



HAL
open science

EVALUATION DE LA POLLUTION DES SOLS DE LA CARRIERE DE CALCAIRE DE TABLIGBO (SUD-EST TOGO) PAR LES METAUX LOURDS TOXIQUES

Aboudala Sidi Issah, Minkilabe Djangbedja, Gbénonchi Mawussi, Kissao Gnandi,
Thiou Tanzidani K. Tchamie

► **To cite this version:**

Aboudala Sidi Issah, Minkilabe Djangbedja, Gbénonchi Mawussi, Kissao Gnandi, Thiou Tanzidani K. Tchamie. EVALUATION DE LA POLLUTION DES SOLS DE LA CARRIERE DE CALCAIRE DE TABLIGBO (SUD-EST TOGO) PAR LES METAUX LOURDS TOXIQUES. Cahiers du CBRST / Cahiers du CBRSI, 2016, 10, pp.1-18. <hal-01832657>

HAL Id: hal-01832657

<https://hal.science/hal-01832657v1>

Submitted on 8 Jul 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

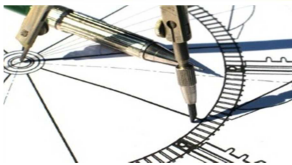
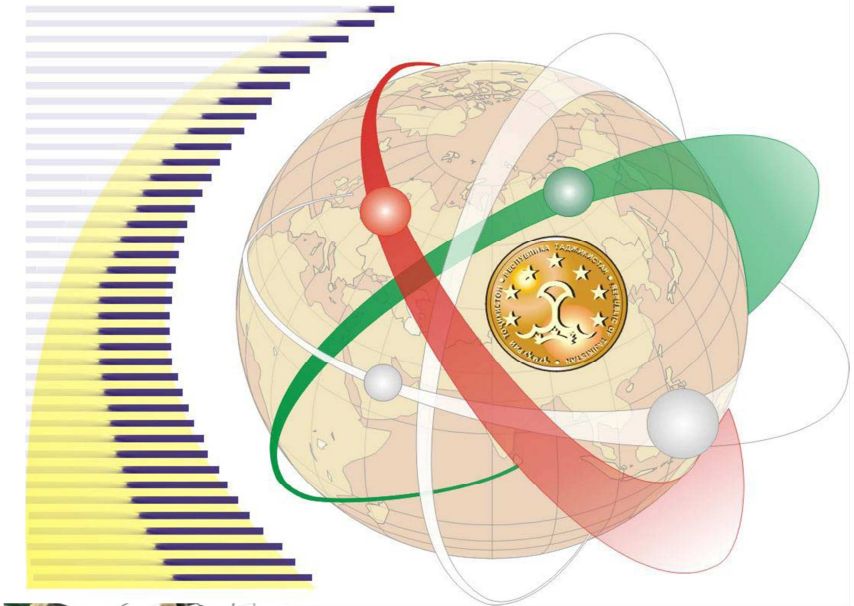


La revue scientifique
**Les Cahiers
du CBRST**

La science au service de la société

DOSSIERS

Sociétés
Environnement
Développement



Environnement et Sciences de l'Ingénieur
N° 10 Décembre 2016 ; ISSN : 1840-703X,
Cotonou (Bénin)

cahiersducbrst@yahoo.fr ;
cahiersducbrst@gmail.com

Directeur de Publication : KPODEKON Marc ; Directeur Général du CBRST

**Rédacteur en Chef : Placide
CLEDDJO ; Professeur Titulaire**

**Conseiller Scientifique : Apollinaire Guy
MENSAH ; Directeur de Recherche**

Comité scientifique

Pr. DARBOUX Raphael (Bénin)	Pr. HONTONFINDE Félix (Bénin)
Pr. BIGOT André (Bénin)	Pr. FAYOMI Benjamin (Bénin)
Pr. AKPONA Simon (Bénin)	Pr. MAKOUTODE Michel (Bénin)
Pr. LALEYE Anatole (Bénin)	Pr. TCHITCHI Toussaint Y. (Bénin)
Pr. HOUNNOU Gervais (Bénin)	Pr. OYEDE Marc (Bénin)
Pr. HOUNGBE Fabien (Bénin)	Pr. EDORH Patrick A. (Bénin)
Pr. Michel BOKO (Bénin)	Pr. AKOEGNINOUE Akpovi (Bénin)
Pr. KOUMAKPAYI Taofiki (Bénin)	Pr. CLEDJO Placide (Bénin)
Pr. SAMBA KIMBATA Joseph (Congo B)	Pr. DOMINGO Etienne (Bénin)
Pr. GBEASSOR Messanvi (Togo)	Pr. HOUNDENOU Constant (Bénin)
Pr. MASSOUGBODJI Michel (Bénin)	Pr. MENSAH Guy Apollinaire
Pr. AFOUDA Abel (Bénin)	Pr. TOSSA Joel (Bénin)
Pr. ZOUNGRANA Pierre Tanga (Burkina)	Pr. SINSIN Brice (Bénin)
Pr. JOSSE Roger (Bénin)	Pr. GBENOUE Joachim (Bénin)
Pr. LALEYE Anatole (Bénin)	Pr. LALEYE Philippe (Bénin)
Pr. MOUDACHIROU Mansourou (Bénin)	Pr. TCHAMIE Tiou (Togo)
Pr. TOUKOUROU Fatiou (Bénin)	Pr. GBAGUIDI Fernand (Bénin)
Pr. AGBOSSOU K. Euloge (Bénin)	Pr. ANIGNIKIN Sylvain (Bénin)
Pr. SOCLO Henri (Bénin)	Pr. AHANHANZO Corneille (Bénin)

