

ESTIMATION OF SOIL'S SORPTION CAPACITY TO HEAVY METALS IN ALGERIAN MEGACITIES: CASE OF ALGIERS AND ANNABA

ESTIMATION DE LA CAPACITE DE SORPTION DU SOL AUX METAUX LOURDS DANS LES MEGAPOLES ALGERIENNES: CAS D'ALGER ET ANNABA

Ph.D. Stud. Benselhoub A.¹⁾, Prof. PhD. Kharytonov M.¹⁾, Prof. PhD. Bounouala M.²⁾,
Ph.D. Stud. Chaabia R.²⁾, Ph.D. Stud. Badjoudj S.²⁾

¹⁾ Department of Ecology and Environment Protection, State Agrarian and Economic University, Dnipropetrovsk / Ukraine

²⁾ Laboratory of Mining Resources valorization and Environment, Mining Department,
Badji Mokhtar University, Annaba / Algeria
E-mail: benselhoub@yahoo.fr

Abstract: Soils contamination with heavy metals is a major concern and common problem in Algerian megacities. The case of Algiers and Annaba which have known in last years a rapid urbanization and increasing of industrialization. These activities were synonymous with economic and social progress. Moreover, they led to many ecological problems, due to different urban pollution: waste disposal, noise pollution, atmospheric, industrial, soils pollution etc. It is well known that heavy metal contamination is a serious threat to the environment. In fact, large concentrations of heavy metals introduced into the environment may represent a potential toxicity for all living organisms, including humans. The present study was conducted to determine the features of heavy metals adsorption by soils collected in Algiers and Annaba. Wherefore the soil adsorbency to heavy metals was assessed by plotting the isotherms and determining the maximum adsorbency. Whereas results study on sorption isotherms of Algiers soils show that the tested elements can be arranged in the following descending order: Pb > Cu > Zn > Cd. According to study results, the highest value of maximum adsorption capacity of soils taken in four zones of Annaba in relation to lead, zinc, cadmium and copper, were respectively 7; 6; 4.5 and 3 times higher than the minimum. These findings could play a key role to effective assessment of soil pollution with heavy metals in the study area.

Keywords: adsorption isotherms, soil pollution, heavy metals, sorption capacity, Algeria

INTRODUCTION

Soil pollution with heavy metals has been an ever growing concern due to the potential threat to food safety and its detrimental effects on human and animal health. Heavy metals are introduced into soils and environment through both natural and anthropogenic sources. The natural inputs of heavy metals in soils are attributed to geological parent materials. On the other hand, the anthropogenic sources of heavy metals have become more complex in recent decades, including metalliferous mining and smelting, chemical industry, fossil fuel combustion, waste incineration, agricultural activities, and atmospheric deposition [3, 6].

Heavy metals are not biodegradable and can lead to

Résumé: La contamination des sols par les métaux lourds est une préoccupation majeure et un problème commun dans les mégapoles algériennes. Le cas d'Alger et Annaba qui ont connu dans les dernières années une urbanisation rapide et augmentation de l'industrialisation. Ces activités étaient synonymes de progrès économique et social. En outre, ils ont conduit à nombreux problèmes écologiques, en raison des différentes pollutions urbaines: l'élimination des déchets, la pollution sonore, atmosphérique, la pollution industrielle et des sols, etc. Il est bien connu que la contamination par les métaux lourds est une grave menace pour l'environnement. En fait, fortes concentrations des métaux lourds introduits dans l'environnement peuvent représenter une toxicité potentielle pour tous les organismes vivants, y compris les êtres humains. La présente étude a été menée afin de déterminer les caractéristiques d'adsorption des métaux lourds par les sols recueillis à Alger et Annaba. C'est pourquoi la capacité d'adsorption des sols aux métaux lourds a été évaluée en traçant les isothermes et déterminant la capacité d'adsorption maximale. Tandis que les résultats d'étude des isothermes de sorption des sols d'Alger montrent que les éléments testés peuvent être classés dans l'ordre décroissant suivant: Pb > Cu > Zn > Cd. Selon les résultats de l'étude, la plus grande valeur de la capacité d'adsorption maximale des sols prélevés dans les quatre zones d'Annaba par rapport au plomb, zinc, cadmium et de cuivre étaient respectivement 7; 6; 4,5 et 3 fois plus élevés du minimum. Ces conclusions pourraient jouer un rôle clé pour l'évaluation efficace de la pollution des sols par les métaux lourds dans la zone d'étude.

Mots-clés: adsorption isothermes, pollution des sols, métaux lourds, la capacité de sorption, Algérie

INTRODUCTION

La pollution des sols par les métaux lourds a été une préoccupation sans cesse croissante en raison de la menace potentielle pour la sécurité alimentaire et ses effets néfastes sur la santé humaine et animale. Les métaux lourds sont introduits dans les sols et l'environnement à travers les sources naturelles et anthropiques. Les intrants naturels de métaux lourds dans les sols sont attribués à des matériaux parentaux géologiques. D'autre part, les sources anthropiques de métaux lourds sont devenues plus complexes au cours des dernières décennies, y compris les mines métallifères et la fonte, l'industrie chimique, la combustion des carburants fossiles, l'incinération des déchets, les activités agricoles, et les dépôts atmosphériques [3,6]. Les métaux lourds ne sont pas

accumulation in living organisms, causing various diseases and disorders [4].

It is well known that some metals are harmful to life, such as antimony, chromium, copper, lead, manganese, mercury, cadmium, etc., they are significantly toxic to human beings and ecological environments [16].

