

DETECTION DE LA POLLUTION PLOMBIQUE D'UNE GRANDE VILLE (TIZI-OUZOU, ALGERIE) A L'AIDE DE TRANSPLANTS LICHENIQUES.

DETECTAREA POLUĂRI PLOMBICE AL UNUI ORAȘ MARE: TIZI-OUZOU, ALGERIA CU AJUTORUL UNUI TRANSPLANT LICHENIC

Maria S. Abdul Hussain *, Fadhila Sahmoun *, K.H.Abdul Huusain **,
A. Semadi ***, Sahmoun. A ****

REZUMAT

*Un studiu al poluării atmosferice realizat într-un oraș mare (Tizi Ouzou, Algeria) s-a bazat pe metoda bioindicatorilor vegetali. În acest context cercetarea s-a bazat pe alegerea a două specii de licheni, una foliacee (*Parmelia physodes*) și alta fructiferă (*Ervinia prunastri*) folosite ca bioacumulatori de plumb spre a caracteriza impactul poluării urbane al unui oraș mare (Tizi-Ouzou, Algeria) asupra mediului înconjurător. Cantitățile de plumb acumulate în cele două specii de licheni au arătat prezența unei poluări plumbice într-o aglomerație urbană (Tizi-Ouzou, Algeria) unde poluarea automobilă este pusă în cauză. Studiul a demonstrat că clorofila celor două specii lichenice transplantate este afectată de poluarea urbană și condiționată în cea mai mare parte de traficul automobil.*

Cuvinte cheie : bioindicator, bioacumulator, licheni, plumb, clorofila.

RESUME

*Une étude de la pollution atmosphérique dans l'agglomération d'une grande ville (Tizi-Ouzou, Algérie) a été basée sur la méthode de bio indication végétale. Dans ce contexte, le travail de recherche est basé sur deux espèces de lichens, l'une foliacée (*Parmelia physodes*) est l'autre fruticuleuse (*Ervinia prunastri*) utilisées comme bio accumulatrices de plomb et ainsi caractériser l'impacte de la pollution urbaine d'une grande ville sur l'environnement. Des analyses de plomb réalisées sur ces deux espèces licheniques ont montré la présence de pollution plombique au niveau de l'agglomération de la ville de Tizi-Ouzou (Algérie) où la pollution automobile est mise en cause.*

Cette étude a montré que la chlorophylle des deux espèces licheniques transplantées est affectée par la pollution urbaine due en grande partie au trafic automobile.

Mots clés : Bioindication, bioaccumulateur, lichen, plomb, chlorophylle

INTRODUCTION

En milieu urbain, une stratégie de surveillance de la qualité de l'air est en général assurée par des réseaux de capteurs qui mesurent en continu les concentrations des principaux polluants atmosphérique. Cependant, ce type de mesure n'apporte aucune information relative aux effets sur les êtres vivants. On a donc envisagé d'utiliser une technique simple et souple d'observation et d'analyse d'une réaction naturelle des êtres vivants soumis à vivre dans une atmosphère polluée.

*Université M. Maâmméri, Faculté de Biologie, Tizi-Ouzou, Algérie

** Université Saad Dahleb, Faculté Agro-vétérinaire et Biologie, Blida, Algérie

*** Université d'Annaba, Annaba, Algérie

**** Université M. Maâmeri, Faculté de chimie, Tizi – Ouzou, Algérie

Le choix des lichens comme bioindicateurs s'explique par de nombreuses particularités de ces végétaux et notamment par quelques différences fondamentales avec les végétaux supérieurs : une activité photosynthétique continue, un métabolisme lent, un grand pouvoir d'accumulation des métaux lourds, de plomb en particulier et l'absence de lutte vis à vis de l'atmosphère (7,8,9,10,19). La pollution atmosphérique modifie le développement de la flore lichenique, et selon l'intensité et la nature de la pollution, les lichens présentent des altérations morphologiques et structurelles et parfois ils disparaissent totalement (15,16). Il a été remarqué que l'absence des lichens diminue à l'approche des villes et qu'ils avaient disparu totalement de certaines grandes villes(21,22). La pollution atmosphérique et notamment la pollution urbaine a constamment évolué. A l'heure actuelle la pollution d'origine automobile s'intensifie. Le plomb est l'un des polluants de l'air le plus commun dans ces zones. Il provient de plusieurs sources : incinération, combustion de charbon, industrie métallurgique et l'automobile qui afin d'élever leur indice d'octane a conduit au rejet de grande quantité de plomb dans notre environnement (90 p.100 environ, 14,15,17). Le plomb est un métal lourd, toxique qui peut provoquer un retard mental, des troubles de croissance, des atteintes du système nerveux central (encéphalopathie), des atteintes rénales et perturbe la synthèse de l'hémoglobine (2,5,23).

