



Comportement des micromycètes du sol vis-à-vis de la pollution mercurielle dans la région d'Azzaba (Algérie) [Behavior of soil micromycetes regarding the mercury pollution in the area of Azzaba (Algeria)]

Mohamed Kahoul^{1*}, Amel Alioua², Nassima Derbal¹, Wissem Ayad³

¹Laboratoire des sols et développement durable, Faculté des sciences, Université de Annaba, BP 12, 23000 - Algérie.

²Laboratoire de biologie végétale et environnement, Faculté des sciences, Université de Annaba, BP 12, 23000 - Algérie.

³Laboratoire de biochimie et microbiologie appliquée, Faculté des sciences, Université de Annaba, BP 12, 23000 - Algérie.

Received 28 Nov 2013; Revised 12 July 2014; Accepted 13 July 2014.

*Corresponding author: E-mail : kahomed@yahoo.fr; Tel : +213771437808

Abstract

The Azzaba region (Algeria) is characterized by the establishment of a factory mercury currently closed, bringing over many years harming the environment. Our research is mainly based on the detection and evaluation of the degree of mercury pollution of soil around the pollution source and study the behavior of this substrate micromycetes regarding the pollutant (mercury). The determination of mercury in samples of soil was carried out by atomic absorption cold vapor. The isolation of the fungal microflora was performed according the method of Warcup and its identification was based on microscopic observation and according identification key of micromycetes. This study allowed us to evaluate the mercury pollution of controlled sites and assess the spatial variations of the fungal microflora substrates regarding the pollutant. In this regard, we found that seven strains isolated micromycetes can be considered as resistant to high levels of mercury: *Acremonium sp.*, *Fusarium solani*, *Neosartorya fischeri varioti*, *Paecilomyces*, *Phialophora malarum*, *Phoma sp.*, *Trichoderma harzianum*. This work would open up prospects of research that would generate real bio- indicator species for mercury pollution.

Keywords : Pollution, Mercury, Micromycetes, Soil, Azzaba, Algeria.

Résumé

La région d'Azzaba (Algérie) est caractérisée par l'implantation d'une usine de mercure, actuellement fermée, qui a porté durant de longues années préjudice à l'environnement. Notre travail de recherche s'est basé essentiellement sur la détection et l'évaluation du degré de pollution mercurielle du sol aux alentours de la source de pollution ainsi que l'étude du comportement des micromycètes de ce substrat pollué par le mercure. Le dosage du mercure dans les échantillons de sol a été réalisé par spectrophotométrie d'absorption atomique à vapeur froide. L'isolement de la microflore fongique a été effectué selon la méthode de Warcup et son identification s'est basée sur l'observation microscopique et la clé de détermination relative aux micromycètes. Cette étude nous a permis d'évaluer la pollution mercurielle des sites contrôlés et d'apprécier les variations spatiales de la microflore fongique du substrat vis-vis du polluant. A cet égard, il s'est avéré que sept souches de micromycètes isolées peuvent être considérées comme résistantes aux fortes teneurs de mercure : *Acremonium sp.*, *Fusarium solani*, *Neosartorya fischeri*, *Paecilomyces varioti*, *Phialophora malarum*, *Phoma sp.*, *Trichoderma harzianum*. Ceci ouvrirait des perspectives de recherche qui permettraient de dégager de véritables espèces bio-indicatrices de la pollution mercurielle.

Mots clés : Pollution, Mercure, Micromycètes, Sol, Azzaba, Algérie.

1. Introduction

Le mercure (Hg), élément naturel de l'écosphère, est présent dans l'environnement sous trois formes chimiques principales: le mercure élémentaire (Hg⁰), seul métal liquide à la température ordinaire ; le mercure inorganique oxydé (HgII), très rarement à l'état d'ion libre (Hg²⁺) car il possède une très forte affinité pour de nombreux ligands inorganiques et organiques; les organomercuriels (R-Hg), la forme monométhylée (CH₃HgX ou MMHg) étant la plus abondante et surtout la plus toxique à l'égard de l'ensemble des êtres vivants, y compris l'espèce

humaine [1-3]. Bien que le mercure émane naturellement des rochers, du sol et des volcans, les activités humaines ont augmenté son niveau dans l'environnement.

