturbés (0,68) et (0,58).

Outre les valeurs de l'IPA, les valeurs de la diversité lichénique sont corrélées . Cela indique que les valeurs les plus élevées de l'IPA correspondent toujours à une bonne qualité de l'air dans un endroit particulier (**Udeni Jayal et al.,2014**).

Les résultats obtenus pour l'IPA dans notre présente étude sont similaires à ceux de **LeBlanc et al., (1974)** et **Attanayake et Wijerathne (2013)**. (*In Udeni Jayal et al.,2014*)

l'IPA est d'après (**Krick et Loppi 2002 ; Gombert et al., 2004**) un bon indicateur du niveau de la pollution atmosphérique, en particulier pour surveiller les effets des polluants atmosphériques sur les organismes vivants.

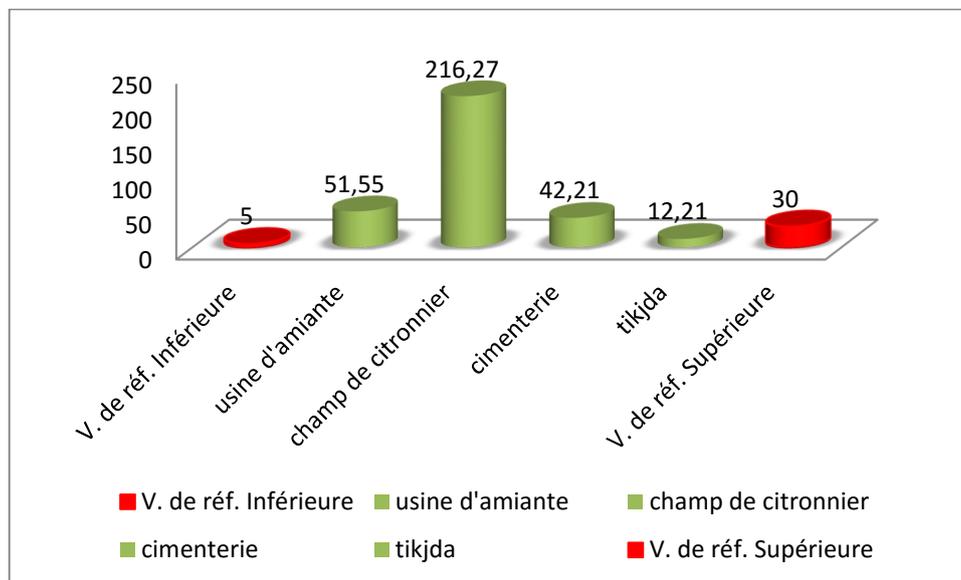
### III.5. Résultats de l'analyse des métaux lourds:

Les éléments traces recherchés dans les thalles de lichens sont: Cadmium (Cd), Plomb (Pb), Zinc (Zn), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Manganèse (Mn), Fer (Fe).

En effet, il n'existe pas de normes établies de concentration en éléments traces dans les lichens, c'est la raison pour laquelle nous nous sommes basées sur les valeurs de référence des gammes de concentrations retrouvées dans la bibliographie notamment celles des travaux de Van Haluwyn et Cuny (1997), Cuny et al. (2001, 2004, 2010); Bargagli (1998), et Scerbo et al. (1999 et 2002) pour interpréter nos résultats. Nous avons comparé nos résultats aux valeurs de références inférieure et supérieure.

#### III.5.1. Teneurs en Manganèse

La teneur en Manganèse trouvée dans les 4 stations étudiées est représentée dans la figure.22



**figure 23:** teneur d'accumulation de manganèse par *Xanthoria parietina* dans les 4 stations

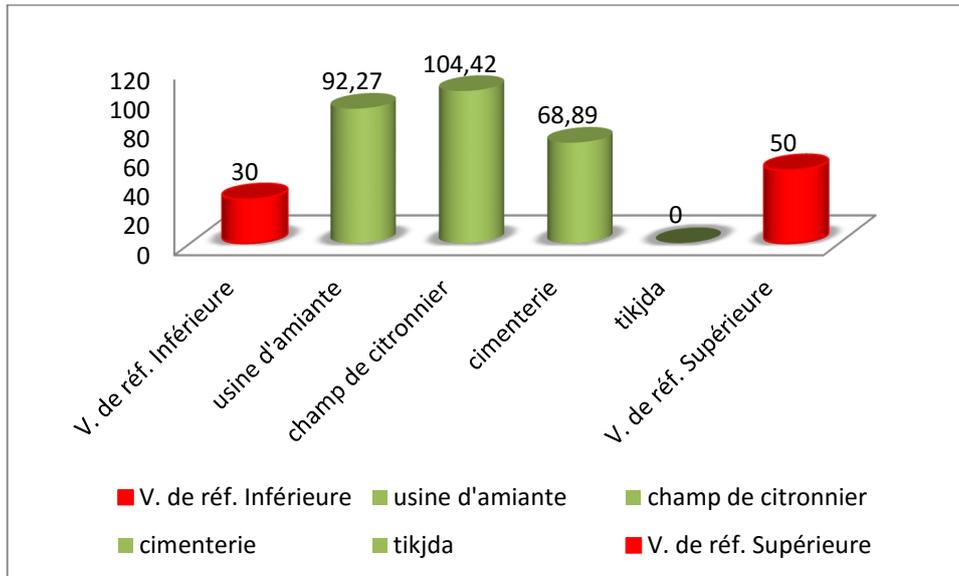
Nous constatons que *Xanthoria parietina* a accumulé des quantités importantes de manganèse plus élevées que les valeurs de référence (5 à 30 mg/kg), la valeur la plus élevée a été trouvée au niveau du champ de citronnier (216.27 mg/kg) qui dépasse largement la valeur supérieure de référence. Pour les deux autres stations valeurs trouvées peuvent être considérées comme relativement élevées car elles dépassent quand même la valeur de référence supérieure avec des valeurs de 51.55 et 42.21 pour l'usine d'amiante et la cimenterie respectivement.

Quant à la valeur la plus faible que nous avons trouvée, elle correspond au zone que nous avons choisi comme Témoin, le massif de Tikjda, avec une valeur de 12.213 mg/kg qui se trouve dans les limites considérées comme normales.

Le manganèse est un oligoélément très important aux êtres vivants, cependant il devient toxique lorsqu'il se trouve en concentration très élevée.