Le présent travail s'inscrit dans le cadre d'une évaluation de l'impacte de la pollution plombique d'origine automobile dans l'agglomération de la ville de Tizi-Ouzou, Algérie, à l'aide des deux espèces licheniques utilisées comme bioindicateurs, une foliacée et une fruticuleuse.

L'impact de la route serra d'abord précisé en étudiant l'accumulation du plomb en fonction de la distance à la route puis au cours du temps, ainsi que les conséquences physiologiques de cette pollution sur ces deux espèces de lichens.

MATERIEL ET METHODES :

On a prélevé deux espèces licheniques épiphytes *Parmelia physodes*, qui se présente sous forme de thalles foliacées adhérents aux branches par des rhizines et *Ervinia prunastri* en forme de thalles fruticuleux de quelques centimètres de long qui se fixent sur les petites branches par un crampon très réduit. Les sites de prélèvement sont situés en dehors de la zone polluée, plus précisément dans une région située à 1000 mètres d'altitude et à 50 km à l'Est de la ville de Tizi-Ouzou ; région caractérisée par une abondance en chêne vert (*Quercus ilex*) et chêne liège (*Quercus suber*). Les thalles des lichens ont été prélevés avec des branches des chênes verts et transplantés aux niveaux des deux sites en ville. Les thalles transplantés ont toujours été récoltés le même jour pour chaque espèces et pour les deux sites. A l'aide d'un sécateur on coupe des portions de rameaux couverts de lichens puis on les transporte dans des sacs de papiers pour être placés sur les sites à des différentes distances de la route.

Les échantillons exposés à la pollution plombique sont ensuite transportés au laboratoire pour le dosage du chlorophylle et du plomb. Pour le dosage de la chlorophylle on a procédé à l'extraction de la chlorophylle sur les échantillons témoins et pollués selon la méthode Arnon (1) puis le dosage est effectué par spectrophotométrie à absorption moléculaire à l'aide d'un spectrophotomètre

longueurs d'ondes 645-663 nm et l'étalonnage de l'appareil est effectué par une solution d'acétone à 90%. Le calcul des valeurs de la chlorophylle est effectuée grâce à la formule de Arnon (1) :

$$\text{Chla} = 12,7 \text{ Do } 663 - 2,69 \text{ Do } 645$$

$$\text{Chlb} = 22,9 \text{ Do } 645 - 4,68 \text{ Do } 663$$

Le dosage du plomb a été effectué par la technique d'absorption atomique qui représente la technique la plus couramment utilisée pour le dosage des métaux lourds (20,11,12,13,16). Le dosage du plomb est une opération rapide mais la préparation des échantillons pour le dosage, la minéralisation est assez longue (au moins une semaine). Nous avons procédé à 3 mesures du taux du plomb dans la même solution et la moyenne de ces trois mesures nous les avons rapportés dans nos résultats.

Résultats et discussion :

Les échantillons lichéniques déposés à des différentes distances de la route ont permis d'observer jusqu'à quelle distance on peut trouver les retombés du plomb. L'échelonnement des récoltes dans le temps (6 mois) pour chaque site permet de préciser l'évolution de la pollution pendant cette période. Les résultats de l'accumulation du plomb en fonction du temps seront présentés pour chaque site en même temps que ceux concernant l'accumulation en fonction de la distance à la route. Pour le premier site les thalles de *Parmelia physodes* et *Ervinia prunastri* ont été disposés à différentes distances de la route (5m ; 15m ; 25m ; 50m) et à 1,30m du sol. On a obtenu les résultats inscrits dans le tableau 1 et 2 et histogramme 1 et 2.

