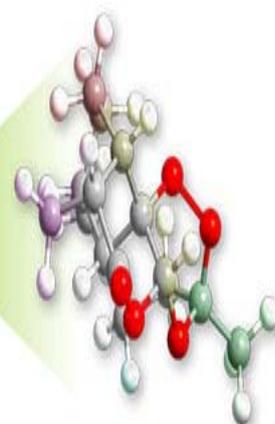


# PhytoChem & BioSub Journal

Peer-reviewed research journal on Phytochemistry & Bioactives Substances

ISSN 2170 - 1768



## PCBS Journal

Volume 7 N° 1, 2 & 3

2013

**PhytoChem & BioSub Journal (PCBS Journal)** is a peer-reviewed research journal published by Phytochemistry & Organic Synthesis Laboratory. The PCBS Journal publishes innovative research papers, reviews, mini-reviews, short communications and technical notes that contribute significantly to further the scientific knowledge related to the field of Phytochemistry & Bioactives Substances (Medicinal Plants, Ethnopharmacology, Pharmacognosy, Phytochemistry, Natural products, Analytical Chemistry, Organic Synthesis, Medicinal Chemistry, Pharmaceutical Chemistry, Biochemistry, Computational Chemistry, Molecular Drug Design, Pharmaceutical Analysis, Pharmacy Practice, Quality Assurance, Microbiology, Bioactivity and Biotechnology of Pharmaceutical Interest )

It is essential that manuscripts submitted to PCBS Journal are subject to rapid peer review and are not previously published or under consideration for publication in another journal. Contributions in all areas at the interface of Chemistry, Pharmacy, Medicine and Biology are welcomed.

### Editor in Chief

**Pr Abdelkrim CHERITI**

Phytochemistry & Organic Synthesis Laboratory

### Co-Editor

**Dr Nasser BELBOUKHARI**

Bioactive Molecules & Chiral Separation Laboratory

University of Bechar, 08000, Bechar, Algeria

### Editorial Board

Afaxantidis J. (France), Akkal S. (Algeria), Al Hamel M. (Morocco), Al Hatab M. (Algeria), Aouf N. (Algeria), Asakawa Y. (Japan), Atmani A. (Morocco), Awad Allah A. (Palestine), Azarkovitch M. (Russia), Baalioumer A. (Algeria), Badjah A.Y. (KSA), Balansard G. (France), Barkani M. (Algeria), Belkhiri A. (Algeria), Benachour D. (Algeria), Ben Ali Cherif N. (Algeria), Benayache F. (Algeria), Benayache S. (Algeria), Benharathe N. (Algeria), Benharref A. (Morocco), Bennaceur M. (Algeria), Bensaid O. (Algeria), Berada M. (Algeria), Bhalla A. (India), Bnouham M. (Morocco), Bombarda E. (France), Boucekara M. (Algeria), Boukebouz A. (Morocco), Boukir A. (Morocco), Bressy C. (France), Chehma A. (Algeria), Chemat F. (France), Chul Kang S. (Korea), Dadamoussa B. (Algeria), Daiche A. (France), Daoud K. (Algeria), De la Guardia M. (Brazilia), Dendoughi H. (Algeria), Derdour A. (Algeria), Djafri A. (Algeria), Djebar S. (Algeria), Djebli N. (Algeria), Dupuy N. (France), El Abed D. (Algeria), EL Achouri M. (Morocco), Ermel G. (France), Esnault M. A. (France), Govender P. (South Africa), Jouba M. (Turkey), Hacini S. (Algeria), Hadj Mahamed M. (Algeria), Halilat M. T. (Algeria), Hamed El Yahia A. (KSA), Hamrouni A. (Tunisia), Hania M. (Palestine), Iqbal A. (Pakistan), Gaydou E. (France), Ghanmi M. (Morocco), Gharabli S. (Jordan), Gherraf N. (Algeria), Ghezali S. (Algeria), Gouasmia A. (Algeria), Greche H. (Morocco), Kabouche Z. (Algeria), Kacimi S. (Algeria), Kajima J.M. (Algeria), Kaid-Harche M. (Algeria), Kessat A. (Morocco), Khelil-Oueld Hadj A. (Algeria), Lahreche M.B. (Algeria), Lanez T. (Algeria), Leghseir B. (Algeria), Mahiuo V. (France), Marongu B. (Italia), Marouf A. (Algeria), Meddah B. (Morocco), Meklati F. (Algeria), Melhaoui A. (Morocco), Merati N. (Algeria), Mesli A. (Algeria), Mushfik M. (India), Nefati M. (Tunisia), Ouahrani M. R. (Algeria), Oueld Hadj M.D. (Algeria), Pons J.M. (France), Radi A. (Morocco), Rahmouni A. (Algeria), Raza Naqvi S. A. (Iran), Reddy K.H. (South Africa), Reza Moein M. (Iran), Rhouati S. (Algeria), Roussel C. (France), Saidi M. (Algeria), Salgueiro L.D (Portugal), Salvador J. A. (Spain), Seghni L. (Algeria), Sharma S. (India), Sidiqi S. K. (India), Sour E. (Turkey), Tabti B. (Algeria), Taleb S. (Algeria), Tazerouti F. (Algeria), Vantuyne N. (France), Villemin D. (France), Yayli N. (Turkey), Youcefi M. (Algeria), Ziyat A. (Morocco), Zouieche L. (Algeria), Zyoud H. (Palestine).