Le mercure est une source de contamination mondiale, étant donné qu'il est toxique, qu'il ne se décompose pas dans l'environnement et qu'il peut s'accumuler dans les organismes vivants. Dans sa forme gazeuse élémentaire, le mercure peut être porté par le vent sur de longues distances et demeurer dans l'atmosphère pendant de longues périodes. Le mercure peut se transformer dans l'environnement. Certains types de bactéries et de champignons ont par exemple la faculté de donner au mercure sa forme la plus toxique, le méthylmercure [4].

Le PNUE (Programme des Nations Unies pour l'environnement) a publié en Janvier 2013, un rapport inquiétant sur les conséquences environnementales et sanitaires de la présence de mercure dans les sols, les milieux aquatiques et dans l'organisme des humains, dans lequel il est rapporté qu'au cours des 100 dernières années, à cause des émissions liées à l'activité humaine, la quantité de mercure présente dans les 100 premiers mètres des océans de la planète a doublé et que dans les eaux les plus profondes, la concentration de mercure a augmenté de 25% [5].

L'exposition au mercure, même à de petites quantités, peut causer de graves problèmes de santé et constitue une menace pour le développement de l'enfant in utero et à un âge précoce. Le mercure peut avoir des effets toxiques sur les systèmes nerveux, digestif et immunitaire, et sur les poumons, les reins, la peau et les yeux.

Le mercure est considéré par l'OMS (Organisation mondiale de la santé) comme l'un des dix produits chimiques ou groupes de produits chimiques extrêmement préoccupants pour la santé publique [6].

En Algérie, les problèmes de la pollution de l'environnement sont à l'ordre du jour et constituent l'une des préoccupations de l'Etat où plusieurs lois liées à ce fléau ont été adoptées ces dernières années et sont en cours d'application.

Dans la région d'Azzaba (Algérie), existe depuis plusieurs années un problème aigu de pollution menaçant l'environnement avec toutes ses composantes (air, sol, eau, faune et flore) lié aux émissions atmosphériques et aux effluents résiduaires chargés en mercure rejetés par l'usine de mercure (actuellement fermée) implantée non loin de cette agglomération. Face à un réel danger, la détection et l'évaluation du degré de pollution mercurielle de l'écosystème en question est fort importante.

Notre étude est parmi les premières qui se sont penchées sur cette situation alarmante. Elle ne prendra toute sa valeur que si des études complémentaires programmées dans le temps et dans l'espace sont réalisées.

L'évaluation du niveau de pollution dans un milieu, peut se faire, soit par des méthodes quantitatives directes, soit par des méthodes biologiques basées sur l'interaction micro-organismes - métaux lourds [7]. Notre travail qui constitue en effet une contribution au développement des méthodes biologiques est basé essentiellement sur l'étude du comportement des micromycètes du sol vis-à-vis de la pollution mercurielle d'origine industrielle dans la région de Azzaba et ce, en mettant en évidence et en quantifiant cette forme de pollution dans le substrat testé et en dégageant également les espèces de micromycètes hautement résistantes aux fortes teneurs en mercure pouvant jouer le rôle de bio-indicateur de ce type de pollution.

2. Matériel et méthodes

2.1. Présentation de la région d'étude

Azzaba est une ville algérienne, située dans la daïra d'Azzaba relevant de la wilaya de Skikda. Cette ville est à 23 km au sud-est du chef lieu de wilaya (Skikda) et compte 56 922 habitants depuis le dernier recensement (année 2008) de la population. Cette agglomération se trouve à 86 mètres d'altitude et a comme coordonnées géographiques une latitude de 36° 43' 60" nord et une longitude de 7° 6' est. Elle est limitée au nord par la commune de Ben-Azzouz, à l'est par la commune d'Ain-Charchar, à l'ouest par la daïra d'El Harrouch et au sud par la commune d'Es-Sebt. Elle est à 30 km de la mer méditerranéenne (**Figure 1**).

2.2. Choix des sites d'échantillonnage

Les sites doivent être représentatifs de toute la zone d'étude. Pour être en conformité avec cette exigence scientifique, il importe de réaliser des prélèvements sur un nombre suffisant de sites et correctement réparti autour de la source de pollution. Le nombre de sites doit être plus important sous les vents dominants et plus réduit dans les autres directions. En dépit des facteurs contraignants d'ordre matériel, temporel et autres rencontrés au moment de l'exécution de notre échantillonnage et en fonction de l'accessibilité du terrain nous avons globalement pu respecter les conditions d'échantillonnage et ce, en prélevant vingt (20) échantillons de sol aussi bien dans les alentours de l'usine de mercure que dans les sites éloignés de la source de pollution (**Tableau 1**). La **figure 2** représente schématiquement la localisation sur terrain de tous les sites choisis.