Histograma 1 :

Concentrația în plumb ($\mu\text{g/g}$ MU) la *Parmelia physodes* transplantată pe situl 1

Histogramme 1. Teneur en plomb ($\mu\text{g/g}$ MS) de *Parmelia physodes* transplantées sur le site 1

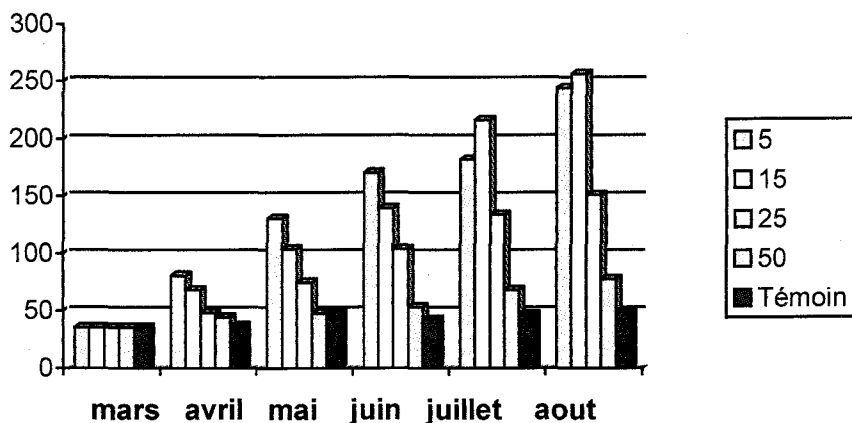


Tableau 1:

Teneur en plomb ($\mu\text{g/g MS}$) de *Parmelia physodes* transplantés sur le site 1.

Tabelul 1:

Concentrația în plumb ($\mu\text{g/g MU}$) la *Parmelia physodes* transplantată pe situl 1

Dist./Route (m)	01/03	01/04	01/05	01/06	01/07	01/08
5	35,4	80,7	130,7	170,7	182,2	244
15	35,4	68,2	103,9	139,3	216,5	256,1
25	35,4	48,2	75,1	104	134	151,3
50	35,4	44,3	47,6	53	68,2	77,4
Témoin	35,4	36,3	49,4	42	46,6	48,8

Histograma 2 :

Concentrația în plumb ($\mu\text{g/g MU}$) la *Ervinia prunstrti* transplantată pe situl 1

Histogramme 2: Teneur en plomb ($\mu\text{g/g MS}$) de *Ervinia prunastri* transplantée sur le site1

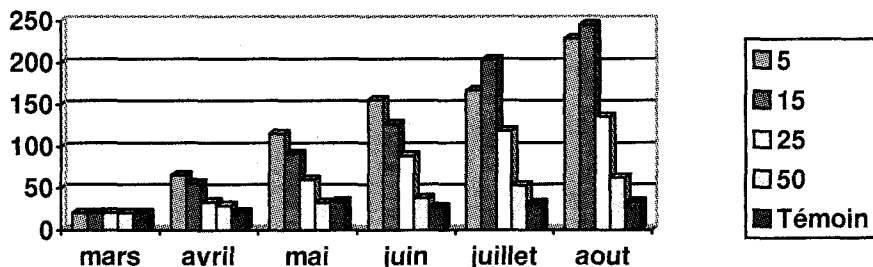


Tableau 2:

Teneur en plomb ($\mu\text{g/g MS}$) de *Ervinia prunastri* transplantée sur le site 1

Tabelul 2:

Concentrația în plumb ($\mu\text{g/g MU}$) la *Ervinia prunastri* transplantată pe situl 1

Dist./Route (m)	01/03	01/04	01/05	01/06	01/07	01/08
5	20,1	65,4	115,4	155,4	166,9	228,1
15	20,1	55,8	91,5	126,9	204,1	244,7
25	20,1	32,9	59,8	88,7	118,7	136
50	20,1	29	32,3	37,8	53	62,2
Témoin	20,1	21	34,1	26,7	31,3	33,5

Pour le deuxième site les valeurs obtenues pour les mêmes lichens dans les mêmes conditions sont présentées dans les tableaux 3 et 4 et histogrammes 3 et 4.

