REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Pa.Eco.09/12

UNIVERSITE DE JIJEL
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
DEPT/Biologie Animale et Végétale

جامعـة جيجـل
كلية العلـوم الدقيقـة و علـوم الطبيعـة و الحيـاة
قسم : البيولوجيـا الحيوانيـة و النباتيـة

01/01

Mémoire de Fin d'Etudes

En Vue de l'Obtention du Diplôme: d'Ingénieur d'Etat en Ecologie Végétale et Environnement.

Option : Pathologie des Ecosystèmes.

Thème

Etude d'effet du plomb et du fluor sur certains métabolites primaires et secondaires chez le lichen *Xanthoria parietina*

Jury :

Président: M me Benabdelkader M.
Encadreur : M me Ben Hamada W.
Examinateur : M me Lamzeri H.

Présentée par :

Boudjerda Moufida

جامعة جيجل
مكتبة الكلية
كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة والحياة

Session: Juin 2012

جامعة محمد الصديق بن يحيى
مكتبة الكلية
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Numéro d'ordre : 2011/2012

Remerciement

Nous remercions DIEU Le tout puissant

Qui nous a donné la force, la volonté et le courage pour accomplir ce travail.

Nous tenons à remercier **M me Ben Hamada Wahiba** *qui nous permis de découvrir un domaine passionnant de L'écologie. Nous le remercions vivement d'avoir proposé ce sujet et de nous encadré pendant toute cette année.*

Nous tenons à remercier tous ceux qu'on nous entouré durant ces cinq ans, au sein de la promotion 2012 bien sûr.

Nos remerciements également les membres de jury qui ont accepté de juger notre travail.

Enfin nous exprimons notre profonde reconnaissances à tous les Enseignants qui ont contribué à notre formation.

Moufida Boudjerda/2012

III.3. Origine de la pollution fluoré..... 26
III.4. Effet du fluor sur l'environnement..... 27
III.5. Effet du fluor sur l'homme..... 27
III.6. Effets sur les animaux..... 28
III.7. Effets sur les Plantes..... 29
III.7.1. Effets sur les plantes supérieures..... 29
III.7.2. Effets sur les lichens..... 29

2ère Partie : Partie expérimentale

CHAPITRE IV. MATERIELS ET METHODES

IV. 1. Choix du matériel végétal..... 31
IV .1.1. Description de l'espèce végétale..... 32
IV .1.2. Caractéristiques du lichen justifiant leur choix comme bioindicateurs..... 32
IV. 2. Site de prélèvement..... 32
IV. 3. Prélèvement du matériel végétal..... 32
IV.4. Méthode d'analyse..... 33
IV.4.1. Préparation des échantillons licheniques en laboratoire..... 33
IV.4.2. Traitement des échantillons licheniques..... 33
IV.4.2.1. Traitement par le fluorure de sodium NaF..... 33
IV.4.2.2. Traitement par le nitrate du plomb $Pb(N_2O_6)$..... 33
IV.4.3. Extraction, dosage des métabolites..... 34
IV.4.3.1. Extraction, dosage de la chlorophylle..... 34
IV.4.3.2. Extraction, dosage des polyphénols totaux dans les lichens..... 34
IV.4.3.3. Extraction, dosage des flavonoïdes..... 36
IV.4.3.4. Extraction, dosage des protéines..... 36
IV.5. L'étude statistique..... 37

CHAPITRE V. RESULTATS ET DISCUSSION

V.1. Résultats de dosage de la chlorophylle..... 38
V.1.1. Effet de fluor (NaF) sur la chlorophylle. 38
V.1.2. Effet du plomb $Pb(NO_3)_2$ sur la chlorophylle..... 41
V.2. Résultats de dosage des polyphénols..... 44

V.3. Résultats de dosage des flavonoides..... 45
V.4. Résultats de dosage des protéines..... 47

Conclusion..... 49

Liste des figures

Fig. 1.1. Quelques exemples de photobiontes..... 02

Fig. 1.2. Association des hyphes du champignon (en gris) avec les cellules algales (en vert), chez Cladonia furcata..... 04

Fig. 1.3.Une cyanobactérie coloniale du genre Nostoc, ici en association symbiotique dans un lichen du genre Collema..... 05

Fig. 1.4. Thalle fructiculeux dressé d'Usnea florida..... 06

Fig. 1.5. Thalles squamuleux..... 07

Fig. 1.6. Thalles de Cladonia composés d'un thalle primaire squamuleux ou foliacé et de podétions..... 08

Fig.1.7. Coupe transversale à travers le thalle hétéromère d'un lichen foliacé (Xanthoria). 09

Fig. 2.1: Xanthoria parietina..... 31

Fig. 2.2 : Variation de la teneur en chlorophylle (a) en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de NaF..... 38

Fig. 2.3 : Variation de la teneur en chlorophylle (b) en µg/g chez *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de NaF..... 39

Fig. 2.4 : Variation de la teneur en chlorophylle (a+b) en µg/g chez *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de NaF..... 40

Fig. 2.5 : Teneur de la chlorophylle (a) en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de nitrate du plomb $Pb(NO_3)_2$..... 41

Fig. 2.6 : Teneur de la chlorophylle (b) en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de nitrate du plomb $Pb(NO_3)_2$..... 42

Fig. 2.7 : Teneur de la chlorophylle (a+b) en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de nitrate du plomb $Pb(NO_3)_2$..... 42

Fig. 2.8 : Variation de la teneur des polyphénols en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de $Pb(NO_3)_2$..... 44

Fig. 2.9 : Variation de la teneur des polyphénols en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de NaF..... 44

Fig. 2.10 : Variation de la teneur des flavonoides en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de $Pb(NO_3)_2$..... 45

Fig. 2.11 : Variation de la teneur des flavonoides en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de NaF..... 46

Fig. 2.12 : Variation de la teneur des protéines en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de $Pb(NO_3)_2$..... 47

Fig. 2.13 : Variation de la teneur des protéines en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de NaF..... 47

Introduction

Introduction

La pollution atmosphérique est la présence des substances étrangères ou une variation importante dans la proportion de ses constituants est susceptible de provoquer des effets dommageables sur l'environnement et les populations**(Paul et André, 1974).**

La surveillance des polluants est nécessaire car ils représentent un danger pour l'homme et les écosystèmes, ils peuvent s'accumuler dans la biosphère et être facilement transférés le long de la chaine alimentaire jusqu'à l'homme. Tout excès de métaux dans l'environnement est donc, à terme, potentiellement un risque pour les générations futures.

Au-delà de l'intérêt de connaitre l'effet des polluants sur les métabolites des lichens, ce sont en réalité ses éventuels effets sur la santé humaine et les écosystèmes qui nous préoccupent le plus**(Gambert et al., 2005).**

Les lichens accumulent les métaux lourds qu'ils prélèvent à partir du substrat ou de l'atmosphère.
Les lichens sont utilisés comme bioindicateurs de la pollution par les métaux lourds (Fe, Mn, Cd, Zn, Pb,...) dans les zones industrielles ou prés des voies de circulation **(Déruelle et Lallement, 1983).**

L'accumulation des polluants dans les lichens provoque des désordres physiologiques et biochimiques trés importantes**(Munzi et al., 2009).**

C'est dans cette optique qu'on a utilisé le lichen *Xanthoria parietina* pour étudier l'effet des deux polluants le plomb et fluor sur la dégradation de certains métabolites primaires du lichen ; la chlorophylle, les protéines etcertains métabolites secondaires polyphénols et flavonoïdes.

De ce faire on a organisé notre travail en deux parties :

- La première partie présente des généralités sur les lichens, le plomb et le fluor.
- La deuxième partie présente les techniques de traitement des thalles par différences concentrations du plomb et du fluor, la durée du traitement et les protocoles expérimentaux ainsi que la discussion des résultats obtenus et la conclusion.

Synthèse bibliographique

Chapitre I

Etude de la végétation lichénique

I.1. définition de lichen

Organismes primitifs résultant d'une association symbiotique intime entre un champignon le (mycobionte) constituant le thalle de l'individu, et un partenaire chlorophyllien, cyanophycée ou chlorophycée le (photobionte). Les lichens peuvent coloniser tous les milieux même les plus hostiles. D'ailleurs c'est là l'une des performances de la symbiose mycobionte-photobionte que de rendre le lichen cosmopolite. Ce qui n'est aucunement le cas de ses deux constituants vivant indépendamment **(Boullard, 1997).**
Ils sont souvent les espèces pionnières des successions écologiques dans les biotopes terrestre. **(Ramade, 2008).**

I.2. Les champignons et les algues constitutifs des lichens

I.2.1. Le Partenaire chlorophyllien

Le partenaire algal, ou photobionte, est donc celui qui dispose de la capacité de photosynthèse, et donc d'utiliser l'énergie solaire pour fabriquer des sucres au départ d'eau et de CO2.

Le partenaire photosynthétique peut en fait être une bactérie photosynthétique, à savoir une cyanobactérie; le plus souvent c'est une algue verte (les Chlorophycées).
Les cyanobactéries et algues qui forment les partenaires photosynthétiques des lichens sont pratiquement toutes connues à l'état libre et peuvent donc croître et se reproduire sans être associées à un champignon. Leur incorporation dans une symbiose lichénique les modifie généralement de façon assez radicale **(Sérusiaux et al., 2004).**

La plus part existe également à l'état libre, mais certaines espèces ne sont connues que comme symbiontes lichéniques **(Déruelle et Lallement., 1983).**

Toutes les algues qui prennent part à la formation d'environ 90% des lichens sont des chlorophycées. On donne à leurs cellules le nom de gonidies, cependant que l'on parle plutôt de gonimies pour désigner les cellules d'une cyanobactérie associée. Les chlorophycées des lichens, unicellulaires en général, appartiennent souvent au genre Trebouxia. Il est rare que le partenaire algal soit filamenteux (comme c'est le cas pour les Trentepohlia) **(Boullard, 1997).**

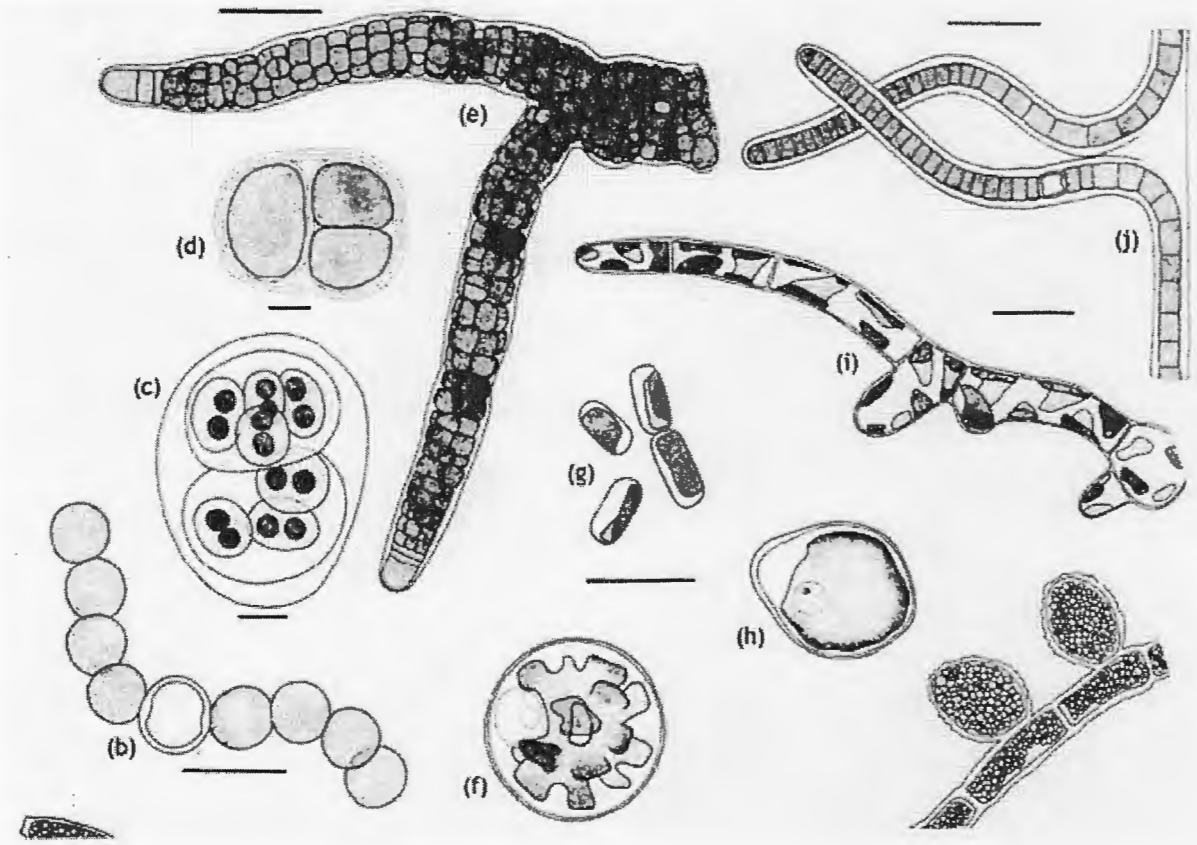


Fig. 1.1. Quelques exemples de photobiontes : (a) Tentepohlia (Choraphyceae) ; (b) Nostoc (Cyanobactérie) ; (c) Gloeocapsa (Cyanobactérie) ; (d) Scytonema (Cyanobactérie) ; (e) Sigonema
(Cyanobactérie) ; (f) Trebouxia (Chlorophyceae) ; (g) Sichococcus (Chlorophyceae) ; (h) Myrmecia
(Chlorophyceae). Echelle: a-c, f-h = 10 µm ; d, e = 100 µm. **D'après Purvis et al. (1992)**

I.2.2. Le partenaire fongique:

Le champignon d'un lichen (le mycobionte) constitue le partenaire dominant de la symbiose, et c'est donc lui qui organise celle-ci. Il constitue un réseau d'hyphes, filaments généralement blanchâtres, dont l'ensemble forme la médulle et qui contient le partenaire algal. C'est également lui qui organise éventuellement un cortex, tissu généralement plus compact, qui, s'il est présent, forme la limite avec l'environnement extérieur **(Sérusiaux et al., 2004).**

Dans l'immense majorité des cas (98%) le mycobionte est un Ascomycète. très rares, respectivement 1,6 et 0,4% sont les Basidiolichens et les Phycolichens (ou lichens dont le mycobionte est, respectivement un Basidiomycète ou un Phycomycète).

Les Mastigomycètes n'interviennent que dans une seule espèce, en s'associant avec une Nostocacée, pour constituer le Geosiphon pyriforme **(Boullard, 1997).**

Contrairement à ce que nous avons écrit à propos du phytosymbionte, il ne semble pas que le mycosymbionte existe à l'état libre ; du moins, malgré ce qui a pu être dit occasionnellement par des chercheurs pour être ensuite rapidement contesté par d'autres, sauf peut-être rares exceptions, il ne semble pas qu'un lien ait pu être établi de façon certaine entre des mycosymbiontes isolés de lichens et des champignons connus par ailleurs, en particulier sous leur forme imparfaite **(Déruelle et Lallement, 1983).**

- Les Champignons lichénicoles

A la symbiose formée par un champignon et au moins un photobionte s'ajoutent fréquemment d'autres champignons, appelés champignons lichénicoles dont la présence est facultative. Selon l'agressivité de ces champignons, on parle de parasites, s'ils nuisent au lichen, ou d'espèces commensales, si elles ne nuisent pas à celui-ci. Certaines espèces induisent la formation d'excroissances du thalle lichénique, parfois appelées galles ou mycocécidies. D'autres finalement sont lichénisées et vivent, soit dans leur jeunesse, soit en permanence, sur d'autres lichens **(Déruelle et Lallement, 1983).**

Les champignons lichénicoles appartiennent à trois groupes:

1- la majorité des espèces sont des ascomycètes et les ascospores se développent dans des apothécies ou des périthèces.

2- Un plus petit nombre d'espèces appartiennent aux basidiomycètes (principalement aux hétérobasidiomycètes).

3- D'autres finalement se reproduisent exclusivement de façon asexuée et produisent des conidies dans des pycnides (dans ce cas on parle de coelomycètes) ou non (on parle alors d'hyphomycètes).

Ils représentent des anamorphes appartenant presque exclusivement aux ascomycètes. Une partie des champignons lichénicoles sont apparentés à des taxons non lichénisés, tandis que d'autres sont apparentés à des espèces lichénisées.

On connaît actuellement environ 1500 espèces de champignons lichénicoles sur notre planète, mais on estime qu'il y en a plus de 3000. La plupart des espèces sont confinées à une espèce ou un genre de lichens, ce qui rend leur détermination plus aisée. Les champignons lichénicoles sont récoltés et conservés comme les lichens. Malgré leur faible grandeur (leurs fructifications mesurent souvent moins de 0,3 mm de diamètre), ils sont fréquemment reconnus sur le terrain du fait que le lichen hôte est nécrosé. Dans d'autres cas, ils sont récoltés par hasard avec les lichens et découverts plus tard sous la loupe binoculaire **(Sérusiaux et al., 2004).**

I.3. La symbiose lichénique

Chacun des deux partenaires tient un rôle important dans la survie de l'autre.