# PhytoChem & BioSub Journal

Peer-reviewed research journal on Phytochemistry & Bioactives Substances

ISSN 2170 - 1768

## PCBS Journal

*PCBS  
Journal*

Volume 7 N° 2

2013



Edition LPSO  
Phytochemistry & Organic Synthesis Laboratory  
<http://www.pcbsj.webs.com> , Email: phytochem07@yahoo.fr

## Bio surveillance de la pollution de l'air à l'aide du lichen *Xanthoria parietina*.

KHELIL R.\* , KHELIL A.\* , DADAMOUSA B.\* , CABELLO-HURTADO F.\*\* & ESNAULT M.A.\*\*

\* *Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi-Arides*  
*Université Kasdi Merbah, , BP 511, 30000 Ouargla, Algérie*

\*\* *UMR Ecobio 6553, Université de Rennes 1, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes cedex, France*

Received: April 14, 2013; Accepted: June 06, 2013  
Corresponding author Email [rkhelil2002@yahoo.fr](mailto:rkhelil2002@yahoo.fr)  
Copyright © 2013-POSL

**Résumé-** Notre travail a porté sur la biodétection de la pollution atmosphérique par les hydrocarbures dans 3 stations de la wilaya de Ouargla en zone Saharienne Algérienne, Hassi Messaoud (HMD), Haoud Berkaoui (HBK) et Ouargla centre (OGX). Les lichens prélevés sur leur support dans le nord de l'Algérie ont été utilisés comme modèle biologique pour évaluer les effets de cette pollution. Les teneurs en composés solubles dans l'hexane (CSH) dans les transplants lichéniques augmentent puis diminuent au cours du temps, tout en présentant des variations entre les 3 stations. Les lichens de la station de HMD présentent les valeurs les plus élevées par rapport aux autres stations. Globalement, le rapport MF/MS diminue pendant l'expérimentation, surtout pour HMD. Pour ce qui concerne la teneur en chlorophylle, elle diminue pour les 3 stations. Les modifications observées au cours du temps pourraient avoir pour origine deux facteurs, la pollution d'une part et la déshydratation des thalles sous l'effet de la chaleur d'autre part. Si l'accumulation de composés solubles dans l'hexane est plus probablement à relier à la pollution, la chute du rapport MF/MS est quant à elle plutôt liée à la déshydratation.

**Mots-clés :** lichen, transplantation, pollution atmosphérique, désert, hydrocarbures

### **Biomonitoring air pollution with the lichen *Xanthoria parietina***

**Abstract-** Our work focused on biodetection of air pollution by hydrocarbons in three stations of the Wilaya of Ouargla in Algerian Sahara namely, Hassi Messaoud (HMD), Haoud Berkaoui (HBK) and the center of Ouargla (OGX). We used lichens from the north of Algeria as biological model after transplantation in order to evaluate the effects of this pollution. The levels of hexane soluble compounds (CSH) exhibit variation (broadly increasing then decreasing) over time for all three stations taking into account that the station HMD presents the highest values compared to other stations. The ratio MF/MS reveals fluctuating but more or less declining values especially for HMD. Generally a decrease in this ratio at the end of the experiment is observed. With regard to chlorophyll content, we record the decrease of chlorophyll for the three stations. The variations in the different contents are probably due to two factors, pollution on the one hand notably for CSH, and dehydration of thalli under the effect of heat on the other hand for MF/MS notably.

**Keywords:** lichen, transplantation, atmospheric pollution, desert, hydrocarbon

## Introduction

L'augmentation des phénomènes de pollution environnementale impliquant des conséquences sanitaire et économique ont conduit à une prise de conscience politique stimulant la recherche de moyens pour les détecter et les réduire. Ces pollutions génèrent des perturbations chez les êtres vivants (Yu et Tsunoda, 2005) et dans les compartiments abiotiques fondamentaux (eau, sol, atmosphère).

L'exploitation des gisements de pétrole qui n'a cessé d'augmenter depuis le début du siècle dernier entraîne des risques de pollution (accidentelle et chronique) pouvant influencer l'équilibre écologique et parfois entraîner la destruction de l'écosystème (Soltani, 2004). La nécessité d'estimer les quantités présentes, de contrôler l'accumulation des produits pétroliers, leur transformation et leur devenir, comme d'en estimer l'impact sur la flore, la faune et l'environnement devient une priorité. Toutefois, les processus d'analyse des compartiments abiotiques sont lourds et onéreux à mettre en oeuvre (Sanderson *et al.*, 2004). C'est pourquoi la recherche d'espèces bioindicatrices et/ou bioaccumulatrices fait l'objet de nombreux travaux (Wolterbeek, 2002 ; Guidotti *et al.*, 2003).

Les bioindicateurs sont définis comme des organismes qui répondent à un certain niveau de pollution par un changement dans leur cycle de vie ou par l'accumulation d'un polluant particulier. Garrec et Van Haluwyn (2002) définissent la biosurveillance végétale comme l'utilisation d'un organisme ou d'un ensemble d'organismes à tous les niveaux d'organisation biologique (moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique, tissulaire, morphologique, écologique) pour prévoir et/ou révéler une altération de l'environnement et pour en suivre l'évolution. Pour l'évaluation de la pollution de l'air, les organismes ou organes bioindicateurs et/ou bioaccumulateurs les plus communément appliqués sont les aiguilles de pin (Migaszewski *et al.*, 2002), les algues marines (Stengel *et al.*, 2004), les lichens et les mousses (Gerdol *et al.*, 2002a et b ; Migaszewski *et al.*, 2002 ; Zhang *et al.*, 2002 ; Ra *et al.*, 2005). Les lichens sont très dépendants de la qualité de l'air et des eaux de pluie d'où ils tirent leur alimentation. Peu sensibles aux pics de pollution, ce sont des organismes intégrateurs d'une pollution de fond (Deruelle et Lallemand, 1983). Ils peuvent donc informer sur la qualité moyenne de l'air. Ils ont été largement testés comme bioindicateurs et/ou bioaccumulateurs de la pollution atmosphérique au cours des 40 dernières années depuis les travaux de Hawksorth et Rose en 1970 comme indicateurs de la concentration en SO<sub>2</sub> (Calatayud *et al.*, 1996 ; Garty *et al.*, 1993 ; Thomas *et al.*, 1995). Récemment, les lichens ont été utilisés pour la biosurveillance de la contamination par les oligo-éléments en Italie, dans la Province de Pise (Scerbo *et al.*, 2002) et en Vénétie (Nimis *et al.*, 2000 ; 2001), pour étudier l'effet de la pollution liée aux activités industrielles en Argentine (Gonzales *et al.*, 1996), de la contamination par les métaux lourds en zone subarctique (Thomas *et al.* 1995 ; Poblet *et al.*, 1997) et pour la détermination de la concentration en zinc dans l'Ouest de l'Irlande (Stengel *et al.*, 2004) et en Finlande (Takala *et al.*, 1998). Ils ont également été choisis comme bioindicateurs des hydrocarbures aromatiques totaux (HAP) (Migaszewski *et al.*, 2002) et se sont révélés accumuler des concentrations de HAP plus élevées que les aiguilles de pins (Augusto *et al.*, 2010)..

