N° d'ordre…

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
Département des Sciences de l'Environnement

THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES

Présentée par :

Mme ZERROUKI Dahbia

Spécialité : Environnement

Option : Pathologie des Ecosystèmes Terrestres

Email : dahbia.zerrouki@yahoo.fr

Intitulé

Phytoremédiation d'un sol agricole contaminé par les métaux lourds (Pb, Zn et Cu) en milieu routier à l'aide de l'orge *Hordeum vulgare.L* et de tournesol *Helianthus annus.L.*

Soutenue le ……

Président de jury	: Pr MEHDADI Zoheir ...……..	**(Professeur, UDL/SBA)**
Examinateur	: Pr DELLAL Abdelkader…...….....	**(Professeur, Univ. Tiaret)**
	Pr SAHNOUN Mohamed……	**(Professeur, Univ. Tiaret)**
Promoteur	: Pr MAATOUG M'Hamed……....	**(Professeur, Univ. Tiaret)**
Co-Promoteur	:Pr HELLAL Benchaben ……..…...…	**(Professeur, UDL/SBA)**

Année universitaire 2012 - 2013

Résumé :

Le but de ce travail est l'étude de la possibilité de décontaminer un sol agricole, pollué par le plomb, le cuivre et le zinc en milieu routier, par *Hordeum vulgare* et *Helianthus annus* comme des plantes hyperaccumulatrices des métaux lourds. Les concentrations élevées, en plomb, en cuivre et en zinc enregistrées dans les horizons de surface du sol qui sont 1714,39±512,62 ppm, 3,18±2,54 ppm et 4114,35± 2352,13ppm respectivement , ont permis de mettre en évidence que le trafic et les infrastructures routières constituent une source toxique importante en métaux lourds pour l'environnement. Ces métaux peuvent se disperser et retomber par voie sèche ou humide sur les bordures de chaussée, transportés par le ruissellement des eaux pluviales vers le sol.

Les résultats obtenus montrent que *Hordeum vulgare* peut accumule 2% du plomb, soit 38,02±14,96ppm, 19% du cuivre, soit 10,34±5,74ppm et 19% du zinc, soit 588,18± 375,5ppm, de valeurs totales des métaux lourds trouvées dans le sol. Ainsi, que *Helianthus annus* peut absorber 2% du plomb, soit 35,69±37,24ppm, 24% du cuivre, soit 14,43±5,38ppm et 35 % pour le zinc, soit 274,00± 5,38 ppm.

Pour les deux plantes, les plus grandes valeurs des ETM ont été enregistrées dans les racines. Les résultats trouvés pour le plomb dans les racines, les tiges, les feuilles et les graines de *Hordeum vulgare* sont respectivement : 18,32±8,38ppm, 10,83±5,86ppm, 7,71±3,74ppm et 0,55±0,40ppm. Pour le cuivre, on a observé que cette plante accumule 5,12±3,70ppm dans les racines, 2,53±1,38ppm dans les tiges, 1,46±1,06ppm dans les feuilles et 1,23±0,40ppm dans les graines. Pour le zinc aussi on a observé que 327,05±197,52ppmdans les racines, 189,50±135,58ppm dans les tiges, 70,00±40,39ppm dans les feuilles et 1,63±2,01ppm dans les graines. Au niveau de *Helianthus annus* on a remarqué aussi qu'il y a une translocation des ETM de la partie souterraine vers la partie aérienne, dont cette plante accumule 17,97±32,79ppm du plomb dans les racines, 8,33±4,65ppm dans les tiges, 7,36±4,81ppm dans les feuilles et 2,03±1,51ppm dans les graines. Pour le cuivre, 6,66±3,71ppm dans les racines, 4,10±2,14ppm dans les tiges, 2,61±1,29ppm dans les feuilles et 1,06±1,88ppm dans les graines. Et pour le zinc 112,81±35,86ppm dans les racines, 80,08±47,33ppm dans les tiges, 69,66±50,43ppm dans les feuilles et 1,44±0,58ppm dans les graines.