COMITE DE LECTURE : Prof NOUHOUAYI Albert ; Pr AGBOSSOU K. Euloge ; Pr AVLESSI Félicien ; Prof CLEDJO Placide; Prof da CRUZ Maxime ; Prof DIMON Biauou Fidèle ; Prof DOMINGO Etienne ; Prof EDAAH Daniel ; Prof KOUNOUHEWA Basile ; Prof MENSAH G. A. ; Prof TOSSOU Okri Pascal ; Prof YAYI Eléonore ; Prof AZONHE Thierry; Prof TENTE Brice; Prof YABI Ibourahima ; Dr. Zacharie SOHOU ; Pr. JOSSE Roger ; Pr. LALEYE Anatole ; Pr. OUMOROU Madjidou ; Prof BOKO Gabriel; Prof MONGBO Roch ; Prof. SOCLO Henri ; Dr ALAMOU Eric; Dr DOUGNON Victorien ; Dr FOURN Elisabeth; Prof GBAGUIDI Fernand; Prof GBANGBOCHÉ A. B. ; Pr GLELE KAKAÏ Romain ; Pr HONTONFINDE Félix ; Pr HOUNHOUGAN Joseph ; Pr KPOVIESSI Salomé ; Pr OYEDE Marc ; Pr. Ag. FOLLIGAN Bénédiction ; Pr. Ag. YAO-GNANGOURA Victor ; Pr. AKPONA Simon ; Pr. ALLABI Aurel ; Pr. BIGOT André ; Pr. CHIKOU Antoine ; Pr. DARBOUX Raphael ; Pr. Fulgence AFOUDA; Pr. GBAGUIDI Fernand ; Pr. HOUNGBE Fabien ; Pr. HOUNNOU Gervais ; Prof Ag. MOUMOUNI Hassane ; Prof AHOHOUNKPANZON Michel; Prof AINA Martin ; Prof ALLABI Aurel ; Dr BAGODO Obarè ; Dr HOUNGNIHIN Roch ; Dr GUENDEHOU Sabin ; Dr JOHNSON Christian; Dr KPOHOUÉ Ferdinand; Dr TCHIBOZO Eric

Toute reproduction, même partielle de cette revue est rigoureusement interdite. Une copie ou reproduction par quelque procédé que ce soit, photographie, microfilm, bande magnétique, disque ou autre, constitue une contrefaçon passible des peines prévues par la loi 84-003 du 15 mars 1984 relative à la protection du droit d'auteur en République du Bénin.



SOMMAIRE

1. EVALUATION DE LA POLLUTION DES SOLS DE LA CARRIERE DE CALCAIRE DE TABLIGBO (SUD-EST TOGO) PAR LES METAUX LOURDS TOXIQUES.....1
Aboudala SIDI ISSAH, Minkilabe DJANGBEDJA, Gbénonchi MAWUSSI, Kissao GNANDI, Thiou K.T. TCHAMIE
2. SIGNIFICATION PALEO-ENVIRONNEMENTALE DES GALETS DU PROFIL STRATIGRAPHIQUE DE LA RIVE DROITE DU FLEUVE NIGER A BAMAKO, MALI.....19
N'dji dit Jacques DEMBELE, Daouda KEITA, Moussa Martin TESSOUGUE
3. VULNERABILITE DES RESSOURCES PASTORALES FACE A LA VARIABILITE ET AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LA COMMUNE RURALE DE TIORIBOUGOU, MALI.....34
Tidiani SANOGO, Abdou BALLO, Issa GARBA
4. BIODEGRADATION OF POLLUTANTS CONTAINED IN THE AGRICULTURAL SOILS OF BOUGOUNI AND NIONO (MALI).....60
KANTE Fallaye, COULIBALY Alou, TRAORE Vital, SAMAKE Drissa, KEITA Kalifa, YATTARA Inamoudlbny
5. RELATIONS ENTRE FACTEURS CLIMATIQUES ET MOUCHES DES FRUITS (DIPTERA, TEPHRITIDAE) DANS UNE ZONE SOUDANIENNE AU MALI.....80
KEITA Youssouf Fayal ; SODIO Bernard Ambiélé; QUILICI serge ; MAIGA Hamidou Moussa; CHIROLEU Frédéric; DIARRA Boua KONE Tiéfolo
6. DIAGONALE DE SECHERESSE ET SOUDANISATION DU CLIMAT DANS LE DOMAINE SUBEQUATORIAL AU BENIN.....104
Henri S. TOTIN VODOUNON, Ernest AMOUSSOU, Constant HOUNDENOU, Michel BOKO
7. EFFETS DES PESTICIDES SUR L'ENVIRONNEMENT DES ZONES DE MOLODO ET SEVARE, MALI.....128
Vital TRAORÉ, Fallaye KANTÉ, Alou COULIBALY