Development of urbanization, growth in the number of industrial facilities, permanent increase in the density of urban transport in Algiers accompanied by a number of negative phenomena, and, above all, the excessive accumulation in the atmosphere of various gas and vapor contaminants. The main components of receipt of harmful substances into the atmosphere are emissions from high-temperature combustion products (exhaust gas vehicles, aircraft, industrial emissions and thermal power plants) [2, 7].

Several studies in industrial cities of the northern part of Algeria, including determination of the heavy metals total amount, were carried out repeatedly [1,5,9]. According to these studies it was found that the priority pollutants in the metropolis of Algiers are more associated with heavy vehicular traffic. The main objects of air pollution in Annaba are: fertilizers plant FERTIAL, power plants and El Hadjar metallurgical plant which is under the financial control of the company ARCELOR MITTAL. However, the factors affecting the sorption of heavy metals by soils of these cities are poorly understood.

Many researches have accumulated a lot of information on the effect of different soil components on the adsorption characteristics of heavy metals, mainly on the basis of model experiments in mono- and bi-component systems or in experiments with the introduction of various model components in soil samples from the outside [8,11,15]. This can be explained by the fact that the amount of organic matter does not play a leading role in adsorption process, as qualitative composition of organic and mineral formations as carriers of sorption capacity.

MATERIALS AND METHODS

Description of the study area

The present study is carried out in two major cities of the northern part of Algeria (Algiers and Annaba) (Fig.1). Algiers is the capital city situated between latitudes 36 ° 43' and 36 ° 49' North and longitudes 2 ° 58' and 3 ° 12' East. The altitude varied between 50 and 400 m. The average annual rainfall is around 600 mm / year. As for the temperatures, average Min T = 10 ° C, average Max T = 26.3 ° C. So the climate is Mediterranean, hot sub humid winter. Prevailing winds are west and north-west. The total estimated population of 2,562,428 inhabitants (1998). Car traffic reached 674,570 vehicles in 2003[13]. In Topographical terms, the Algiers region is characterized by a heterogeneous terrain. The eastern part, which includes Fort de l'eau, El Harrach, Hussein Dey, Belcourt is flat (altitude between 0 and 100 m). Contrariwise, the massive of Bouzaréa, culminating at 400 m and the eastern and northern catchment of this

biodégradables et peuvent mener à l'accumulation dans les organismes vivants, provoquant diverses maladies et affections [4].

Il est bien connu que certains métaux sont nuisibles à la vie, tels que l'antimoine, le chrome, le cuivre, le plomb, le manganèse, le mercure, le cadmium, etc., ils sont significativement toxique pour les êtres humains et les milieux écologiques [16].

Développement de l'urbanisation, la croissance du nombre d'installations industrielles, augmentation permanente de la densité du transport urbain à Alger accompagné d'un certain nombre de phénomènes négatifs, et, surtout, l'accumulation excessive dans l'atmosphère des gaz divers et les contaminants en phase vapeur. Les principaux composants de la réception des substances nocives dans l'atmosphère sont les émissions des produits de combustion à haute température (les gaz d'échappement des véhicules, les avions, les émissions industrielles et les centrales thermiques) [2,7]. Plusieurs études dans les villes industrielles de la partie nord de l'Algérie, y compris la détermination de la quantité totale des métaux lourds, ont été effectuées à plusieurs reprises [1, 5,9].

Selon ces études, il a été constaté que les polluants prioritaires dans la métropole d'Algiers sont plus associés à la forte circulation automobile. Les principaux objets de la pollution de l'air à Annaba sont: l'usine des engrais FERTIAL, les centrales électriques et l'usine métallurgique d'El Hadjar qui est sous le contrôle financier de la société ARCELOR MITTAL. Cependant, les facteurs qui influent sur la sorption des métaux lourds par les sols de ces villes sont mal compris.

De nombreuses recherches ont accumulé beaucoup d'informations sur l'effet des différentes composantes du sol sur les caractéristiques d'adsorption des métaux lourds, principalement sur la base des expériences du modèle dans les systèmes mono et bi-composants ou dans des expériences avec l'introduction de divers composants de modèle dans des échantillons de sol du l'extérieur[8, 11,15]. Ceci peut être expliqué par le fait que la quantité de matière organique ne joue pas un rôle prépondérant dans le processus d'adsorption, que la composition qualitative des formations organique et minérale comme supports de la capacité de sorption.

MATERIELS ET METHODES

Description de la zone d'étude

La présente étude est réalisée dans deux grandes villes de la partie nord de l'Algérie (Alger et Annaba) (Fig.1). Alger est la capitale située entre les latitudes 36 ° 43' et 36 ° 49' Nord et les longitudes 2 ° 58' et 3 ° 12' Est. L'altitude variée entre 50 et 400m. Les précipitations moyennes annuelles sont à l'ordre de 600 mm/an. Quant aux températures, T Min moyenne= 10°C, T Max moyenne= 26.3°C. Le climat donc est de type méditerranéen, subhumide à hiver chaud. Les vents dominants: W et NW. La population totale est estimée de 2 562 428 habitants (1998). Le trafic automobile atteint 674 570 véhicules en 2003[13]. Du point de vue topographique, la région d'Alger est caractérisée par un relief hétérogène. La partie Est qui comprend Fort de l'eau, El Harrach, Hussein Dey et Belcourt est plane (altitude entre 0 et 100 m). Par contre, le massif de Bouzaréa, culminant à 400 m d'altitude, et les versants Est et Nord de ce massif sont très accidentés. La partie

massif are very rugged. The central part of Algiers is a plateau (altitude between 100 and 200 m) intersected Parun network deep talwegs and visible in Hydra and Birmouradrais. Finally, much of the West Coast and the South of the region is represented by more or less horizontal planes (trays, Piedmont), with altitudes ranging between 200 and 300 m [10].