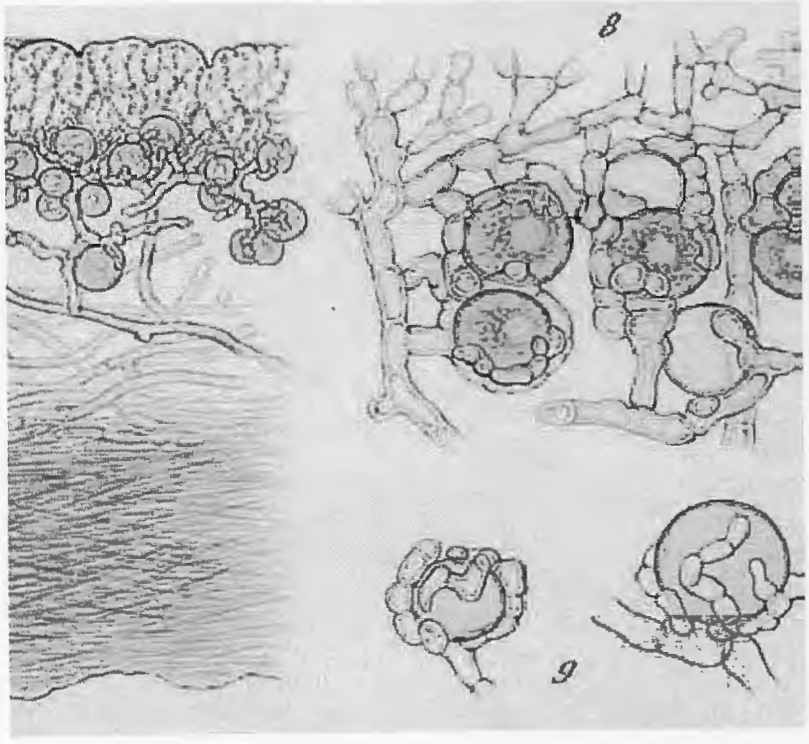


Fig. 1.2.Association des hyphes du champignon (en gris) avec les cellules algales (en vert), chez Cladonia furcata d'après Bornet (1873)

Le champignon fournit un abri à l'algue ou à la cyanobactérie (protection contre les pertes d'eau trop brutales, contre les rayonnements solaires trop intenses, contre les animaux, etc.) ainsi que les sels minéraux, l'eau et les antibiotiques nécessaires à leur bon développement.

L'algue ou la cyanobactérie, quant à elle, par son activité photosynthétique, va fournir au champignon la matière organique (entre autres les glucides) nécessaire à son existence. Cette association étroite et à bénéfice réciproque entre ces deux êtres vivants se nomme symbiose.
Le champignon est responsable de la morphologie des lichens, c'est-à-dire de la forme du corps du lichen.
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 et al., 2004).**

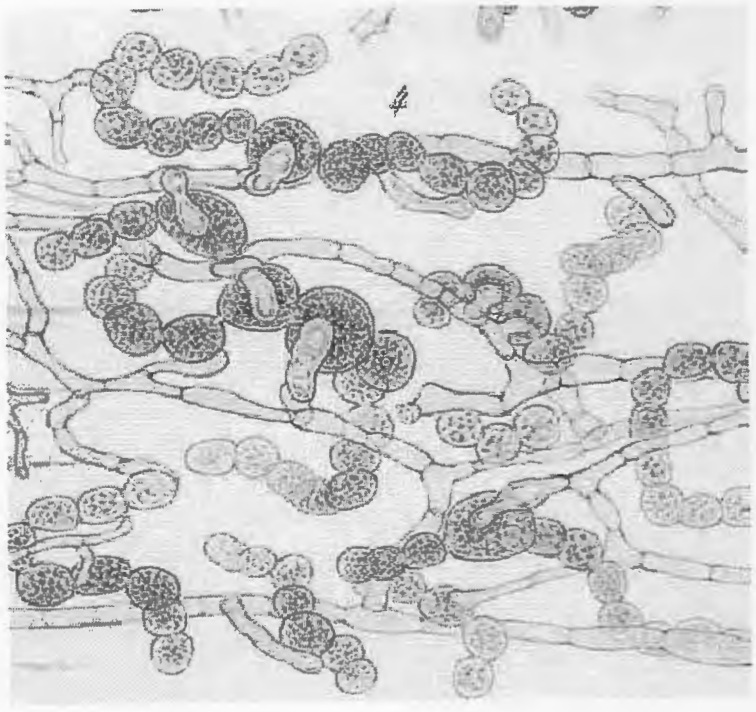


Fig. 1.3.Une cyanobactérie coloniale du genre Nostoc, ici en association symbiotique dans un lichen du genre Collema.d'après Bornet (1873)

I.4. Morphologie du thalle

L'organisme résultant de la symbiose lichénique est le plus souvent organisée par le mycobionte. L'appareil végétatif ainsi formé est nommé le thalle, ne présentant ni feuilles, ni tiges, ni racines, ni appareil conducteur. Le thalle constitue l'essentiel du lichen et porte les organes reproducteurs. Les thalles de lichens ont des formes variées **(Déruelle et Lallement, 1983).** Même s'il existe de nombreux cas intermédiaires, il est facile de distinguer trois grands groupes systématiques :

I.4.1. Les thalles foliacés

Chez le type foliacé, les thalles sont en forme de lame foliacée, à structure typiquement dorsi-ventrale, plus ou moins lobée ou divisée, et se séparant généralement sans trop de dommages de leur substrat. La fixation au substrat peut ne pas faire appel à des organes particuliers ou se faire par des «fausses racines», filaments lâches ou denses d'adhésion dispersés à la face inférieure du thalle et appelés rhizines; plus rarement, elle se fait par un seul point central, auquel cas le thalle est dit ombiliqué **(Sérusiaux et al., 2004).**

I.4.2. Les thalles fruticuleux

Ce type concerne les thalles formés de petites branches ou cylindres, éventuellement aplatis mais généralement de symétrie typiquement radiaire. Ces thalles peuvent former de petits buissons, dressés ou pendants: c'est le cas chez les genres Bryoria, Ramalina et Usnea, représentatifs des thalles du type fruticuleux **(Sérusiaux et al., 2004).**

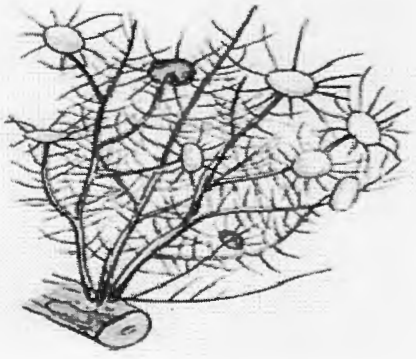


Fig. 1.4. Thalle fructiculeux dressé d'Usnea florida d'après Smith (1918)

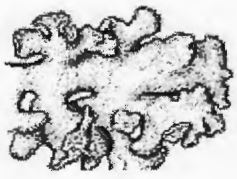
I.4.3. Les thalles crustacés

Le type crustacé est de loin le plus répandu et correspond à des croûtes que le lichen forme sur son substrat. Ces croûtes peuvent en effet être difficilement séparées de celui-ci sans être endommagées. Elles peuvent être bien délimitées à la périphérie ou non, et être distinctement lobées (thalle placodiomorphe); leur surface peut être continue, fendillée ou nettement fragmentée en petites aréoles. Une variante particulière du type crustacé est le thalle lépreux, où la croûte est entièrement formée de petits granules farineux, sans cortex et sans forte cohérence; le thalle forme ainsi une «lèpre» sur son substrat. Les thalles lépreux sont caractéristiques des habitats abrités des pluies (ex. surplombs rocheux et crevasses des écorces); ils peuvent être très colorés **(Sérusiaux et al., 2004)**.

Il existe d'autres groupes des lichens intermédiaires, sont :

I.4.4. Les thalles squamuleux

Le type squamuleux est incontestablement intermédiaire entre le type crustacé et le type foliacé. Les thalles appartenant à ce type morphologique sont composés d'écailles ou de squamules, fréquemment fortement imbriquées, et adhérant fortement au substrat, au moins en partie **(Sérusiaux et al, 2004)**.



Xanthoria fallax

Candelaria concolor

Endocarpon pusillum

Fig. 1.5. Thalles squamuleux d'après Thomson (1984)

I.4.5. Les thalles complexes

Sur un thalle « primaire » foliacé, squamuleux ou crustacé, plus ou moins développé, se dressent des tiges qui peuvent être ramifiées, les podétions, eux aussi plus ou mois développés, sur lesquels se forment les fructifications **(Déruelle et Lallement, 1983).**

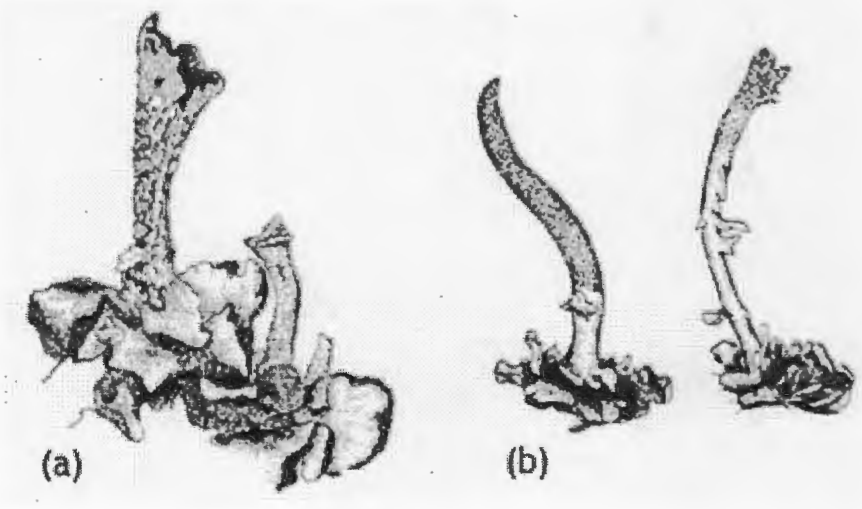


Fig. 1.6. Thalles de Cladonia composés d'un thalle primaire squamuleux ou foliacé et de podétions : (a) C. digitata (podétion scyphifère) ; (b) C.coniocraea (Sérusiaux et al., 2004).

I.4.6. Les thalles gélatineux

Ils forment, lorsqu'ils sont hydratés, des lames gélatineuses plus ou moins découpés ; à l'état sec, ils perdent cet aspect gélatineux, et deviennent très friables.

I.4.7. Les thalles filamenteux

Le type filamenteux est un cas rare, où le thalle est constitué de filaments, généralement très foncés, non gélatineux et entièrement organisés autour de filaments d'une algue verte, riche en caroténoïdes et dès lors de teinte jaune-orange **(Sérusiaux et al., 2004).**

I.5. L'anatomie du thalle

Dans la plupart des lichens, les algues sont confinées à une couche spécifique dans le thalle, qui est ensuite stratifié avec un cortex fongique en dessus de la couche d'algues et un tissu conjonctif lâche des hyphes, la moelle, en dessous de l'algue. Dans les thalles foliacés il ya

aussi une plus faible du cortex fongique. Tel thalles stratifiés sont appelés hétéromère.
Un certain nombre de lichens, en particulier de telle sorte que contiennent des cyanobactéries ont plus ou moins uniformément répartie dans une matrice gélatineuse tout au long de thalle. Ceux thalles sont appelés homéomère **(Ulrik, 1999).**

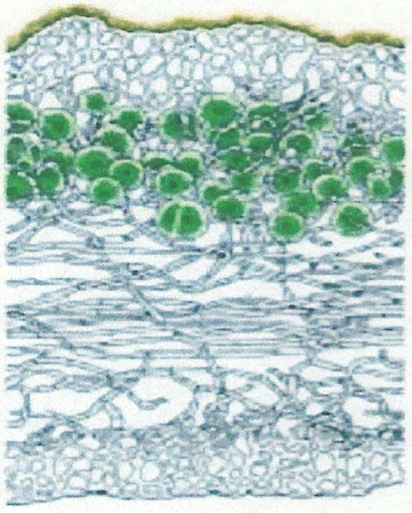


Fig. 1.7. Coupe transversale à travers le thalle hétéromère d'un lichen foliacé (Xanthoria) ; noter la discrète couche d'algues, le lâche médullaire fongique et les deux couches tissulaires de champignons (Ulrik, 1999).

I.6. Développement et reproduction

Certains lichens crustacés ne poussent que d'environ un mm en 100 ans, mais la plupart des lichens foliacés ont une croissance annuelle radiale d'environ 2 mm. Certains lichens foliacés et fruticuleux cultiver plusieurs cm par an.

Les lichens montrent une reproduction sexuée et une reproduction végétative **(Ulrik, 1999).**

I.6.1. La reproduction sexuée

Comme chez les autres champignons, les lichens se reproduisent au moyen de spores, émises en grande quantité par des organes spécialisés.

Selon leur aspect, on distingue des formes plus ou moins ouvertes parmi les quelles les apothécies ou les périthèces sont des types de fructification assez souvent rencontrés **(Ulrik, 1999).**

I.6.2. La reproduction végétative

Outre la reproduction sexuée par spores, de nombreux lichens ont une reproduction asexuée ou végétative par dispersion de fragments de thalles ou d'organes spécialisés contenant les deux constituants de la symbiose, comme les isidies (excroissances du thalle) ou les sorédies (granules très fins) **(Ulrik, 1999).**

I.7. Ecologie des lichens

I.7.1 Ecologie et distribution

L'imaginaire collectif véhicule l'étonnante capacité des champignons lichénisés à coloniser des habitats inhospitaliers, tels que les déserts et les régions les plus froides du globe (toundras et hautes montagnes), au point d'ailleurs de quasiment sanctifier le succès de l'union d'un champignon et d'une algue.

De plus, les lichens sont capables de colorer les toits et les murs de nos maisons. Le succès de la symbiose lichénique est effectivement impressionnant tant la diversité des habitats colonisés est grande. On trouve en effet des lichens à peu près partout, à l'exception notable des écosystèmes marins, où quelques genres et espèces seulement exploitent les zones rocheuses intertidales **(Sérusiaux et al, 2004)**.

- On peut distinguer trois types principaux de peuplements :

- Peuplements terricoles; les espèces croissant sur le sol, où le pH de ce substrat, sa granulométrie, sa richesse en matières humiques ou en débris végétaux, son empoisonnement en métaux lourds et surtout son degré de rudéralisation sont des facteurs discriminants importants **(Bauwens et al, 2004).**

- Peuplements corticoles ; les espèces croissant sur les écorces des arbres et arbustes, elles ne tirent aucun élément nutritif de ce support (dont l'espèce à laquelle il appartient est appelée le phorophyte), mais sont très sensibles aux caractéristiques mécaniques et chimiques de celui-

ci: acidité, capacité de rétention en eau, spongiosité, etc. La distinction peut être faite entre un substrat vivant, auquel cas le lichen est dit épiphyte, et un substrat mort (arbres morts, dressés ou couchés, écorcés ou non), auquel cas le lichen est dit lignicole. Cette distinction ne permet qu'imparfaitement de distinguer les espèces qui apprécient les bois écorcés, secs et très durs des troncs couchés (ou des souches), pourrissants et humifères **(Bauwens et al, 2004).**

- **Peuplements saxicoles ou rupicoles ;** les espèces croissant sur les rochers, elles sont très sensibles aux caractéristiques mécaniques et chimiques de ce support: acidité, composition chimique, capacité de rétention en eau, tendance au délitage ou à la fragmentation, etc. La distinction peut être faite entre les espèces qui croissent sur des rochers naturels ou des murs qui en sont faits, et les espèces qui croissent sur des matériaux de substitution (béton, tuile, asbeste, etc.). Les espèces qui obligatoirement croissent sur des bryophytes (mousses et hépatiques essentiellement), eux-mêmes corticoles ou saxicoles, généralement mais pas toujours des mousses pleurocarpes, sont dites muscicoles. Pour préciser l'écologie des bryophytes concernés, on parlera de lichens muscicoles-épiphytes ou de lichens muscicoles-saxicoles **(Bauwens et al, 2004).**

I.7.2. Exigences écologiques

Le succès avec lequel des lichens colonisent des habitats difficiles (déserts et hautes latitudes et altitudes) ne doit pas masquer que la plupart des espèces ont en fait des exigences écologiques très précises, parfois très étroites **(Sérusiaux et al, 2004)**.

- **La disponibilité en eau** paraît bien être le premier facteur à considérer. Si les espèces lichénisées avec des cyanobactéries semblent exiger de l'eau sous forme liquide, celles lichénisées avec des algues vertes dépendent de la disponibilité en eau pulvérisée sous forme d'aérosol (brouillards). C'est ce qui explique que les déserts chauds, très secs et où l'eau n'apparaît que sous forme de pluies sporadiques n'abritent pratiquement pas de lichens, alors que les déserts pratiquement sans pluie mais à brouillards très fréquents sont colonisés par des populations exubérantes de lichens.
- **L'éclairement** est bien entendu un deuxième facteur essentiel, beaucoup d'espèces nécessitant un éclairement important.
- la teneur en azote des substrats, l'enrichissement éventuel d'un substrat en nitrates détermine fortement les peuplements lichéniques.

- **l'importance de la qualité de l'air,** facteur écologique détermine la présence des espèces de lichens, une altération même très faible, de la qualité des brouillards ou des eaux de pluie et du pouvoir oxydant de l'air sont importants, sans commune mesure avec les impacts exercés sur les plantes supérieures.

- **la teneur en azote des substrats,** l'enrichissement éventuel d'un substrat en nitrates détermine fortement les peuplements lichéniques **(Sérusiaux et al, 2004)**.

I.8. Rôle et usages des lichens

I.8.1. Les lichens, indicateurs de la pollution atmosphérique

Les lichens considérés comme les meilleurs indicateurs végétaux de la pollution atmosphérique, et principalement les épiphytes (qui poussent sur d'autres végétaux) corticoles (sur les écorces). Ils tirent leur particularité d'une nutrition étroitement liée à l'atmosphère (les rhizines n'ont pratiquement qu'un rôle fixateur) et des propriétés suivantes :

- Une activité continue indépendante des saisons.
- Un métabolisme lent associé à une grande longévité.
- Un grand pouvoir d'accumulation très peu sélectif.
- Une absence de moyens de lutte contre la pollution.