La wilaya de Ouargla en Algérie est située dans le bassin principal de production des hydrocarbures avec deux grands champs pétroliers, au niveau de Hassi Messaoud d'une part et Haoud Berkaoui d'autre part. Entre ces deux zones pétrolières se trouve la ville de Ouargla considérée comme l'une des plus grande Oasis du Sahara Algérien. Elle occupe le centre d'une cuvette (Rouvillois-Brigol, 1975) et se trouve donc confrontée aux problèmes de pollution par les hydrocarbures.

Notre objectif était donc de rechercher une espèce végétale pouvant être bioindicatrice des niveaux de concentration en hydrocarbures totaux dans un contexte de biosurveillance. Pour cette première approche à Ouargla, notre choix s'est porté sur un lichen connu comme

bioindicateur qui a été transplanté dans la région de Ouargla afin d'évaluer son utilisation potentielle sur un court terme (quelques mois). L'étude a été faite dans trois zones, au niveau des champs pétroliers de Hassi Messaoud et Haoud Berkaoui proprement dits, et au niveau de la cuvette de la ville de Ouargla soumise aux pollutions liées à la circulation routière par ailleurs.

## Matériel et méthodes

### Sites d'échantillonnage et de transplantation

L'étude a été réalisée sur 3 ans pour des contraintes logistiques : Hassi Messaoud (HMD) en 2004, Ouargla (OGX) en 2005 et Haoud Berkaoui (HBK) en 2006. Aucun lichen de grande taille n'étant présent dans cette région saharienne, nous avons choisi d'introduire une espèce bien répandue dans les forêts du nord de l'Algérie. Cette méthode avait l'avantage de permettre une introduction de l'espèce sur son support donc sans léser l'échantillon. L'objectif était de déterminer si dans ces conditions, l'espèce pouvait continuer à se développer un temps suffisant sous un climat saharien pour être une espèce utilisable en bioindication ainsi que son potentiel comme bio-indicateur.

L'espèce lichénique retenue est une espèce largement répandue, récoltée au niveau de la région d'El Chut (Annaba) considérée comme une région non polluée. Il s'agit du *Xanthoria parietina* (L.) Th., espèce à thalle foliacé, nitrophile se développant sur différents phorophytes et notamment sur *Ceratonia siliqua* L. (caroubier) qui a été retenu pour la transplantation. Les branches recouvertes de thalles ont été prélevées puis fixées à l'aide d'une ficelle à une hauteur de 1,5 m du sol sur divers supports dans les trois zones de travail.

Pour mieux connaître les niveaux de pollution, il est important de mettre en place un réseau de zones de transplantation en essayant de choisir des sites en nombre suffisant et correctement répartis autour de la source de pollution. Le nombre de sites doit être plus important sous les vents dominants et plus réduits dans les autres directions (Semadi, 1989). Cinq à huit sites ont été utilisés pour les 3 stations (Tableau 1). Les résultats présentés donnent une valeur moyenne obtenue pour tous les sites dans chaque station.

Tableau 1. Listes des sites d'échantillonnage pour les 3 stations

Stations	Désignation des sites						Total de sites
HMD	CINA (3 sites)	Zone industrielle	Cité des 1850 logements	Cité des 136 logements	Bouamama	Cité des 1666 logements	8
OGX	Ouargla (2 sites)	Sokra	Ain Beida	Sidi Khouiled	Hassi Ben Abdellah	N'Goussa	7
HBK	Zone des torches	L'espace séminaire	Base de vie	Ben Kahla	Guellala	//	5

HMD : Hassi Messaoud, OGX : Ouargla, HBK : Haoud Berkaoui  
CINA : Centre Industriel Naili Abdelhalim Nord

### Prélèvements des échantillons

A chaque échantillonnage ou prélèvement, une partie des thalles est détaché du phorophyte à l'aide d'un couteau. Les échantillons sont placés dans des sachets en plastique, fermés afin de limiter les pertes d'eau par évapotranspiration jusqu'à l'arrivée au laboratoire.

Les prélèvements ont eu lieu tous les 15 jours ou 30 jours pour l'ensemble des sites et des stations et sur 3 mois. Les thalles transplantés sont tous prélevés le même jour pour tous les sites d'une même station. Ils sont conservés au maximum 24 h dans une boîte hermétiquement fermées afin de limiter l'évapotranspiration avant analyses.

### Techniques analytiques

Les **composés solubles dans l'hexane (CSH)** sont obtenus à l'aide d'un dispositif d'extraction dit "soxhlet". La phase organique présente dans la masse biologique est ainsi extraite dans le solvant organique (N-hexane).

Dans une cartouche en cellulose préalablement conditionnée à l'hexane (pendant 4 heures), 0.5 g de thalles de lichens sont additionnés de 1g de sulfate de sodium anhydre qui permet d'éliminer toute trace d'eau. L'extraction en elle-même est effectuée avec 100 mL de N-hexane. Le tout est mis dans l'extracteur soxhlet placé sur une plaque chauffante à la température d'ébullition du N-hexane, durant 3 à 4 heures. Une éprouvette contenant une solution concentrée de NaOH, est reliée au dispositif d'extraction par un tuyau servant à l'échappement des gaz toxiques.