Le transfert des ETM vers la plante est influencé par des paramètres physico-chimiques du sol, tels que le pH du sol, la CEC et le taux des argiles. A pH faible, le Pb, le Cu et le Zn ont plus disponibles d'être absorbés par les plantes, dont on a trouvé pour *Hordeum vulgare* que les corrélations entre le pH et le Pb, le Cu et le Zn sont négatives avec r = -0,25** , r=-0.18*** et r=-0,17** respectivement; par contre, La CEC du sol et le taux des argiles sont corrélés positivement avec les teneurs des ETM dans la plante r =0,67** avec le Pb, r=-0,36** avec le Cu et r =0,33** avec le Zn. Pour le taux des argiles, r=0,64***, r=0 ,19** et r=0,52*** avec le Pb, Cu et Zn respectivement. Ainsi pour *Helianthus annus* les mêmes comportements sont observés avec les ETM et les paramètres physico-chimiques du sol. Dont les corrélations entre le pH et le Pb, le Cu et le Zn sont négatives avec r = -0,37**, r=-0.21** et r=-0,39** respectivement; par contre, La CEC du sol et le taux des argiles sont corrélés positivement avec les teneurs des ETM dans la plante r =0,75** avec le Pb, r=-0,80*** avec le Cu et r =0,43** avec le Zn. Pour le taux des argiles, r=0,37**,

r=0 ,69*** et r=0,23** avec le Pb, Cu et Zn respectivement. Donc le transfert de ces trois métaux vers les plantes se fait par voie passive.

Cependant, nous avons constatés des fortes corrélations entre les ETM -sol et les ETM- plante, l'absorption du Pb, du Cu et du Zn, par *Hordeum vulgare* et *Hethelium annus*, semble influencer par leur biodisponibilité dans la solution du sol.

***Mots clés* :** pollution du sol, phytoremédiation, *Hordeum vulgare*, *Hethelium annus*, plomb, zinc, cuivre, biodisponibilité, Tiaret et Algérie.

Summary:

The aim of this work is to study the possibility of decontaminating agricultural soil polluted by lead, copper and zinc in the road medium, Hordeum vulgare and Helianthus annus hyperaccumulating plants as heavy metals. The high concentrations of lead, copper and zinc stored in the soil surface horizons they are 1714.39 ± 512.62 ppm, 3.18 ± 2.54 ppm and 4114.35 ± 2352.13 ppm respectively, helped to highlight the traffic and roads are an important source toxic heavy metals to the environment. These metals may disperse and fall dry or wet on curbs, transported by stormwater runoff into the ground.

The results show that Hordeum vulgare can accumulate 2% lead, either 38.02 ± 14.96 ppm, 19% copper, or 10.34 ± 5.74 ppm and 19% zinc, or 588, 375.5 ± 18 ppm of total values of heavy metals found in the soil. Thus, as Helianthus annus can absorb 2% lead, either 35.69 ± 37.24 ppm, 24% copper, or 14.43 ± 5.38 ppm and 35% for zinc, or 274.00 ± 5.38 ppm.

For both plants, the largest values of ETM were recorded in the roots. The results found for the lead in the roots, stems, leaves and seeds of Hordeum vulgare, respectively 18.32 ± 8.38 ppm, 10.83 ± 5.86 ppm, 7.71 ± 3, 74ppm and 0.55 ± 0.40 ppm. For copper, it was found that this plant accumulates 5.12 ± 3.70 ppm in roots 2.53 ± 1.38 ppm in the stems 1.46 ± 1.06 ppm in the leaves and 1.23 ± 0.40 ppm in seed. For zinc was also observed 327.05 ± 197.52 ppm in the roots, 189.50 ± 135.58 ppm in the stems, 70.00 ± 40.39 ppm in the leaves 1, 63 ± 2.01 ppm in seed. At Helianthus annus was also noticed that there is a translocation of the underground part of ETM to the aerial part, including this plant accumulates 17.97 ± 32.79 ppm of lead in the roots 8.33 ± 4.65 ppm in the stems 7.36 ± 4.81 ppm in the leaves 2.03 ± 1.51 ppm in seed. For copper 6.66 ± 3.71 ppm in roots 4.10 ± 2.14 ppm in the stems 2.61 ± 1.29 ppm in leaves 1.06 ± 1 88ppm in seeds. And zinc 112.81 ± 35.86 ppm in the roots (80.08 ± 47.33 ppm in the stems, 69.66 ± 50.43 ppm in the leaves 1.44 ± 0, 58ppm in seeds.