EVALUATION DE LA POLLUTION DES SOLS DE LA CARRIERE DE CALCAIRE DE TABLIGBO (SUD-EST TOGO) PAR LES METAUX LOURDS TOXIQUES

**Aboudala SIDI ISSAH¹, Minkilabe DJANGBEDJA,
Gbénonchi MAWUSSI³, Kissao GNANDI², Thiou
K.T. TCHAMIE¹**

*1-Laboratoire de Recherches Biogéographiques et Etudes
Environnementales, Université de Lomé, Département de
Géographie..*

*2- Laboratoire de Gestion, Traitement et Valorisation des Déchets
(LGTVD), Université de Lomé, Département de Chimie*

*3- Laboratoire de Recherche sur les Agroressources (LaRA),
Université de Lomé, Ecole Supérieure d'Agronomie (ESA)*

*paulinminkilabe@yahoo.fr; aboudalas@gmail.com;
gmawussi@gmail.com; Kgnandi@yahoo.fr; tchamie@tg.refer.org*

RESUME

L'exploitation des calcaires à Tabligbo, au sud-est du Togo a d'énormes impacts sur le milieu. Malgré son importance économique, elle dégrade les sols du milieu. Ceux-ci peuvent être alors contaminés par les éléments traces métalliques (ETM), notamment le cadmium, le plomb, le nickel et le cuivre. Une évaluation de ces sols miniers a été donc effectuée par dosage desdits éléments traces métalliques dans les sols. L'échantillonnage et l'analyse des échantillons révèlent une évolution de la concentration des éléments traces métalliques dans les échantillons de sols. Les quantités de plomb évoluent ainsi de 2,225 ppm dans la zone non exploitée à 4,928 ppm dans la zone récemment exploitée (zone WACEM) et à 6,978 ppm dans la zone anciennement exploitée (zone CIMAO) ; celles du cuivre évoluent de 5,444 ppm à 5,961 ppm et 6,157 ppm respectivement dans les zones WACEM et CIMAO ; celles du nickel évoluent d'une valeur inférieure au seuil de



détection de l'appareil à 1,654 ppm et 2,959 ppm respectivement dans les zones WACEM et CIMAO. Les valeurs de cadmium sont inférieures au seuil de détection de l'appareil. Les quantités de plomb, du cuivre et du nickel sont inférieures aux normes de la CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement), ce qui signifie que les sols du secteur d'étude ne sont pas pollués par ces éléments traces métalliques, mais il est constaté une contamination de la zone par ces derniers.

Mots clés : *Tabligbo, carrière de calcaire, éléments traces métalliques, pollutions des sols*

ABSTRACT

The exploitation of limestone in Tabligbo, southeastern of Togo has enormous impacts on the environment. Despite its economic importance, it degrades the soil of the environment. These can then be contaminated by Metallic Traces Elements (MTE), including cadmium, lead, nickel and copper. An assessment of these mineral soils was therefore carried out by sampling, analysis or dosing of these metallic trace elements in soil. Contamination of mineral soils in Tabligbo limestone quarry in Togo was evaluated by determination of trace metals (cadmium, lead, nickel and copper). Sampling and analysis of the samples revealed a change in the concentration of trace metals in soil samples. The quantities of lead and 2,225 ppm evolve in the undeveloped area to 4,928 ppm in the recently fished area (zone WACEM) and 6.978 ppm in the area formerly operated (CIMAO area). Those of copper evolve 5.444 ppm to 5,961 ppm and 6,157 ppm respectively in the WACEM and CIMAO areas; those of nickel evolve from a value below the device's detection threshold to 1,654 ppm and 2,959 ppm respectively in the WACEM and CIMAO areas. Cadmium values are less than the device's detection threshold. The amounts of lead, copper and nickel are less than the standards CCEM (Canadian Council of Environment Ministers), which means that the soils of the study area are not polluted by these trace metals but it is found contamination of the zone by them.