Après extraction, les composés sont quantifiés dans un creuset par gravimétrie. L'hexane est évaporé au bain-marie puis dans un dessiccateur contenant du gel de silice pendant 30 min. La teneur en composés solubles dans l'hexane est exprimée en mg par g de matière sèche de thalle lichénique.

Malgré la possibilité de pertes des hydrocarbures légers suite à l'évaporation du solvant, l'emploi de cette méthode est accepté quand il s'agit de quantifier les hydrocarbures totaux existant dans une zone à forte concentration en ces mêmes éléments (Quevauviller, 2001 in Rouidi, 2001).

La **matière sèche (MS)** des échantillons est déterminée après passage à l'étuve à 105°C pendant 24 heures pour déterminer le rapport MF/MS (matière fraîche/matière sèche).

La **quantification de la chlorophylle** a été réalisée en utilisant la méthode établie par Lichtenthaler et Wellburn (1983). Pour cela, 0.5 g de thalle sont pesés puis broyés au mortier en présence de 5 ml d'acétone à 80%. Le mélange obtenu est centrifugé 15 min à 4100 tours.min<sup>-1</sup>, puis le surnageant est récupéré. L'absorbance (A) est mesurée au spectromètre à 663 nm et 665 nm. Les équations suivantes sont utilisées pour calculer les quantités de chlorophylle a, b (Ca, Cb) :

- Teneur en chlorophylle a (en µg.mL<sup>-1</sup>) : **Ca = 12,21 A663 – 2,81 A645**
- Teneur en chlorophylle b (en µg.mL<sup>-1</sup>) : **Cb = 20,13 A645 – 5,03 A663**
- Teneur en chlorophylle totale (en µg.mL<sup>-1</sup>) : **C = Ca + Cb**

## RESULTATS

### Variations des teneurs en composés solubles dans l'hexane (CSH).

Lors de leur installation, les lichens prélevés dans une zone considérée saine possédaient une quantité de 5600 µg.g<sup>-1</sup> de matière sèche de CSH pour l'essai à Hassi Messaoud, 2000 µg.g<sup>-1</sup> pour l'essai à Ouargla et 3400 µg.g<sup>-1</sup> à Haoud Berkaoui. Après transplantation, quelque soit la date de prélèvement les teneurs en CSH dépassent celles de l'échantillon témoin et fluctuent dans le temps (Figure 1).

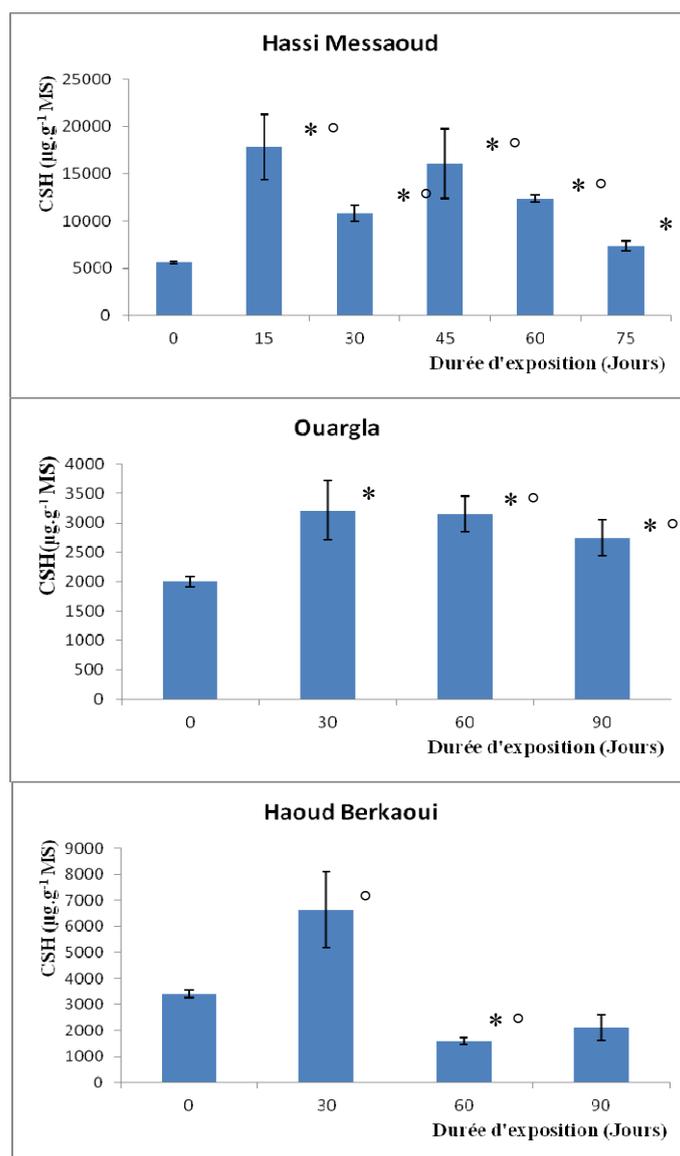


Figure 1 : Evolution des teneurs en composés solubles dans l'hexane (CSH) aux différents temps de prélèvement dans les différentes stations. La barre sur les histogrammes correspond à l'écart standard à la moyenne. Un test de student (\*) et un test de Mann-Whitney (°) ont été utilisés pour comparer les mesures par rapport au témoin ( $p < 0,05$ ).