#### III.5.2. Teneurs en Zinc

La teneur en Zinc trouvée dans les 4 stations étudiées est représentée dans la figure. 23



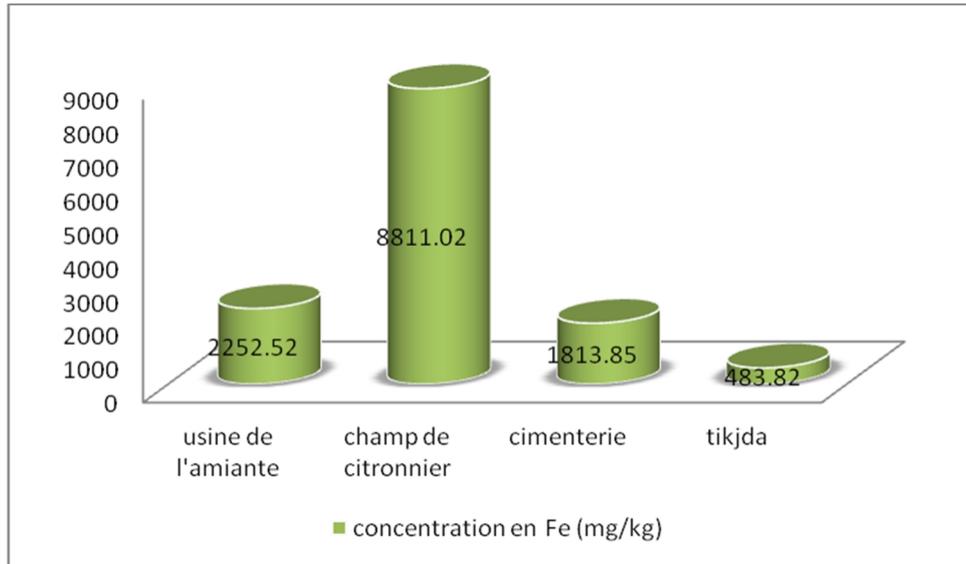
**figure 23:** teneur d'accumulation de Zinc par *Xanthoria parietina* dans les 4 stations

Les valeurs de Zinc enregistrées au niveau de la commune de Meftah sont supérieures aux valeurs de référence. Elle est de 92.27 mg/kg au niveau de l'usine d'amiante, de 68.89 mg/kg au niveau de cimenterie et d'une valeur maximale de 104.42 mg/kg au niveau de champ de citronnier.

Quant à la zone témoin de Tikjda, nous avons enregistré une valeur de 0 mg/kg. Ceci peut être expliqué par l'absence de source de pollution.

#### III.5.3. Teneurs en Fer

La teneur en Fer trouvée dans les 4 stations étudiées est représentée dans la figure.24

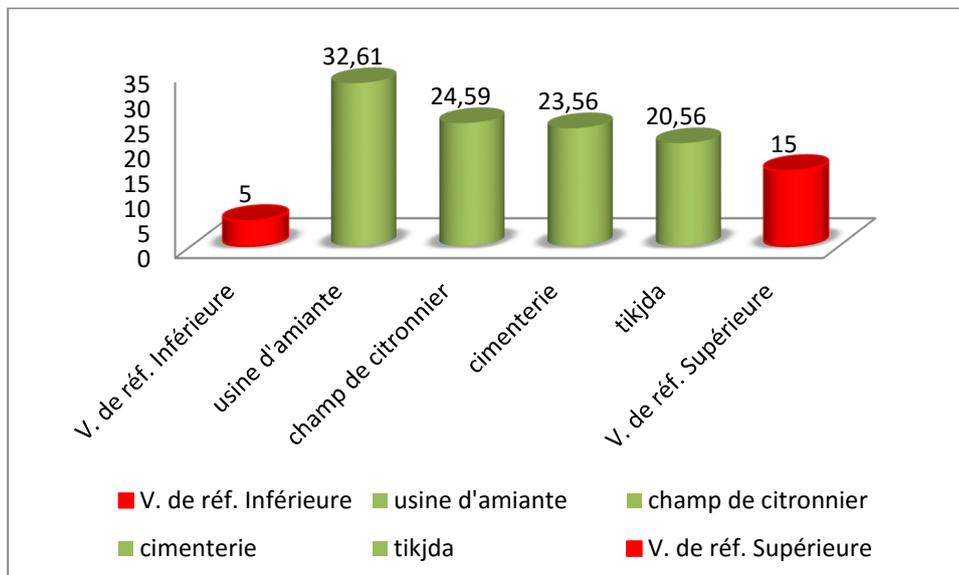


**figure 24:** teneur d'accumulation de fer par *Xanthoria parietina* dans les 4 stations

Nous avons remarqué que la teneur en fer au niveau du champ de citronnier est la plus élevée de l'ordre de 8811.02mg/kg, elle est de 2252.52 mg/kg pour l'usine d'amiante et de 1813.85mg/kg pour la cimenterie. La valeur la plus faible a été enregistrée au niveau du zone témoin Tikjda de 483.82 mg/kg.

#### III.5.4. Teneurs en cuivre

La teneur en Cuivre trouvée dans les 4 stations étudiées est représentée dans la figure.25