Cette "sensibilité/perméabilité" à la pollution atmosphérique liée par exemple à l'absence de régulation stomatique des échanges gazeux (dont dispose les végétaux supérieurs) est renforcée par une pression osmotique élevée à l'intérieur des cellules favorisant les échanges avec l'atmosphère. Certaines espèces sont plus ou moins polluosensibles. Les lichens de type "crustacé"sont moins sensibles à la pollution gazeuse que les espèces "foliacées ou fruticuleuses" du fait de leur croissance plus lente et leurs échanges gazeux plus faibles (plus d'échanges avec le substrat). En revanche, les espèces de type "crustacé" sont plus sensibles aux dépôts humides ruisselants sur les troncs.

Les lichens sont également utilisés comme bioaccumulateurs et principalement pour la détection de contamination en fluor, métaux lourds ou assimilés (arsenic) et en éléments radioactifs **(ASPA 2009).**

I.8.2. Usages alimentaires

Les lichens s'insèrent dans les chaînes alimentaires, sont consommés par certains animaux, certains lichens sont utilisés pour l'alimentation humaine :

la mousse d'islande (cetraria islandica) dans les pays nordiques

Ou font l'objet d'un parasitisme par d'autres champignons qui leur sont inféodés. **(Ozenda et al, 1970).**

I.8.3. Usage pharmaceutique

Les lichens produisent de très nombreux composés chimiques qui leur sont propres et qui sont susceptibles d'avoir des applications pharmaceutiques. Ainsi, certaines de ces molécules ont une activité antibiotique ou anti-inflammatoire marquée ou bien encore des propriétés photoprotectrices **(Ozenda, 2000).**

I.8.3. Usages industriels

- Teintures et pigments

De nombreux lichens ont anciennement été utilisés comme colorants par l'artisanat puis dans l'industrie textile. Il y a plus de 150 ans, le pharmacien rennais Robiquet a décrit les procédés chimiques de formation de colorants à partir de lichens **(Ozenda, 2000).**

- Parfums et cosmétiques

Plusieurs lichens comme l'évernie du prunier (Evernia prunastri) ou la fausse évernie poudreuse (Pseudevernia furfuracea) fournissent des extraits à odeur persistante, utilisés dans l'industrie des parfums **(Ozenda, 2000).**

I.9. Généralité sur le métabolisme

Par métabolisme, on entend toutes les transformations des composés chimiques grâce auxquelles un organisme (ou chacune de cellules) gagne l'énergie et construit sa propre substance.

Le métabolisme des plantes vertes est associé à l'apparition de l'autotrophie. Au contraire de la plupart des autres êtres vivants, les plantes vertes, en présence de lumière, peuvent synthétiser elles-mêmes les substrats organiques nécessaires à leur métabolisme: elles

utilisent du gaz carbonique, de l'eau, des sels minéraux et parallèlement, elles libèrent de l'oxygène **(Richter, 1993).**

On peut distinguer deux types de métabolites: métabolites primaires et métabolites secondaires.

I.9.1. Les métabolites primaires

I.9.1.1. Définition

Les métabolites primaires sont les molécules qui existent dans toutes les cellules végétales et sont nécessaires à la vie de la plante. Ils sont à la base de a machinerie moléculaire de la cellule. Les glucides, les lipides et les acides aminés sont des exemples importants de métabolites primaires.

Ces macromolécules sont les produits essentiels du métabolisme, impliqués dans la croissance et le développement de toutes les cellules végétales **(Hopkins, 2003).**

I.9.1.2. Les classes de métabolites primaires

a-Les glucides

Comprennent tous les sucres et leurs polymères, chaque glucide contient du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, et peut faire partie soit des monosaccharides, soit des disaccharides, soit des polysaccharides.

Les glucides sont les biomolécules les plus abondantes de la plante, ils jouent au sein des êtres vivants un nombre de rôle très divers **(Weinman et Méhul, 2004).**

Au niveau extracellulaire, les glucides sous forme de fibres ou de gel joue un rôle structural, ils soutiennent et protègent les structures biologiques et entrent dans la constitution des tissus. Au niveau intracellulaire, les glucides jouent un rôle énergétique, ils sont des sources d'énergie **(Moussard, 2006).**

b-Les lipides

Alors que la plus part des familles de molécules de base du monde vivant sont définies par leurs structures chimiques. Les lipides (du grec lipos, graisse) sont caractérisés par une propriété physique: la solubilité, ils sont des composés à solubilité, nulle ou faible dans l'eau

par contre élevée dans les solvants organiques non polaires (méthanol, chloroforme, cyclohexane...).

Un lipide est une molécule: soit complètement apolaire (lipide neutre), soit bipolaire (molécule amphiphile ou amphiphipathique) **(Touitou, 2005).**

Les lipides ont plusieurs fonctions: Huileuses, Réserves.. .etc.

c-Les protéines

Il existe vingt acides aminés que les cellules utilisent dans des combinaisons diverses pour former des centaines de protéines différentes. Chaque acide aminé à la même structure de base, constituée d'un atome de carbone centrale auquel sont liés un groupe aminé (NH2), un groupe carboxyle (-COOH), un atome d'hydrogène et une chaîne latérale variable nommée groupe R **(Touitou, 2005).**

Les protéines sont des polymères linéaires d'acides aminés unis par une liaison amide, dite liaison peptidique, établie entre le groupement a-carboxyle de l'un et le groupement a-aminé.

جامعة جيجل
مكتبة الكلية
كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة والحياة

I.9.2.Les Métabolites secondaires

I.9.2.1. Définition

Les métabolites secondaires des végétaux peuvent être définis comme des molécules indirectement essentielles à la vie des plantes, par opposition aux métabolites primaires qui alimentent les grandes voies du métabolisme basal **(Colmar, 2007).**

Ces composés ne sont pas produits directement lors de la biosynthèse mais résultent des réactions chimiques ultérieures **(Richter, 1993; Sevenet, 1994).**

Ces métabolites sont, soit des produits terminaux ou de déchet du métabolisme, soit des substances de réserve manifestant une mobilisation réorientée **(Richter, 1993).**

I.9.2.2. Les classes de métabolites secondaires

Chez les plantes les trois classes principales de métabolites secondaires sont les alcaloïdes, les terpènoides et les substances phénoliques **(Bruneton, 1993; Raven et al., 2007).**

a-Les alcaloïdes

Selon **Bruneton (1993)**, les alcaloïdes sont initialement définis comme des substances azotées, basiques, d'origine naturelle et de distribution restreinte. Le mot « alcaloïde» est pratiquement synonyme du mot « drogue» (10 des 12 drogues qui ont pour origine une plante et qui sont commercialement les plus importantes sont des alcaloïdes) **(Hopkins, 2003).**

b-Les terpènoïdes

Existe chez toute les plantes, ils peuvent être considérés comme formés par l'assemblage d'un nombre entier d'unités pentacarbonées ramifiées dérivées du 2 - méthylbutadiène **(Bruneton, 1993; Raven et al., 2007).**

Selon **Reven (2007)**, les terpènoïdes sont des composés d'unités isoprène et comprennent les huiles essentielles, le taxol, le caoutchouc et les glycosides cardiotoniques.

c-Les composés phénoliques

Les composés phénoliques sont en effet des éléments importants, de qualités sensorielles (couleur; astringence) et nutritionnels des végétaux que consomme l'homme et leur intervention dans la santé est maintenant reconnue dans des domaines variés **(Richter, 1993).**

d-Les flavonoides

Les flavonoïdes sont des pigments quasi universels des végétaux presque toujours hydrosolubles, les pigments floraux agissent comme signaux visuels pour attirer les pollinisateurs, oiseaux et abeilles **(Raven et al., 2007).** Certains flavonoïdes ont des propriétés anti-inflammatoires et antivirales, et des effets protecteurs sur le foie

I.9. 3. Effet des métaux lourds sur les métabolites considérés dans l'étude

Les plantes pour leur immense majorité sont immobiles, ce qui implique qu'elles subissent continuellement les actions du milieu environnemental biotique et abiotique).

La résistance aux stress dépend fortement du stade de développement de la plante, Plusieurs critères physiologiques et biochimiques ont été dégagés, à l'échelle de la cellule, ou de la plante entière, et utilisés dans un but de discrimination entre espèces ou variétés pour la résistance aux stress.

Certains tests reposent sur le pari que certains traits précis de la biochimie et de la physiologie cellulaire sont directement corrélés à la tolérance aux stress: perturbation des photo systèmes, perméabilité cellulaire, accumulation de substances organiques caractéristiques des stress (sucres solubles, proline, polyphénols), induction de protéines spécifiques, etc **(Richter, 1993).**

Chapitre II

Généralités sur le plomb

جامعة عبد الحميد بن باديس
مكتبة الكلية
كلية علوم الطبيعة و الحياة

II.1. Le plomb et ses composés

II.1.1 Le plomb métallique (Pb) - Caractères physico-chimiques

Le plomb est un métal mou, bleuâtre à gris-argent **(Viala et Botta, 2005)**, sans goût ni odeur caractéristique, Il fond à 327°C.

Il possède une forte densité et une ductilité élevée. Se trouvant habituellement en petite quantité dans la croûte terrestre **(Pourrut, 2008)**.

Le plomb est un métal lourd, très toxique pour les êtres vivants en particulier pour les vertébrés homéothermes **(Ramade, 2002).**

A température supérieure à 500°C, il est susceptible d'émettre des vapeurs et des poussières métalliques nocives.

Par ailleurs, la solubilité du plomb dans l'eau n'est pas négligeable et peut être à l'origine de la toxicité de certaines eaux de boisson **(Viala et Botta, 2005)**.

II.1.2. Oxydes de plomb

Ils sont à peu près insolubles dans l'eau.

II.1.2.1. Oxyde PbO

C'est le « massicot jaune », qui devient jaune-orangé à chaud pour constituer la « litharge ». Il sert dans les industries de la verrerie, des émaux, des huiles siccatives, des accumulateurs etc.

II.1.2.2. Bioxyde PbO

C'est « l'oxyde puce » de plomb, un oxydant énergique.

II.1.2.3. Minium Pb_3O_4

Composé de couleur rouge, il entre dans la composition de peintures antirouille et sert dans les industries des vernis, des émaux, du cristal, et des accumulateurs **(Viala et Botta, 2005)**.

II.1.3. Sulfure de plomb PbS

A l'état naturel, il constitue la « galène ». Il est insoluble dans l'eau.

Il peut entrer dans la composition de vernis pour poteries artisanales. Il fournit des vernis de couleur jaune, qui peuvent être colorés en brun par addition d'oxyde de manganèse ou en vert par addition d'oxyde de cuivre.

Ces vernis, encore en usage dans certains pays, sont attaquables par les acides organiques. Il est donc recommandé de ne jamais préparer ou laisser séjourner des aliments ou ingrédients

acides (vinaigrettes, vins, cidres, etc.) dans les poteries ainsi vernissées **(Viala et Botta, 2005)**.

II.1.4. Hydrocarbonate de plomb Pb $(CO_3)_2$, Pb $(OH)_2$

Appelé « céruse », ce produit permettait d'obtenir des peintures blanches par simple mélange avec l'huile de lin. Mais ces peintures noircissaient sous l'action de l'hydrogène sulfuré atmosphérique et, de plus, étaient toxiques.

Elles subsistent encore dans des logements anciens où elles peuvent être à l'origine d'intoxications **(Viala et Botta, 2005)**.

II.1.5. Arséniates de plomb $PbHAsO_4$

Utilisé autrefois en agriculture comme insecticide.

II.1.6. Chromates de plomb $PbCrO_4$

Il sert de colorant jaune pour des peintures ou divers objets.

II.1.7. Stéarate de plomb $(C_{17}H_{35}COO)_2$

Il est utilisé pour la lubrifiante haute pression, comme stabilisant de certaines matières plastiques et comme agent siccatif de vernis **(Viala et Botta, 2005)**.

II.1.8 Dérivés alcoyles

Le Pb-tétra éthyle PbC_2H_5 et le Pb-tétra méthyle $(C_2H_5)_4$ sont des liquides volatils dérivés organiques du plomb qui étaient ajoutés à l'essence comme antidétonants.

Ces dérivés organiques ont contribué fortement à la pollution atmosphérique par le plomb **(Viala et Botta, 2005)**.

II.2.Historique de l'utilisation du plomb

Utilisés depuis des siècles, Le plomb a été l'un des premiers métaux utilisés par l'homme dès l'âge du bronze, il y a plus de 7000 ans. Du fait de sa relative disponibilité et de ses propriétés physico- chimiques (malléabilité, ductilité, bas point de fusion, propriété anticorrosion) **(Pourrut, 2008)**.

Le plomb et ses dérivés sont devenus au fil du temps des toxiques industriels majeurs et des polluants de notre environnement. Les intoxications massives par ces composés sont rares de nos jours.

En revanche les intoxications chroniques demeurent toujours d'actualité **(Viala et Botta, 2005)**.

Depuis la période romaine, les concentrations de plomb dans l'environnement naturel se sont accrues. Avec l'avènement de l'industrie minière, de la métallurgie et de la combustion fossile, les quantités de plomb rejetées se sont disséminées dans les environnements terrestres et marins.

Le flux anthropique d'origine atmosphérique est largement le plus important. Depuis les années 80, avec l'entrée en vigueur de la loi sur l'interdiction d'antidétonants au plomb dans les essences, les concentrations ont commencé à diminuer.

Ce n'est que dans les années 90 qu'une baisse significative se fait ressentir **(Komarek et al., 2008).**

II.3. Les sources du plomb

II.3.1. Sources naturelles

Les sources de plomb dans l'environnement peuvent être diversifiées compte tenu du milieu de formation de celui-ci. Les concentrations sont habituellement dues à la météorisation géochimique ou à l'érosion. Ces facteurs le concentrent en un endroit donné comme c'est le cas pour certains types de gisements

(Mohamad et Millette, 2004).

Ces gisements naturels, enfouis dans les roches, deviennent accessibles et contaminants potentiels à plusieurs occasions :

- l'érosion qui transporte les métaux vers les sols, les eaux de surface et les Sédiments.
- les éruptions volcaniques terrestres ou sous-marines. Une éruption volcanique libère 3.200 à 4.200 tonnes de plomb, dans l'atmosphère.
- les prélèvements d'eau. En puisant dans des nappes phréatiques de plus en plus profondes, on peut tomber sur une nappe contaminée par une roche très chargée en plomb. Cette source de mobilisation de plomb est la moins connue, mais aujourd'hui l'une des plus fréquentes.

Il y a donc des sources de contamination naturelles. Une fois en circulation, les métaux se distribuent dans tous les compartiments de la biosphère : terre, air, océan **(Gérard Miquel, 2001).**

II.3.2. Sources anthropiques

Les activités anthropiques sont à l'origine d'un flux de plomb très important pouvant conduire à des contaminations locales aiguës. Ce flux représentait, en 1980, 332 000 t.an-1

comparativement à 20 000 tonnes provenant des sources naturelles **(Mohamad et Millette, 2004) (Pourrut, 2008)**.

Il est rejeté dans l'environnement sous forme d'aérosols, par des installations minières, par des usines de récupération de ce métal et surtout par suite de la pollution diffuse lorsque les alkylPb étaient systématiquement utilisés comme antidétonants dans les essences. Se dépose sur les parties aériennes des végétaux et pénètre dans le sol ou il peut demeurer très longtemps par suite de sa faible solubilité, son temps moyen de séjour atteignant des durées supérieures au millénaire **(Ramade, 2005) (Mohamad et Millette, 2004).**

D'autres sources possibles de plomb potentiellement dangereuses pour la santé humaine telles que les peintures au plomb, les tuyauteries composées de plomb ou tout objet pouvant en contenir (jouets, boîtes de conserve, etc.) peuvent aussi avoir un impact important sur la santé des populations.

Le plomb, quoique non essentiel dans le bon fonctionnement des organismes, est donc un élément omniprésent dans nos vies.

Il peut devenir toxique pour la vie s'il est présent en quantité trop importante **(Komarek et al., 2008).**

II.4. La production et l'utilisation de plomb

Le plomb est issu d'un minerai, la galène. L'utilisation du plomb est directement liée à la métallurgie. Avec deux pics notables. La métallurgie a connu son apogée sous l'empire romain, lorsque le plomb était utilisé pour la production de la monnaie, les canalisations, la vaisselle... Ce phénomène peut être parfaitement suivi par l'analyse des glaces polaires.

La révolution industrielle a entraîné de nouvelles utilisations massives et une augmentation exponentielle depuis un siècle tout en se transformant radicalement. Pendant la première moitié du siècle, le plomb a été utilisé dans l'industrie, l'imprimerie et les peintures. Dans la seconde moitié du siècle, l'utilisation dominante était liée aux carburants automobiles, le plomb étant ajouté à l'essence comme antidétonant. Cette utilisation est aujourd'hui prohibée **(Gérard Miquel, 2001).**

Les émissions de plomb atteignaient 1000 T.an-1 en 1985, mais ces émissions diminuent régulièrement avec la généralisation de l'essence sans plomb. En raison de la seule , on a déjà enregistré une baisse de 16 % de la concentration du plomb dans les atmosphères « test » comme les atmosphères polaires.

En Europe, ce ne sera qu'en janvier 2001 que la majorité des pays a arrêté cette pratique. Il reste tout de même encore quelques régions du globe où l'utilisation de l'essence plombée est encore très répandue comme c'est le cas en Afrique.