Les lichens accumulent les CSH en fonction de la durée d'exposition jusqu'à une certaine limite. Ainsi, à Hassi Messaoud, le maximum d'accumulation est atteint après 15 jours d'exposition avec une teneur moyenne de  $17825 \mu\text{g.g}^{-1}$  soit une augmentation d'un facteur 3,1. A Ouargla, le maxima de  $3210 \mu\text{g.g}^{-1}$  correspond à une augmentation d'un facteur 1,6. A Haoud Berkaoui, il est de  $6640 \mu\text{g.g}^{-1}$  soit une augmentation de 1,9. Après ce maxima, il y a globalement une diminution des teneurs. En fin d'expérimentation, celles-ci tendent à un retour aux valeurs initiales (respectivement  $7325$ ,  $2743$  et  $2120 \mu\text{g.g}^{-1}$ ). On peut observer des variations plus fines dans la station de Hassi Messaoud pour laquelle les récoltes ont été faites tous les 15 jours.

### Variation du rapport MF/MS

Le rapport MF/MS diminue durant toute l'expérimentation essentiellement pour HMD et Ouargla. Les rapports évoluent toutefois assez peu, de 1.086 à 1.028 à la fin d'exposition à Hassi Messaoud, de 1,15 à 0,988 à Ouargla et de 1,15 à 1,094 à Haoud Berkaoui (Figure 2). On peut remarquer une forte augmentation à 30 jours pour la station de Haoud Berkaoui qui pourrait être lié à un arrosage non programmé, les transplants étant installés dans des zones de palmeraie.

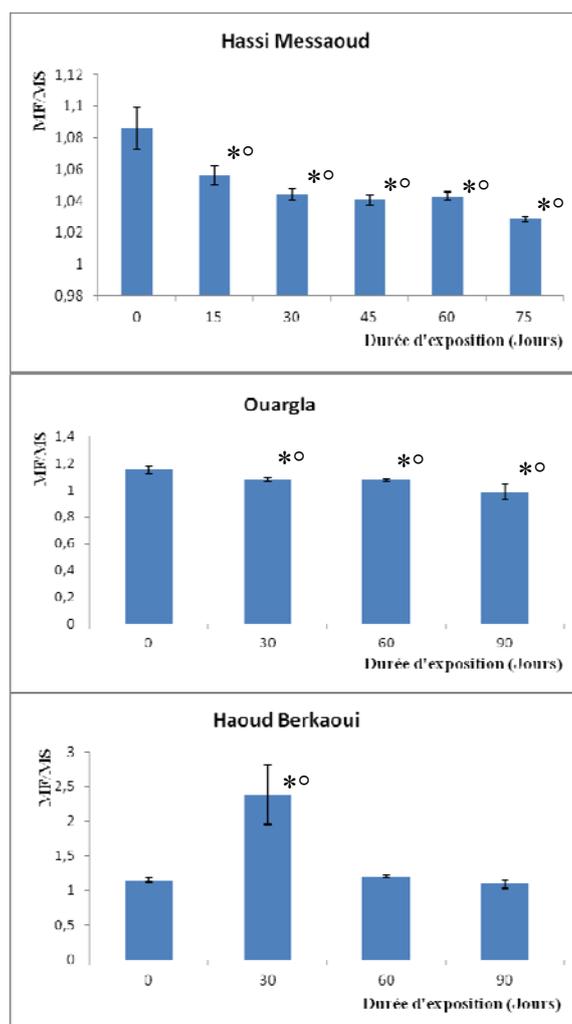


Figure 2 : Evolution du rapport MF/MS aux différents temps de prélèvement dans les différentes stations. La barre sur les histogrammes correspond à l'écart standard à la moyenne. Un test de student (\*) et un test de Mann-Whitney (°) ont été utilisés pour comparer les mesures par rapport au témoin ( $p < 0,05$ ).

### Variation de la teneur en chlorophylle.

Les teneurs en chlorophylle subissent une régression remarquable à Hassi Messaoud depuis le témoin à  $5,79 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  MS jusqu'à  $1,87 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  MS à la fin de l'expérimentation (Figure 3). Elle est très faible à Ouargla (de  $11,15$  à  $10,47 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ). Par contre, une chute importante est également à noter à Haoud Berkaoui (de  $27,32$  à  $6,92 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ).

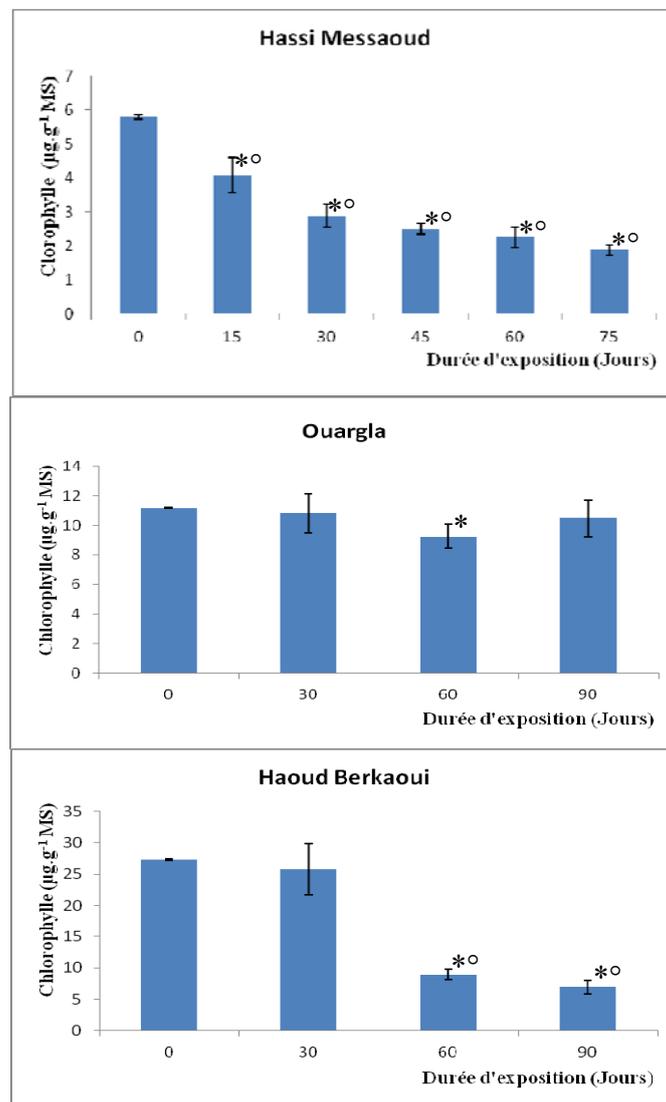


Figure 3 : Evolution de la teneur en chlorophylle aux différents temps de prélèvement dans les différentes stations. La barre sur les histogrammes correspond à l'écart standard à la moyenne. Un test de student (\*) et un test de Mann-Whitney (°) ont été utilisés pour comparer les mesures par rapport au témoin ( $p < 0,05$ ).