Concentrația în plumb ($\mu\text{g/g}$ MU) la *Ervinia prunastri* transplantată pe situl 2

Histogramme 3: Teneur en plomb ($\mu\text{g/g}$ Ms) de *Ervinia prunastri* transplantée sur le site 2.

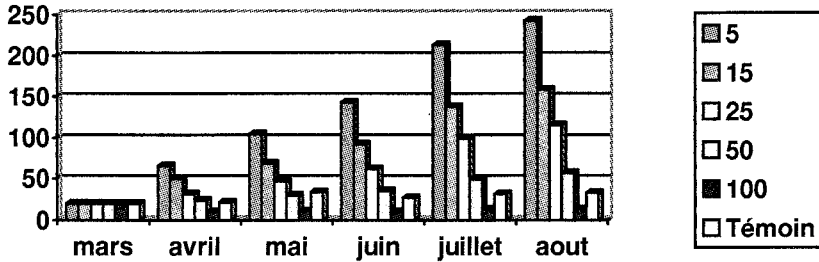


Tableau 3 :

Teneur en plomb ($\mu\text{g/g}$ MS) de *Ervinia prunastri* transplantée sur le site 2.

Tabelul 3 :

Concentrația în plumb ($\mu\text{g/g}$ MU) la *Ervinia prunastri* transplantată pe situl 2

Dist./Route (m)	01/03	01/04	01/05	01/06	01/07	01/08
5	20,1	65,4	104,7	143,2	213,1	242,6
15	20,1	50,4	68,7	91,9	138,1	158,9
25	20,1	31,3	47,2	62	98,7	115,2
50	20,1	23,4	30,2	35,4	49,4	57,1
100	20,1	10,0	10,1	10	12,5	13,1
Témoin	20,1	21,0	34,1	26,7	31,3	33,2

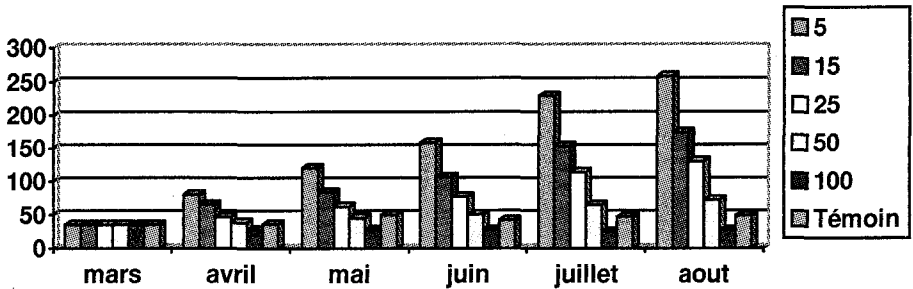
Tableau 4 :

Teneur en plomb ($\mu\text{g/g}$ MS) de *Parmelia physodes* transplantée sur le site 2.

Tabelul 4 :

Concentrația în plumb ($\mu\text{g/g}$ MU) la *Parmelia physodes* transplantată pe situl 2

Dist./Route (m)	01/03	01/04	01/05	01/06	01/07	01/08
5	35,4	80,7	120,1	158,5	229,3	258,8
15	35,4	65,7	84,0	107,2	153,4	174,2
25	35,4	46,6	62,5	77,3	114,0	130,5
50	35,4	38,7	45,5	50,7	64,7	72,4
100	35,4	27,7	27,8	27,5	24,7	26,4
Témoin	35,4	36,3	49,4	42,0	46,6	48,8

Concentrația în plumb ($\mu\text{g/g}$ MU) la *Parmelia physodes* transplantată pe situl 2Histogramme 4: Teneur en plomb ($\mu\text{g/g}$ MS) de *Parmelia physodes* transplantée sur le sit 2.