Keywords: *Tabligbo, limestone quarry, trace metals, soil pollution.*

INTRODUCTION

Le développement mondial de l'industrialisation a entraîné une utilisation massive de plusieurs types de minerais métallifères et une croissance importante des activités minières (Smouni *et al.*, 2010). Ces activités minières sont fortement polluantes et leurs impacts sur l'environnement et la santé sont à l'échelle de leur importance économique (Jung, 2001 ; Navarro *et al.*, 2008). La plupart des éléments traces métalliques sont dangereux pour la santé humaine à cause de leur toxicité (Viala *et al.*, 2005). Les éléments traces métalliques tels que le cadmium, le plomb, le cuivre et le nickel sont libérés dans la biosphère par les activités industrielles et minières. Ces éléments traces métalliques (ETM) sont à l'origine d'effets encore plus néfastes sur les fonctions physiologiques des organismes vivants (Lee *et al.*, 2001).

Plusieurs études se sont intéressées à la pollution par les ETM des sites miniers et de leurs alentours et à l'impact des activités minières sur l'environnement (Gnandi et, Tobschall, 1999a, 1999b, François *et al.*, 2002, EL Hachimi *et al.*, 2005, Tebie, 2012 l'exploitation). Ces études ont montré que la pollution par les ETM peut affecter l'écosystème de manière irréversible si des mesures adéquates de protection ne sont pas prises à temps. L'infiltration des eaux de pluie à travers les sols pollués peut contaminer les cultures et les nappes. Les végétaux cultivés sur un sol pollué par les éléments traces métalliques, absorbent ces derniers et les concentrent par voie racinaire. Ensuite, la sève les distribue aux autres organes de la plante. Ainsi, les éléments traces métalliques se retrouvent finalement dans les cultures et plus précisément dans les produits agricoles récoltés et consommés par l'Homme (Bliefert *et al.*, 2001 et Académie des Sciences, 1998).

Au Togo, l'extraction du calcaire au sud joue un rôle important dans les projets de développement économique du pays. Sa part dans les exportations togolaises est passée de 2,7% à 40,8% (Agbossoumondé, 2011). Malgré sa contribution à l'économie



nationale, elle a des impacts considérables sur l'environnement. En effet, l'extraction du calcaire se fait à ciel ouvert. Le processus d'exploitation comprend, entre autres, l'occupation des terrains nécessaires à l'extraction, la dénudation des sols par l'abattage de la végétation, le terrassement des stériles et leur dépôt en arrière du front d'exploitation. Les impacts sur le milieu naturel sont d'autant plus visibles notamment la dégradation de la structure du sol, l'exposant à l'érosion et sa contamination par les éléments traces métalliques. Les alluvions issues de l'érosion hydrique des sols dénudés accélèrent le marnage des lits des cours d'eau. L'exploitation détruit le couvert végétal sur des centaines d'hectares à Tabligbo. L'accumulation des stériles en arrière du front d'exploitation a engendré des vallées et des collines artificielles (Djangbedja, 2011).

L'objectif de ce travail est d'évaluer le niveau de pollution du site minier de Tabligbo au Sud-Est du Togo par des éléments traces métalliques.

1-MATERIELS ET METHODES

1.1. Matériel

Le secteur d'étude est localisé à Tabligbo qui est le Chef-lieu de la préfecture de Yoto. Celle-ci est l'une des préfectures du Togo et est située dans la Région Maritime. Elle est située entre 6°24 et 6°56 de latitude nord et entre 1°16 et 1°35 de longitude est. Avec une superficie de 1316 km² elle est limitée au nord par la préfecture du Haho, au sud par les préfectures de Vo et du Bas-Mono, à l'est par la république du Bénin et à l'ouest par la préfecture du Zio. La carrière de calcaire est située au sud-est de la préfecture de Yoto (figure 1).