The wilaya of Annaba is located in eastern Algeria, between latitudes $36^{\circ} 30' N$ and $37^{\circ} 30' N$ and longitude $7^{\circ} 20' E$ and $8^{\circ} 40' E$. Its area is 1411.98 km²; its population has increased in recent years to 650.000 inhabitants. It is bounded to the south by the wilaya of Guelma, to the west by the wilaya of Skikda, in the east by the wilaya of El Tarf (Tunisian border) and to the north by the Mediterranean Sea [14]. The climate is typically Mediterranean, with an average annual temperature of $18^{\circ} C$ and an annual rainfall ranging from 650 to 1000 mm with a winter peak and a deficit during summer. The city is bounded to the north and the west by the Edough massif (highest altitude: 850 m), the Mediterranean Sea to the east and the Seybouse alluvial plain to the south. The Edough massif is characterized by a Primary metamorphic rock platform of gneiss, schist, and micaschist. The alluvial plain is characterized by Tertiary gravelly and sandy-clayed layers at depth and arable Quaternary clay cover. The dominant wind comes from the north north-east, to a lesser extent, from the north and the west [9].

centrale de la région d'étude correspond à un plateau (altitude entre 100 et 200 m) recoupé par un réseau de talwegs profonds et visibles à Hydra et Birmouradrais. Enfin, la grande partie de l'Ouest et du Sud de la région est représentée par des plans plus au moins horizontaux (plateaux, piémont), dont l'altitude varie entre 200 et 300 m [10].

La wilaya d'Annaba est située dans l'est de l'Algérie, entre les latitudes $36^{\circ} 30' N$ et $37^{\circ} 30' N$ et la longitude $7^{\circ} 20' E$ et $8^{\circ} 40' E$. Sa superficie est de 1411,98 km²; sa population a augmenté au cours des dernières années à 650.000 habitants. Il est délimité au sud par la wilaya de Guelma, à l'ouest par la wilaya de Skikda, à l'est par la wilaya d'El Tarf (frontière tunisienne) et au nord par la mer Méditerranée [14]. Le climat est typiquement méditerranéen, avec une température annuelle moyenne de $18^{\circ} C$ et des précipitations annuelles allant de 650 à 1000 mm avec un pic en hiver et un déficit au cours de l'été. La ville est délimitée au nord et à l'ouest par le massif Edough (altitude la plus élevée: 850 m), la mer Méditerranée à l'est et la plaine alluviale Seybouse au sud. Le massif Edough est caractérisé par une plate-forme de roche métamorphique primaire de gneiss, de schiste et micaschiste. La plaine alluviale est caractérisée par graveleux tertiaire et des couches de sable argileux-en profondeur et la couverture d'argile Quaternaire arables. Le vent dominant vient du nord-nord-est, dans une moindre mesure, du nord et de l'ouest [9].

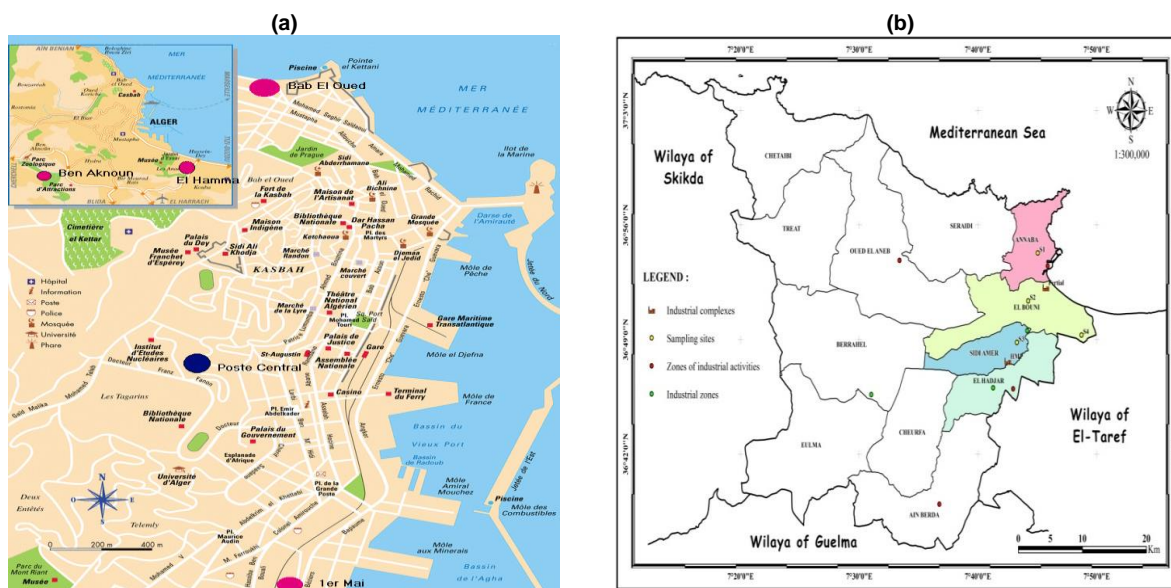


Fig. 1 – Map of study area location. (a) Map of Algiers with sampling sites: 1^{er} Mai, Bab El Oued, Ben Aknoun, El Hamma. (b) Map of Annaba showing the sampling sites: Annaba Center, El Bouni, Sidi Amar, Airport.

Air quality monitoring

In environmental terms since 2002 have been installed four networks of air quality monitoring baptized SAMASAFIA [12]. These networks are located in four major cities of Algeria namely: Algiers, Annaba, Oran and Skikda.

- Algiers: Network consists of 04 stations connected to a central station
- Annaba: Network consists of 04 stations are connected to a central station.
- Oran: Network of stations 03 connected to a central station.