## DISCUSSION

L'objectif de ce travail était d'évaluer l'intérêt potentiel d'un lichen comme témoin de la pollution par les hydrocarbures en zone saharienne. Les lichens n'étant pas présents au Sahara, il était nécessaire de les introduire, d'utiliser une approche par transplantation et de les évaluer comme biomarqueurs sur une période courte permettant leur survie.

La teneur en composés solubles dans l'hexane varie au cours de l'expérimentation pour les 3 stations. Elles présentent une similitude dans cette variation au cours du temps. Elle est plus importante dans la station de Hassi Messaoud, située à proximité des torchères d'exploitation pétrolière qui représentent une source d'émission d'hydrocarbures. L'origine de ces composés solubles dans l'hexane peut être liée à cette pollution mais elle peut également provenir du végétal lui-même. En effet, l'hexane extrait également des molécules synthétisées par les lichens (Roux *et al.*, 2007). Toutefois, les lichens ayant une croissance extrêmement lente,

l'augmentation des teneurs en CSH dans les extraits après exposition sur une période relativement courte pour ces espèces, pourrait montrer que l'origine de ces composés serait plutôt liée à la pollution. De plus, la bioaccumulation, définie comme la somme des absorptions d'un polluant par voie directe pour une espèce végétale (Ramade, 1982) est bien connue chez les lichens. Ces phénomènes d'accumulation seraient dus aux particularités physiologiques des lichens qui ont la capacité de stocker les contaminants dans leurs tissus (Conti et Cecchetti, 2001). De ce fait, ils sont utilisés pour la mesure intégrée de la concentration des contaminants dans l'environnement. En effet, chez les lichens, le polluant ne jouerait pas de rôle fondamental dans le métabolisme et semble être stocké à l'intérieur des cellules. Lorsque sa concentration devient toxique pour la cellule, celle-ci est détruite ce qui se traduit par des symptômes de nécrose et des décolorations qui gagnent progressivement toutes les parties du thalle (Deruelle et Lallemand, 1983). Des phénomènes d'adsorption et désorption des contaminants impliquant probablement majoritairement des phénomènes passifs expliqueraient les teneurs en polluants relevées dans les études de ce type (Sloof, 1995). Cette accumulation a été démontrée dans le cas de la pollution aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (Guidotti *et al.*, 2003). Toutefois, les mécanismes impliqués n'étant pas connus, il convient de rester prudent dans l'interprétation des résultats à l'instar de Loppi *et al.* (2002, 2010).

Le rapport MF/MS constitue une bonne indication de l'état de la qualité de l'air, le développement du végétal étant perturbé par la pollution au détriment de la matière fraîche c'est-à-dire que plus l'accumulation du polluant est importante, plus le rapport MF/MS diminue (Alioua, 1995). Nous avons observé à plusieurs reprises la formation d'une fine couche blanchâtre à la surface des thalles de *Xanthoria*. Cette couche, probablement lipidique (Deruelle et Lallemand, 1983) jouerait un rôle de barrière contre l'absorption de l'eau et influencerait l'équilibre hydrique du thalle. Elle est plus imperméable et plus épaisse près d'une source de pollution. Pour ces auteurs, il est possible que le déséquilibre hydrique qu'elle engendre soit à l'origine de la contraction du thalle et de son détachement du substrat sur le bord. Le déséquilibre hydrique s'est traduit ici par une réduction du rapport MF/MS traduisant une perte d'eau pour les échantillons des trois stations. Dans notre expérimentation, il a sans doute une origine essentiellement climatique, l'augmentation de la température de l'air durant le temps d'exposition ainsi que l'ensoleillement conduisant à une diminution de l'humidité du milieu et par conséquent du rapport MF/MS par rapport au site d'origine du *Xanthoria*.

La teneur en pigments foliaires constitue une des principales signatures de l'état physiologique des plantes. Ils permettent l'assimilation de l'énergie lumineuse par la plante, interviennent lors de sa croissance et la protègent contre une multitude de facteurs tout au long de sa vie. La chlorophylle, principal pigment foliaire, est souvent utilisée comme indicateur pour évaluer le rendement potentiel d'une culture, la biomasse d'une forêt, pour détecter des carences nutritionnelles ou encore comme témoin pour divers types de pollution. Les teneurs en chlorophylle enregistrées à la fin de notre expérimentation sont très faibles dans les deux stations les plus exposées, Hassi Messaoud et Haoud Berkaoui en comparaison de celles du témoin. Ces valeurs diminuent au cours de la durée d'exposition et se traduisent visuellement par une décoloration des lobes des thalles, qui atteint par la suite tout le thalle en fonction de l'intensité de la pollution. Ces résultats peuvent être le témoin de la sensibilité de la photosynthèse et de la teneur en chlorophylle dans des conditions de pollutions. Toutefois, l'évolution du rapport MF/MS montre que le stress hydrique généré par la baisse de la teneur en eau peut aussi être impliqué. La quantification de la chlorophylle est largement utilisée pour évaluer l'état des échantillons et fournir une indication précoce du stress physiologique (Maxwell et Johnson, 2000 ; Ramade, 2007). Ainsi, elle a été utilisée pour montrer la tolérance et les effets chroniques de métaux lourds et autres xénobiotiques dans les lichens (Chettri *et al.*, 1998 ; Riga-Karandinos et Karandinos, 1998 ; Dzubaj *et al.*, 2008). Des