2.3. Prélèvement des échantillons de sol

Après avoir éliminé la couche superficielle du sol riche en débris végétaux et à l'aide d'une spatule, environ 50 g de sol sont prélevés dans chaque site choisi. De chaque prélèvement réalisé, une petite quantité est introduite dans un flacon à vis stérile, destinée à l'isolement des micromycètes. L'autre partie est transportée au laboratoire dans un sachet en plastique propre pour subir un séchage à l'air libre, l'élimination des impuretés, le broyage dans un mortier, le tamisage (tamis 0,2 mm) et ensuite analysée sur le plan physico-chimique.

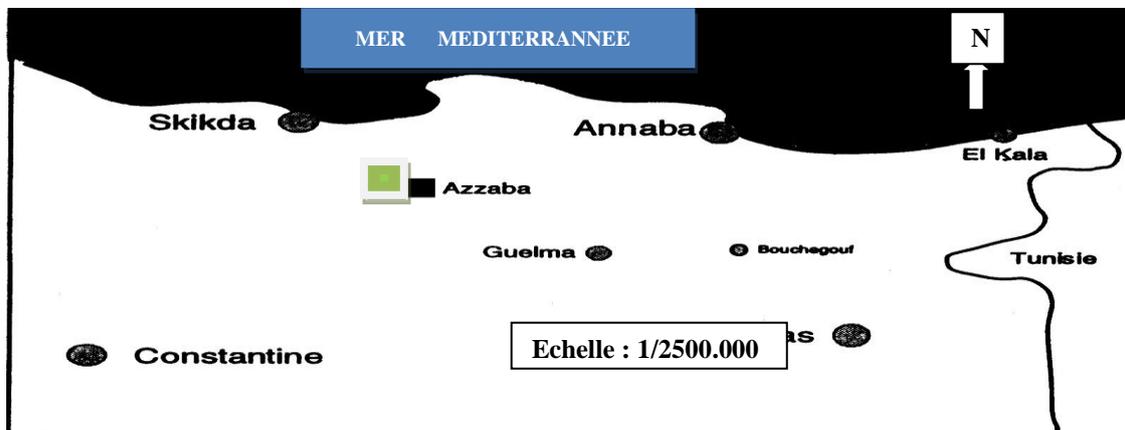


Figure 1 : Localisation géographique de la région de Azzaba.