La surveillance de la qualité de l'air

En termes environnemental depuis 2002 ont été installés quatre réseaux de surveillance de la qualité de l'air baptisés SAMASAFIA [12]. Ces réseaux sont situés dans quatre grandes villes de l'Algérie à savoir: Alger, Annaba, Oran et Skikda.

- Alger: réseau constitué de 04 stations reliées à une station centrale
- Annaba: réseau constitué de 04 stations sont reliées à une station centrale.
- Oran: réseau de stations 03 connectés à une station centrale.

- Skikda: Network of stations 03 connected to a central station.

These networks have the role of measurement, operation and information for the public and to the authorities concerned for monitor the level of pollution due to the different indicators relating to road traffic pollution (NO_x, NO, CO, CO₂, O₃, SO_x, suspended particulate matter PM-10 and heavy metals).

- Detect pollution peaks and periods during which the limit thresholds are exceeded;
- Establish the air quality forecasts using simulation models;
- Alert authorities during critical situations of pollution;
- Inform people of the measures to be taken to reduce the health impacts.

The air quality monitoring networks of Algiers and Annaba include four sites consists of automatic measuring stations working continuously (24h / 24, 7 days/7). Network's stations are located at the following sites in each city according to Table.1:

- Skikda: réseau de stations 03 connectés à une station centrale.

Ces réseaux ont le rôle de la mesure, l'exploitation et l'information du public et les autorités concernées pour surveiller le niveau de la pollution due aux différents indicateurs relatifs à la pollution du trafic routier (NO_x, NO, CO, CO₂, O₃, SO_x, particules en suspension PM-10 et les métaux lourds).

Détecter les pics de pollution et les périodes durant lesquelles les seuils limites sont dépassés ;

- Établir les prévisions de qualité de l'air à l'aide de modèles de simulation;
- Alerter les autorités durant les situations critiques de pollution;
- informer les gens sur les mesures à prendre pour réduire les impacts sur la santé.

Les réseaux de surveillance de la qualité de l'air d'Algier et d'Annaba comprennent quatre sites se compose des stations de mesure automatiques fonctionnant en continu (24h / 24, 7 jours / 7). Les stations de réseau sont situées sur les sites suivants dans chaque ville selon Tableau.1:

Table 1

Monitoring networks location in Algiers and Annaba

CITY	NETWORKS LOCATION
Algiers	1 ^{er} Mai
	Ben Aknoun
	Bab El Oued
	El Hamma
Annaba	Annaba Center
	El Bouni
	Sidi Amar
	Airport

Soil sampling

In order to bind the observed meteorological data, soil samples were collected nearby the stationary monitoring networks in each city (Fig.1). 5 sub-samples (to obtain a representative sample) were collected in depth 0-5; 5-10; 10-20 cm within each plot, as close as possible of the center of the plot in a homogeneous pedological area. Soil sampling was performed with the method of "enveloppe", 800 - 900 g of each sample. In each plot, we selected two samples collected at different directions from monitoring networks. After that, soil samples were dried at room temperature and powdered, impurities and particles have been removed using sieves with holes of different diameter from 5 to 1 mm. To reduce the mass of the sample, we used the method of quartering: the shredded material was thoroughly mixed and scattered smooth a thin layer in the form of a square, divided into four sectors. The content of the two opposite sectors was discarded, and the remaining two were again mixed. After multiple repetitions, soil sample was dried and used for carrying out of procedures of extraction.

Chemical analysis

Soil samples were prepared for chemical analyses using conventional methods. The equilibrium concentration of each element was measured for three days. The instrument setting and operational conditions were done in accordance with the manufacturers' specifications. For the qualitative and quantitative

L'échantillonnage du sol

Afin de lier les données météorologiques observées, des échantillons de sol ont été prélevés à proximité des réseaux de surveillance fixes dans chaque ville (Fig.1). 5 sous-échantillons (pour obtenir un échantillon représentatif) ont été recueillis en profondeur 0-5; 5-10; 10-20 cm, au sein de chaque parcelle, aussi près que possible du centre de la parcelle dans une zone pédologique homogène. L'échantillonnage du sol a été effectué avec la méthode de "l'enveloppe", 800 à 900 g de chaque échantillon. Dans chaque parcelle, nous avons sélectionné deux échantillons prélevés à différentes directions des réseaux de surveillance. Après cela, les échantillons de sol ont été séchés et poudrés à température ambiante, les impuretés et les particules ont été retirées en utilisant des tamis avec des trous de différents diamètres de 5 à 1 mm. Afin de réduire la masse de l'échantillon, nous avons utilisé la méthode du quartage: le matériau décheté était soigneusement mélangés, et dispersés lisser une mince couche sous la forme d'un carré, divisé en quatre secteurs. Le contenu des deux secteurs opposés a été éliminé, et les deux autres ont été à nouveau mélangés. Après multiples répétitions l'échantillon du sol a été séché et utilisé pour la mise en œuvre des procédures d'extraction.

Analyses chimiques

Les échantillons du sol été préparés pour les analyses chimiques en utilisant des méthodes conventionnelles. La concentration de chaque élément d'équilibre a été mesurée pendant trois jours. Le réglage de l'instrument et les conditions opérationnelles ont été réalisées en conformité avec les spécifications du fabricant. Pour les

characteristics of the interaction with the studied elements of soil adsorption complex, sorption isotherms were constructed. The soil sorption properties and mobility of the heavy metals determined at the static and dynamic conditions. In the laboratory, experiments on studying of the physicochemical feature of heavy metals sorption the ratio; soil: solution was equal to 1:100. The metals' concentrations were changed in experimental conditions from 5 to 1000 mg/dm³. In the course of experiment, the corresponding aliquot of the heavy metal under study was added to the soil sample.