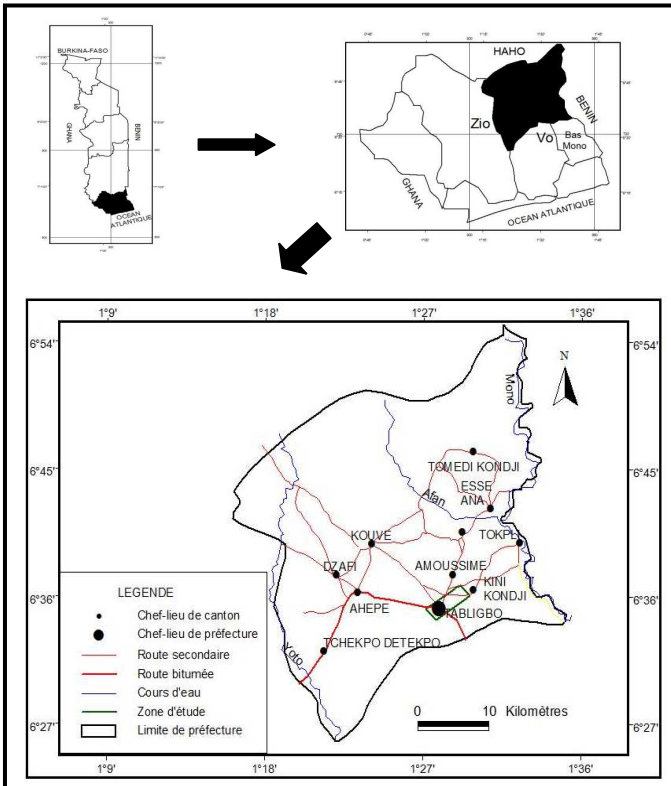


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

Source : Plan-Togo, 2013

Le secteur d'étude est entièrement situé sur le bassin sédimentaire côtier du Togo. Ce dernier repose en discordance fondamentale sur le substratum métamorphisé, d'âge panafricain (Affaton *et al.*, 1980). Le secteur d'étude est localisé sur le plateau de Kouvé et jouit d'un climat de type guinéen caractérisé par deux saisons de pluies en alternance avec deux saisons sèches à durées inégales. La pluviométrie moyenne annuelle est de 1200 mm. Ce plateau est essentiellement couvert de sols ferrallitiques et de sols hydromorphes. La préfecture de Yoto est traversée essentiellement par le fleuve

Mono et ses affluents à l'instar d'Afan. Elle appartient à la zone écologique V selon le découpage de Ern (1979). Elle a enregistré une population de 165 596 habitants en 2010 (DGSCN, 2011). L'exploitation de ce gisement de calcaire a commencé en 1980 par la Société CIMAO (Ciment de l'Afrique de l'Ouest). A partir de 1984, CIMAO pour des raisons énergétiques va fermer. L'exploitation sera confiée en 1997 à la société Wacem (West African Cement) qui continue l'exploitation jusqu'à ce jour.

1.2. Méthodes

1.2.1. Collecte des données

Le site d'étude a été subdivisé en trois zones conformément à la durée et à la nature d'exploitation ou non du minerai. Ces zones sont : la zone CIMAO (plus anciennement exploitée), la zone WACEM (récemment exploitée) et la zone non exploitée. L'échantillonnage a été effectué dans les 20 premiers centimètres supérieurs du sol. Il a été prélevé 15 échantillons composites. Chaque échantillon composite prélevé a un poids de 1 kg pour effectuer les analyses nécessaires (AFNOR, 2003). Il est à noter que chaque échantillon composite a été réalisé à partir d'un plateau de forme rectangulaire de 5 m et de 2 m de côtés soit une surface de 10 m² ; ce qui correspond à un taux de 0,1 % d'hectare (ha).

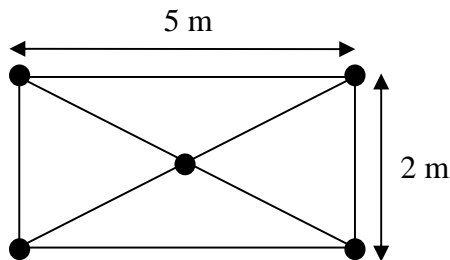


Figure 2 : Schéma d'un plateau d'échantillonnage effectué

1.2.2-Analyse au laboratoire et traitement des données

L'analyse au laboratoire a été effectuée suivant plusieurs étapes (Figure 3).