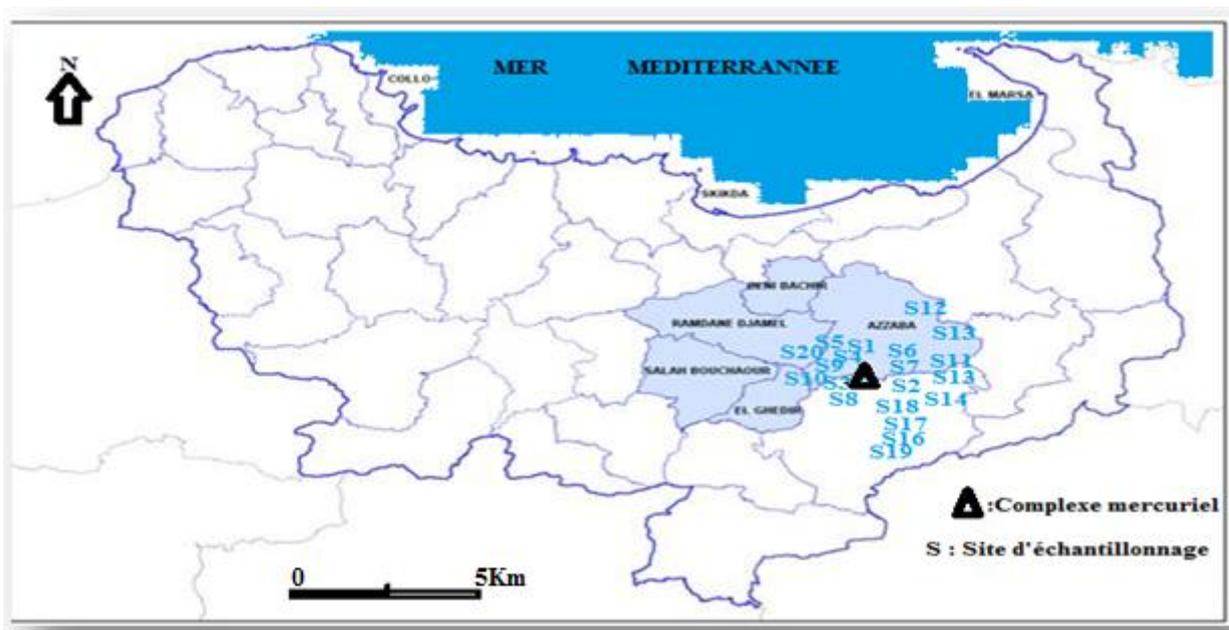


Figure 2 : Localisation des sites d'échantillonnage de sol dans la région d'étude.

Tableau 1 : Distances et orientations des sites d'échantillonnage.

Site s	Distance /l'usine (m)	Orientation /l'usine	Sites	Distance /l'usine (m)	Orientation / l'usine
1	300	Nord	11	5000	Nord
2	50	Nord	12	10.000	Nord-est
3	60	Nord	13	13.000	Nord-est
4	80	Nord	14	1500	Nord-est
5	10	Nord	15	2000	Nord-est
6	100	Nord	16	3000	Sud
7	130	Nord	17	2000	Sud
8	200	Nord-ouest	18	1500	Sud
9	30	Nord	19	5000	Sud
10	200	Ouest	20	3000	Nord-ouest

2.4. Techniques d'analyse

2.4.1. Dosage du mercure

La méthode qu'on a retenue dans notre travail afin de doser le mercure est celle qui utilise un spectrophotomètre d'absorption atomique à vapeur froide du type MAS 50A de Perkin-Elmer muni d'une mémoire qui fixe automatiquement la transmittance au maximum [7, 8, 9, 10]. Cette technique de dosage du mercure total par absorption atomique sans flamme implique une digestion oxydative de l'échantillon par le permanganate de potassium en milieu fortement acide pour transformer toutes les formes de mercure en mercure bivalent. Après oxydation les composés mercuriques sont réduits en mercure élémentaire par un réducteur puissant : le chlorure stanneux, à température ambiante. Les vapeurs d'Hg sont entraînées par un courant gazeux à travers la cellule de mesure. L'absorbance mesurée est proportionnelle à la quantité d'Hg contenue dans le volume de l'échantillon.

2.4.2. Isolement et identification des micromycètes du sol

1g de chaque d'échantillon de sol est agité dans 100ml de solution de Ringer stérile. L'isolement de la microflore fongique a été effectué selon la méthode de Warcup [11]. Les milieux utilisés sont : le milieu à l'extrait de malt et le milieu à l'extrait de malt additionné de chlorure de lithium. En plus du milieu à l'extrait de malt auquel on a ajouté du chloramphénicol, d'autres milieux ont été utilisés ; le milieu : PDA (Potato Dextrose Agar) et le milieu Czapek-Dox. Une fois les milieux sont coulés dans les boîtes de Pétri, 1ml de chaque suspension des échantillons de sol est ensemencé en surface et en profondeur du milieu de culture. Les boîtes sont ensuite incubées à 22°, 30°, 37° et 45° durant 7 jours. A l'issue de l'incubation, les micromycètes sont identifiés sur la base d'observations microscopiques et en se référant à leur clé de détermination [12 et 13].

3. Résultats et discussion

3.1. Dosage du mercure dans les échantillons de sol

Les résultats indiqués dans la figure 3 nous ont permis de constater qu'un grand nombre d'échantillons de sol est contaminé par le mercure. Les plus fortes teneurs (plus de 50 $\mu\text{g d'Hg.G}^{-1}$ de sol) sont observées dans les prélèvements 2, 3, 5 et 9 des sites situés respectivement à 50, 60, 10 et 30 mètres de l'usine de mercure. Les échantillons 1, 4, 6, 7 et 10 renferment des teneurs en mercure allant de 1,6 à 9,51 $\mu\text{g d'Hg.G}^{-1}$ de sol dont leurs sites se trouvent entre 80 et 200 mètres de la source de pollution. Le reste des prélèvements, à l'exception d'un échantillon qui contient 0,46 $\mu\text{g d'Hg.G}^{-1}$ de sol et localisé à 5km de l'usine, ne renferme pas de mercure et leurs sites sont relativement très éloignés de la source de pollution, soit entre 1,5 et 13km.