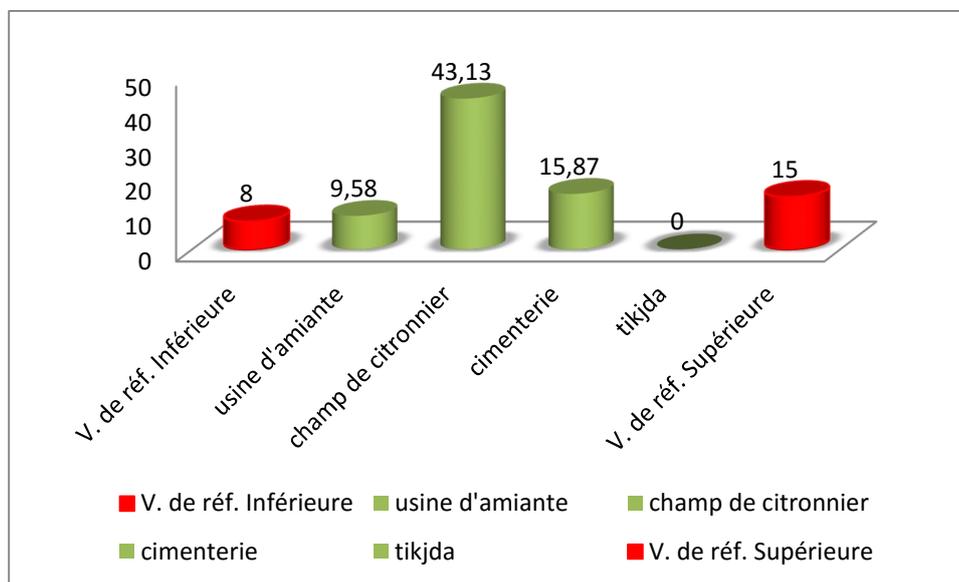


**figure 25:** teneur d'accumulation de cuivre par *Xanthoria parietina* dans les 4 stations

Les valeurs trouvées sont très proches et elles sont plus importantes que les niveaux de référence. La valeur de cuivre enregistrée au niveau du champ de citronnier est de 24.59 mg/kg représentant ainsi la teneur la plus élevée, suivi par celle de la cimenterie (23.56mg/kg) puis par la station de référence Tikjda avec une valeur de 20.56mg/kg. Ceci, peut être la conséquence de l'usure des plaquettes de frein des véhicules routiers (Citepa, 2012). Ce sont donc principalement les transports qui sont émetteurs. À noter que l'utilisation de pesticides peut générer également des émissions de Cu. Quant à l'usine d'amiante, elle représente la station la moins polluée parmi les stations étudiées avec une valeur de (12.61 mg/kg) proche de le gamme de référence.

#### III.5.5. Teneurs en Plomb

La teneur en Plomb trouvée dans les 4 stations étudiées est représentée dans la figure.26



**figure 26:** teneur d'accumulation de Plomb par *Xanthoria parietina* dans les 4 stations

Les concentrations en plomb accumulées par *Xanthoria parietina* varient entre 9.58 mg/ kg et 43.13 mg/kg. La comparaison de nos résultats avec les données de référence montre que la teneur en plomb de *Xanthoria parietina* dans le champ de citronnier est largement supérieure à celle de référence, 43.13 mg/kg contre 8 à 15 mg/kg.

Cette station est localisée à proximité de la route nationale ce qui explique cette concentration importante. Cela conforte le rôle essentiel de la pollution automobile dans la contamination des thalles (Rahali, 2002). Cette station est également limitrophe des industries (l'usine d'amiante. cimenterie. usine de brique).

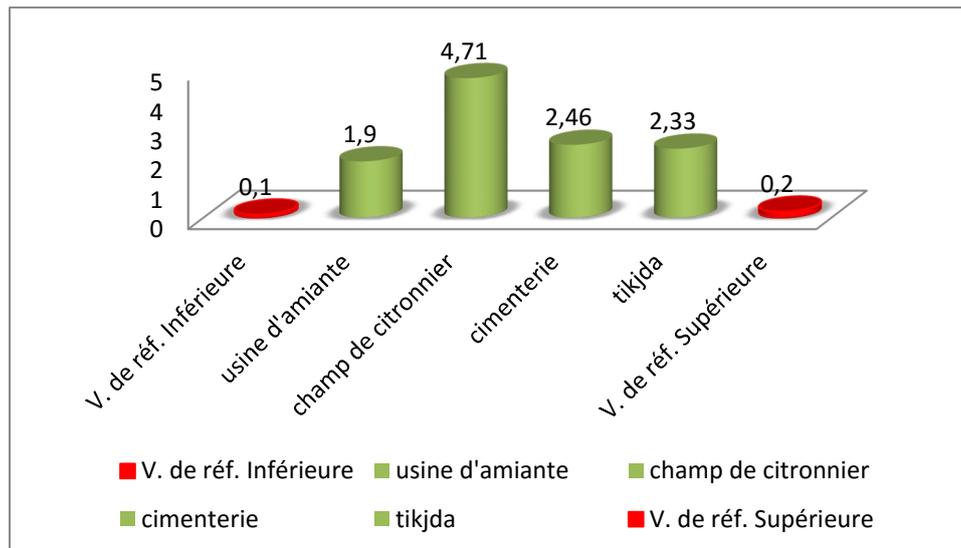
Quant au site d'usine d'amiante, la valeur trouvée est considérée comme valeur normale et se rapproche des valeurs signalées en Italie par Casparo et al.,1989.

Pour la cimenterie, la teneur en plomb enregistrée est de 15.876mg/kg elle dépasse légèrement les valeurs de référence. Pour cette station, le plomb provient essentiellement de la circulation des camions au sein de l'usine pour le transport des matières.

Pour le zone témoin qui est loin de l'activité humaine, une concentration 0 mg/kg a été enregistrée.

#### III.5.6. Teneurs en Cadmium

La teneur en Cadmium trouvée dans les 4 stations étudiées est représentée dans la figure.27

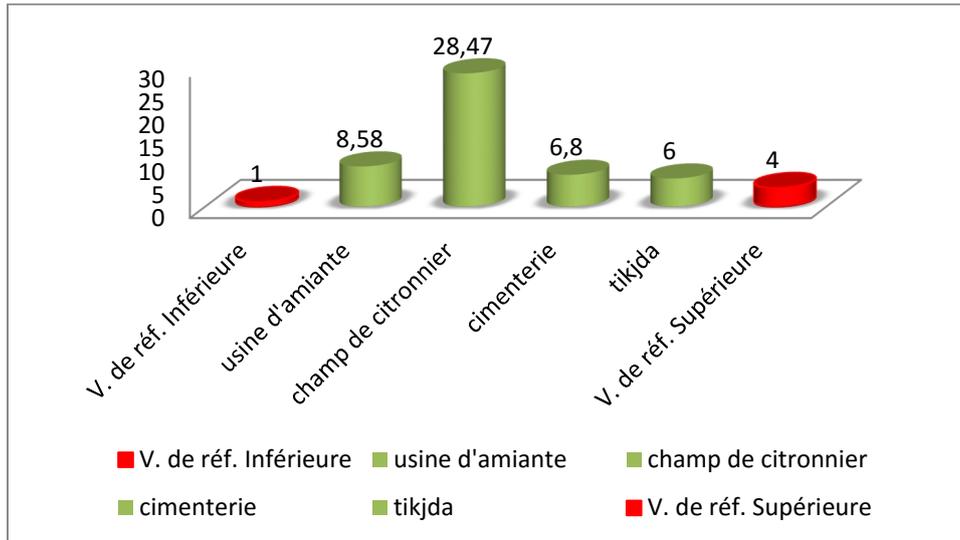


**figure 27:** teneur d'accumulation de Cadmium par *Xanthoria pareitina* dans les 4 stations

Les teneurs en Cadmium sont très rapprochées allant de 1.9mg/kg jusqu'a 4.71mg/kg pour la zone d'étude ainsi que la zone témoin. Ces valeurs sont considérées comme élevées par rapport aux valeurs de référence. La commune de Meftah est une zone polluée donc il est normal de trouver des valeurs élevées cependant pour la zone témoin, il peut s'agir d'une contamination locale. Ces taux élevés peuvent être dus à l'utilisation d'engrais.