Dans les pays industrialisés, le problème du plomb n'est plus d'actualité, mais dans de nombreux pays (pays émergents le plomb reste encore utilisé. Malheureusement, le remplacement du plomb, par d'autres substances, pose aussi des problèmes **(Masclet, 2005).**

II.5. Effet du plomb sur l'environnement

Les dépôts d'origine atmosphérique sont, pour les écosystèmes naturelles, une charge supplémentaire par rapport aux teneurs naturelles du fond géochimique (sols, eaux) l'exposition à une pollution atmosphérique par le plomb est connue pour provoquer des effets dommageables, à court ou à long terme, aux systèmes vivants (écosystèmes terrestres et aquatiques) **(Gambert et al., 2005).**

- La pollution atmosphérique au plomb

Les conséquences de la pollution atmosphérique au plomb sur les zones rurales et les plantes ne sont pas non plus parfaitement établies. Le plomb se dépose surtout en surface, est peu biodisponible, et par conséquent affecte surtout les parties aériennes des plantes et très peu les racines. Pour simplifier, on peut dire qu'on peut cultiver des radis en bord d'autoroute, mais pas de salade.

Le risque en zone rurale est en revanche plus important pour les animaux susceptibles d'absorber le plomb en surface, dans l'herbe.

L'impact le moins contestable se situe en zone urbaine où le risque est double ; d'une part, le risque d'ingestion des poussières, en particulier par les enfants en bas âge ; d'autre part, l'inhalation de particules. Sauf cas exceptionnel, depuis que les mesures existent, les teneurs en plomb dans l'air n'ont jamais atteint des niveaux inacceptables. Il faudrait surtout distinguer la contamination des sols et la contamination par voie aérienne des végétaux, qui est beaucoup plus pertinente en termes de santé publique **(INSPQ, 2003).**

II.6. Effet sur l'homme

- La toxicité du plomb

L'absorption de plomb peut se faire entre autre par inhalation de particules ou de fumée ainsi que par ingestion de nourriture et d'eau. Elle peut aussi se faire par l'exposition à un matériel contenant du plomb (telle la peinture). Le plomb dans notre environnement est très toxique pour l'être humain. Il provoque plusieurs maladies telles que le saturnisme. Il peut

également être transmis lors d'une grossesse de la mère au foetus par l'allaitement ou par le placenta dû à la déminéralisation des os de la mère et donc de la remise en liberté du plomb dans le sang.

Des troubles du développement psychomoteur chez des enfants en bas âge peuvent également apparaître.

Certaines parties des canalisations des eaux potables contiennent également du plomb **(INSPQ, 2003).**

II.7. Effets sur les animaux

L'intoxication des oiseaux : le risque de saturnisme.

Depuis le début des années 60, 50 000 oiseaux ont été examinés. Le risque de saturnisme est confirmé.

Plusieurs effets peuvent être distingués :

- En premier lieu, la mortalité est directement corrélée avec l'ingestion de plomb. Avec quatre plombs ingérés, la mortalité est quasi certaine.
- En second lieu, l'ingestion de plombs a des effets sur les comportements des animaux. Certains effets sont immédiats. L'oiseau qui a ingéré du plomb se nourrit, vole moins bien, s'oriente moins bien. D'autres effets, décalés dans le temps, affectent la reproduction. La réduction de la taille des pontes est évaluée à un tiers chez les canes ayant ingéré des plombs.

Une récente thèse vétérinaire considère que « l'ingestion d'une faible quantité de plombs de chasse chez les canards colvert peut mettre en péril le succès reproducteur des individus exposés, et par là même, la pérennité de l'espèce ».

(Gérard Miquel, 2001).

II.8. Effet sur les plantes

Les plantes peuvent absorber le plomb présent dans le sol par l'intermédiaire de leurs racines. Une partie de ce métal, présent dans les retombées atmosphériques ou dans les amendements agricoles (impuretés), peut également être absorbée par leurs feuilles.

Cependant, en dehors de zones proches d'installations générant la production de grandes quantités de plomb dans l'atmosphère, la plus grande partie du plomb absorbée par les plantes l'est par absorption racinaire **(Pourrut, 2008).**

Tous les végétaux sont des accumulateurs de plomb qu'ils soient aquatiques (algue) ou terrestres (lichens, champignons, mousses, feuilles des arbres, légumes…) premier maillon de la chaine alimentaire, les végétaux sont le point de départ du transfert de plomb dans cette

chaine, et peuvent ensuite se concentrer de manière parfois importante dans les échelons trophiques supérieur (biomagnification) **(Gambert et al., 2005).**

Chapitre III

Généralités sur le fluor

III.1. Fluor et ses dérivés

III.1.1. Le fluor

Elément du groupe des halogènes dont le corps simple est un gaz présentant une très forte réactivité chimique **(Ramade, 2002).**

Bien que le fluor soit un élément biogène pour les vertébrés **(Ramade, 2008-2005)** puisqu'il intervient dans l'ossification en général, et en particulier dans la constitution du tissu osseux dentaire auquel il confère sa dureté (et sa résistance à la carie), il présente une grande affinité pour le calcium et perturbe par suite la calcification. En outre, il présente une toxicité pour le cytoplasme à des concentrations encore faibles. Il figure à ce titre parmi les substances hormétiques **(Ramade, 2005).**
Certaines eaux de boisson sont déficientes en fluor ce qui oblige à les supplémenter en cet élément **(Ramade, 2002).**

Le fluor est un élément ne jouant aucun rôle dans la physiologie des végétaux. S'il est présent dans l'air à des concentrations anormalement élevées dues à des émissions polluantes **(Ramade, 2005).**

III.1.2. Dérivés du fluor

III.1.2.1. Les fluorures alcalins : qui sont employés comme antirouille.

III.1.2.2. Fluoroacétate de sodium

Très toxique, possède des propriétés raticides, et toxique pour l'homme. La dose mortelle serait comprise entre 2 et 5 mg/kg. Son action toxique résulte du blocage de la respiration cellulaire au niveau du cycle de Krebs. Le fluoroacétate de sodium est métabolisé en fluorure.

III.1.2.3. Chlorofluorocarbures (CFC)

Ils constituent pour la plupart une série de composés chlorés et fluorés du méthane et de l'éthane. Ininflammables, non corrosifs, chimiquement très stables, la plupart de ces composés sont gazeux et ont été largement utilisés comme agents réfrigérants (installations frigorifiques, réfrigérateurs, conditionnement d'air, climatisation automobile), et agents propulseurs d'aérosols (médicamenteux, cosmétiques, ménagers, etc.) **(Viala et Botta, 2005).**

1.2.4. Hydrochlorofluorocarbures (HCFC)

Les CFC ont été remplacés par les hydrochlorotluorocarbures ou HCFC, où la substitution

chlorotfluorée est incomplète. Le groupement C-H que présente ces produits les rend attaquables par les radicaux hydroxyles dans la troposphère.

Mais la dégradation des HCFC dans les basses couches de l'atmosphère n'est pas absolument complète. Une certaine proportion peut encore atteindre la couche d'ozone stratosphérique et contribuer à sa destruction. Les industriels se sont donc orientés vers la production de composés ne contenant plus de chlore.

III.1.2.5. Hydrofluorocarbures et perfluorocarbures

Les HCFC sont donc remplacés par les hydrofluorocarbures ou HFC et les perfluorocarbures ou PFC (où tous les hydrogènes sont remplacés par du fluor). Ainsi, l'HFC-134a s'est révélé être un bon substitut du CFC-12 dans l'industrie du froid, la congélation, les transports réfrigérés, la réfrigération domestique, l'air conditionné (domestique et automobile), etc. L'HFC-23 et l'HFC-227ea sont des anti-incendies.

Ces nouveaux produits (ne renfermant pas de chlore), peuvent être considérés comme inoffensifs vis-à-vis de l'ozone stratosphérique **(Viala et Botta, 2005)**.

III.3. Origine de la pollution fluorée

La pollution fluorée a pour origine le rejet dans l'atmosphère de gaz et de particules, émis ponctuellement lors de la pyrolyse des polymères fluorés, et par diverses industries : verreries, métallurgie de d'aluminium et du béryllium, fabrication d'engrais phosphatés (à partir de l'apatite fluorée), industrie cuisant de l'argile (cimenterie, briqueteries et tuileries, fabrication de céramiques et de produits réfractaires). Ces industries rejettent du fluor sous forme gazeuse (HFou acide fluorhydrique) et sous forme de fluorures volatils.

Certaines eaux de boisson peuvent être riche en fluor (plus de 2 à 2,5 mg /L) et faire courir des risques lors de leur consommation. Le fluor peut encore provenir de la combustion de certains charbons et fuels et contribuer ainsi à l'acidité de l'air **(Déruelle et Lallement, 1983) (Viala et Botta, 2005).**

Toutefois, aux concentrations aériennes rencontrées habituellement en milieu urbain, le fluor demeure inoffensif.

Le fluor peut également entrer dans la composition de gommes à mâcher, comprimés, gouttes et compléments alimentaires divers **(Viala et Botta, 2005).**

III.4. Effet du fluor sur l'environnement

Le fluor peut être à l'origine d'une importante pollution atmosphérique et donc des sols dans les environs d'usines d'électrochimie de d'aluminium et, à un degré moindre, auteur des cimenteries.

Il contamine les parties aériennes des végétaux et les sols. Il contamine aussi les chaines alimentaires des animaux domestiques via les herbages pollués causant une grave maladie, la fluorose des ongulés **(Ramade, 2002-2005)**.

Les chlorofluorocarbures (CFC, Fréons), utilisés en particulier comme produits réfrigérants et agents d'expansion des matières plastiques, sont relativement stables et peu toxiques; ils peuvent cependant altérer la couche d'ozone stratosphérique. Ils sont remplacés par les hydrofluorocarbures (HFC), et les perfluorocarbures (PFC).

Les Chlorofluorocarbures (CFC) ne se décomposent pas dans la basse atmosphère. La photo-décomposition a lieu dans la stratosphère du fait de l'absorption de radiations UV et de la libération de chlore atomique, s'accompagnant de la destruction de la couche d'ozone stratosphérique.

Ils contribuent aussi à l'effet de serre. Leur fabrication a été arrêtée suite au protocole de Montréal et à ses amendements **(Viala et Botta, 2005).**

Autre effet méconnu de la pollution fluorée tient en sa nocivité pour les ruchers. En effet, la plupart des composés inorganiques du fluor possèdent de puissantes propriétés insecticides. Aussi les ruchers ne peuvent perdurer au voisinage d'usine d'électrochimie de l'alumine et se maintiennent difficilement près des briqueteries **(Ramade, 2005)**.

III.5. Effet du fluor sur l'homme

- Mécanismes d'action chez l'homme

Le fluor est un toxique cumulatif et, de fait, son action sur le tissu osseux ne s'observe qu'au cours des intoxications chroniques, connues sous le nom de fluoroses, principalement celles d'origine hydrique chez l'homme.

La fixation du fluor au niveau du tissu osseux est fonction de son apport à l'organisme, surtout par voies digestive et pulmonaire, de la réactivité du tissu osseux en surface et de l'efficacité de son excrétion urinaire. La fixation sur le squelette est rapide; elle est plus importante au niveau de l'os jeune, où siège une activité biologique intense (la gravité de l'atteinte chez l'enfant est à souligner). Dans les tissus mous, sa concentration est voisine de celle du plasma.

Une action nocive sur le système nerveux est également mentionnée.

La toxicité des fluorocarbures est considérée comme faible. Certains peuvent cependant donner lieu à des intoxications sévères (modifications de la voix, oppression thoracique, tachycardie, malaises, pertes de connaissance avec l'HCFC 22, l'HCFC 142b et l'HFC 134a), et même mortelles, en cas d'exposition à de fortes concentrations atmosphériques ou d'usage à des fins toxicomaniaques **(Viala et Botta, 2005).**

III.6. Effets sur les animaux

Des fluoroses peuvent aussi affecter le bétail. 90 % de la dose absorbée est fixée sur l'os; l'élimination est ensuite très lente (demi-vie de 8 ans) **(Viala et Botta, 2005).**

De tous les polluants atmosphériques, le fluor est aussi celui qui cause les dommages les plus fréquents chez les animaux domestiques.

Dans la plupart des cas, la contamination a lieu non pas par inhalation mais par voie alimentaire. C'est par contamination de la chaîne trophique des animaux d'élevage que le fluor provoque une intoxication à long terme des bovins, ovins et autres animaux domestiques homéothermes causant une maladie chronique dénommée fluorose.

L'alimentation des animaux domestiques dans des prairies naturelles ou avec des plantes fourragères polluées les expose à long terme à des concentrations excessives de fluor- qui peut atteindre dans le feuillage jusqu'à 2000 mg.kg-l de tissus secs - qui finissent par provoquer la fluorose **(Ramade, 2005).**

- Conséquences de la fluorose pour l'élevage

L'intoxication par le fluor se traduit par des troubles de gravité croissante chez les ruminants. Les premiers symptômes sont de nature dentaire: les dents deviennent moins résistantes et présentent des marbrures. À un stade ultérieur s'observent des déformations osseuses. Puis survient une cachexie progressive des animaux contaminés. Les animaux morts de fluorose présentent à la dissection des nécroses des reins et des surrénales ainsi que des

lésions du tube digestif. Dans les cas d'intoxications modérées, on note une baisse de la production laitière associée à une diminution de la teneur en lipides du lait.

La concentration maximale que les bovins peuvent supporter dans leur alimentation est inférieure à 50 ppm de fluor. Elle s'élève à 100 ppm pour les ovins et les porcs et à 300 ppm pour les poules **(Ramade 2005).**

III.7. Effets sur les Plantes

III.7.1. Effets sur les plantes supérieures

Le fluor représente aussi un redoutable polluant pour les cultures. Toutes les plantes cultivées présentent une grande pollu-sensibilité à cet élément. Aucun verger ne peut survivre à proximité d'une usine d'électrochimie de l'alumine **(Ramade 2005).**

Il pénètre par translocation foliaire ou radiculaire dans les plantes et s'accumule dans divers tissus en particulier le feuillage **(Ramade 2002-2005).**

III.7.2. Effets sur les lichens

- Appauvrissement de la flore lichénique auteur des foyers de pollution

L'appauvrissement de la flore lichénique a été constaté à plusieurs reprises auteur des usines d'aluminium. D'après des études cartographiques qui permet d'établir l'existence d'un désert lichénique dans les environs immédiats des usines.

Au fur et à mesure que l'on s'en éloigne, la flore lichénique s'enrichit progressivement (augmentation du nombre d'espèces et du recouvrement).

La végétation lichénique, se trouve appauvrie au voisinage d'une usine d'aluminium. La diminution de la luxuriance, la suppression des fructifications et la baisse du recouvrement précèdent l'élimination des espèces.

L'ouverture récente d'une usine d'aluminium a permis de détecter dès la fin de la première année de fonctionnement des dégradations (dessèchement, brunissement ou décoloration des thalles) de la flore lichénique. La végétation épiphyte exposée aux fumées est affectée jusqu'à 3 Km de la source de pollution.

Le fluor est toxique pour les lichens mais leur toxisensibilité est variable avec les conditions substratiques et climatiques, notamment avec l'exposition aux polluants. Cette variation, importante est peut être due à la présence d'une pollution particulaire sensible au lavage par les eaux de pluie, pollution qui s'ajoute ici à la pollution gazeuse. Les poussières

des fluorures forment en effet un dépôt superficiel qui n'est pas totalement absorbé par les lichens. Une courte averse peut produire une pollution plus forte qu'une pluie prolongée qui lave les thalles **(Déruelle et Lallement, 1983)**.

Partie expérimentale

Chapitre IV

Matériel et méthodes

IV. 1. Choix du matériel végétal

IV .1.1. Description de l'espèce végétale

Xanthoria parietina, est une espèce foliacé, corticole se développe sur nombreux phorophytes notamment *Tamarix galiga* dans notre site de prélèvement, très nitrophile et moyennement toxicotolérante, facilement reconnaissable à son thalle jaune-orangé, pourvu de nombreuses fructifications.

C'est une espèce lichénique plus dominante dans les zones humides de la wilaya de «JIJEL ».

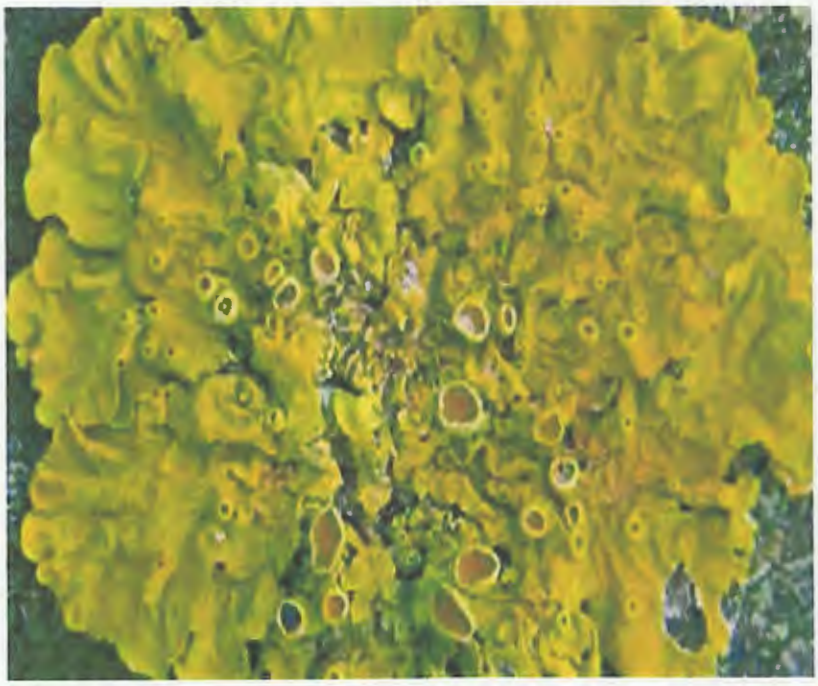


Fig. 2.1: *Xanthoria parietina* (Bauwens, 2004).