Sorption dynamics of zinc, copper, cadmium and lead from the studied solutions at different concentrations: zinc: 2-200 mg / dm³; copper: 20-250 mg / dm³; cadmium 2-100 mg/dm³; Lead: 20-500 mg/dm³. Ratio soil: solution - 1: 1000. The content of heavy metals (Mn, Ni, Pb, Zn, Cd and Cu) in samples was determined by flame atomic absorption spectrophotometer (Model S-115, Ukraine).

RESULTS

The agrochemical soils assessment of Algiers and Annaba is shown in Table 2.

caractéristiques qualitatives et quantitatives de l'interaction avec les éléments étudiés de complexe d'adsorption des sols, isothermes de sorption ont été construits. Les propriétés de sorption du sol et la mobilité des métaux lourds déterminés dans les conditions statiques et dynamiques. Au laboratoire, expériences sur l'étude des caractéristiques physico-chimiques du sorption des métaux lourds le rapport; sol: solution était égal à 1: 100. Les concentrations de métaux été modifiés dans les conditions expérimentales de 5 à 1000 mg / dm³. Au cours de l'expérience, la partie aliquote correspondante du métal lourd à l'étude a été ajouté à l'échantillon de sol.

La dynamique de sorption du zinc, cuivre, cadmium et plomb des solutions étudiées à différentes concentrations: zinc: 2-200 mg / dm³; cuivre: 20-250 mg/dm³; cadmium 2-100 mg / dm³; Plomb: 20-500 mg / dm³. Rapport sol: solution - 1: 1000. La teneur en métaux lourds (Mn, Ni, Pb, Zn, Cd et Cu) dans les échantillons a été déterminée par un spectrophotomètre d'absorption atomique flamme (Modèle S-115, Ukraine).

RESULTATS

L'évaluation agrochimiques des sols d'Algier et d'Annaba est présentée dans le Tableau 2.

Table 2

Agrochemical soil assessments of Algiers and Annaba

City	Sampling district	pH	Humus,%	Ca + Mg, mmol / 100 g of soil
Algiers	1 ^{er} Mai	8.4	3.3	76.5
	Ben Aknoun	8.3	2.6	94.5
	Bab El Oued	8.1	4.45	90.0
	El Hamma	8.5	1.7	61.4
Annaba	Annaba Center	8.0	3.0	61.0
	El Bouni	8.6	1.2	86.0
	Sidi Amar	8.4	2.7	104.5
	Airport	8.4	2.7	122.5

Corresponding analysis of Table 2 showed that in the top 5 cm layer of soil sampled in different areas of the cities of Algiers and Annaba, the pH of the aqueous extract is in the range 8.0-8.6 and humus content in the range 1.2-4.45. The greatest value of the sum of exchangeable bases recorded in two districts of Annaba city (Sidi Amar and Airport). To study the mechanisms of zinc fixing by soils, the sorption dynamics was analyzed (Fig.2).

L'analyse correspondante du Tableau 2 a montré que dans le top 5 cm de la couche du sol prélevé dans les différentes zones des villes d'Algier et Annaba, le pH de l'extrait aqueux est dans la gamme 8,0-8,6 et la teneur de l'humus est dans la gamme de 1.2-4.45. La plus grande valeur de la somme des bases échangeables enregistrées dans deux districts de la ville d'Annaba (Sidi Amar et l'Aéroport). Pour étudier les mécanismes de fixation de zinc par les sols, la dynamique de sorption a été analysée (Fig. 2).

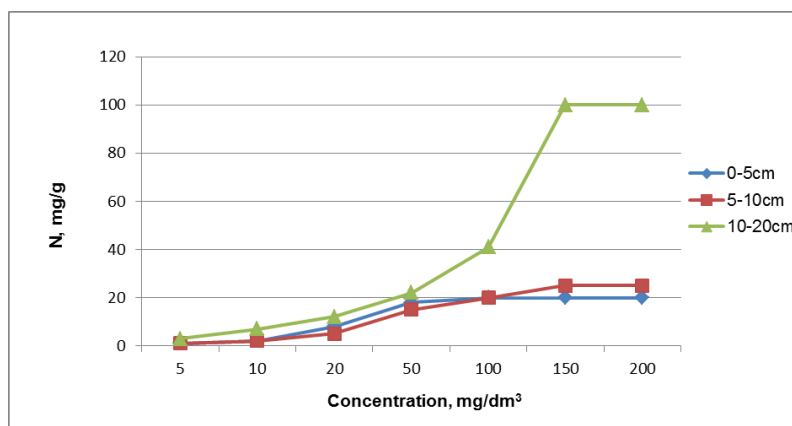


Fig.2 - Dynamics of zinc sorption by soils of Algiers

From the analysis of Fig.2 we found that most of zinc adsorbed by soil in the selected zone of 1^{er} Mai at a

De l'analyse de la Fig.2 on a trouvé que la plupart du zinc adsorbé par le sol dans la zone sélectionnée du 1^{er} Mai à

concentration in a solution of 100 mg /dm³. In general, the best affinity of soil for zinc differs from the area of Ben Aknoun. It is known that contaminated soil containing a large number of non-silicate iron is adsorbed a greater absolute amount of zinc than non-contaminated soil [15]. Sorption isotherms of copper, cadmium and lead are shown in figures 3-5.

une concentration dans une solution de 100 mg/dm³. En général, la meilleure affinité du sol pour le zinc diffère de la zone de Ben Aknoun. On sait que le sol contaminé contenant un grand nombre de fer non-silicate est adsorbé une plus grande quantité absolue de zinc du sol non contaminé [15]. Les isothermes de sorption de cuivre, cadmium et du plomb sont représentés dans les figures 3-5.