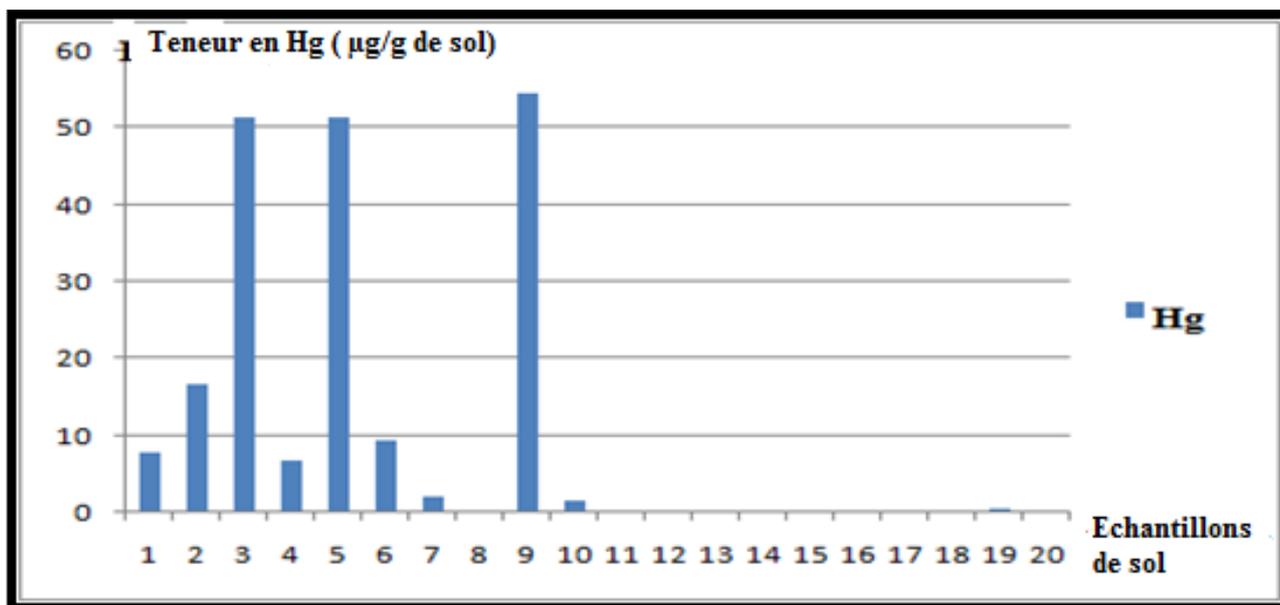


Figure 3 : Variations des teneurs en mercure dans les différents prélèvements de sol.

Ces valeurs montrent bien que la pollution mercurielle du sol est inversement proportionnelle à l'éloignement de l'usine de mercure. Il ressort donc de ces résultats que les plus fortes teneurs en mercure retrouvées dans les échantillons de sol sont celles enregistrées dans les sites les plus proches de l'usine. Mornand [14], Kungsi [15] et Quinche [16] ont montré effectivement que la pollution mercurielle est plus importante aux alentours de la

source de pollution. Une telle diminution du niveau de contamination avec l'éloignement de l'usine a été également confirmée par la plupart des analystes de pollution qui ont étudié la pollution mercurielle des eaux superficielles courantes, de l'air ou des sols dans la région d'Azzaba [17, 18 et 19]. Cette pollution qui s'atténue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'usine serait due au phénomène de dilution par les mouvements des masses d'air. Cette approche est consolidée par les travaux de Benderradji [20], qui ont porté sur la contamination mercurielle dans la région d'Azzaba. La pollution relativement accrue aux alentours de l'usine pourrait s'expliquer par le fait que l'accumulation du mercure dans les sols est la conséquence de la faiblesse de l'auto-épuration, due à la faiblesse du drainage par ruissellement, car la région étudiée présente des pentes nulles à très faibles.