observations microscopiques montrent une plasmolyse progressive des cellules algales sous l'effet de la pollution qui perdent finalement leur coloration verte, à cause de la destruction des chlorophylles transformées en phaeophytine avant une dégradation complète de tous les pigments y compris les carotènes et les xanthophylles (Deruelle et Lallemand, 1983). La dégradation des chlorophylles en phaeophytine a d'ailleurs été utilisée comme une mesure des dommages causés par des concentrations élevées en SO<sub>2</sub> dans les lichens ou pour l'évaluation des effets de la pollution en métaux lourds dans les lichens épiphytes transplantés (Garty, 1987. Sanz *et al.*, 1992). Une étude à grande échelle des lichens a montré que la capacité de photosynthèse est fortement corrélée à la concentration de la chlorophylle a (Palmquist *et al.*, 2002).

## Conclusion

Cette étude montre que les lichens accumulent probablement les polluants hydrocarbonés sur l'intervalle de temps (90 jours) utilisé ici. Compte tenu des travaux des auteurs en général dans ce domaine, *Xanthoria parietina* pourrait être une espèce modèle pour l'étude de la bioaccumulation des polluants hydrocarbonés. Les teneurs en composés solubles dans l'hexane accumulées par cette espèce ainsi que les résultats sur la teneur en chlorophylle et le rapport MF/MS, sont probablement dues, d'une part, aux facteurs intrinsèques propres à l'espèce étudiée (pouvoir accumulateur de *Xanthoria parietina*) et d'autre part, aux facteurs extrinsèques d'ordre climatiques et topographiques (pluviométrie et positionnement des sites d'échantillonnage). Cependant, l'usage des lichens pour la biosurveillance végétale pour estimer la qualité de l'air apparaît très limité dans les conditions climatiques en zone saharienne caractérisée par des fortes températures et une faible humidité. Pour cela, nous suggérons d'étendre l'approche par l'utilisation de végétaux supérieures locaux comme bioindicateurs et bioaccumulateurs de la pollution atmosphérique en zones arides et semi arides.

## Références bibliographiques

- Augusto S., Máguãs C., Matos J., Pereira M.J., Branquinho C. 2010. *Environ. Pollut.* 158 : 483-489.
- Alioua A. 1995. Détection de la pollution mercurielle dans la région de Azzeba (Algérie- orientale) à l'aide des bioaccumulateurs *Xanthoria parietina*, *Olea cupea*, *Cupressus sempervirens*, *Casuarina equisetifolia* et *Triticum durum*. Mémoire. Magister. Université Annaba. 103 p.
- Calatayud M.J., Sanz M.J., Calvo E., Barreno E., Del Valle-Tascon X. 1996. Chlorophyll a fluorescence and chlorophyll content in *Parmelia quercina* thalli from a polluted region of northern Castellon (Spain). *Lichenologist.* 28: 49-65.
- Chettri M.K., Cook C.M., Vardaka E., Sawidis T., Lanaras T. 1998. The effect of Cu, Zn and Pb on the chlorophyll content of the lichens *Cladonia convoluta* and *Cladonia rangiformis*. *Environ. Exp. Bot.* 39: 1-10.
- Conti M.E., Cecchetti G. 2001. Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment- a review. *Environ. Pollut.* 114: 471-492.
- Deruelle S., Lallemand R. 1983. Les lichens témoins de la pollution. Vuibert (ed.). Paris 108 p.
- Dzubaj A., Backor M., Tomko J., Peli E., Tuba Z. 2008. Tolerance of the lichen *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. to metal stress. *Ecotox. Environ. Safety.* 70: 319-326.
- Garrec JP., Van Haluwyn C. 2002. Biosurveillance végétale de la qualité de l'air. Tec & Doc ; Lavoisier (ed.). Paris. 118 p.
- Garty J. 1987. Metal amounts in the lichen *Ramalina duriae* transplanted at biomonitoring sites around a new coal-fired power station after 1 year of operation. *Environ. Res.* 43: 104-116.
- Garty J., Karary Y., Harel J., Lurie S. 1993. Temporal and spatial fluctuation of ethylene production and concentrations of sulphur, sodium, chlorine and iron on/in the thallus cortex in the lichen *Ramalina duriae* (De Not.) Bagl. *Environ. Exp. Bot.* 33: 553-563.