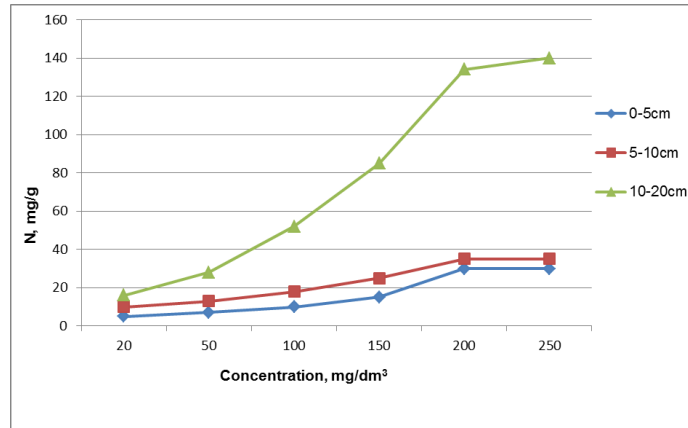


Fig.3-Dynamics of copper sorption by soils of Algiers

In the area of concentration of working solution of copper from 150 to 200 mg / dm³, copper adsorption held sufficiently intensive. The saturation of the soil solution by this element has come to achieve the concentration of 200 mg/dm³.

Dans la concentration de 150 à 200 mg / dm³ de la solution de cuivre, l'adsorption de cuivre maintenue suffisamment intensif. La saturation de la solution du sol en cet élément est venu de parvenir à la concentration de 200 mg / dm³.

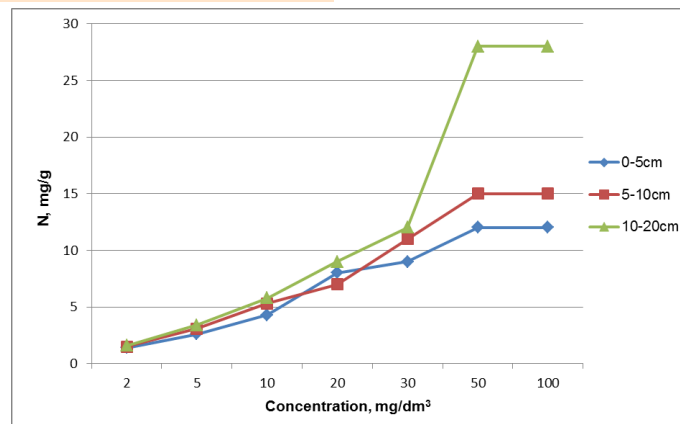


Fig.4-Dynamics of cadmium sorption by soils of Algiers

Saturation of the cadmium soil solution recorded at 50 mg / dm³.

La saturation de la solution du sol de cadmium enregistré à 50 mg / dm³.

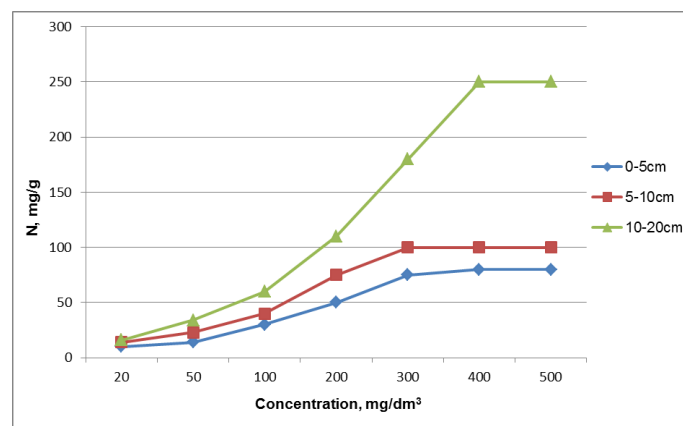


Fig.5 - Dinamycs of lead sorption by soils of Algiers

Table3

Limiting adsorption capacity mg/g						
Sampling site	Mn	Ni	Pb	Zn	Cd	Cu
Annaba center	15	25	160	20	10	60
El Bouni	20	25	85	25	35	65
Sidi Amar	15	15	60	25	45	40
Airport	35	30	410	125	45	190

To saturate the lead soil solution it was needed to bring the level up to the element concentration 400 mg / dm³.

Our studies confirm the results of Rogova O. B and Vodyanitskiy Y.N to study the sorption of heavy metals, according to which the processes of surface adsorption dominated the first two days of interaction [11]. The results studies of limiting adsorption capacity to heavy metal for soil samples taken in the four designated areas of Annaba city are shown in Table 3.

Based on the data obtained and presented in Table 3 the studies of soils limiting adsorption capacity taken in four zones of Annaba city to heavy metals, showed a significant differences with respect to certain metals. The maximum value of adsorption capacity of soil samples to lead, zinc, cadmium and copper, are respectively 7; 6; 4.5 and 3 times higher than the minimum. Characteristically, the greatest value of adsorption capacity for all heavy metals is fixed for the area of the Airport.

CONCLUSIONS

From the analysis and interpretation of results obtained in the present research the following points should be emphasized:

1. In the top 0-5 cm layer of soil sampled in different areas of the city of Algiers and Annaba, the pH of the aqueous extract is in the range 8, 0-8, 6, and humus content in the range 1. 2 – 4.45. The greatest value of the sum of exchangeable bases recorded in two districts of Annaba city (Sidi Amar and Airport).

2. It was found that most of the zinc adsorbed by the soil in the selected zone 1^{er} Mai at a concentration in a solution of 100 mg / dm³. In general, the best affinity of soil for zinc differs from the area of Ben Aknoun.