#### III.5.7. Teneurs en Chrome

La teneur de Chrome trouvée dans les 4 stations étudiée est représentée dans la figure.29



**figure 28:** teneur d'accumulation de chrome par *Xanthoria parietina* dans les 4 stations

Nous avons noté une valeur maximale de chrome accumulé par *Xanthoria parietina* au niveau du champ de citronnier avec 28.47 mg/kg. Pour le reste des stations : usine d'amiante, la cimenterie et Tikjda, les teneurs sont très rapprochées et sont de 8.58 mg/kg, 6.80mg/kg. et 6 mg/kg respectivement.

A la lumière des résultats trouvés, il ressort clairement que les stations étudiées révèlent un certain taux de pollution. Concernant le champ de citronnier, il est considéré comme étant la station la plus polluée car tous les éléments dosés au niveau des lichens qui sont témoins de la composition de l'air se trouvent à une teneur très élevée. Cette station est proche d'une route nationale, ce qui l'expose à tous les rejets du trafic routier notamment les camions qui transportent les matériaux de construction ainsi que les carburants polluants.

La station de la cimenterie est moyennement polluée car la cimenterie dispose de filtres récemment installés, vérifiés et changés si nécessaire ; cependant le transport de matériaux de construction au sein de la cimenterie ou en dehors de la cimenterie reste la première raison d'émission de poussières.

La station de l'usine d'amiante est également considérée comme moyennement polluée, les taux enregistrés sont dus à l'activité industrielle ainsi qu'au trafic routier.

### *Chapitre III. Résultats et discussions*

---

Pour la zone témoin, les taux d'éléments dosés sont conformes aux valeurs de référence sauf pour le cadmium, le cuivre et le chrome qui peuvent être liés à, aux vents, au passage des feux ou encore à la présence humaine.

Les teneurs des métaux accumulés et dosés par *Xanthoria parietina* sont comparées avec ceux de **Van Haluwyn et Cuny (1997)** ; **Cuny et al., (2001, 2004, 2010)**; **Bargagli (1998)**, et **Scerbo et al., (1999 et 2002)**. Cette comparaison montre clairement que ces teneurs sont supérieures dans la plupart des cas dans la commune de Meftah.

## Conclusion

---

La pollution atmosphérique qui se traduit par l'altération et la dégradation de notre écosystème n'a pas cessé d'évoluer surtout dans les villes industrialisées, suite à l'augmentation des diverses sources de pollution.

La simple présence ou absence d'une espèce lichénique dans une région quelconque donne déjà une idée sur la qualité de l'air, le moindre changement dans sa composition provoque des modifications au niveau morphologique et physiologique, amenant ainsi à une désorganisation des différentes fonctions vitales des lichens notamment la photosynthèse et la respiration.

Nous avons tenté dans notre présent travail en premier lieu d'estimer la qualité de l'air de la commune de Meftah, (wilaya de Blida) à travers la biodiversité des lichens corticoles. Nous avons par conséquent identifié les espèces présentes au niveau des 16 stations choisies dans cette commune où on y recense 50% de lichens à thalles crustacés et 50% de lichens à thalles foliacés contre 41% de lichens à thalles crustacés, 35% de lichens à thalles foliacés et 24% de lichens à thalles fruticuleux au niveau du parc national de Tikjda qui est représentée par trois stations.

Le nombre total d'espèces retrouvées à Meftah est de 6 espèces à travers 16 sites échantillonnés, nombre qui reste très faible devant le parc de Tikjda qui compte à travers uniquement 3 stations échantillonnés 20 espèces dont 18 ont été identifiées.

Nous avons entamé par la suite l'étude de la qualité de l'air pour les deux stations étudiées à travers une appréciation globale de la qualité de l'air pour chaque station étudiée.

Nous avons par conséquent déduit l'indice de la qualité de l'air et l'indice de pureté de l'air. Et nous avons établi une carte de qualité d'air également qui nous permis de classer les stations de la commune de Meftah en zone de forte pollution contrairement à la zone témoin où on a enregistré un taux faible de pollution.

Pour confirmer les taux de pollution, nous avons dosé les métaux lourds chez une espèce toxitolérante *Xanthoria parietina*.

Nos résultats montrent des valeurs élevées à celles de référence de **Van Haluwyn et Cuny (1997)** ; **Cuny et al., (2001, 2004, 2010)**; **Bargagli (1998)**, et **Scerbo et al., (1999 et 2002)**.

Nous supposons que ces polluants sont issus de différentes sources telles que le trafic routier et les industries.

Comme perspectives, il serait intéressant d'élargir la zone d'étude, de choisir le maximum de sites pour couvrir la totalité de la commune, d'étudier la qualité de l'air au niveau de la commune de Meftah par la méthode de transplant, de doser certains biomarqueurs tel que la proline ainsi que d'autres polluants.

### **Références bibliographiques**

- **Abbar A., 2009.** Diversité lichénique et qualité de l'air dans un massif peu anthropisé du Parc National de Chréa. Mémoire d'Ingénieur d'Etat. USTHB. Alger.47 p.
- **Abbeyes (DES) H., 1951.** Traité de lichénologie. Lechevalier : Paris.197 p.
- **Ait hammou M, Miara M D, Hadjadj-aoul S, Khedim R , Safa A.** Article scientifique inventaire des lichens du chêne vert (*quercus rotundifolia*) de la foret communale guezoul de tiaret.2013
- **Alcaraz C., 1982** « La végétation de l'Ouest Algérien ». Thèse Doct. Es-sci. Univ. Perpignan, 45p
- **Arques P., 2001**-La pollution de l'air. Ed. disud, p26.
- **Attanayaka ANPM, Wijeyaratne SC. 2013.** Corticolous lichen diversity, a potential indicator for monitoring air pollution in tropics. J Natn Sci Foundation of Sri Lanka. 41:131.140.
- **Bagnouls F., Gaussen H., 1953.** « Saison sèche et indice xérothermique. » Bull.Soc.Hist.Toulouse, 193-239.
- **Bargagli R. (1998).** Trace elements in terrestrial Plants, an ecophysiological approach to biomonitoring and biorecovery, Springer (ed.), Berlin, 324p.
- **Bauwens A., 2003.** « Les lichens et la qualité de l'air. » Edit : Univ. Catholique de Lovain. 40 p.
- **Beckett R. P., Brown D. H. (1984)** *The control of cadmium uptake in the lichen genus Peltigera.* Journal of Experimental Botany 35: 1071-1082.
- **Belgherbi B., 2002** « Intégration des données de télédétection et des données multisources dans un système d'information géographique (SIG) pour la protection des forêts contre les incendies (cas de la forêt Guetarnia – Ouest d'Algérie) », université de Tlemcen. Mémoire de Magister, 217p
- **Benmouffok A. 1994.** « Approche ecopedologique dans les formations a *cedrus atlantica* "cas du massif du djurdjura algerie" » *M.A.C.C, Université de Tizi-Ouzou, Institut d'Agronomie, 15000. Tizi-Ouzou. Algerie.*
- **Bernard, S.M., Samet, J.M., Grambsch, A., Ebi, K.L., Romieu, I., 2001.** «The Potential Impacts of Climate Variability and Change on Air Pollution-Related Health Effects in the United States»*Environmental Health Perspectives* 109, 199-209.
- **Casparo 0 , Castello A, Bargagli R. 1989 .** Biomonitoraggio ambiente. *Studia Geobotanica*; 9 : 155-223.