3.2. Micromycètes du sol

Sur les 20 échantillons de sol prélevés dans la région d'Azzaba et ayant subi le dosage du mercure, nous en avons retenu cinq à savoir les numéros 2, 3, 6, 9, et le 12. Les quatre premiers ont été choisis sur la base de leur contamination par le polluant de telle manière à étudier concrètement la relation micromycètes-mercure. Le cinquième échantillon (n°12) est pris comme témoin dans la mesure où il ne renferme pas de mercure et se trouve relativement éloigné de la source de pollution. Afin d'obtenir le maximum de souches, l'isolement et l'identification des micromycètes des cinq échantillons de sol ont été réalisés à différentes températures d'incubation (22°C, 30°C, 37°C et 45°C). Un total de 40 isolats représentant 38 espèces de micromycètes a été obtenu (Tableau 2). Le plus grand nombre d'espèces a été isolé du site témoin et appartient à 4 principaux genres réparti comme suit : le genre *Aspergillus* avec 4 espèces, le genre *Fusarium* (3 espèces), le genre *Penicillium* (3 espèces) et le genre *Trichoderma* (2 espèces) (Figure 4). Le reste des genres est représenté chacun par une seule espèce.

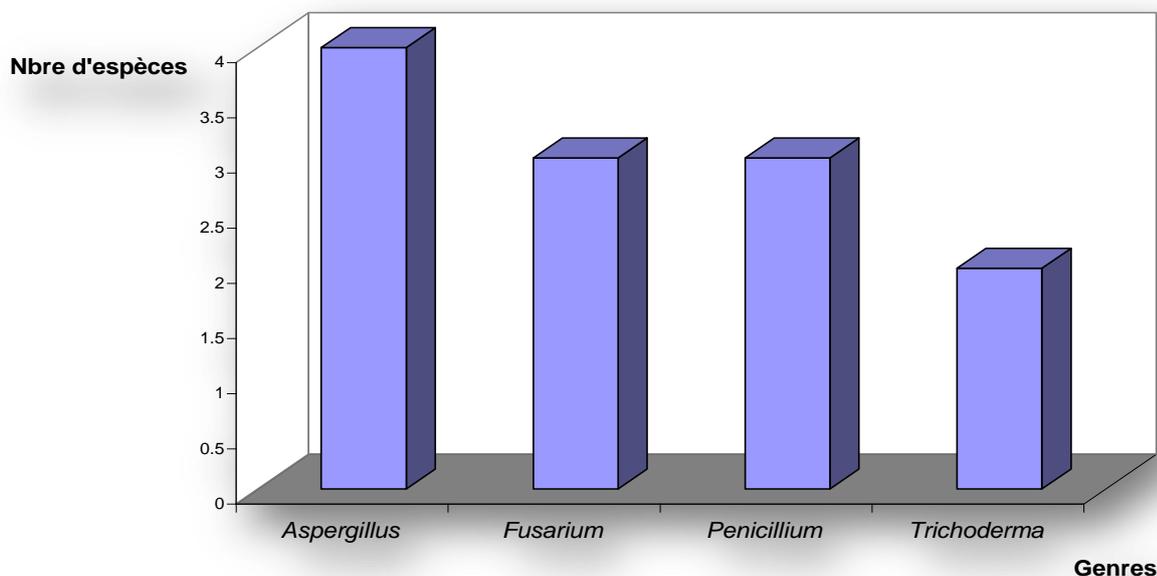


Figure 4: Variations du nombre d'espèces de micromycètes appartenant aux genres dominants dans l'échantillon de sol témoin.

A la lumière de ces résultats, il s'avère d'une part, que le plus grand nombre d'espèces a été isolé à une température de 22°C et que l'échantillon n° 3 est dépourvu de micromycètes révélant par conséquent l'effet fongicide du mercure sur certaines communautés de champignons microscopiques. D'autre part, nous avons constaté que dans le site 9 dont la concentration de mercure est plus importante que celle du site 3, la présence de 7 espèces de micromycètes qu'on peut considérer comme espèces résistantes aux teneurs relativement élevées en mercure. L'espèce *Neosarborya fischeri* qui fait partie de ce groupe est présente dans trois sites (6, 2, 9) dont le degré de contamination par le mercure est croissant (9,51 ; 16,75 et 54,40 $\mu\text{g Hg}\cdot\text{G}^{-1}$ de sol) et confirme ainsi sa résistance relative à ce polluant. Il ressort également des résultats obtenus, que la variation qualitative et quantitative des micromycètes dans un sol contaminé par le mercure est fonction de la teneur en ce polluant (Tableau 2). En effet, il s'est avéré que dans l'échantillon témoin, le nombre de micromycètes en