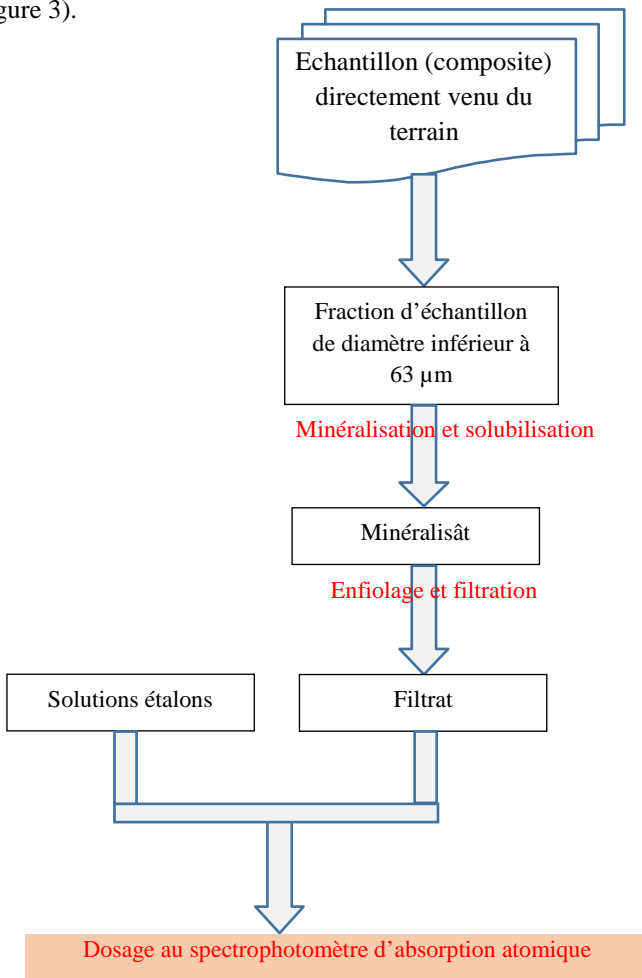


Figure 3 : Etapes d'analyses au laboratoire



Les échantillons de sol ont subi une préparation qui a consisté à la dessiccation, au broyage puis au tamisage afin d'obtenir une fraction fine facile à minéraliser. La fraction fine a subi une minéralisation par voie humide (par attaque acide). Les échantillons ont été solubilisés afin d'éviter la perte de certains éléments volatiles. Le minéralisat obtenu a été enfiolé et filtré. Le dosage a porté sur le filtrat à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique et de solutions d'étalons préparées à cet effet.

Le traitement des données a été effectué essentiellement à l'aide du programme Excel 2010. Ce dernier a servi à calculer les moyennes, les minimas et les maximas, et à réaliser les courbes et les histogrammes. Les cartes ont été faites à l'aide du logiciel Arc GIS version 10. Les facteurs de pollution ont été calculés. Le facteur de pollution d'un élément trace métallique est le rapport de la concentration moyenne de cet élément trace métallique dans un échantillon sur la valeur de la norme (CCME, 2007). La valeur de la norme est la concentration moyenne du même élément trace métallique dans un échantillon de référence considéré comme non pollué. Ce facteur est sans unité.

2-RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats d'analyse des sols ont révélé que dans tous les échantillons, le cadmium est soit absent ou présent en quantité inférieure au seuil de détection de l'appareil qui est de 0,0005 ppm.

2.1. Présence des ETM dans la zone plus anciennement exploitée (Zone CIMAO)

Le tableau I présente les résultats d'analyse des éléments traces métalliques (ETM) dans la zone CIMAO.

Tableau I : Contamination des sols de la zone CIMAO en ETM (= valeur inférieure au seuil de détection de l'appareil.

Echantillons	Eléments traces métalliques		
	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)
Echantillon 1	1,01	7,48	3,575
Echantillon 2	6,66	6,77	4,07
Echantillon 3	13,265	6,715	4,58
Echantillon 4	-	6,43	2,31
Echantillon 5	-	3,39	0,26
Moyenne	6,978	6,157	2,959
Minimum	-	3,39	0,26
Maximum	13,265	7,48	4,58

La teneur des sols en plomb dans la zone CIMAO varie d'une valeur inférieure au seuil de détection de l'appareil à 13,265 ppm. La concentration en cuivre varie entre 3,39 ppm et 7,48 ppm et celle du nickel entre 0,26 ppm et 4,58 ppm.

2.2. Présence des éléments traces métalliques dans la zone récemment exploitée (zone WACEM)

Les résultats d'analyse des éléments traces métalliques dans la zone WACEM sont consignés dans le tableau II.

Tableau II : Contamination des sols de la zone WACEM (0 – 20 cm de profondeur) en ETM

Echantillons	Éléments traces métalliques		
	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)
Echantillon 6	-	4,785	3,37
Echantillon 7	4,16	4,95	0,055
Echantillon 8	5,695	4,455	-
Echantillon 9	-	6,58	1,61
Echantillon 10	-	9,035	1,58
Moyenne	4,9275	5,961	1,65375
Minimum	-	4,455	-
Maximum	5,695	9,035	3,37

La teneur des sols en plomb dans la zone WACEM varie d'une valeur inférieure au seuil de détection de l'appareil à 5,695 ppm. La concentration en cuivre varie entre 4,455 ppm et 9,035 ppm et celle du nickel va d'une valeur inférieure au seuil de détection de l'appareil à 4,58 ppm.