IV .1.2. Caractéristiques du lichen justifiant leur choix comme bioindicateurs

Xanthoria parietina a été choisie en raison de son utilisation au laboratoire comme plante modèle pour des études de toxicologie de différents polluants.

Le lichen Xanthoria est un lichen commune des zones urbaines et l'un des espèces les plus largement utilisés dans les lichens programmés en biosurveillance, **(Nimis et al., 2001).** *Xanthoria parietina* représente une grande surface de contact pour les polluants atmosphériques et il est capable d'accumuler de grandes quantités de métaux lourds dans les zones polluées **(Scerbo et al, 1999; Scerbo et al, 2002; Cuny et al, 2004).**

Bien que la tolérance de *Xanthoria parietina* a été connue depuis longtemps **(Hawksworth et Rose, 1970.**

IV. 2. Site de prélèvement

Notre échantillon *Xanthoria parietina* a été prélevé à partir de la zone humide de Beni Belaid. Cette dernière se trouve à 32 Km à l'Est de la ville de Jijel se situe dans la partie Nord-Est d'Algérie.

IV. 3. Prélèvement du matériel végétal

L'échantillon doit être prélevé d'un endroit homogène et représentatif.

La récolte des espèces de lichen seront aisément en levés de leur substrat, éventuellement à l'aide d'un couteau. Toutes les espèces adhèrent fortement à l'écorce à laquelle elles sont fixées ; il convient alors de détacher des fragments du substrat avec un instrument adéquat (solide couteau, marteau et burin) en raison de ne pas abimer l'écorce des arbres, et en particulier d'atteindre les tissus vivants.

IV.4. Méthode d'analyse

IV.4.1. Préparation des échantillons licheniques en laboratoire

Préparation des échantillons par nettoyage des lichens ; élimination des débris végétaux, insectes et humus.

Le séchage des lichens à l'air libre, puis rinçage à l'eau déminéralisé pendant 3 min, les échantillons sont préparés pour le traitement par le polluant.

IV.4.2. Traitement des échantillons licheniques

IV.4.2.1. Traitement par le fluorure de sodium NaF

2 g des thalles lichéniques de *Xanthoria parietina* ont été traités par 50 ml de fluorure de sodium à quatre concentrations différentes (0,5 mM, 1 M, 5 mM, et 10 mM) avec comparaison par l'eau distillée comme témoin **(Carreras et Pignata, 2007).** Le pH des solutions a été maintenu à 6.5 immédiatement avant traitement.

Après traitement et avant chaque analyse, les échantillons ont été rincés 3 fois durant 5s par l'eau distillée **(Munzi et al. 2009).**

Après 0, 24, 48 et 96 h, 100mg des échantillons lichéniques à partir de chaque concentration ont été prélevés afin de doser la chlorophylle et les protéines,

Pour doser les flavonoïdes et les polyphénols totaux on a prélève 3g des échantillons lichéniques à partir de chaque concentration.

IV.4.2.2. Traitement par le nitrate du plomb $Pb(N_2O_6)$

2g des thalles de *Xanthoria parietina* ont été traités dans 50 ml de nitrate du plomb $Pb(N_2O_6)$ à 4 concentrations différents, 0,5 mM, 1 mM, 5 mM, et 10 mM .et la comparaison se fait par apport a un témoin traité par l'eau distillée **(Carreras et Pignata, 2007).** Le pH des solutions a été maintenu à 4.5 immédiatement avant traitement.

Les dosages des échantillons licheniques ont été effectués immédiatement à t_0 et chaque:

24 heurs après le traitement.

48 heurs après le traitement.

96 heurs après le traitement.

100 mg des échantillons lichéniques à partir de chaque concentration ont été prélevés afin de doser la chlorophylle et les protéines, pour les flavonoïdes et les polyphénols totaux on prélève 3g des échantillons lichéniques à partir de chaque concentration.

IV.4.3. Extraction, dosage des métabolites

IV.4.3.1. Extraction, dosage de la chlorophylle

La quantité de la chlorophylle a, chlorophylle b et la somme de a+b a été dosé selon la méthode décrite par **(Lichtenthaler, 1987)**, pour l'extraction des pigments, 100 mg (poids frais) de lichen ont été extrait avec 5 ml de l'acétone 80% pendant 1 h à l'obscurité. L'extrait a été centrifugé à 3000 rpm pendant 3 min, et les absorbances ont été lues, entre 645 et 663 nm, en un spectrophotomètre. Les concentrations de chlorophylle a, chlorophylle b et chlorophylle a+b ont été calculées avec les formules suivantes :

$$\text{Chl a} = 12{,}7 \times A_{663} - 2{,}69 \times A_{645}$$

$$\text{Chl b} = 22{,}9 \times A_{645} - 4{,}68 \times A_{663}$$

$$\text{Chl a+b} = 20{,}2 \times A_{645} - 8{,}02 \times A_{663}$$

Chl a, **Chl b**, **Chl a+b** Concentrations de chlorophylle a, chlorophylle b et chlorophylle a+b respectivement A_{663}, A_{645} – absorbance à 663 et 645 nm.

IV.4.3.2. Extraction, dosage des polyphénols totaux dans les lichens

a -Extraction

Pour l'extraction des polyphénols totaux, 3g (poids frais) de lichen ont été extrait avec 10 ml de méthanol 10 % pendant 24 h. Récupération du filtrat aprés la filtration des lichens dans 5 ml de méthanol.

Afin de déterminer la quantité de polyphénols totaux présents dans les extraits de lichens étudiés, nous avons utilisé la méthode de Folin-Ciocalteu.

b-Principe

Les polyphénols, mis en présence du carbonate de sodium, conduisent à une forme ionisée, l'ion phénolate. Par ajout du réactif de Folin-Ciocalteu l'ion phénolate est oxydé puis simultanément réduit en donnant une solution colorée bleue dont on détermine l'absorbance.

c -Mode opératoire

Pour effectuer ces mesures, nous avons suivi le protocole décrit par (Slinkard et Slingleton 1997).

Cette méthode de mesure va nous permettre d'évaluer la quantité de polyphénols totaux, contenus dans les extraits étudiés. Le taux de ces composés est déterminé par rapport à une solution témoin de l'acide gallique.

Pour chaque extrait méthanolique de lichens, nous avons pris 1 ml, 1 ml du réactif de Folin-Ciocalteu (1/10) a été ajouté, 5min après 1 ml de Bicarbonate de sodium(Na_2Co_3) de concentration (2g/100 ml) été ajouté. La lecture au spectrophotomètre est effectuée à 760 nm après deux heures de repos à l'abri de la lumière.

d-Mesure de l'absorbance du témoin l'acide gallique

La première étape consiste à réaliser les solutions de l'acide gallique préparées à différentes concentrations, 0,05- 0,1- 0,15- 0,2 mg dans 100 ml d'eau distillée. Chaque solution est ensuite mélangée dans une fiole selon la séquence suivante (1 ml de la solution de, l'acide gallique 1 ml de réactif de Folin-Ciocalteu après un repos de 5 min, 1 ml de solution de carbonate de sodium est ajouté. Le mélange est agité puis son absorbance est mesurée à 760 nm après 2 heures de repos à l'abri de la lumière.

e - Mode de calcul

Une formule prenant en compte la masse des extraits des lichens utilisée ainsi que la masse et les caractéristiques physico-chimiques du l'acide gallique va nous permettre de calculer directement le pourcentage de chacun des éléments recherchés.

Le pourcentage de polyphénols totaux présents dans un extrait exprimé en mg d'acide gallique par ml est calculé par la formule suivante issue de la courbe d étalonnage qui figure en annexe: $y = 6.703X - 0,024$

Y: Absorbance des extraits (nm) X: Concentration des polyphénoles dans les extraits (µg/ml)

IV.4.3.3. Extraction, dosage des flavonoïdes

Pour l'extraction des flavonoïdes, 3g (poids frais) de lichen ont été extrait avec 10 ml de méthanol 10% pendant 24 h. Récupération du filtrat aprés la filtration des lichens dans 5 ml de méthanol.

Afin de caractériser les extraits préparés à partir des lichens, un dosage des flavonoïdes a été effectué.

Les flavonoïdes contenus dans les extraits méthanoliques des lichens sont estimés par la méthode du trichlorure d'aluminium ('$AlCl_3$).

1 ml d'une solution méthanolique d'$AlCl_3$ (2%) est ajouté à 1 ml de l'extrait de lichen. Après 10 minutes d'incubation à une température ambiante, l'absorbance du mélange est lue à 415 nm.

La concentration des flavonoïdes dans chaque extrait a été calculée à partir de la courbe d'étalonnage établie avec la quercetine exprimée en (mg/ ml) selon la formule suivante:

$y = 32.12 X - 0.027$

IV.4.3.4. Extraction, dosage des protéines

Pour l'extraction des protéines, 100 mg (poids frais) de lichen ont été extrait avec 2 ml de tampon phosphate à 50 mM et ph égale à 6,8.

Après centrifugation à 12000 rpm avec 4°C pendant 20 minutes, à 50 µl de l'extrait on a ajouté 2 ml de la solution de Bradford.

Après 10 minutes, les absorbances ont été lues, à 595 nm, par spectrophotomètre. D'après la méthode de **Bradford (1976).**

Les concentrations de protéines a été calculée à partir de la courbe d'étalonnage établie avec l'albumine exprimée en (µg/ ml) selon la formule suivante: y = 26.795 X
On a effectué trois répétitions pour chaque essai, pour mentionner la signification des échantillons.

IV.5. L'étude statistique

On a effectué trois répétitions dans chaque concentration pour qu'on puisse calculer l'écart type.

L'étude statistique est réalisée à l'aide du système INSTAT2 MS-DOS en utilisant le test de variance univarié (one-way ANOVA).

Les résultats ont été exprimés en moyenne ± SD (déviation standard (n = 3).

Pour l'étude expérimentale sur les lichens, les résultats sont exprimés en moyenne ± SD et nous comparons les différentes valeurs obtenues en fonction des concentrations des polluants.

Ce test nous donne le degré de signification P où on dit que la différence :

· N'est pas significative si $p > 0.05$ (NS).

· Est significative si $0.05 > p > 0.01$ (*).

· Est hautement significative si $0.05 > p > 0.01$ (**).

· Est très hautement significative si $p < 0.001$ (***).

Chapitre V

Résultats et discussion

V.1. Résultats de dosage de la chlorophylle

V.1.1. Effet de fluor (NaF) sur la chlorophylle

Les résultats de l'effet du fluor (NaF) sur la dégradation de la chlorophylle (a), la chlorophylle (b) et la chlorophylle (a) + (b) sont représentés par les figures 2, 3,4.

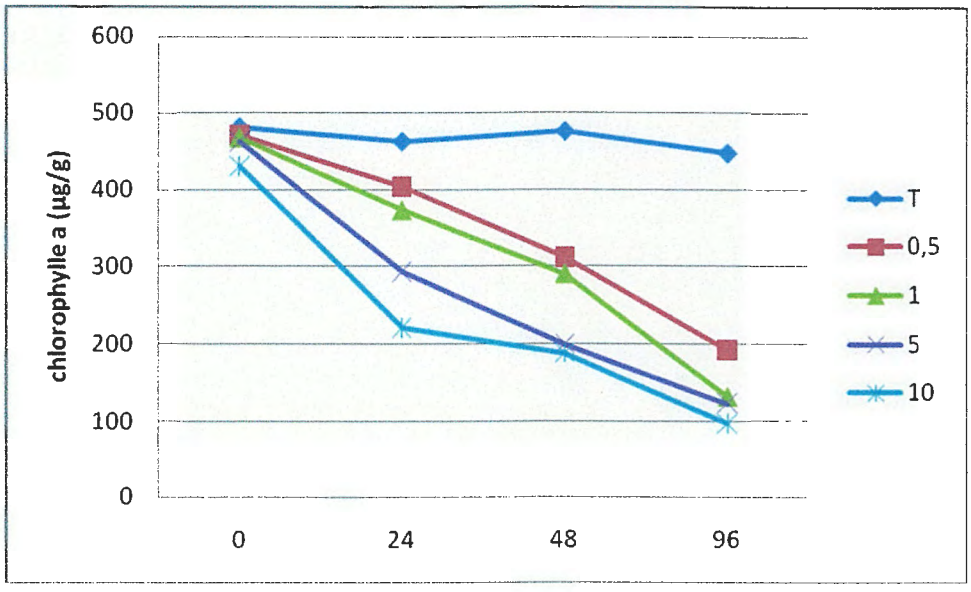


Fig. 2.2 : Variation de la teneur en chlorophylle (a) en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de NaF.

On a remarqué d'après la figure 2 une forte diminution de la teneur en chlorophylle (a) juste après un traitement de 24 heurs par 0,5 mM de NaF, la dégradation de la chlorophylle (a) est plus importante dans les thalles traités par apport au témoin. On a remarqué que l'effet de NaF sur la dégradation de la chlorophylle (a) est presque le même chez les concentrations 0,5 ; 1 ; 5 et 10 mM. Avec une concentration de 73,074 µg/g après 96 h du traitement par 10 mM.

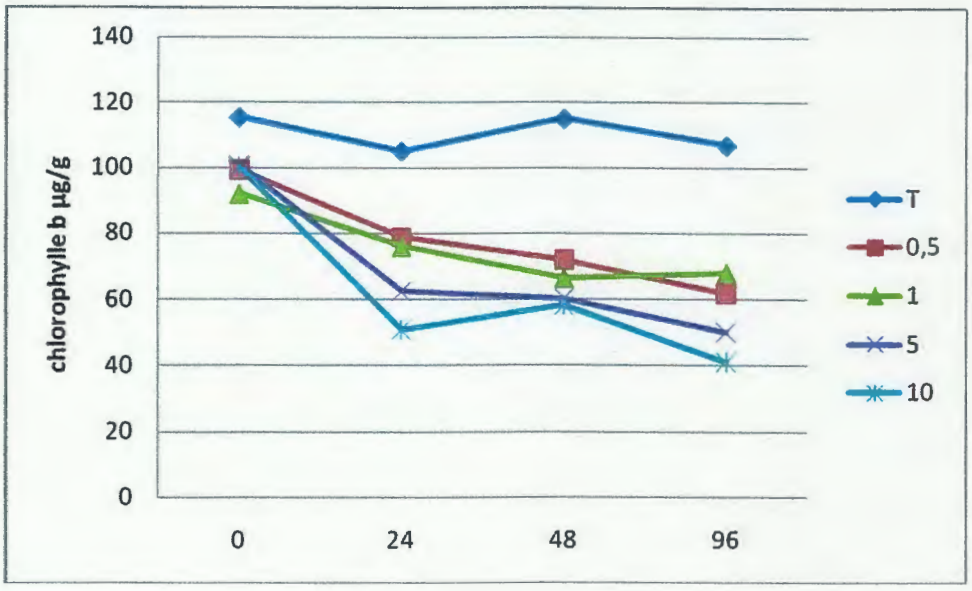


Fig. 2.3 : Variation de la teneur en chlorophylle (b) en µg/g chez *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de NaF.

D'après la figure 3, on a remarqué que la dégradation de la chlorophylle (b) est nettement importante dans les thalles de lichen traités en comparaison avec les témoins.

La concentration de la chlorophylle (b) est presque la même chez les thalles traités par les concentrations 0,5 ; 1 ; 5 ; et 10 mM. L'effet toxique du fluor est début à partir de 24 heurs du traitement à des concentrations de 0,5 mM.

D'après les figures 2 et 3, on a remarqué que la dégradation de la chlorophylle (a) est la plus affecté par le polluant que la chlorophylle (b).
Les études de Semadi et Cormis (1986), montrent que la pollution fluorée influe sur le taux de la chlorophylle, la dégradation de la chlorophylle (a) est la plus importante que celle de la chlorophylle (b) chez les thalles lichéniques traités par le polluant.

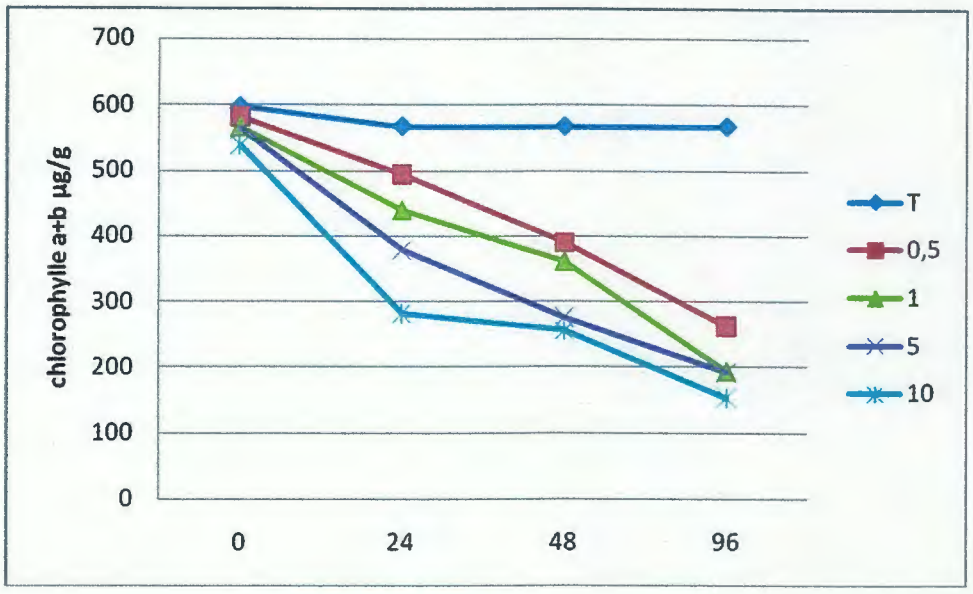


Fig. 2.4 : Variation de la teneur en chlorophylle (a+b) en µg/g chez *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de NaF.