En ce qui concerne la teneur en plomb des lichens témoins on a constaté qu'il contient une moyenne de $35,4 \mu\text{g/g}$ MS de plomb pour *Parmelia physodes* et de $20,1 \mu\text{g/g}$ MS de plomb pour *Ervinia prunastri*. Cette teneur a augmenté irrégulièrement entre la première analyse et celle de 01/08, mais comme il n'y a pas des capteurs de plomb atmosphérique dans la région du prélèvement et ni dans celle de la circulation automobile on considère que cette variation est due probablement à l'influence du vent ou des précipitations tombées. Pour interpréter nos résultats on a tenu compte des recommandations faites par la littérature de spécialité où la teneur <normale> en plomb est de $78 \mu\text{g/g}$ pour *Parmelia physodes* et de $40 \mu\text{g/g}$ pour *Ervinia prunastri*, valeurs trouvées en forêt de Fontaine Bleue (France) loin de toute pollution (6,8,10). En tenant compte de ces valeurs on peut conclure que notre zone de prélèvement (appelée Darna) n'est soumise à aucune pollution plombique puisque nos valeurs obtenues sont inférieures à celles données par la littérature de spécialité. Les variations des taux de plomb observés dans la période Mars et Août ne s'expliquent probablement pas par des variations de la pollution plombique locale, ni des facteurs climatiques, mais plutôt par des variations individuelles qui ne sont pas rares chez les lichens (18). En analysant les résultats concernant l'accumulation du plomb en fonction de la distance d'exposition de la route pour les lichens transplantés on constate que :

- Quel que soit la date de récolte des lichens transplantés à 5m de la route, ils contiennent toujours plus du double de plomb que ceux situés à 50m pour les deux types de lichens.
- la teneur en plomb des thalles transplantés diminue régulièrement au cours de transept perpendiculaire à la chaussée, lorsqu'on s'éloigne de celle-ci. A fin de vérifier cette hypothèse, nous avons calculé les coefficients de corrélation entre la teneur en plomb des thalles et la distance à la route.

Les résultats sont consignés dans les tableaux 5 et 6.

Tableau 5:

**Corrélation entre les teneurs en plomb accumulés par les deux lichens
transplantés dans site 1.**

Tabelul 5 :

Corelația între concentrațiile de plumb acumulate la cei doi licheni
transplantați pe situl 1

Interaction/Facteur	Coefficient de corrélation (r)	
	rE	rP
C7 x C2	- 0,943	- 0,937
C7 x C3	- 0,992	- 0,990
C7 x C4	- 1,00	- 0,990
C7 x C5	- 0,992	- 0,993
C7 x C6	- 0,800	- 0,808

Ou : rE = coefficient de corrélation pour *Ervinia prunastri*

rP = coefficient de corrélation pour *Parmelia physodes*

C7 = distance /route

C2, C3, C4, C5 et C6 = teneur en plomb accumulé au bout 30,60,90,120 et 150 jours de transplantation.

Tableau 6:

**Corrélation entre les teneurs en plomb accumulés par les deux lichens
transplantés sur le site 2.**

Tabelul 6 :

Corelația între concentrațiile de plumb acumulate la cei doi licheni
transplantați pe situl 2

Interaction/Facteur	Coefficient de corrélation	
	rE	rP
C7 x C2	- 0,901	- 0,885
C7 x C3	- 0,889	- 0,879
C7 x C4	- 0,884	- 0,878
C7 x C5	- 0,904	- 0,898
C7 x C6	- 0,903	- 0,905

Les coefficients de corrélation obtenus pour les deux sites sont négatifs et très hautement significatifs, autrement dit au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la route la teneur en plomb accumulée par les lichens diminue.