- **Ceburnis D. & Valiulis D., 1999.** Investigation of absolute metal uptake efficiency from precipitation in moss. *Sci. Total Environ.*, **226**, 247-253.
- **Centre SPIN**, méthodes spectrométriques d'analyse et de caractérisation (les métaux lourds), Axe " Génie des Procédés", Ecole des Mines de Saint-Étienne. 1997.
- **Citepa. 2012.**, Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France. Séries sectorielles et Analyses étendues (format SECTEN). Rapport National d'Inventaire, 336 p
- **Chadefaud , 1978.** précis de botanique. Tome I, végétaux inférieurs, paris, New York, Barcelone, milan : Ed Masson, 722 page.
- **Chambers L.A, 1968**, classification and extent of air pollution problems, in air pollution, A.C.Stern, Academic Press, New York, PP.1-21.
- **Chovin, P. et Roussel, A., 1968.** *La pollution atmosphérique*. Presses universitaires de France, Paris, 128p.
- **Clauzade G. et Ozenda P., 1970.** Les lichens. Etude biologique et Flore illustrée. Masson : Paris. 801 p.
- **Clauzade G. et Roux C., 1987.** Europa. Ilustrito determinlibroverkis, Kunlaboris, ed. Houmeau. Royan. 893 p.
- **Collins C. R., Farrar J. F. (1978)** *Structural resistances to mass transfer in the lichen Xanthoria parietina*. *New Phytologist* 81: 71–83.
- **Coste C., 2008.** « Initiation à l'étude des lichens ». *Bull. Ass. Fr. Lichénologie*. 16 (1). 3-10 p.
- **Cuny D., Van Haluwyn C. et Pesch R. (2001)** «Bio-monitoring of trace elements in air and soil compartments along the major motorway in France » *Water Air and Soil Pollution* 125, p. 273–289.
- **Cuny D., Davranche L., Thomas P. et al. (2004).** «Spatial and temporal variations of trace element contents in *Xanthoria parietina* thalli collected in a highly industrialized area in Northern France as an element for a future epidemiological study. » *Journal of Atmospheric Chemistry*, n°49, p. 391-401.
- **Cuny D., Quarre S., Devred I. et al. (2010).** « Évolution spatiale et temporelle des concentrations en Éléments Traces Métalliques de thalles de *Xanthoria parietina* récoltés sur la zone industrialo-portuaire de Dunkerque ». *Air Pur*, n° 77, p. 43-49.
- **Daget ph., 1980-a** « Sur les types biologiques botaniques en tant que stratégie adaptative, cas des thérophytes. In « Recherches d'écologie théorique ». Les stratégies

adaptatives. » Barbault De. R. , Baldin P. et Meyer J.A. (1986). Maloine. Paris. pp : 89-114.

- **Dahmani M., 1984** « Contribution à l'étude des groupements à Chêne vert (*Quercus rotundifolia* L.) des monts de Tlemcen (Ouest Algérien) : Approche phytosociologique et phytoécologique. » Thèse. Doct. 3ème cycle. Univ. Aix Marseille III. 238p.
- **Dajoz. R., 2003** « Précis d'écologie. » 7<sup>a</sup> Edition. Dunod, Paris
- Thèse.Univ. Alger. 250p + annexes. Ecol. Méd. 21 (1-2). pp: 19-39.
- **DE Martonne E., 1927** « Traité de géographie physique I, notions générales, hydrographie ». Ed. A. Colin. Paris. 496p.
- **Deruelle S., 1978.** « Les lichens et la pollution atmosphérique. » Bull. Ecol. T. 9 (2): Paris. 87-128 p.
- **Deruelle S. et Lallemant R. 1983.** « Les lichens témoins de la pollution. » Vuibert : Paris. 105 p.
- **Deruelle S., 1994.** « Utilisation des lichens comme bioindicateurs de la qualité de l'air. Module " L'homme et la biosphère ». Université. Paris VI : Paris.21 p.
- **Dreux P., 1980** « Précis d'écologie. » Ed. Presses universitaires de France, Paris, 231p.
- **DJebaili S., 1984** « Steppe algérienne, phytosociologie et écologie ». O.P.U. Alger. 171p
- **Djellouli y., 1981.** Etude climatique et bioclimatique des hautes plaines du Sud Oranais (Wilaya de Saida), comportement des espèces vis-à-vis du climat.
- **Dorleans P., 2006.** Les lichens prennent l'air : comment mesurer la pollution des villes en observant les troncs d'arbres. Rémuce. Orléans : Paris. 6 p.
- **Edith GAUDILLERE.2001.** Les Lichens corticoles autour du\_ CEA/Valduc : Recensement et mode de répartition Recherche d'effets éventuels des rejets de tritium sur les associations lichéniques. Mémoire de stage de Maîtrise, 2000.2001.
- **Ekmekyapar F., Aslan A., Bayhan Y. K., Cakici A. (2006)** *Biosorption of copper(II) by nonliving lichen biomass of Cladonia rangiformis hoffm.* Journal of Hazardous Materials 137: 293-298.
- **Emberger L., 1954** « Une classification biogéographique des climats. » *Rec. Trav. Lab. Bot.Géol.Zool.* Univ. Montpellier, série Bot., n°7, pp 3-43. Essai de modélisation de l'hydrosystème. Thèse. Doct. Univ. François Rabelais. Tours. 227p+ annexes.