D'après la figure 4, on a remarqué que la dégradation de la chlorophylle (a+b) est nettement importante dans les thalles de lichen traités en comparaison avec les témoins.

Après les résultats, on a remarqué que la teneur en chlorophylle a tendance diminué en fonction des différentes concentrations NaF et la durée de traitement par le polluant ceci que ce soit pour la chlorophylle (a), (b) ou la chlorophylle totale.

La teneur en chlorophylle (a, b ou a+b) est diminuée en fonction de la concentration de fluor et la durée du traitement par le polluant **(Aboal et al, 2008).**

V.1.2. Effet du plomb $Pb(NO_3)_2$ sur la chlorophylle

Les résultats de l'effet du Plomb (N03)2 sur la dégradation de la chlorophylle (a) la chlorophylle (b), et la chlorophylle (a) + (b) sont représentés par les figures 5, 6,7.

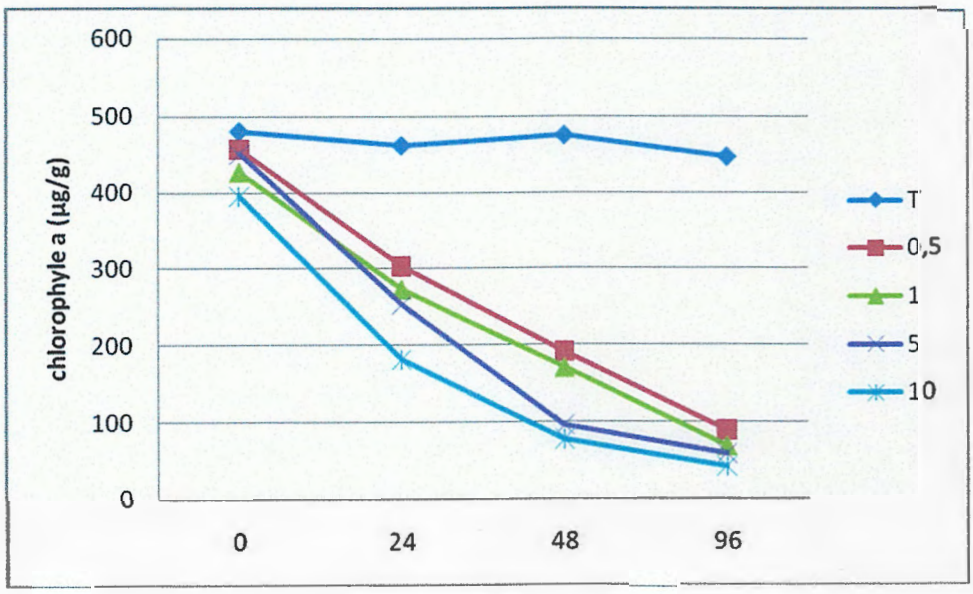


Fig. 2.5 : Teneur de la chlorophylle (a) en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de nitrate du plomb $Pb(NO_3)_2$.

On a remarqué d'après la figure 5 une forte diminution de la teneur en chlorophylle (a) juste après un traitement de 24 heurs par 0,5 mM de NaF, la dégradation de la chlorophylle (a) est plus importante dans les thalles traités par apport au témoin.

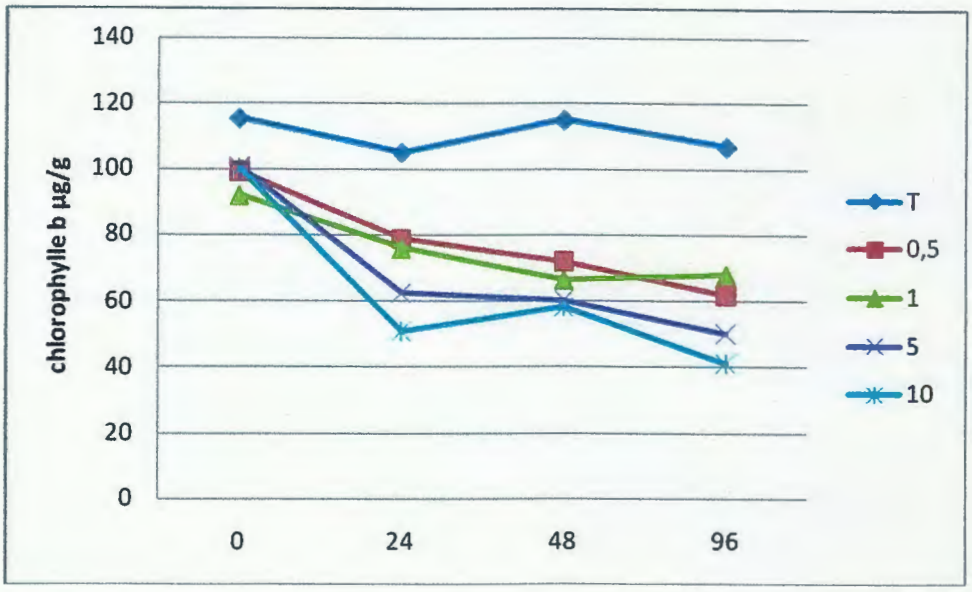


Fig. 2.6 : Teneur de la chlorophylle (b) en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de nitrate du plomb $Pb(NO_3)_2$.

D'après la figure 6, on a remarqué que la dégradation de la chlorophylle (b) est nettement importante dans les thalles de lichen traités en comparaison avec les témoins.

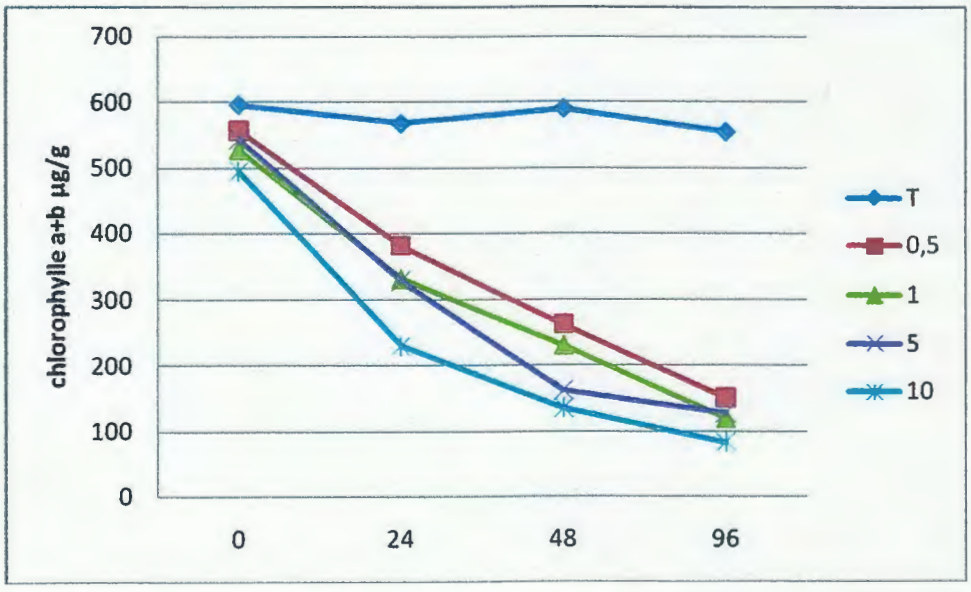


Fig. 2.7 : Teneur de la chlorophylle (a+b) en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de nitrate du plomb $Pb(NO_3)_2$.

D'après la figure 7, on a remarqué que la dégradation de la chlorophylle (a+b) est nettement importante dans les thalles de lichen traités en comparaison avec les témoins, et plus importantes chez les thalles traités par le plomb que par le fluor.

Après les résultats, on a remarqué que la teneur en chlorophylle a tendance diminué en fonction des différentes concentrations du plomb et fluor et la durée de traitement par le polluant ceci que ce soit pour la chlorophylle (a), (b) ou la chlorophylle totale. Ce résultat est de celle des études de **Munzi et al (2009)**, qui montrent que le traitement des échantillons lichéniques par différentes concentrations de polluant provoque la dégradation de la chlorophylle chez les thalles.

La diminution de la quantité de la chlorophylle est traduite par la dégradation de cette dernière à cause de l'accumulation des polluants. Ce résultat est obtenu par les études de **Garty et al (1992),** qui montrent que les métaux lourds tels que le Pb causent la dégradation de la chlorophylle chez certaines espèces licheniques.

Le lichen est capable d'accumuler les différentes éléments toxiques particulièrement les métaux lourds ou les éléments traces métalliques tel que le plomb qui influe sur les processus de la photosynthèse et va dégrader la chlorophylle, ce résultat est obtenu par les études de Carreras et **Pignata (2007)** qui montrent que les métaux lourds provoquent une diminution de l'assimilation des pigments.

Semadi et Deruelle (1993), montrent que la pollution par le plomb provoque la dégradation de la chlorophylle.

V.2. Résultats de dosage des polyphénols

Les variations de l'accumulation des polyphénols chez *Xanthoria parietina* après le traitement par le $Pb(NO_3)_2$ et le (NaF) sont regroupées dans les figures suivantes :

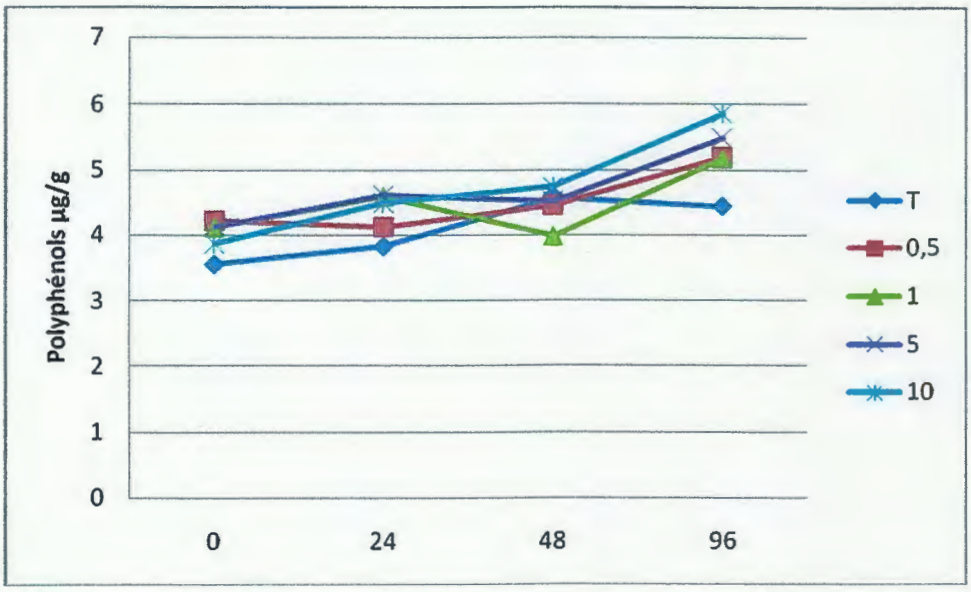


Fig. 2.8 : Variation de la teneur des polyphénols en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de $Pb(NO_3)_2$.

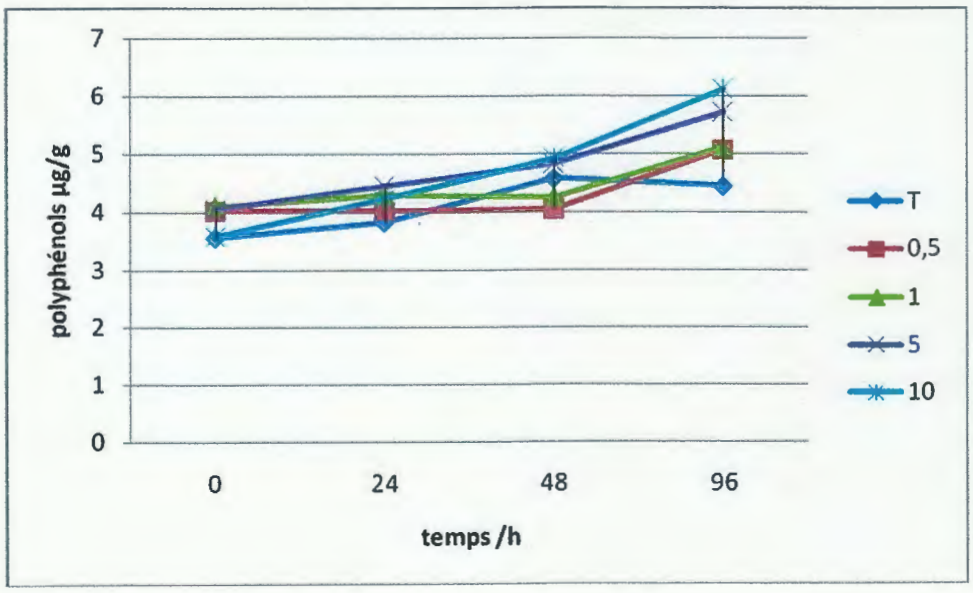


Fig. 2.9 : Variation de la teneur des polyphénols en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de NaF.

La détermination quantitative des polyphénols, révèle que ces extraits sont riches en polyphénols avec des teneurs élevés du témoin, on a enregistrés une faible augmentation dans les extraits traités par le plomb et fluor dans les concentrations 0,5 - 1 et 5 Mm, l'augmentation des valeurs enregistrés dans la concentration de 10 mM à 96 h.

Les polyphénols sont probablement, les composés naturels les plus répondus dans la nature (Guignard et al, 1985). Ils sont présents dans presque toutes les plantes et s'accumulent dans toutes les parties de l'organisme (racine, tige, feuille, fleurs et fruits).
Les végétaux produisent une grande variété de métabolites secondaires, en particulier des composés phénoliques, qui se reconnaissent à la présence d'un ou plusieurs groupes hydroxyles, attachés à une structure aromatique. Dont l'intérêt est souvent important pour l'homme dans les domaines pharmacologiques et agroalimentaires **(Raven et al., 2007).**

V.3. Résultats de dosage des flavonoides

Les variations de l'accumulation des flavonoides chez *Xanthoria parietina* après le traitement par le $Pb(NO_3)_2$ et le (NaF) sont représentées dans les figures suivantes :

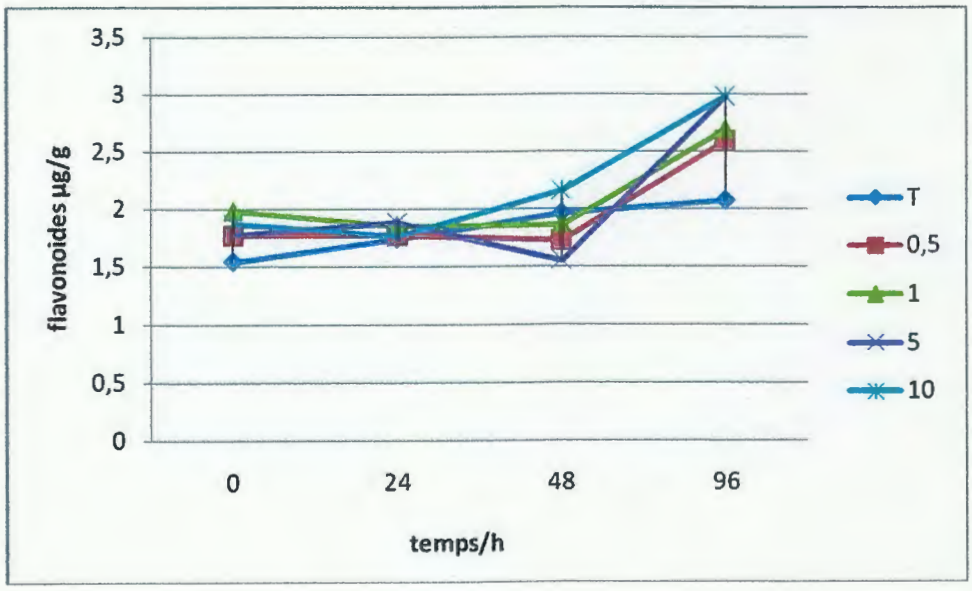


Fig. 2.10 : Variation de la teneur des flavonoides en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de $Pb(NO_3)_2$.

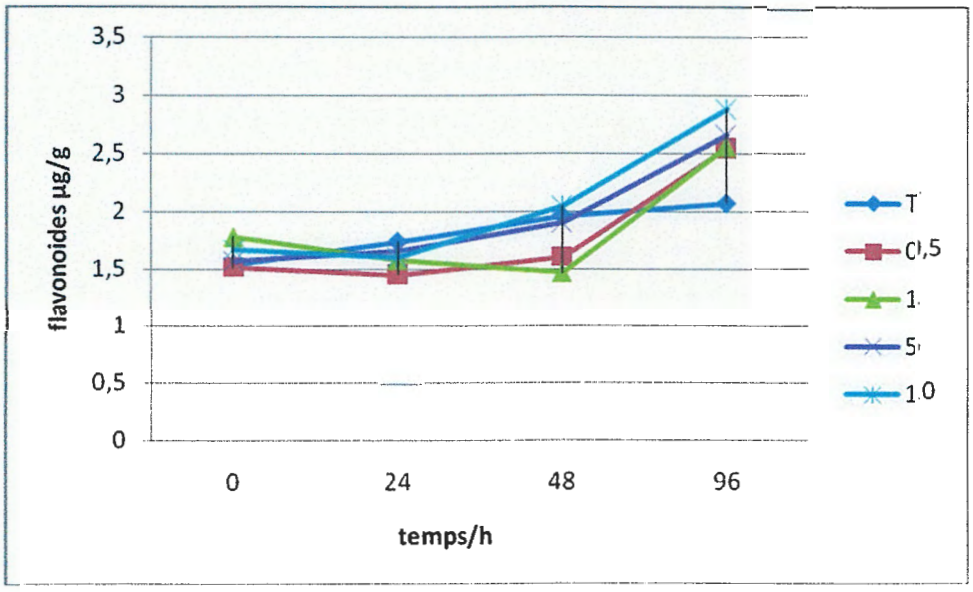


Fig. 2.11 : Variation de la teneur des flavonoïdes en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de NaF.