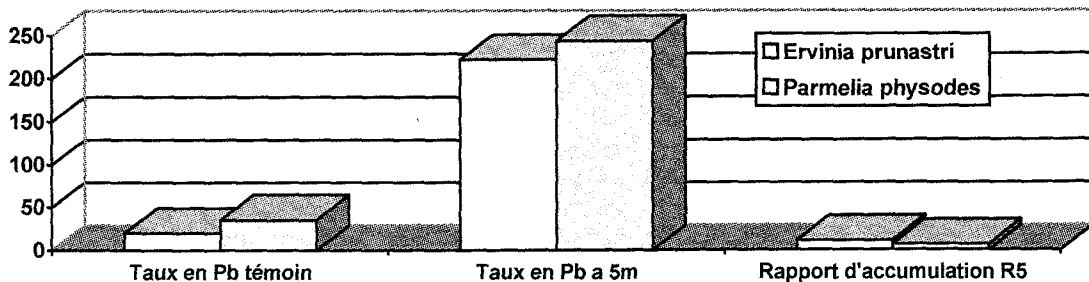
Afin de quantifier l'affinité des thalles vis à vis du plomb, nous avons défini un rapport d'accumulation (Rd) comme le rapport entre la teneur en plomb des lichens à une certaine distance (d) de la route et celle des thalles témoins (7,9). Ainsi le rapport R5 a été calculé pour les thalles transplantés à 5m de la route. Les valeurs trouvées (Histogramme 5) vont de 6,8 pour *Parmelia physodes* et de 11,3 pour *Ervinia prunastri*, cela signifie que la quantité de plomb accumulée à 5m de la route est 6 fois

supérieure à la teneur normale pour *Parmelia physodes* et 11 fois supérieure pour *Ervinia prunastri*.

Histograma 5 :

Raportul de acumulare al plumbului ($\mu\text{g/g}$ MU) la 5 m de la șosea pentru cele două specii lichenice în situl 1.

Histogramme 5: Rapport d'accumulation du Pb ($\mu\text{g/g}$ MS) a 5m de la route pour les deux especes licheniques dans le site 1



Pour vérifier les résultats obtenus on calcule la variance relative à l'accumulation du plomb pour les deux lichens transplantés à 5m de la route en comparaison avec les résultats des mêmes lichens prélevés aux sites témoins. Les résultats obtenus lors du calcul de l'analyse de la variance montrent que $F_{0,999} = 5,53$ pour $K_1=5$ et $K_2=30$, $F_{obs}=5,93 > F_{0,999}$ d'où on constate qu'il y a une différence très hautement significative entre la teneur en plomb accumulé par *Ervinia prunastri* située à 5m de la route et la teneur accumulée par le même lichen situé au site témoin. Pour *Parmelia prunastri* les mêmes calculs montrent que $F_{0,999}=11,3$ pour $K_1=1$ et $K_2=8$; $F_{obs}=14,19 > F_{0,999}$ d'où on constate qu'il y a une différence hautement significative entre la teneur en plomb accumulée par le lichen situé à 5m de la route et sa teneur accumulée au sein du site témoin.

Pour étudier l'accumulation du plomb au cour du temps il suffit d'analyser les résultats de l'accumulation du plomb en fonction du temps présentés dans les tableaux et histogrammes qui traduisent l'accumulation du plomb en fonction de la distance (voir. tableaux 1,2,3,4 et histogrammes 1,2,3,4). On constate aussi d'une façon générale que l'accumulation du plomb augmente avec la durée de transplantation, donc avec la durée de contamination. Cependant la comparaison des résultats est délicate car les expériences ont été effectuées dans des conditions différentes concernant les sites et la distance de transplantation à la chaussée.

L'influence du trafic routier journalier dans l'accumulation du plomb dans les deux sites et sur les deux espèces licheniques utilisées nous donne des informations précisées dans le tableau 8 pour une période d'un mois (R1).

Tableau 8 :

**Comparaison des rapports d'accumulation du plomb chez les lichens
transplantés sur les 2 sites au bout d'un mois (R1).**

Tabelul 8 :

Comparația între raporturile de acumulare al plumbului la lichenii transplantați în cele
două situri după o lună (R1)

Sites	Trafic moyen	Teneur max. E.prunstri	Rep	Teneur max. P.physodes	Rpe
Site 1	26221	244,7	2,7	256,1	1,9
Site 2	18717	242,6	3,2	258,8	2,2

Rep = rapport d'accumulation du plomb pour *Ervinia prunastri*

Rpe = rapport d'accumulation du plomb pour *Parmelie physodes*.

D'après les résultats obtenus on constate qu'au bout d'un mois l'accumulation du plomb déterminée par la teneur maximale trouvée pendant les transplantations et par le rapport d'accumulation temporelle (R1) est plus fort au site 2 qui présente un trafic automobile plus faible que le site 1 ou la fréquence des automobiles est plus grande.