- **Emberger L., 1971.** « Travaux de botanique et d'écologie. » Masson et Cie, Paris, 520 p.
- **Fadel. D, Oularbi. A, Djemai. R et Laifa. A.** Estimation qualitative de la pollution atmosphérique globale de la région de Skikda(Nord-est algérien) par l'utilisation des lichens épiphytes. Département Aménagement. Faculté des Sciences de la Terre. Université de Annaba 23000- Algérie
- **Faurie. C., Ferrera. C. H., Medori. P., Dévaux. J., & Hemptinne. J.L., 2003 -** Ecologie : approche scientifique et pratique. Paris, Tec et Doc, 407 p.
- **Garrec, J P ; Van haluwyn, Chantal (2002)** « Biosurveillance végétale de la qualité de l'air : concepts, méthodes et applications. » Paris : Tec et Doc, 2002, 117 p. COTE : 813.81/GAR
- **Gaveriaux j.P., 1999-**« Les lichens et la bio induction de la qualité de l'air » brochure 52p.<http://www.w2.ac-lille.fr/lichen/default.htm>.
- **Ghennam K., 2011.** « Les lichens dans l'Algérois. Etude de leur biodiversité et biosurveillance SIG de la qualité de l'air. » Thèse de Magister. USTHB. Alger. 75 p
- **Ghodbane, L Nouri, O Hamdaoui, M Chiha. 2008.**Kinetics and equilibrium study for sorption of cadmium (II) ions from aqueous phase by eucalyptus bark. Journal of Hazardous materials, Volume 152, Page 148-158, Issue 1, 21 March..
- **Gilbert O.L.(1973).** The effect of airborne fluorides. In air pollution and lichens,Athlone press,London
- **Gombert S, Asta J, Seaward MRD. 2004.** Assessment of lichen diversity by index of atmospheric purity (IAP), index of human impact (IHI) and other environmental factors in an urban area (Grenoble, southeast France). Sci Total Environ. 324:183.199.
- **Grantz, D.A., Garner, J.H.B., Johnson, D.W., 2003.** Ecological effects of particulate matter.*Environment International* 29, 213-239.
- **Guelle D. et Emmauel., 1998-**Etat de l'air pour l'étude des impacts des transports routiers a proximité des autoroutes .Ed. ADEME 144p.
- **Hawksworth, D. L. & Hill, D. L. 1984.** The lichen-forming fungi. Blackie, Glasgow & London. 158 pp
- **Jahns M. H., 1989.** « Guide des Fougères, Mousses, et Lichens d'Europe. » Delachaux et Niestlé : Paris. 258 p.
- **Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. (2001).** Trace elements in soils and plants. CRC Press, London.

- **Krick R, Loppi S. 2002.** The IAP approach. In: Nimis PL, Schei-degger C, Wolseley PA, editors. *Monitoring with lichens Monitoring Lichens*. Dordrecht, the Netherland: Kluwer Academic Publishers; p. 21.37.
- **Kirschbaum U. et Wirth V., 1997.-** Les lichens bio-indicateurs les reconnaître évaluer la qualité de l'air. 2ème édition. Ed. Eugen Ulmer, Paris, p 128.
- **Leblanc, F. & De Sloover, J. 1970.** Relation between Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. *Canadian Journal of Botany* 48 (8): 1485–1496.
- **LeBlanc F, Robitaille G, Rao D. 1974.** Biological response of lichen and Bryophytes to environmental pollution in the Murdochville Copper mines area, Quebec. *J Hattori Bot Lab.* 38:405.433.
- **LEGER, C ; LEROND, M (1999).** Charte graphique pour les cartes de qualité de l'air obtenue par bioindication lichénique. *Bulletin d'information de l'Association française de lichénologie*, 24(1), 1er semestre, pp. 41-43 Cote : 312/BUL.
- **LE Houerou H. N., 1993-** Changements climatiques et désertisation. *Rev. Sécheresse*;
- **Leveque. C., 2001 -** *Ecologie. De l'écosystème à la biosphère.* Masson Sciences. Dunod, Paris.502p.
- **Marcel Vaillaud. 2011.** « la garrigue des lichens. »
- **Markert, B.A., Breure, A.M., Zechmeister, H.G., 2003.** Definitions, strategies and principles for bioindication/biomonitoring of the environment. In Markert, B.A., Breure, A.M., Zechmeister, H.G., (eds) *Bioindicators and biomonitors.* Elsevier, Oxford, p 3-39.
- **Masson J C - IFE - avril 2014.** « Les lichens, bio-indicateurs de la qualité de l'air » paris France
- **Mitchell .D.J, Wild S.R. ET Jones. K.C (1992).** Arrested municipal solid waste incinerator fly ash as a source of heavy metals to the UK environnement
- **Nieboer E, Ahmed H, Puckett and Ridchardson D.H.(1972).** Heavy metal content of lichens in relation to distance from a nichel smelters in Sudbury Ontario,*lichenologist* 5:292-304.
- **Nieboer E., Richardson D. H. S., Tomassini F. D. (1978)** *Mineral uptake and release by lichens - overview.* *Bryologist* 81: 226-246.
- **Otvös E., Pazmandi T. et Tuba Z. (2003).** First national survey of atmospheric heavy metal deposition in Hungary by the analysis of mosses, *The Science of the Total*

*Environment*, 309, p. 151-160.

- **Ozenda P. et Clauzade G., 1970.** « Les lichens étude biologique et flore illustrée ». Edi Masson & Cie. Paris, 801 P.
- **Ozenda P (1990)** « Sur les divisions phytoécologiques de l'Europe. *Ecologia mediterranea* », XVI, 299-315
- **Ozenda P., 2000** « Les végétaux organisation et diversité biologique. » 2Ed. DENOD. p 314.
- **Pacyna J.M, (1984)**, « Estimation of the Atmospheric Emissions of Trace Elements from Anthropogenic Sources in Europe ». *Atmospheric Environment*. pp. 18, 41-50. 30-
- **Pacyna J.M. & Graedel T.E, (1995)**, « Atmospheric emissions inventories: status and prospects. *Annual Review of Energy and the Environment* », pp.20, 265-300.
- **Pesch R. et Schröder W.(2006)**. Integrative exposure assessment through classification and regression trees on bioaccumulation of metals, related sampling site characteristics and regions, *Ecological informatics*, 1, p. 55-65.
- **Pedro G. (2007)** Cycles biogéochimiques et écosystèmes continentaux. EDP Sciences. 484 p.
- **Popescu M., Blanchard J.M., Carré J. (1998)**, Analyse et traitement physico-chimique des rejets atmosphériques industriels, Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 854 p., ISBN 2-7430-0247-6
- **QUEZEL P., 1978** – Analysis of the flora of Mediterranean and Saharan Africa. *Missouri Bot. Gard.* 65,2. pp: 411-416
- **Radi N ., Meflah N ., Bouderberba N.** « utilisation de la proline, chez *xanthoria parietina*, comme biomarqueur de la pollution atmosphérique : cas de la région algéroise. » thèse d'ingénieur d'état . Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, Alger. P6.
- **Rahali M., 2002.** Cartographie de la pollution plombique dans la région d'Alger en utilisant un lichen (*Xanthoria parietina*) comme bioaccumulateur. *Pollution atmosphérique*. Vol 1. N°175 : 421-432 p.
- **Rahali M., 2003.**-Etude de la pollution plombique et globale dans la région d'Alger en utilisant les lichens comme indicateurs biologiques. Thèse de doctorat d'état. Institut national d'agronomie, Alger. 302p.
- **Ramade. F., 1984** – *Eléments d'écologie –Ecologie fondamentale*. Ed. Mc.Graw-Hill,