Les flavonoïdes, présentent des teneurs élevés dans les extraits du témoin, on a enregistrés une faible augmentation dans les extraits traités par le polluant $Pb(NO_3)_2$ et NaF dans les concentrations 0,5 et 1 Mm, l'augmentation des valeurs enregistrés dans les concentrations 5 et 10 mM à 96h.

Les flavonoïdes représentent une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols, ils sont considérés comme des pigments quasi universels des végétaux presque toujours hydrosolubles. Ces dernières années, une importance particulière a été accordée aux propriétés antioxydantes des polyphénols et flavonoïdes qui sont attribuées à leur capacité de piéger directement les radicaux libres **(Cotelle, 2001 ; Lin et Weng, 2006 ; Heim et al ; 2002).**

V.4. Résultats de dosage des protéines

Les variations de la teneur en protéines chez *Xanthoria parietina* après traitement par le $Pb(NO_3)_2$ et le (NaF) et le F sont présentées respectivement par les figures 12 et 13 :

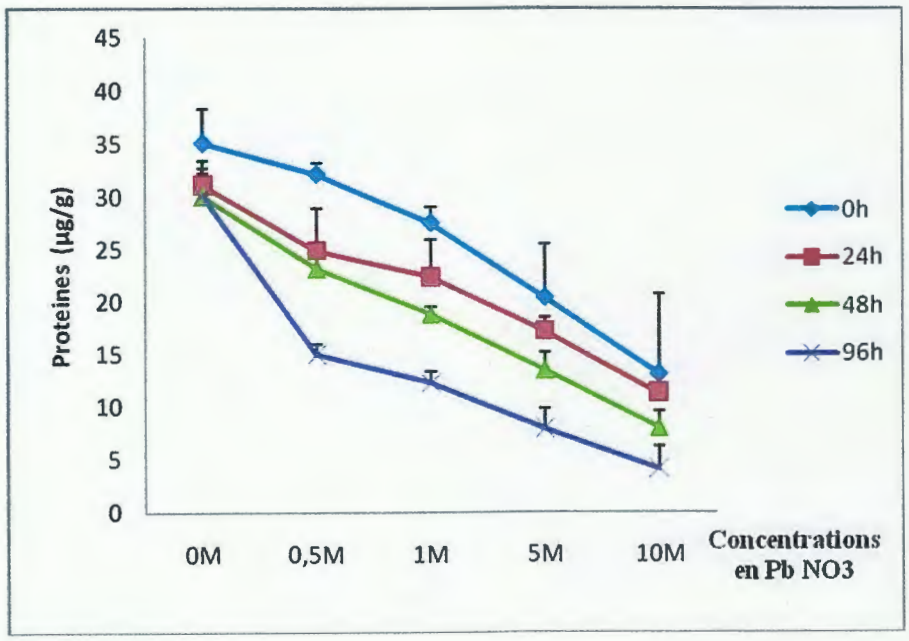


Fig. 2.12 : Variation de la teneur des protéines en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de $Pb(NO_3)_2$.

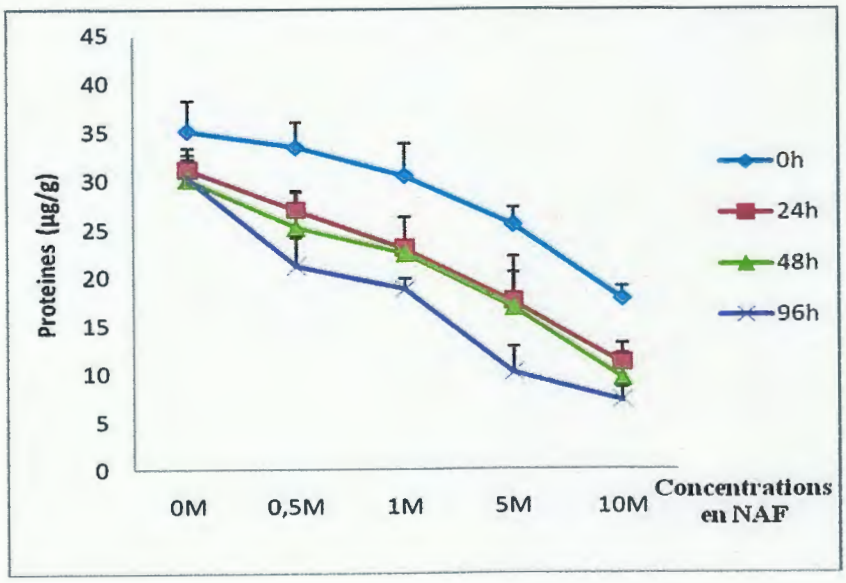


Fig. 2.13 : Variation de la teneur des protéines en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de NaF.

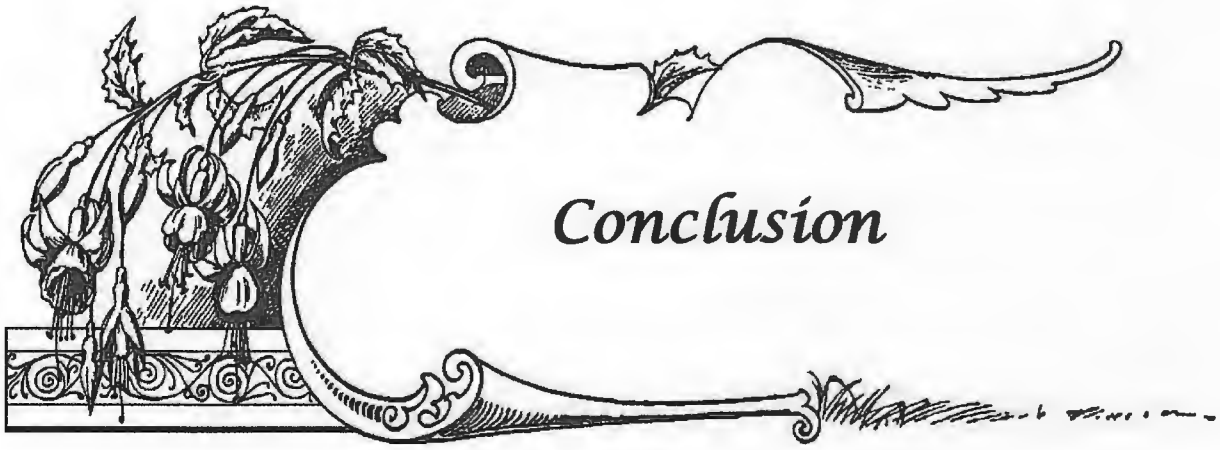
Les figures 12 et 13 ont montré que les teneurs en protéines sont affectées par le plomb et le fluor, ils présentent des diminutions non significatives (p=0,157**NS**) lors du traitement des échantillons par le plomb, alors qu'ils sont significatives (p=0,046*) lors du traitement par le fluor. Ces diminutions sont enregistrées en fonction des concentrations croissantes des deux polluants.

Ainsi, on a constaté une diminution des quantités des protéines en fonction du temps, cette diminution est plus importante après 96h de traitement.

En comparaison entre les deux polluants, on a remarqué que la faible teneur en protéines est enregistrée après 96h chez le lichen traité par 10 mM du plomb.

L'action de fortes concentrations du plomb sur les protéines puissent diminuer le pool protéique **(Jana et Choudhuri, 1982; Mohan et Hosetti, 1997; Saxena et al., 2003; Mishra et al., 2006).** Cette diminution quantitative de la teneur en protéines totales apparaît comme la résultante de plusieurs conséquences de l'action du plomb :

- Modification de l'expression génique **(Kovalchuk et al., 2005)** et augmentation de l'activité ribonucléasique **(Jana et Choudhuri, 1982; Gopal et Rizvi, 2008).**
- Stimulation de l'activité protéasique (Jana and Choudhuri, 1982).
- Diminution de la teneur en acides aminés libres **(Xiong et al., 2006),** corrélée à une forte perturbation du métabolisme de l'azote. Cependant, on constate une augmentation de certains acides aminés comme la proline **(Saradhi et Saradhi, 1991; Mohan et Hosetti, 1997; Qureshi et al., 2007)** qui semble jouer un rôle important dans la tolérance de la plante au plomb **(Saradhi et Saradhi, 1991).**



Conclusion

Conclusion

L'utilisation des lichens comme bioindicateurs de la qualité de l'air a un double rôle: d'une part la connaissance de la flore liquénique, d'autres part l'évaluation de la pollution atmosphérique et la mise en évidence des dommages qui subissent les thalles lichéniques.

Dans notre travail on s'est intéressé au pouvoir des deux polluants plomb et fluor sur la dégradation de certains métabolites primaires ; la chlorophylle et les protéines et l'accumulation de certains métabolites secondaires ; polyphynols et flavonoïdes, et ceci par traitement des thalles du lichen *Xanthoria parietina* par le nitrates du plomb $Pb(NO_3)_2$ et par le fluorure de sodium (NaF) solubles dans l'eau à des concentrations différentes (0.5, 1, 5, 10 mM) avec un test témoin consistant à un traitement des thalles par l'eau distillé, et d'effectuer des prélèvement immédiatement et après 24, 48 et 96h du traitement afin de doser la chlorophylle, les protéines les polyphynols et les flavonoïdes.

Les résultats obtenus montrent que le lichen étudié est sensible aux deux polluants et que cette sensibilité est traduite par une diminution importante de la teneur en chlorophylle et protéines et accumulation des teneurs remarquables en polyphynols et les flavonoïdes.

Cette diminution augmente en fonction de la concentration du polluant ainsi qu'en fonction de la durée du traitement, tous les résultats ont tombés sur une faible teneur en chlorophylle a, b ou totale après 96h du traitement par une concentration 5 mM pour les nitrates du plomb et 10 mM pour les fluorure de sodium.

D'après les recherches bibliographiques la dégradation de la chlorophylle est due à la destruction des acides liquéniques qui se transforment ensuite en phaeophytine, problèmes dans l'assimilation de CO_2 ce qui influe sur les processus photo synthétiques, destruction de la structure des chloroplastes **(Mnulty et Newman, 1961)** et blocage des enzymes intervenant dans la photosynthèse **(McCune et al, 1967).**

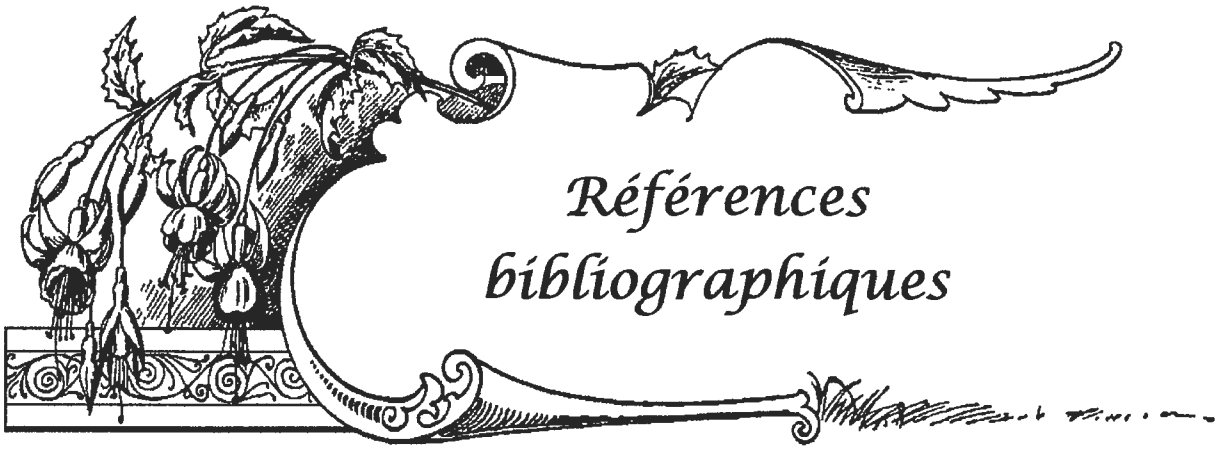
Conclusion

Outre une modification quantitative des protéines, montre que le plomb agit sur la composition qualitative des protéines cellulaires. Il modifie le profil protéique des cellules exposées au plomb **(Beltagi, 2005).**

De même les résultats obtenus montrent une accumulation considérable de polyphynols et flavonoïdes.

En comparaison avec le plomb et le fluor, la toxicité du plomb est la plus importante, notamment sur la dégradation de la chlorophylle et les protéines.

En perspective, d'autres recherches doivent être effectuées dans ce domaine pour confirmer les résultats obtenus, de même pour mètre en évidence l'effet toxique des deux polluants le plomb et le fluor ainsi que pour déterminer le polluant le plus toxique.



Références bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Aboal JR, Couto JA, Fernandez JA et Carballeira A, 2008** - Physiological reponses to atmospheric fluorine pollution in transplants of Pseudoscleropodium purum. Environmental pollution. 153: 602-609.

- **ASPA, 2009** - Association pour la Surveillance et l'Etude de la Pollution Atmosphérique en Alsace, France

- **Bauwens A, Anne-Laure, Jacquemart, Sarah, 2004** - Les lichens et la qualité de l'air, Louvain, France

- **Beltagi MS, 2005** - Phytotoxicity of lead (Pb) to SDS-PAGE protein profile in root nodules of faba bean (Vicia faba L.) plants. ." Pakistan Journal of Biological Sciences 8(5): 687-690.

- **Bornet, 1873 in** Association Française de Lichénologie - (conseil général du Finistère), 2011 France.

- **Boullard B, 1997** – Dictionnaire plantes et champignons, Ed., ESTEM

- **Bradford M, 1976** - A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye-binding. Anal Biochem 72: 248-254

- **Bruneton J, 1993** - pharmacognosie, phytochimie et plantes medicales, Ed., lavoisier tec et doc, paris.2eme Edition.P.268, 274, 277.

- **Carreras H A et Pignata M L, 2007** - Effects of the heavy metals Cu2+, Ni2+, Pb2+, and Zn2+ on some physiological parameters of the lichen Usnea amblyoclada. Ecotox. Environ. Safe. 67, 59–66.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Colmar N, 2007** - Etude de la voie de biosynthèse des fucoumarine. Qualité des fruits et métabolisme secondaire, technologie plante à traite.UMR.INPL(ENSAIA)-INRA agronomie et environnement.

- **Cotelle, 2001 ; Lin et Weng, 2006 ; Heim et al ; 2002 in** Pourrut B, 2008 THÈSE DE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE - Implication du stress oxydatif dans la toxicité du plomb sur une plante modèle, Vicia faba

- **Cuny D, Davranche L, Thomas P, Kempa M et Van Haluwyn C, 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. J. Atmos. Chem. 49, 391–401.

- **Déruelle S, et Lallement R, 1983** - Les lichens témoins de la pollution, Ed., Vuibert, Paris

- **Gambert S et al, 2005** – pollution atmosphérique par les métaux, biosurveillance des retombées, Ed., ADEME

- **Garty Y, Karary Y et Harel Y, 1992** - Effect of low pH, heavy metals and anions on chlorophyll degradation in the lichen Ramalina duriaei, Bagl. Environ. Exp. Bot. 32, 229–241.

- **Gérard Miquel M, 2001** – rapport sur les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé.

- **Gopal R et Rizvi A, 2008** - Excess lead alters growth, metabolism and translocation of certain nutrients in radish. Chemosphere 70(9): 1539-1544.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Hawksworth D et Rose F, 1970** - Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. Nature 227, 145–148.

- **Hopkins W.G, 2003** – Physiologie végétale. Edition de Boeck université – Bruxelles

- **INSPQ, 2003** Institut national de santé public du Québec - Le plomb. Groupe Scientifique sur l'eau.

- **Jana S et Choudhuri M, 1982** - Senescence in submerged aquatic angiosperms: effects of heavy metals. New Phytologist 90(3): 477-484.

- **Komarek et al. 2008,** in Audrey Le Pioufle – 2008,
Activité de synthèse Les isotopes du plomb : Traceurs de déplacements

- **Kovalchuk I, Titov V, Hohn B et Kovalchuk O 2005)** - Transcriptome profiling reveals similarities and differences in plant responses to cadmium and lead. Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis 570(2): 149-161.

- **Lichtenthaler 1987**, Chlorophylls and carotenoids pigments of photosynthesis biomembranes, Methods Enzymol.

- **Masclet P, 2005** – Pollution atmosphérique causes, conséquences, solutions, perspectives.

- **McCune D C, Weinstein L H, MacIean D C et Jacobson J S 1967** - The concept of hidden injury in plants. Boyce Thomspon Inst, Publication .85: 33-44.

- **Mishra S, Srivastava , Tripathi R, Govindarajan R, Kuriakose S, et Prasad M, 2006** - Phytochelatin synthesis and response of antioxidants during cadmium stress in Bacopa monnieri L[lozenge]. Plant Physiology and Biochemistry 44, 25-37.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Mnulty 1B et Newman DW, 1961** - Mechanisms of fluoride induced chlorosis. Plann physiology 36: 385-390.

- **Mohan BS et Hosetti B 1997** - Potential phytotoxicity of lead and cadmium to lemna minor grown in sewage stabilization ponds. Environmental Pollution 98(2): 233-238.

- **Mohamad et Millette, 2004,** in Audrey Le Pioufle – 2008,
Activité de synthèse Les isotopes du plomb : Traceurs de déplacements

- **Moussard, 2006** – Biochimie structurale est métabolique.3eme édition de Boeck & Larcier Bruxtlles. p69-100

- **Munzi S, Pirintsos SA et Loppis 2009** - Chlorophyll degradation and inhibition of polyamine biosynthesis in the lichen Xanthoria parietina under nitrogen stress. Ecotoxicology Environmental Safety.72:281-285.