2.3. Présence des éléments traces métalliques dans la zone non exploitée

Les résultats d'analyse des éléments traces métalliques dans la zone non exploitée se trouvent dans le tableau suivant :

Tableau III : Contamination des sols de la zone non exploitée (0 – 20 cm de profondeur) en ETM

Echantillons	Eléments traces métalliques		
	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)
Echantillon 11	-	5,785	-
Echantillon 12	2,815	5,645	-
Echantillon 13	2,95	5,605	-
Echantillon 14	-	4,445	-
Echantillon 15	0,91	5,74	-
Moyenne	2,225	5,444	-
Minimum	-	4,445	-
Maximum	2,95	5,785	-

Le tableau III montre que la teneur en plomb varie d'une valeur inférieure au seuil de détection de l'appareil à 2,95 ppm dans la zone non exploitée. La teneur en cuivre varie entre 4,445 ppm et 5,785 ppm. Celle du nickel est inférieure au seuil de détection de l'appareil dans toute la zone non exploitée.

2.4. Comparaison des sols en teneurs d'éléments traces métalliques

Il existe plusieurs normes qui fixent la quantité moyenne d'un élément trace métallique dans un sol au-delà de laquelle celui-ci est pollué. Il a été considéré dans cet article la norme CCME (2007). Le cadmium étant en quantité inférieure au seuil de détection de l'appareil, le secteur d'étude ne présente pas de risque de pollution en cet élément trace métallique. Les tableaux IV, V, et VI montrent que les moyennes des quantités de plomb, du cuivre et du nickel sont éloignées des seuils de pollution de ces éléments traces métalliques selon la norme CCME.

Tableau IV : Teneurs moyennes et facteur de pollution en plomb

Zones	ZNE	WACEM	CIMAO
Plomb (moyennes en ppm)	2,225	4,928	6,978
Valeur de la norme CCME	70	70	70
Facteur de pollution	0,032	0,070	0,100

ZNE = Zone Non Exploitée

Tableau V : Teneurs moyennes et facteur de pollution en cuivre

Eléments traces métalliques	ZNE	WACEM	CIMAO
Nickel (en ppm)	-	1,654	2,959
Valeur de la norme CCME	50	50	50
Facteur de pollution	-	0,033	0,059

Tableau VI : Teneurs moyennes et facteur de pollution en nickel

Eléments traces métalliques	ZNE	WACEM	CIM AO
Cuivre (en ppm)	5,444	5,961	6,15 7
Valeur de la norme CCME	63	63	63
Facteur de pollution	0,086	0,095	0,09 8

Les sols de la zone d'étude ne sont donc pas pollués par les éléments traces métalliques dosés lors de cette étude. Mais il est constaté une variation du facteur de pollution suivant les zones montrant ainsi une contamination des sols. La zone CIMAO présente plus de risque de pollution, suivie de la zone WACEM puis de la zone non exploitée. Cette augmentation du risque de pollution peut être expliquée par le rapprochement de cette zone de l'usine de la société WACEM et de celle de la cimenterie FORTIA qui produisent une grande quantité de fumée. Ce risque peut également être expliqué par la durée d'exposition des remblais des différentes zones. Dans ces conditions

il est constaté une contamination du site par le plomb, le cuivre et le nickel, en raison de la variation des quantités de ces éléments entre la zone non exploitée (prise ainsi comme la zone de référence) et les zones exploitées (WACEM et CIMAO).

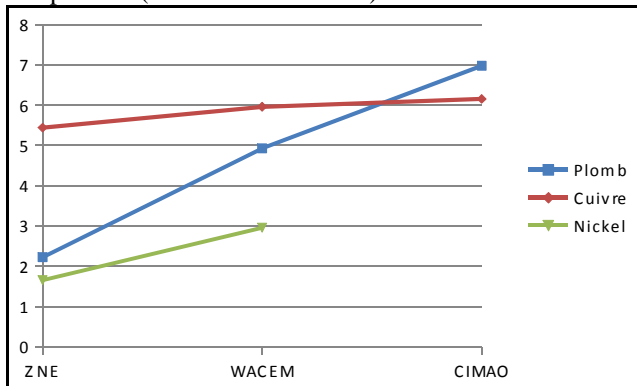


Figure 4 : Evolution des teneurs moyennes (en ppm) des éléments traces métalliques