- Gerdol R., Bragazza L., Marchesini R. 2002a. Element concentrations in the forest moss *Hylocomium splendens*: variation associated with altitude, net primary production and soil chemistry. *Environ. Pollut.* 166: 129-135.
- Gerdol R., Bragazza L., Marchesini R., Medici A., Pedrini P., Benedetti S., Bovolenta A., Coppi S. 2002b. Use of moss (*Tortula muralis* Hedw.) for monitoring organic and inorganic air pollution in urban and rural sites in Northern Italy. *Atmosph. Environ.*, 36: 4069-4075.
- Gonzalez C.M., Casanovas S.S., Pignata M.L. 1996. Biomonitoring of air pollutants from traffic and industries employing *Ramalina ecklonii* (Spreng.) Mey. and Flot. in Cordoba, Argentina. *Environ. Pollut.* 91: 269-277.
- Guidotti M., Stella D., Owczarek M., De Marco A., De Simone C. 2003. Lichens as polycyclic aromatic hydrocarbon bioaccumulators used in atmospheric pollution studies. *J. Chromatogr.* (volume A) 985: 185-190.
- Lichtenthaler H.K. et Welburn A.R., 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls /a/ and /b/ of leaf extracts in different solvents. *Biochem. Soc. Tran.* 11: 591-592.
- Loppi S., Giordani P., Brunialti G., Isocrono D., Piervittori R. 2002. Identifying deviation from naturality of lichen diversity for bioindication purposes. In: Nimis P.L., Scheidegger C., Wolseley P., Monitoring with lichens- Monitoring Lichens. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands pp. 281-284.
- Loppi S., Nascimbene J. 2010. Monitoring H<sub>2</sub>S air pollution caused by the industrial exploitation of geothermal energy: The pitfall of using lichens as bioindicators. *Environ. Pollut.* 158: 2635-2639.
- Maxwell K., Johnson G.N. 2000. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. *J. Exp. Bot.* 51: 659-668.
- Migaszewski Z.M., Galuszka A., Paslawski P. 2002. Polynuclear aromatic hydrocarbons, phenols, and trace metals in selected soil profiles and plant bioindicators in the Holy Cross Mountains South-Central Poland. *Environ. Internat.* 28: 303-313.
- Nimis P.L., Lazzarin G., Lazzarin A., Skert N. 2000. Biomonitoring of trace elements with lichens in Veneto (NE Italy). *Sci. Total Environ.* 255: 97-111.
- Nimis P.L., Andreussi S., Pittao E. 2001. The performance of two lichen species as bioaccumulators of trace metals. *Sci. Total Environ.* 275: 43-51.
- Palmquist K., Dahlman L., Valla Dares F., Tehler A., Sancho L.G., Mattsson J-E. 2002. CO<sub>2</sub> exchange and thallus nitrogen across 75 contrasting lichen associations from different climate zones. *Oecologia.* 133: 295-306.
- Poblet A., Andrade S., Scagliola M., Vodopivec C., Curtosi A., Pucci A., Marcovecchio J. 1997. The use of epilithic antarctic lichens (*Usnea aurantiacoatra* and *U. antarctica*) to determine deposition patterns of heavy metals in the Shetland Islands, Antarctica. *Sci. Total Environ.* 207: 187-194.
- Ra H.S.Y., Geiser L.H., Crang R.F.E. 2005. Effects of season and low-level air pollution on physiology and element content of lichens from the U.S. pacific North West. *Sci. Total Environ.* 343: 155-167.
- Ramade F. 1982. *Éléments d'écologie appliquée*. Ed. MC Graw Hill 50, 92-93, 452p.
- Ramade F. 2007. *Introduction à l'écotoxicologie. Fondements et applications*, Tec & Doc, Lavoisier (ed.), 618 p.
- Riga-Karandinos A.N., Karandinos M.G. 1998. Assessment of air pollution from a lignite power plant in the plain of Megalopolis (Greece) using as biomonitors three species of lichens; impacts on some biochemical parameters of lichens. *Sci. Total Environ.* 215: 167-183.
- Rouidi S. 2001. *Cartographie de la pollution par les hydrocarbures totaux au niveau de la plate forme industrielle de Skidda*. Mémoire de Magister, Université de Constantine. 111 p.
- Rouvillois-Brigol M. 1975. *Le pays de Ouargla (Sahara Algérien). Variations et organisation d'un espace rural en milieu désertique*. Thèse de Doctorat, spécialité Géographie de l'Université de Paris-Sorbonne. 389 p.
- Roux C., Coste C., Bricoud O. et Masson D. 2007. Lichens et champignons lichénicoles du parc national des Cévennes (France). 4- le massif de l'Aigoual- *Bull. Soc. Linn. Provence.* 58 : 103-125.
- Sanderson E.G., Ragbi A., Kyskocil A., Farant J.P. 2004. Comparaison of particulate polycyclic aromatic hydrocarbon profiles in different regions of Canada. *Atmos. Environ.* 38: 3417-3429.
- Sanz MJ., Gries C., Nash TH. 1992. Dose-reponse relationships for SO<sub>2</sub> fumigation in the lichens *Evernia prunastri* (L.) Ach. and *Ramalina fraxinea* (L.) Ash. *New Phytol.* 122: 313-319.

- Scerbo R., Ristori T., Possenti L., Lampugnani L., Barale R., 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. 1989. Effet de la pollution atmosphérique, pollution globale, fluorée, plombique sur la végétation dans la région de Annaba (Algérie). Thèse de Doctorat en sciences naturelles : Université Pierre et Marie Curie (Paris 6). 339 p.
- Sloof J.E. 1995. Lichens as quantitative biomonitors for atmospheric trace-element deposition using transplants. *Atmosph. Environ.* 29: 11-20.
- Soltani M. 2004. Distribution lipidique et voies métaboliques chez quatre bactéries Gram-négatives hydrocarbonoclastes. Variation en fonction de la source de carbone. Thèse de Doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie (Paris 6). 284 p.
- Stengel D.B., Macken A., Morrison L., Motley N. 2004. Zinc concentrations in marine macro algae and lichen from Western Ireland in relation to phylogenetic grouping habitat and morphology. *Marine Poll. Bull.* 48: 902-909.
- Takala K., Salminen R., Olkkonen H. 1998. Geogenic and anthropogenic zinc in epiphytic and terricolous lichens in Finland. *J. Geochem. Explor.* 63: 57-66.
- Thomas H. Nash III, Gries C. 1995. The response of lichens to atmospheric deposition with an emphasis on the Arctic. *Sci. Total Environ.* 160/161: 737-747.
- Wolterbeek B. 2002. Biomonitoring of trace element air pollution: principles, possibilities and perspectives. *Environ. Pollut.* 120: 11-21.
- Yu M.H., Tsunoda H. 2005. Environmental toxicology: Biological and health effects of pollutants. CRC Press. Boca Raton. Florida.
- Zhang Zh. H., Chai Z. F., Mao X. Y., Chen J.B. 2002. Biomonitoring trace element atmospheric deposition using lichens in China. *Environ. Pollut.* 120: 157-161.

# PhytoChem & BioSub Journal

Peer-reviewed research journal on Phytochemistry & Bioactives Substances

ISSN 2170 - 1768



*PCBS  
Journal*



Edition LPSO  
<http://www.pcbsj.webs.com>  
Email: phytochem07@yahoo.fr