Paris, 397 p.

- **Ramade F., 1995.**-Eléments d'écologie. 4ème édition. Ed. Ediscience international, Paris,p361
- **Ramade F, 2000** , «les polluants de l'environnement et de l'homme» dictionnaire encyclopédique des pollutions, Ediscience international, Paris, pages (13, 33,424).
- **Rauch J. N., Pacyna J. M. (2009)** Earth's global Ag, Al, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, and Zn cycles. *Global Biogeochemical Cycles* 23: 16 pp. ARQUES P., 2001-La pollution de l'air. Ed. disud, p26.
- **Reimann C. et al., 2001.** Critical remarks on the use of terrestrial moss (*Hylocomium splendens* and *Pleurozium schreberi*) for monitoring airborne pollution. *Environ. Pollut.*, **113**, 41-57.
- **Richardson D. H. S., Nieboer E. (1981).** *Lichens and pollution monitoring.* Endeavour 5: 127-133.
- **Richardson H.S. (1992)** . Pollution monitoring with lichens, naturalist's handbooks 19 Richmond publishing, Co Ltd England : 76 ,80 p
- **Rogers. D.J., & Randolph. S.E., 2006** - Climate change and vector-borne diseases. *Advances in Parasitology* 62, 345-381
- **Roux C., Coste C., Bricaud O., Masson, D. , 2006** « Catalogue des lichens et des champignons lichénicoles de la région Languedoc - Roussillon (France méridionale). » *Bull. Soc. Linn. Provence*, Vol. 57, p. 85 - 200.
- **Roux C., Coste C., Bricaud O., Masson D. , 2007.** Lichens et champignons lichénicoles du parc national des Cévennes (France). 4 - Le massif de l'Aigoual. *Bull. Soc. linn. Provence*, Vol.58, p. 103-125.
- **Scerbo R., Possenti L., Lampugnani L., Ristori T., Barale R. et Barghigiani C. (1999).** « Lichen (*Xanthoria parietina*) biomonitoring of trace element contamination and air quality assessment in Livorno Province (Tuscany, Italy)”, *The Science of the Total Environment*, 241, p. 91-106.
- **Scerbo R., Ristori T., Possenti L., Lampugnani L., Barale R. et Barghigiani C. (2002)** “Lichen (*Xanthoria parietina*) biomonitoring of trace element contamination and air quality assessment in Pisa Province (Tuscany, Italy)”, *The Science of the Total Environment*, 286, p. 27-40.
- **Seltzer p., 1946.** « Le climat de l'Algérie. » *Trav. Instit. Meteorol. Phys. GL. Alger*, T1-T2 219p.

- **Semadi, A., 1983.** Incidence de la pollution fluorée d'origine industrielle sur la végétation de la région d'Annaba-Algérie, Thèse de Doct. Ing., Univ. Paris VII, 79 p.
- **Seoun Hur. 2014.** "Evaluation of air quality using lichens in three different types of forest in Korea" .Korean Lichen Research Institute, Sunchon National University, Sunchon 540-950, Korea; Division of Forest Ecology, Korea Forest ,Research Institute, Seoul 130-712, Korea; Department of Natural Resources, Faculty of Applied Sciences, Sabaragamuwa University of Sri Lanka, Belihuloya 70140, Sri Lanka
- **Serusieux E., Diederich P., Lamino J. 2004.** « Les macroclimats de Belgique, du Luxembourg et du Nord de la France ». Clé de détermination. Trav. Sc. Du Musée. Nat. Hist. : Luxembourg. 183 p.
- **Stewart ph., 1975** « Un nouveau climagramme pour l'Algérie et son application pour le barrage vert. » Bull. Soc. Hist. Nat. AFN. Fsc. 65, 1 et 2, Alger, pp 239-252. Thèse. Doctorat. Es-sciences. Naturelles. Université. Pierre et Marie - ParisVI, pp. 282-296.
- **Ternisien, J.A., 1968.** « Les pollutions et leurs effets, milieux inhalés, ingérés et acoustiques. » Presses universitaires de France, 188 pp.
- **Tidjani H S ,1991.** «Approche phytosociologique de quelques groupements de mauvaises herbes dans la regions de Meftah »
- **Thornthwaite, W.C. 1948.** " An approach Toward a Rational Classification of Climate." The Geographical Review, Vol. 38, pp. 55-94.
- **Tomassini F.D, Puckett K, Nieboer E, Richardson D.H et Grace B. (1976).** "Determination of cooper, iron, nickel and mercury in lichens from Machenzie valley. North West territories and Sudbury district, Ontario", *canJ.Bot* 54:1591-1603.
- **Toubal-boumaza O., 1986** « Phytoécologie, biogéographie et dynamique des principaux groupements végétaux du massif de l'Edough (Algérie nord orientale). » Thèse Doct de 3<sup>ème</sup> cycle, Université de Grenoble, 111 p.
- **Udeni Jayalal., Soon Ok Oh., Jung Shin Park., Joo Han Sung., Sun Hee Kim., Jae-Seoun Hur. 2014.** Evaluation of air quality using lichens in three different types of forest in Korea .Korean Lichen Research Institute, Sunchon National University, Sunchon 540-950, Korea; Division of Forest Ecology, Korea Forest ,Research Institute, Seoul 130-712, Korea; Department of Natural Resources, Faculty of Applied Sciences, Sabaragamuwa University of Sri Lanka, Belihuloya 70140, Sri Lanka.
- **Van Haluwyn C., Lerond M. (1993).** Guide des lichens, Le chevalier, Paris.
- **Van Haluwyn C. et Cuny D. (1997).** Cartographie de la pollution de l'air par certains

métaux lourds sur le littoral Calais-Dunkerque. *Rapport SPPPI du Littoral*, p. 25-40.