According to study results, the highest value of maximum adsorption capacity of soils taken in four zones of Annaba in relation to the lead, zinc, cadmium and copper, were respectively 7; 6; 4.5 and 3 times higher than the minimum. Characteristically, the greatest value of the maximum adsorption capacity of all heavy metals is fixed for the area of the Airport.

The findings in this study could play a key role to effective assessment of soil pollution with heavy metals in the study area.

REFERENCES

- [1]. Abedghars M.T., Hadji A., Bouhouch S. (2011) - *Monitoring of air quality in an iron foundry (Case of NO_x, SO₂, benzene and dust)*. Journal of Materials and Environmental Science 2 (S1), p.501-506;
- [2]. Alloway B.J. (1995) - *Soil processes and the behavior of heavy metals*. In: Alloway, B.J. (Ed.), Heavy Metals in

Pour saturer la solution du sol de plomb, il était nécessaire pour amener le niveau jusqu'à la concentration de l'élément de 400 mg / dm³.

Nos études confirment les résultats de Rogova O. B et Vodyanitskiy Y.N pour étudier la sorption des métaux lourds, selon laquelle les processus d'adsorption de surface ont dominé les deux premiers jours de l'interaction [11]. Les résultats des études de limitation de la capacité d'adsorption des métaux lourds pour les échantillons de sol prélevés dans les quatre régions désignées de la ville d'Annaba sont montrés dans le Tableau 3.

Basant sur les données obtenues et présentées dans le Tableau 3, les études des sols limitant la capacité d'adsorption pris en quatre zones de la ville d'Annaba pour les métaux lourds, ont montré une différence significative par rapport à certains métaux. La valeur maximale de la capacité d'adsorption des échantillons de sol au plomb, zinc, cadmium et cuivre, sont respectivement 7; 6; 4,5 et 3 fois plus élevé que le minimum. Caractéristiquement, la plus grande valeur de capacité d'adsorption de tous les métaux lourds est fixée pour la zone de l'Aéroport.

CONCLUSIONS

À partir de l'analyse et l'interprétation des résultats obtenus dans la présente étude les points suivants doivent être soulignés:

1. Dans le top 5 cm de la couche du sol prélevé dans les différentes zones des villes d'Algier et d'Annaba, le pH de l'extrait aqueux est dans la gamme 8,0-8,6 et la teneur de l'humus est dans la gamme de 1.2 – 4.45. La plus grande valeur de la somme des bases échangeables enregistrées dans deux districts de la ville d'Annaba (Sidi Amar et l'Aéroport).

2. On a constaté que la majeure partie du zinc adsorbé par le sol dans la zone sélectionnée du 1^{er} Mai à une concentration dans une solution de 100 mg / dm³. En général, la meilleure affinité du sol pour le zinc diffère de la zone de Ben Aknoun.

Selon les résultats de l'étude, la valeur la plus élevée de la capacité d'adsorption maximale des sols prises dans les quatre zones de Annaba par rapport au plomb, zinc, cadmium et du cuivre, étaient respectivement de 7; 6; 4,5 et 3 fois plus élevé que le minimum. Caractéristiquement, la plus grande valeur de la capacité d'adsorption maximale de tous les métaux lourds est fixée pour la zone de l'Aéroport.

Les conclusions de cette étude pourraient jouer un rôle clé pour l'évaluation efficace de la pollution des sols par des métaux lourds dans la zone d'étude.

BIBLIOGRAPHIE

- [1]. Abedghars M.T., Hadji A., Bouhouch S. (2011) - *Surveillance de la qualité de l'air dans une fonderie de fer (Cas de NO_x, SO₂, benzène et poussière)*. Journal des Matériaux et Sciences de l'Environnement 2 (S1), p.501-506;
- [2]. Alloway B.J. (1995) - *Les processus de sol et le comportement des métaux lourds*. Dans: Alloway, B.J. (Ed.), Les métaux lourds dans les sols, deuxième éd.