The transfer of ETM to the plant is influenced by physico-chemical parameters of the soil, such as soil pH, CEC and the rate of clays. At low pH, Pb, Cu and Zn are more available to be absorbed by plants, which have been found to Hordeum vulgare that correlations between pH and Pb, Cu and Zn are negative with r = -0.25 **, r = -0.18 *** and r = -0.17**, respectively, for cons, the soil CEC and clay rates are positively correlated with levels of SEM in the plant r = 0.67 ** with Pb r = -0.36** and the Cu r = 0.33 ** with Zn. For rate clays, r = 0.64*** ,r = 0, 19** and r = 0.52*** with the Pb, Zn and Cu, respectively. And Helianthus annus for the same behavior is observed with SEM and physico-chemical parameters of the soil. Which correlations between pH and Pb, Cu and Zn are negative with r = -0.37 **, r = -0.21 ** and r = -0.39**, respectively, for against, the soil CEC and the rate clays are positively correlated with levels of SEM in the plant r = 0.75 *** with Pb r = -0.80*** with Cu r = 0.43 ** with Zn. For rate clays, r = 0.37**, r = 0, 69*** and r = 0.23** with the Pb, Zn and Cu, respectively. So the transfer of these three metals to plants is through passive means.

However, we found strong correlations between the ground and the ETM ETM-plant uptake of Pb, Cu and Zn by Hordeum vulgare and Hethelium annus seems influenced by their bioavailability in the soil solution.
Keywords: soil contamination, phytoremediation, Hordeum vulgare, Hethelium annus, lead, zinc, copper, bioavailability, Tiaret Algeria.

ملخص:

والهدف من هذا العمل هو دراسة إمكانية تطهير التربة الزراعية الملوثة بسبب الرصاص والنحاس والزنك في المتوسط الطريق، شعير فولغاري ودوار النباتات والمعادن الثقيلة. تركيزات عالية من الرصاص والنحاس والزنك المخزنة في آفاق التربة السطحية (1714.39 hyperaccumulatingأنوس ± 512.62 جزء في المليون)، 3.18 ± 2.54 جزء في المليون) و (4114.35 ± 2352.13 جزء في المليون) على التوالي، ساعد على تسليط الضوء على حركة المرور والطرق مصدرا هاما المعادن الثقيلة السامة في البيئة. هذه المعادن قد تفريق وتقع الجاف أو الرطب على القيود ونقلها عن طريق مجاري مياه السيول في باطن الأرض.

وتبين النتائج أن شعير فولغاري يمكن أن تتراكم بنتيجة 2٪، أما (38.02 ± 14.96 جزء من المليون)، و 19٪ من النحاس، أو (10.34 ± 5.74 جزء في المليون) و 19٪ من الزنك، أو (588، 375.5 ± 18 جزء في المليون) من إجمالي القيم من المعادن الثقيلة الموجودة في التربة. وهكذا، كما يمكن أن تمتص دوار أنوس بنتيجة 2٪، أما (35.69 ± 37.24 جزء من المليون)، و 24٪ من النحاس، أو (14.43 ± 5.38 جزء في المليون) و 35٪ للزنك، أو (274.00 ± 5.38 جزء في المليون).