• **Yannick A., 2013.** Bioaccumulation et bioindication par les lichens de la pollution atmosphérique actuelle et passée en métaux et en azote en France : sources, mécanismes et facteurs d'influence. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse (INP Toulouse).

• **Yassaa N., 2001.** « Caractérisation et quantification des composés organiques volatiles et particulaires d'origine biogénique et anthropogénique dans l'atmosphère. » Thèse de Doctorat d'état. Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, Alger. p202.

.

*ANNEXE 1*

**Matériel de laboratoire et appareillage :**

- **LA VERRERIE :**
  1. Fioles de 100 ml.
  2. Pipettes graduées.
  3. plateau
  4. flacons en verre
  5. tubes de dilution
  6. creusets
- **L'APPAREILLAGE**
  1. Bain de sable.
  2. Étuve
  3. Balance de précision
  4. Hotte
  5. Mortier
  6. Loupe binoculaire
  7. Microscope optique
  8. spectrométrie par torche à plasma

• **REACTIFS ET PRODUITS CHIMIQUES (Solvants)**

- C : Chlore, eau de javel dilué à 50%
- I : solution iodo-iodurée, 0.5g d'iode et 1.5 g de iodure de potassium dans l'eau
- d'acide nitrique (HNO<sub>3</sub> à 65%)
- l'eau distillée
  - K : la Potasse (KOH), à 10% dans l'eau distillée

# ANNEXES

---

## ANNEXE 2

les photos des espèces recensé :



*Xanthoria pareitina*



*Xanthoria polycarpa*



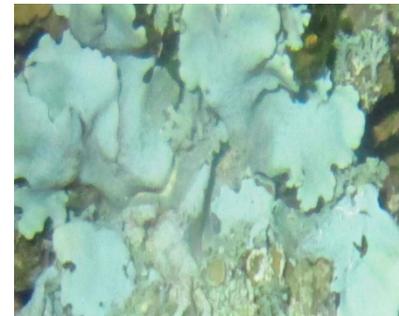
*Physconia distorta*



*Parmelia borrieri*



*Parmelia caperata*



*Parmelia subrudecta*

ANNEXES

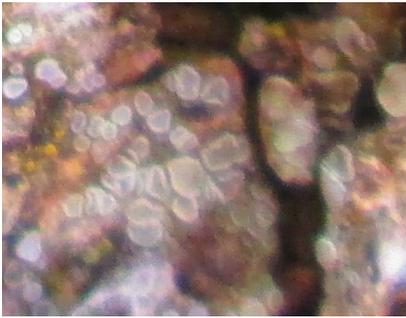
---



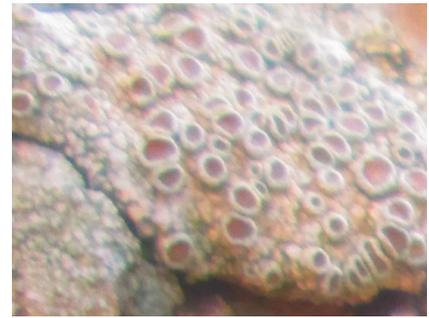
*Lecanora chlarotera*



*Lecanora epibryon*



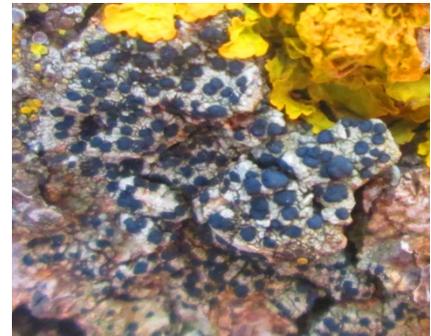
*Lecanora conizoeoide*



*Lecanora dispersa*



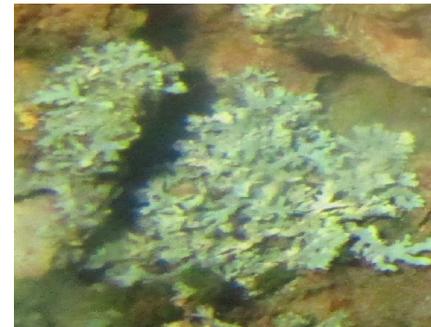
*Caloplaca herbidella*



*Amandinea punctata*



*Lecidella elaeochroma*



*Evernia prunastri*

ANNEXES

---



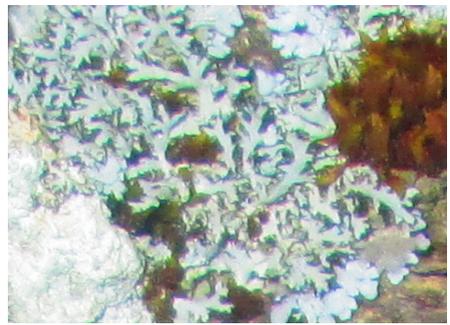
*Anaptychia cliaris*



*Pseudovernia furfuracea*



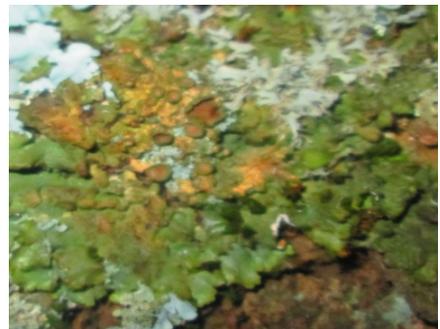
*Ramalina farinacea*



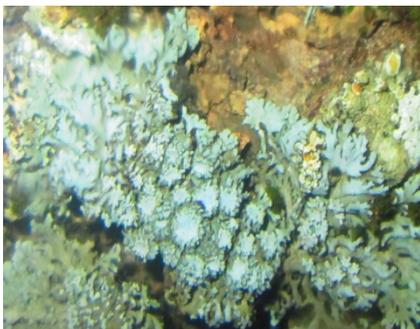
*Physcia adscendens*



*Hypogymnia physodes*



espèce non identifiée



espèce non identifiée

# ANNEXES

---

## ANNEXE 3

photos de quelques appareillages



spectrométrie par torche à plasma



Ordinateur détecteur



migration des ions lors du dosage



la hotte



Bain de sable



creusets