- Soils, second ed. Blackie Academic and Professional, p. 11-37. Glasgow;
- [3]. Alloway B.J. (2013)-*Sources of heavy metals and metalloids in soils*. In: Alloway B.J., editor. Heavy metals in soils, 22. p. 11–50. Netherlands;
- [4]. Bailey S. E., Olin T. J., Bricka R. M., Adrian D. D. (1999) - *A review of potentially low-cost sorbents for heavy metals*. Water research, 33(11), p.2469-2479;
- [5]. Benouar D. (2006) - *The need for an integrated disaster risk reduction management strategy in North African cities: a case study of urban vulnerability in Algiers (Algeria)*. Journal of Disaster Risk Studies; Vol 1, no 1, p.1-12;
- [6]. Cheng S. (2003)-*Heavy metal pollution in China: origin, pattern and control*. Environmental science and pollution research, vol. 10, no 3, p. 192-198;
- [7]. Fadel D., Sid A. S., Azouz-zga N., Latrèche F., Ouamer A. (2014)-*Cartography of Air Pollution in an Industrial City in North-Eastern Algeria by Using Two Indexes: Poleotolerance Index and Atmospheric Purity Index*. Journal of Life Sciences, Vol. 8, No. 1, p. 95-100;
- [8]. Ladonin D.V. (1997) - *Specific adsorption of copper and zinc by some soil minerals*. Soil Science. № 12, p.1478–1485;
- [9]. Maas S., Scheifler R., Benslama M., Crini N., Lucot E., Brahmia Z., Benyacoub S., Giraudoux P. (2010)-*Spatial distribution of heavy metal concentrations in urban, suburban and agricultural soils in a Mediterranean city of Algeria*. Environmental Pollution vol. 158, no 6, p. 2294-2301;
- [10]. Rahali M. (2002)-*Mapping of lead pollution in Algiers area with lichen (Xanthoria parietina) as indicator*. Atmospheric Pollution, vol.44,no175, p.421-432;
- [11]. Rogova O.B., Vodyanytskiy Y.N. (2010) - *Sorption of zinc and copper in soils of zone of impact Cherepovets metallurgical plant*. Bulletin of Soil Institute V.V.Dokuchaev, № 6, p. 64–74;
- [12]. Samasafia (2008) - *Annual Balance on Air Quality for 2007*. Tech.rep., Network of Air Quality Monitoring in Algiers, Algeria;
- [13]. Sarmoum M., Djebbar R., Latreche K. (2014)-*Bioaccumulation of three heavy metals (Pb, Zn and Cd) by lichen, Xanthoria parietina, in the Algiers region*. Ecology-Environnement Review (10), p.25-29;
- [14]. Semadi F. (2010) - *Feasibility of treating water from a river loaded with metal trace elements (MTE) planted by macrophyte filters (Phragmites australis): case of Annaba region*. PhD Thesis, University of Annaba, p.225, Algeria;
- [15]. Vodianskiy Y.N., Bolshakov V.A., Sorokin S.Y., Fateyeva N.M. (1995)- *Technogeochemical Anomaly Derived from the Cherepovets Metallurgical Plant*, Bulletin of Soil Institute V.V.Dokuchaev, №4, p.498 –507;
- [16]. Yu B., Zhang Y., Shukla A., Shukla S. S., Dorris K. L. (2000) -*The removal of heavy metal from aqueous solutions by sawdust adsorption; removal of copper*. Journal of Hazardous Materials, vol. 80, no 1, p. 33-42.
- Blackie académique et professionnelle, p. 11-37. Glasgow;
- [3]. Alloway B.J. (2013)- *Sources de métaux lourds et métalloïdes dans les sols*. Dans: Alloway B.J., éditeur. Les métaux lourds dans les sols, 22. p. 11-50. Pays-Bas;
- [4]. Bailey S. E., Olin T. J., Bricka R. M., Adrian D. D. (1999) - *Une revue de sorbants potentiellement à faible coût pour les métaux lourds*. Recherche de l'Eau, 33 (11), p.2469-2479;
- [5]. Benouar D. (2006) - *La nécessité d'une stratégie de gestion de la réduction du risque de catastrophe intégrée dans les villes d'Afrique du Nord: une étude de cas de la vulnérabilité urbaine à Alger (Algérie)*. Revue d'études des Risques de Catastrophe; Vol 1, no 1, p.1-12; [6]. Cheng S. (2003)- *La pollution par les métaux lourds en Chine: l'origine, motif et contrôle*. Science Environnementale et la Recherche de la Pollution, vol. 10, no 3, p. 192-198 ;
- [7]. Fadel D., Sid A.S., Azouz-zga N., Latrèche F., Ouamer A. (2014)- *Cartographie de la pollution de l'air dans une ville industrielle dans le nord-est de l'Algérie à l'aide de deux indices: l'indice de poleotolerance et l'indice de pureté atmosphérique*. Journal des Sciences de la Vie, Vol. 8, No. 1, p. 95-100;
- [8]. Ladonin D.V. (1997) - *Adsorption spécifique du cuivre et du zinc par des minéraux du sol*. Science du Sol. № 12, p.1478–1485;
- [9]. Maas S., Scheifler R., Benslama M., Crini N., Lucot E., Brahmia Z., Benyacoub S., Giraudoux P. (2010)- *La distribution spatiale des concentrations de métaux lourds dans les sols urbains, suburbains et agricoles dans une ville méditerranéenne de l'Algérie*. Pollution Environnementale vol. 158, no 6, p. 2294-2301;
- [10]. Rahali M. (2002) - *Cartographie de la pollution plombique dans la région d'Alger en utilisant un lichen (Xanthoria parietina) comme bioaccumulateur*. Pollution Atmosphérique, vol. 44, no175, p.421-432;
- [11]. Rogova O.B., Vodyanytskiy Y.N. (2010) - *Sorption de zinc et de cuivre dans les sols de la zone d'impact de l'usine métallurgique de Tcherepovets*. Bulletin de Sol de l'Institut V.V.Dokuchaev, № 6, p. 64–74;
- [12]. Samasafia. (2008)- *Bilan Annuel sur la Qualité de l'Air pour l'Année 2007*. Tech.rep., Réseau de Surveillance de la Qualité l'Air d'Alger, Algérie ;
- [13]. Sarmoum M., Djebbar R., Latreche K. (2014)-*Bioaccumulation de trois métaux lourds (Pb, Zn et Cd) par le lichen, Xanthoria parietina, dans la région Algéroise*. Revue Ecology-Environnement (10), p.25-29 ;
- [14]. Semadi F. (2010)-*Faisabilité du traitement des eaux d'un oued chargé en éléments traces métalliques (ETM) par filtres plantés de macrophytes (Phragmites australis): cas de la région d'Annaba*. Thèse de Doctorat, Université d'Annaba, p.225, Algérie ;
- [15]. Vodianskiy Y.N., Bolshakov V.A., Sorokin SY., Fateyeva N.M. (1995)- *Technogéochimie Anomalie Dérivé de l'usine métallurgique de Tcherepovets*, Bulletin de Sol de l'Institut V.V.Dokuchaev, №4, p.498 –507;
- [16]. Yu B., Zhang Y., Shukla A., Shukla S. S., Dorris K. L. (2000)- *L'élimination des métaux lourds à partir de solutions aqueuses par l'adsorption de sciure de bois; élimination de cuivre*. Journal des Matériaux Dangereux, vol. 80, no 1, p. 33-42.