Pour la teneur en chlorophylle a et b des lichens utilisés on a constaté une nette diminution de la chlorophylle a et une augmentation de la chlorophylle b des espèces transplantées (voir. Tableau 9)

Tableau 9 :

Teneur en chlorophylle (µg/g MS) des thalles témoins et des thalles transplantés.

Tabelul 9 :

Concentrația în clorofilă (µg/g MU) în lichenul martor și cei transplantați.

Espèce	Thalles témoins		Thalles transplantées	
	chlorophylle a	chlorophylle b	chlorophylle a	chlorophylle b
<i>Ervinia prunastri</i>	31,5	20	16,60	28,89
<i>Parmelia physodes</i>	47,75	16,25	17,59	31,49

Cette altération de la chlorophylle ne peut s'expliquer que par l'effet d'un polluant car en milieu urbain, la circulation automobile est à l'origine d'émission des polluants tels que : le SO₂, CO₂, Pb, et les NO_x issus des combustions incomplètes des substances ajoutées dans les carburants ou les usures des pièces (4,3). Dans des conditions de forte acidité le SO₂ polluant majoritaire se combine avec l'eau du lichen naturellement humide pour former l'ion SO₃⁻ réducteur puissant susceptible d'oxyder la chlorophylle a plus sensible que la chlorophylle b. l'acidité des thalles provoque une

dégradation de la chlorophylle en phénophytine qui peut s'effectuer de la manière suivante :



La phénophytinisation de la chlorophylle a est 20 à 30 fois plus rapide que celle de la chlorophylle b (6,10).

CONCLUSION :

Dans ce travail, les lichens ont été utilisés comme bioaccumulateurs d'une pollution plombique. Leur qualité d'indicateurs biologiques vis à vis de la pollution atmosphérique peut être soulignée par les aspects suivants :

- Les lichens sont des amplificateurs de la pollution atmosphérique qui enregistrent des doses non perceptibles des polluants qui est non perceptible au niveau des autres végétaux et animaux. Cette amplification de la pollution est liée à leur pouvoir exceptionnel d'accumulation des polluants les plus divers qui se traduit ici par la concentration du plomb dans les thalles.
- Les lichens se comportent comme des récepteurs cumulateurs ce qui nous permet de suivre une évolution de la pollution.
- Les lichens se comportent comme des véritables observateurs permanents de la qualité de l'air. Par rapport au réseau des capteurs ils présentent des avantages non négligeables : une plus grande précision, une plus forte sensibilité, une meilleure fiabilité et un prix de revient nettement moins élevé.
- L'affinité des lichens pour le plomb est telle que des variations, même minimales, de la teneur atmosphérique liée aux conditions climatiques sont détectées par ces végétaux.

L'exposition des deux espèces lichéniques étudiées (*Ervinia prunastri* et *Parmelia physodes*) à la pollution urbaine a conduit à une modification de la teneur en chlorophylle a et b, due probablement à une oxydation de la chlorophylle en phénophytine. Cependant, il est difficile d'établir une relation entre l'accumulation du plomb par ces deux espèces lichéniques et la dégradation de leur chlorophylle, car en milieu urbain, la circulation automobile est à l'origine de l'émission de plusieurs polluants tels que : le dioxyde de soufre(SO₂), le dioxyde de carbone(CO₂), le plomb(Pb), les particules en suspension (Ps), les oxydes d'azote(NO_x), les composés organiques volatils(COV) issus de combustion incomplète ajoutés dans les carburants.

Enfin, une perspective de recherche pourra être proposée pour les modalités d'action du plomb sur la végétation et sur la vie humaine. Elle devra faire appel à des techniques plus au points que celles utilisées actuellement en écologie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

1. ARNON D.L ; 1949- Coppa enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidoses in Beta Vulgaris. Plant physiol., 24,pp.1-15.
2. BARNEA M. et URSU P., 1974- Pollution et protection de l'atmosphère, Ed. Eyrolles, Paris, pp.1-59, 99-137.
3. BELANDRIA G., ASTA J. et GARREC J.P., 1991- Diminutions of fluorine contents in lichens due to a regression of pollution in an alpine valley. (Maurienne, Savoie, France) from 1975 to 1985. Rev. Ecol. Alp.I, pp. 45-58.