genre et en espèce est très important (24 isolats), dans la mesure où ce prélèvement de sol n'est pas contaminé par le mercure. Aussi, il a été constaté que plus la concentration en mercure augmentait plus le nombre de micromycètes diminuait, confirmant par conséquent que ce polluant pourrait avoir un effet toxique sur certains genres de micromycètes et aucun impact sur d'autres. Dans ce sens, on a noté le cas de l'échantillon n° 9 dont sa teneur est relativement élevée en Hg (54,40 µg.G⁻¹de sol) et montrant une résistance spécifique de certains micromycètes au polluant. Ce rôle sélectif du mercure sur les micromycètes a été également signalé par Vaituzis *et al.* [21] et Livin *et al.*[22] en démontrant que le traitement de sol avec du mercure, modifie la structure de la communauté microbienne par le fait que certains microorganismes sont éliminés, d'autres y persistent et de nouvelles espèces apparaissent. Selon Monchy [23], ce comportement est du aux microorganismes qui développent des mécanismes de résistance contrebalançant l'effet des hautes concentrations en métaux lourds tout en assurant le maintien du rôle biologique des ions essentiels et que cela est lié à la présence de gènes portés par des éléments génétiques mobiles tels que les plasmides qui portent des déterminants de résistance qui assurent l'extrusion des métaux.

Tableau 2 : Liste des micromycètes isolés des 5 échantillons de sol.

Echantillon	12	6	2	3	9
[Hg](µg.G ⁻¹ /sol)	0	9,51	16,75	51,52	54,40
Micromycètes isolés à 22°C	<i>Alternaria alternata</i> <i>Aspergillus niger</i> var. <i>phoenicis</i> <i>Cladosporium cladosporioides</i> <i>Fusarium oxysporum</i> <i>Fusarium solani</i> <i>Fusarium trichothecioides</i> <i>Gliocladium roseum</i> <i>Mucor hiemalis</i> <i>Penicillium glabrum</i> <i>Periconia macrospinosa</i> <i>Phoma eupyrena</i> <i>Ramichloridium musae</i> <i>Sordaria fimicola</i> <i>Trichoderma koningii</i> <i>Ulocladium chartarum</i>	<i>Alternaria tenuissima</i> <i>Penicillium viridicatum</i> <i>Philaphora malorum</i>	<i>Aspergillus versicolor</i> <i>Emericellopsis terricola</i>	Absence	<i>Fusarium solani</i> <i>Phialophora malorum</i> <i>Phoma sp.</i> <i>Trichoderma harzianum</i>
Micromycètes isolés à 30°C	<i>Aspergillus niger</i> var. <i>phoenicis</i> <i>Fusarium oxysporum</i> <i>Emericella nidulans</i> <i>Mucor hiemalis</i> <i>Penicillium pinophilum</i> <i>Penicillium verruculosum</i> <i>Sordaria fimicola</i> <i>Talaromyces wortmannii</i> <i>Trichoderma saturnisporum</i>	<i>Philaphora malorum</i>	<i>Chaetomium cochliodes</i> <i>Emericellopsis terricola</i> <i>Neosartorya fischeri</i>	Absence	<i>Acremonium sp.</i> <i>Fusarium solani</i> <i>Trichoderma harzianum</i>
Micromycètes isolés à 37°C	<i>Aspergillus niger</i> var. <i>phoenicis</i> <i>Aspergillus carneus</i> <i>Aspergillus fumigatus</i> <i>Aspergillus viridinutans</i> <i>Rhizopus fimicola</i> <i>Sordaria fimicola</i> <i>Trichoderma koningii</i> <i>Trichoderma saturnisporum</i>	<i>Hamigera avellanea</i> <i>Neosartorya fischeri</i>	<i>Neosartorya fischeri</i>	Absence	<i>Neosartorya fischeri</i> <i>Paecilomyces variotii</i>
Micromycètes isolés à 45°C	<i>Aspergillus carneus</i> <i>Aspergillus viridinutans</i>	<i>Neosartorya fischeri</i>	<i>Neosartorya fischeri</i>	Absence	<i>Neosartorya fischeri</i>