- **Nimis P L, Andreussi, S et Pittao E, 2001** - The performance of two lichen species as bioaccumulators of trace metals. Sci. Total Environ. 275, 43–51.

- **Ozenda P et Clauzad G, 1970** - Les lichens, étude biologique et flore illustrée Ed Masson, P 785

- **Ozenda P, 2000** - Les végétaux, 2ed, DUNOD, Paris

Paul C et André, 1974 – la pollution atmosphérique, presses universitaires de France, Paris, P 7.

- **Pourrut B, 2008** THÈSE DE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE - Implication du stress oxydatif dans la toxicité du plomb sur une plante modèle, Vicia faba

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Purvis et al, 1992 in** Emmanuël Sérusiaux, 2004 - Les macrolichens de Belgique, du Luxembourg et du nord de la France

- **Qureshi M, Abdin M, Qadir S et Iqbal M, 2007** - Lead-induced oxidative stress and metabolic alterations in Cassia angustifolia Vahl. Biologia Plantarum 51(1): 121-128.

- **Ramade F, 2002** - Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement, Ed., Dunod, Paris

- **Ramade F, 2005** - Elément d'écologie, Ed., Dunod, Paris

- **Ramade, 2008** - Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité, Ed., Dunod, Paris

- **Raven, Evert et Eichhorn, 2007** - biologievegetal. 2eme edition de Beock universite.602p.

- **Richter G, 1993** - métabolismes des végétaux, presse poly techniques et universitaire romondes.p266-293

- **Saradhi AP et Saradhi P, 1991** - Proline accumulation under heavy metal stress. Journal of Plant Physiology 138(5): 554-558.

- **Saxena A, Saxena D et Srivastava H, 2003** - The Influence of Glutathione on Physiological Effects of Lead and its Accumulation in Moss Sphagnum Squarrosum. Water, Air, & Soil Pollution 143(1): 351-361.

- **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). Sci. Total Environ. 241, 91–106.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **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). Sci. Total Environ. 286, 27–40.

- **Semadi A et Deruelle S, 1993 -** Détection de la pollution plombique à l'aide da transplants

- **Sérusiaux E, Diederich p et Lambinon J, 2004 -** Les macrolichens de Belgique, du Luxembourg et du nord de la France

- **Smith, 1918 in** Emmanuël Sérusiaux, 2004 - Les macrolichens de Belgique, du Luxembourg et du nord de la France.

- **Thomson, 1984** - American arctic lichens 1. The macrolichens. Columbia University Press, New York, N.Y. 504 p

- **Touitou P, 2005 -** biochimie - structure des glucides et lipides PCEM1 2005-2006. Université paris-VI faculte de médcine pierre et marie curie.

- **Ulrik S, 1999 -** LICHENS OF BHUTAN - Biodiversity and Use

- **Viala A, Botta A, 2005** - Toxicologie, Ed., Tec & Doc EM inter Lavoisier

- **Weinman S et Méhul, 2004** – Toute la biochimie, Ed., Dunod, Paris P159 - 200

- **Xiong Z et Zhao F, 2006 -** Lead toxicity in Brassica pekinensis Rupr : assimilation and growth. Environmental Toxicology 21, 147-153.

Annexe

Annexe

Tableau. 1 : Teneur en chlorophylle (a) en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de NaF.

concentrations / Temps	0 Mm	0,5 Mm	1 mM	5 mM	10 mM
0h	480,35	470,12	466,92	461,876	429,52
24h	461,87	402,761	372,45	292,632	220,87
48h	474,84	310,87	290,064	199,434	188,009
96h	446,65	191,824	132,012	123,024	97,014

Tableau. 2 : Teneur en chlorophylle (b) en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de NaF.

concentrations / Temps	0 mM	0,5 mM	1 mM	5 mM	10 mM
0h	115,35	111,192	99,572	101,382	98,952
24h	104,87	89,061	68,405	85,932	60,87
48h	114,84	79,887	70,164	76,434	66,009
96h	106,65	69,404	60,712	68,124	55,074

Tableau. 3 : Variation de la teneur en chlorophylle (a+b) en µg/g chez *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de NaF.

concentrations / Temps	0 mM	0,5 mM	1 mM	5 mM	10 mM
0h	596,7	581,204	565,664	563,158	538,472
24h	566,74	493,87	438,76	378,564	280,74
48h	566,74	389,74	360,74	275,74	254,84
96h	566,74	261,74	192,724	191,148	152,088

Tableau 4. Teneur en chlorophylle (a) en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de nitrate du plomb $Pb(NO_3)_2$.

concentrations / Temps	0 Mm	0,5 Mm	1 mM	5 mM	10 Mm
0h	480,45	457,12	426,12	450,92	394,52
24h	461,81	302,761	272,45	252,632	180,87
48h	474,8	190,87	170,064	96,434	77,545
96h	446,605	88,824	69,012	59,024	42,014

Tableau. 5 : Teneur de la chlorophylle (b) en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de nitrate du plomb $Pb(NO_3)_2$.

concentrations / Temps	0 mM	0,5 mM	1 mM	5 mM	10 mM
0h	115,35	99,192	91,982	100,52	99,952
24h	104,87	78,761	75,932	62,45	50,87
48h	114,84	71,887	66,434	60,164	58,009
96h	106,65	61,804	68,124	50,012	41,004

Tableau. 6 : Teneur de la chlorophylle (a+b) en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de nitrate du plomb $Pb(NO_3)_2$.

concentrations / Temps	0 mM	0,5 mM	1 mM	5 mM	10 mM
0h	595,8	556,312	526,64	542,902	494,472
24h	566,68	381,522	330,9	328,564	230,68
48h	589,64	262,757	230,64	162,64	135,64
96h	553,255	150,628	119,24	127,255	83,014

Tableau. 7 : Variation de la teneur des polyphénols en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de $Pb(NO_3)_2$.

concentrations / Temps	0 mM	0,5 mM	1 mM	5 mM	10 mM
0h	3,55	4,222	4,121	4,125	3,87
24h	3,822	4,122	4,59	4,6	4,5
48h	4,57	4,458	3,987	4,51	4,74
96h	4,436	5,196	5,166	5,477	5,856

Tableau. 8 : Variation de la teneur des polyphénols en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de NaF.

concentrations / Temps	0 mM	0,5 mM	1 mM	5 mM	10 mM
0h	3,55	4,02	4,101	4,05	3,57
24h	3,822	4,02	4,29	4,45	4,21
48h	4,57	4,05	4,25	4,822	4,92
96h	4,436	5,06	5,106	5,712	6,12

Tableau. 9 : Variation de la teneur des flavonoïdes en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de $Pb(NO_3)_2$.

concentrations / Temps	0 mM	0,5 mM	1 mM	5 mM	10 mM
0h	1,54	1,77	1,98	1,77	1,87
24h	1,74	1,77	1,85	1,88	1,76
48h	1,958	1,722	1,866	1,55	2,158
96h	2,07	2,59	2,69	2,98	2,984

Tableau. 10 : Variation de la teneur des flavonoïdes en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de NaF.

concentrations / Temps	0 mM	0,5 mM	1 mM	5 mM	10 mM
0h	1,54	1,512	1,78	1,57	1,67
24h	1,74	1,45	1,58	1,66	1,604
48h	1,958	1,602	1,466	1,902	2,052
96h	2,07	2,55	2,562	2,66	2,88

Tableau. 11 : Variation de la teneur des protéines en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de $Pb(NO_3)_2$.

concentrations / Temps	0 mM	0,5 mM	1 mM	5 mM	10 mM
0h	35,124	32,186	27,537	20,371	13,065
24h	31,163	24,867	22,338	17,14	11,239
48h	30,066	23,181	18,826	13,487	8,007
96h	30,206	15,032	12,222	7,867	4,079

Tableau. 12 : Variation de l'écart type des protéines chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de $Pb(NO_3)_2$.

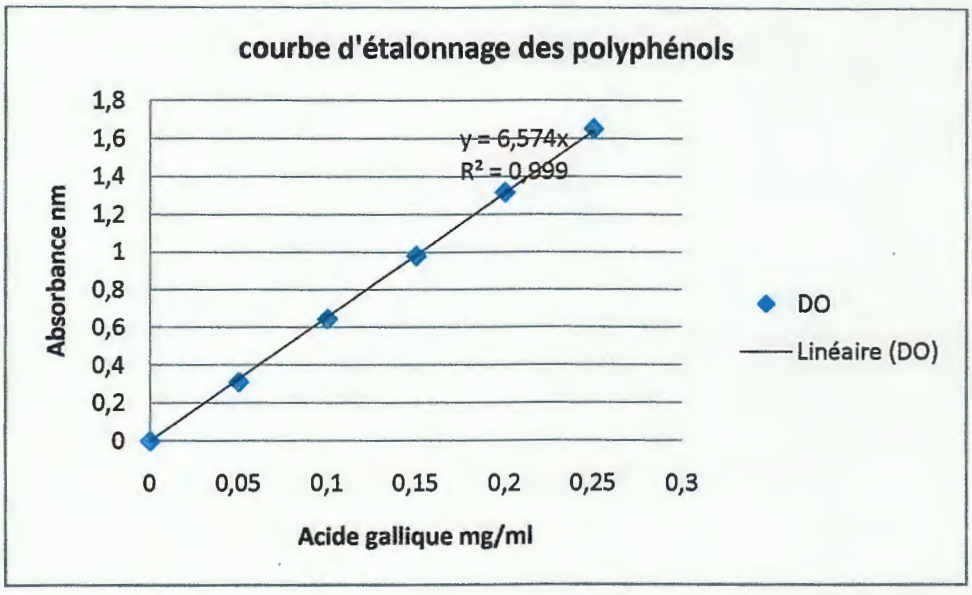
concentrations / Temps	0 mM	0,5 mM	1 mM	5 mM	10 mM
0h	3,163	1,043	1,48	5,098	7,668
24h	1,48	4,064	3,601	1,287	1,48
48h	2,121	1,519	0,643	1,686	1,519
96h	3,163	0,877	1,114	1,9	2,079

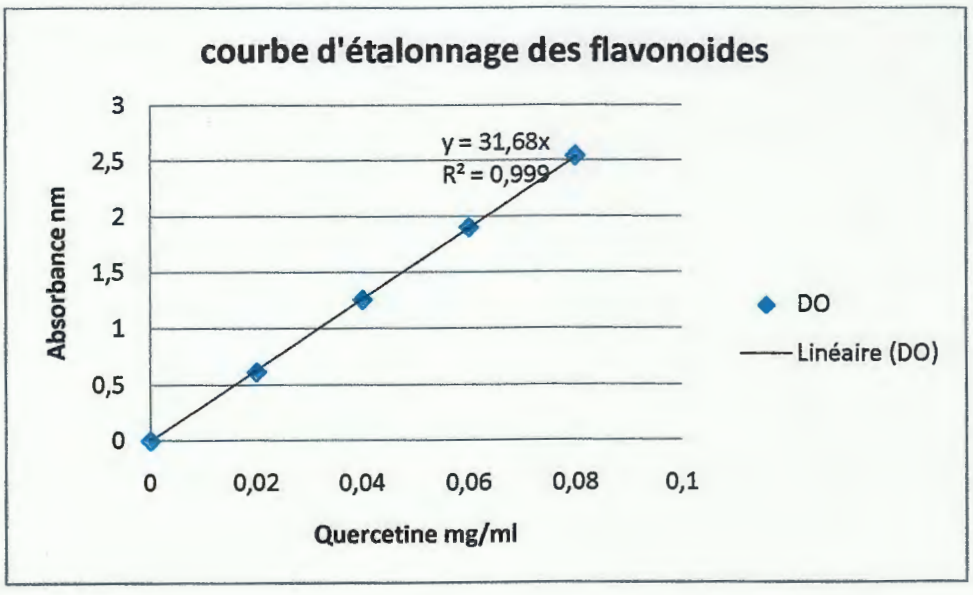
Tableau. l3 : Variation de la teneur des protéines en µg/g chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de NaF.

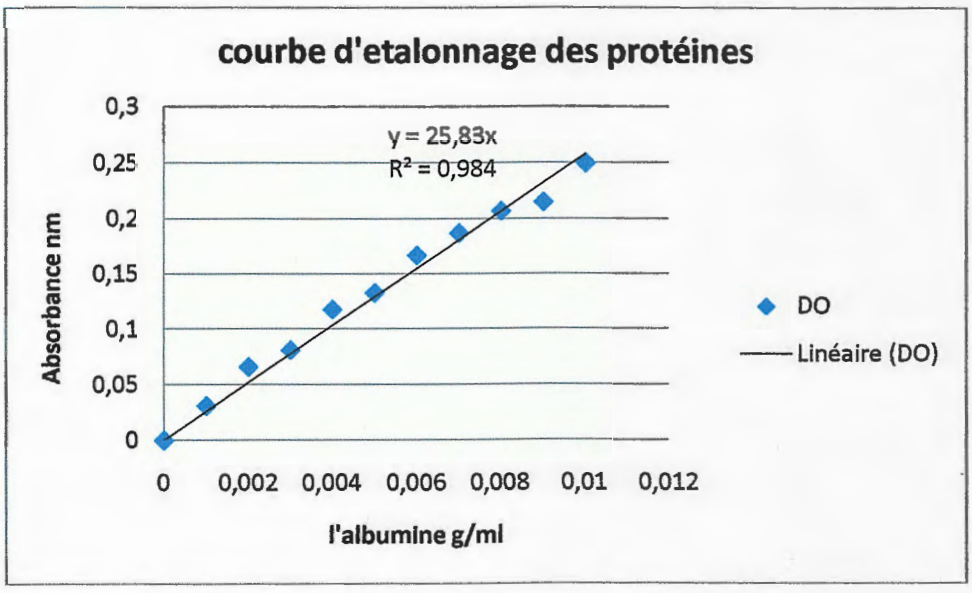
concentrations / Temps	0 mM	0,5 mM	1 Mm	5 mM	10 mM
0h	35,124	33,438	30,488	25,43	17,843
24h	31,163	26,975	23,041	17,562	11,099
48h	30,066	25,149	22,479	16,859	9,553
96h	30,206	21,215	18,826	10,115	7,165

Tableau. 14 : Variation de l'écart type des protéines chez le lichen *Xanthoria parietina* traité par différentes concentrations de NaF.

concentrations / Temps	0 mM	0,5 Mm	1 mM	5 mM	10 mM
0h	3,163	2,575	3,345	1,705	1,287
24h	1,48	1,931	3,163	2,99	2,079
48h	2,121	3,634	0,353	5,303	2,54
96h	3,163	2,96	1,061	2,632	1,46


courbe d'étalonnage des polyphénols
y = 6,574x
R² = 0,999
Absorbance nm
1,8
1,6
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
0,3
Acide gallique mg/ml
DO
Linéaire (DO)


courbe d'étalonnage des flavonoides
y = 31,68x
R² = 0,999
Absorbance nm
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
0
0,02
0,04
0,06
0,08
0,1
Quercetine mg/ml
DO
Linéaire (DO)


courbe d'etalonnage des protéines
y = 25,83x
R² = 0,984
Absorbance nm
0,3
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
0
0,002
0,004
0,006
0,008
0,01
0,012
l'albumine g/ml
DO
Linéaire (DO)

Il est vérifié

Résumé

Dans ce travail, on s'est intéressé aux effets de deux polluants : plomb et fluor sur la dégradation de certains métabolites primaires : la chlorophylle et les protéines, et l'accumulation de certains métabolites secondaires : polyphynols et flavonoïdes, ceci par traitement des thalles du lichen *Xanthoria parietina* par le nitrates du plomb Pb $(NO_3)_2$ et par le fluorure de sodium (NaF) soluble dans l'eau à des concentrations différentes (0.5, 1, 5, et 10 mM) avec un test témoin consistant à un traitement des thalles par l'eau distillé.

Les résultats obtenus montrent que le lichen étudié est sensible aux deux polluants et que cette sensibilité est traduite par une diminution importante de la teneur en chlorophylle et protéines et accumulation des teneurs remarquables en polyphynols et les flavonoïdes.

Mots clés : Plomb, Fluor, Chlorophylle, Protéines, Polyphynols, Flavonoïdes, *Xanthoria parietina.*

Abstract

In this work, we have interested on the effect of the two pollutants: lead and fluorine to degrade some primary metabolites: chlorophyll and proteins, and accumulate of secondary metabolites: polyphynols and flavonoids, this by treatement of the lichen thalli *Xanthoria parietina* by the nitrates of lead Pb $(NO_3)_2$ and sodium fluoride (NaF) soluble in water at different concentrations (0.5, 1, 5, 10 mM) with witness test consisting in treatment of thalli by distilled water.

Keywords: Lead, Fluorine, Chlorophyll, Proteins, Polyphynols, Flavonoids, *Xanthoria, Parietina.*

ملخص

في خلال هذه الدراسة، اهتممنا بقدرة الملوثين الرصاص والفلور على هدم بعض الأيضات الأولية : الكلوروفيل والبروتينات و بعض المركبات الثانوية : polyphynols وflavonoïdes وذلك بواسطة معالجة مشرات الاشنة *Xanthoria parietina* بنترات الرصاص Pb $(NO_3)_2$ وفلوريد الصوديوم (NaF) المذاب في الماء بتراكيز مختلفة (0.5، 1، 5، 10 مل مول) بالمقارنة مع المقياس الذى يضم علاج المشرة بواسطة الماء المقطر.

الكلمات المفتاحية

الرصاص، الفليور، اليخضور، البروتين، البوليفنول، الفلافونيد، *Xanthoria parietina*.