4. BELANDRIA G., et ASTA J., 1986- Les lichens bioindicateurs: la pollution acide dans la région lyonnaise. FOPP. *Atm.*, 109, pp.10-23.
5. DAILLANT O., MORNAUD J., et VANHALUWYN C., 1994- Incinérateurs et contamination de champignon praticoles par les métaux lourds. *Bull. Féd. Myc. Dauphiné Savoie*, 135, pp.19-26.
6. DERUELLE S., 1983- Ecologie des lichens du bassin parisien. Impact de la pollution atmosphérique (engrais, SO₂, Pb) Thèse de Doctorat d'Etat. Paris, pp.339.
7. DERUELLE S., 1992- Accumulation du plomb par les lichens. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 139. *Actual. Bot.*, 1pp 99-109.
8. DERUELLE S., 1995- La fiabilité des lichens comme bioindicateurs de la pollution plombique in Actes du colloque. Marqueurs biologiques de pollution, ANPP- Chinon, septembre 1995, pp 21-22.
9. DERUELLE S., 1996- La fiabilité des lichens comme bioindicateurs de la pollution plombique. *Ecologie*, 27,4, pp 285-290.
10. DERUELLE S., et LALLEMANT R., 1983- Les témoins de la pollution. Thème Vuibert, Université biologie, pp. 108.
11. GARTY J., et THEISS H.B., 1990- The localisation of lead in the lichen *Ramalina duriaei* (Den.Not) Bagl. *Botanica Acta.*, 89, pp.631-645.
12. GOMBERT S. Et ASTA J., 1997- Etude du suivi de la pollution chloré émise par une usine d'incinération d'ordures ménagères par l'utilisation de bioindicateurs végétaux:lichens et sphaignes. *Ecologie*, 28,4, pp.365-372.
13. GOMBERT S., 1999- Utilisation de la bioindication lichenique dans l'estimation de la qualité de l'air de l'agglomération grenobloise:Etude à différents niveaux d'organisation biologique. Thèse de l'université de Joseph Fourier, Grenoble 1, pp.287.
14. CALINA M.F., PUXBAUM H. et BIEB L., 1997- Lead concentration in wet deposition results of a ten year time, serie in Salzburg, Austria, *Inter. J. Environ. Anal. Chem.* 67,pp.203-211.
15. KHALIL K., et ASTA J., 1998- Les lichens bioindicateurs de la pollution atmosphérique dans la région lyonnaise. *Ecologie*, 29,3, pp. 467-472.
16. KHALIL K., 2000- Utilisation des bioindicateurs végétaux (lichens et tabac) dans la détection dans la pollution atmosphérique de la région lyonnaise. Thèse de Doctorat, université de Grenoble, France, pp.257.
17. KRAL R., KRYZOV A., et LISKA, 1989- Background concentration of lead and cadmium in the lichen *Hypogymnia physodes* at different altitudes. *The science of the total environment*, 84, pp.201-209.
18. LEMAISTRE V., 1985- Influence of aotomobile exhaust and lead on the oxygen exchange of two lichens measured by a new oxygen electrode method (173-183) in: *Lichen physiology and cell biology*. Ed. Brown, New York and London Plenum press.
19. MARKET B., 1993- Plants as biomotors. Indicators of heavy metals in the terrestrial environnement. *Annu. Rev. Plant physiol. Plant. Mol. Biol.*, 45, pp.447-467.
20. SEMMDI A., 1989- Effets de la pollution atmosphérique (pollution globale, fluorée et plombique) sur la végétation dans la région d'Annaba (Algérie). Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. Pierre et Marie Curie (Paris VI), pp.339.
21. VAN HALUWYN C., et LERON D., 1986- Les lichens et la qualité de l'air, évolution méthodologique et limites, Ministère de l'environnement, Sretie, pp.207.
22. VAN HAULWYN C., et LERON D., 1993- Guide des lichens, Ed. Le Chevalier, Paris, pp.344.
23. WELLBURN A., 1996- Air pollution and climate change, the biological impact, seconde édition, Ed, Longman, pp.268.