Conclusion

L'ensemble des résultats obtenus à l'issue de notre étude entreprise dans une zone contaminée par le mercure nous a permis de ressortir 7 espèces de micromycètes résistantes aux teneurs relativement élevées en ce métal : *Acremonium sp.*, *Fusarium solani*, *Neosartorya fischeri*, *Paecilomyces variotii*, *Philophora malorum*, *Phoma sp.*, *Trichoderma harzianum*. Également, nous avons mis en évidence une pollution mercurielle du sol avec de fortes teneurs en ce polluant à proximité de l'usine est susceptible de conduire à une contamination des différents maillons de la chaîne trophique et que l'identification de diverses souches de micromycètes a montré effectivement que la diversité spécifique est liée au degré de contamination du milieu par le polluant. Ainsi, nous considérons cela que c'est une voie à prospecter et à développer afin de faire ressortir une « Check list » de micromycètes bio-indicateurs d'une forme de pollution donnée. Il est aussi intéressant de rechercher les aptitudes de ces micromycètes dans la biodégradation de polluants et les utiliser dans la dépollution de sol *in-situ* ce qui pourrait être d'un grand apport à la protection de l'environnement. Les résultats obtenus constituent une base de données pour les services compétents afin de pouvoir prendre les mesures qui s'imposent en matière de préservation de la région avec ses différentes composantes.

Remerciements-Nos remerciements sont adressés aux professeurs, Mr. J.L. Benoit-Guyod et Mme F. Seigle-Murandi ainsi qu'à M^{me} Sage de l'Université de Grenoble (laboratoire GEDEXE) d'avoir contribué dans la détermination de la microflore fongique de notre étude.

Références

1. Boudou A., Dominique Y., Cordier S., Frery N., *Environ. Risq. et Sant.*, 5(3) (2006) 167-79.
2. Wiener J.G., Krabbenhoft D.P., Heinz G.H., Scheuhammer A.M., Wiener, *Ecotoxicol. of mercury*, (2003) 409-463.
3. Morel F.M.M., Creepier A.M.L., Amyot, M., *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 29 (1998) 543- 66.
4. Santé Canada, (2009).
5. Jobert, M., *J. de L'Environ.*, (2013), 1-44.
6. Organisation mondiale de la santé(OMS), Aide-mémoire N°361, (2013).
7. ISO 17852 : 2006, (2006).
8. Cossa D, Coquery M, Nakhle K, Claisse D., *Methodes Anal. Miliea* (2002)1-16.
9. Gervaise Y., SGS Multilab Intersol, Rouen, (2007).
10. El Himri M., El Himri A., *Ann Toxicol. Anal.*, 24(3) (2012)153-158
11. Sage L., Bennasser L., Steiman R., Seigle-Murand F., *Chemos.*, 35 (4) (1997) 751-759.
12. Botton B., Bretton A., Fèvre, M. Gauthier S., Guy Ph., Larpent J.P, Reymond P., Sangler J.J., Vayssier Y., Veau P., *Coll. Biotech.*, Ed. Masson, (1990), 34-47.
13. Cahagnier B., Richard-Molard D., Ed. Tec & Doc, (1998) 140-158.
14. Mornand J., *Bull. Soc. Mycol. Fr.*, 106 (1990) 31-46.
15. Kuusi T.,Loaksovirta K.,Liukkonen Lilja H., Lodenius M.,Piepponen S.,*Z. lebensmUnters.Forsch.*,173(1981) ,261-267.
16. Quinche J.P., *Rev. Suisse Agric.*, 8, (1976) 143-148.
17. Zouaghi R., *Th. Mag.*,Univ. de Constantine,(1992).
18. Tifouti M.,*Th. Mag. Ecotox. Univ. Annaba*, (1993).
19. Khalfi F., *Mém. DES. Hygiène et sécurité. Univ Batna.* (1992).
20. Benderradji M.H., *Observ. Medioamb.*, 2 (1999) 91-215.
21. Vaituzis A., Nelson J.D., Wan L.W., *Colwel, Appl. Microbiol.*, 29 (1975) 275-286.
22. Livin S.V., Guziv V.S., Assiva I.V, Babiava I.P, Marphinina O.E., Umarov M.M., *Rev. Microorg. Protec. du Sol.* (1989) 16.
23. Monchy S, *Th. Doc.*, Univ. Libre de Bruxelles, (2007).

(2014) ; <http://www.jmaterenvirosci.com>