في الجذور. النتائج الموجودة للرصاص في الجذور والسيقان والأوراق والبذور من شعير فولغاري، على ETMلكل من النباتات، وسجلت أكبر قيم ppmالتوالي (18.32 ± 8.38 جزء في المليون)، (10.83 ± 5.86 جزء في المليون)، (7.71 ± 3 ، 74) و (0.55 ± 0.40 جزء في المليون). بالنسبة للنحاس، وجد أن هذا النبات يتراكم (5.12 ± 3.70 جزء في المليون) في الجذور (2.53 ± 1.38 جزء في المليون) في ينبع (1.46 ± 1.06 جزء في المليون) في الأوراق و (1.23 ± 0.40 جزء في المليون) في البذور. لوحظ أيضا الزنك (327.05 ± 197.52 جزء في المليون) في الجذور، (189.50 ± 135.58 جزء في المليون) في ينبع، (70.00 ± 40.39 جزء من المليون) في الأوراق (1، 63 ± 2.01 جزء في المليون) في البذور.

إلى الجزء الجوي، بما في ذلك يتراكم هذا النبات (17.97 ± 32.79 ETMفي دوار أنوس وقد لوحظ أيضا أن هناك إزفاء للجزء تحت الارض من جزء من المليون) من الرصاص في الجذور (8.33 ± 4.65 جزء في المليون) في ينبع (7.36 ± 4.81 جزء في المليون) في الأوراق (2.03 ± 1.51 جزء في المليون) في البذور. للنحاس (6.66 ± 3.71 جزء في المليون) في الجذور (4.10 ± 2.14 جزء في المليونفي ينبع 2.61 ± 1.29 في الجذور 80.08 ± 47.33 جزء من في البذور. والزنك 112.81 ± 35.86 جزء من المليونppmجزء في المليونفي ورقة 1.06 ± 1 88 في البذور.ppmفي ينبع، 69.66 ± 50.43 جزء من المليون في الأوراق 1.44 ± 0، 58 المليون

لهذا المصنع من قبل المعلمات الفيزيائية والكيميائية للتربة، مثل حموضة التربة، لجنة الانتخابات المركزية ونسبة الطين. في انخفاض ETMويتأثر نقل الرقم الهيدروجيني، والرصاص، والنحاس والزنك هم أكثر متاحة لتمتصه النباتات، والتي تم العثور عليها لشعير فولغاري أن الارتباط بين درجة الحموضة) على التوالي، للسلبيات، لجنة الانتخابات المركزية التربة 0.17- = R = -0.25 ** و ص = -0.18 *** و Rوالرصاص والنحاس والزنك وسلبية مع ** مع الزنك. 0.33 = R ** مع الرصاص ص = -0.36والنحاس 0.67 = R في محطة SEMومعدلات الطين ترتبط بشكل إيجابي مع مستويات SEM مع الرصاص والزنك والنحاس، على التوالي. ويلاحظ دوار أنوس لنفس السلوك مع 0.52 = R ص = 0، 19 و0.64 = Rلالطين معدل، ** و ص = -0.37- = Rوالفيزيائية والكيميائية المعلمات من التربة. التي الارتباطات بين درجة الحموضة والرصاص والنحاس والزنك وسلبية مع R في محطة (SEM على التوالي، لل ضد، لجنة الانتخابات المركزية التربة والطين معدل ترتبط بشكل إيجابي مع مستويات 0.39- = 0.21R *** و مع الرصاص 0.23 = R ص = 0، 69 و 0.37 = R ** مع الرصاص ص = -0.80 مع النحاس ص = 0.43 **مع الزنك. لالطين معدل، 0.75 = والزنك والنحاس، على التوالي. وبالتالي فإن نقل هذه المعادن الثلاثة إلى النباتات من خلال الوسائل السلبية.

Hethelium نبات من الرصاص، النحاس والزنك من قبل شعير فولغاري وETM امتصاص ETM ومع ذلك، وجدنا الارتباطات القوية بين الأرض و أنوس يبدو يتأثر التوافر الحيوي لها في محلول التربة.

كلمات البحث: تلوث التربة، علاج النبات، شعير فولغاري، اقتربت، والرصاص، والزنك، والنحاس، والتوافر البيولوجي، تيارت الجزائر