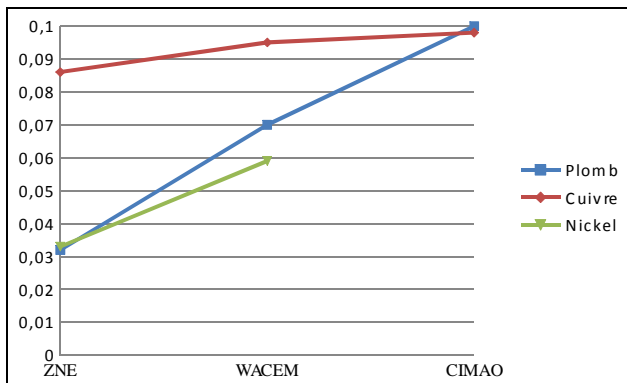


Figure 5 : Evolution des facteurs de pollution des sols en éléments traces métalliques

Les facteurs de pollution croissent proportionnellement aux teneurs moyennes des éléments traces métalliques (figures 4 et 5). Cette

augmentation rend compte d'une contamination de la zone par ces éléments.

2.5. Contamination des sols par les éléments traces métalliques

La contamination d'un sol est l'augmentation de la teneur d'un élément suite à une activité anthropique par rapport à l'état initial de ce sol. Lorsque cette contamination dépasse un niveau élevé donné (seuil de pollution), on parle de pollution d'un sol (Figure 6).

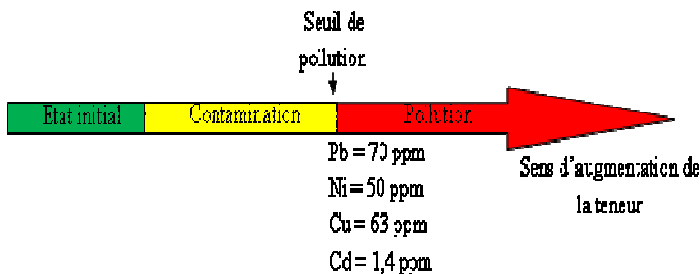


Figure 6 : Schéma expliquant la contamination et la pollution d'un sol par un élément trace métallique

Les résultats d'analyse des éléments traces métalliques ont révélé que les sols du secteur d'investigation ne sont pas pollués par ces éléments, selon la norme CCME. Mais ceux-ci sont contaminés par ces dits éléments étant donné que leurs teneurs n'atteignent pas le seuil de pollution. Les travaux de Tebié (2012) ont porté uniquement sur le plomb et le cadmium. Ceux-ci ont révélé des concentrations de plomb de 107, 6 ppm dans la zone à exploiter par la société SCANTOGO correspondant à la zone non exploitée. Ils ont également montré une concentration en plomb de 114 ppm dans la zone WACEM. Par contre les résultats du présent travail ont révélé une concentration moyenne de 2,225 ppm en plomb dans la zone non exploitée. Ils ont également révélé une concentration moyenne en plomb de 4,927 ppm dans la zone WACEM et de 6,978 ppm dans la zone CIMAO (figure 7). D'après les résultats de Tebié et selon la norme CCME, les sols du secteur d'étude sont pollués par les éléments métalliques. Les facteurs de pollution obtenus par cet

auteur sont de 1,54 dans la zone non exploitée et de 1,63 dans la zone WACEM. Selon lui, il y a donc une augmentation des teneurs des éléments traces métalliques dans le sol suite à l'exploitation ; ceci indique que ces sols miniers sont pollués. Les résultats de la présente étude donnent des teneurs en éléments traces métalliques inférieures à celles de Tebié. Cet écart entre les résultats serait dû à un mauvais échantillonnage des sols. Ces résultats laissent penser que la contamination varie selon les sites. L'échantillonnage aurait donc été effectué dans les sites moins contaminés. El Hachimi *et al.*, 2014 ont abouti à la même conclusion concernant la contamination des sols miniers de Aouli-Mibladen-Zeïda au Maroc. Ceux-ci ont fait la comparaison de la contamination de trois sites miniers et ont observé la variabilité des teneurs en métaux entes les sols de ces trois sites.

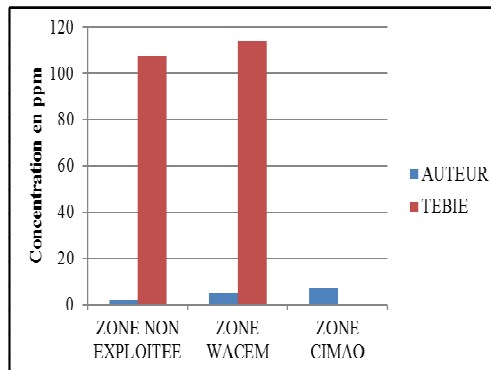


Figure 7 : Comparaison des résultats d'analyse du plomb avec ceux de TEBIE

Les résultats ont révélé des concentrations en cadmium inférieur au seuil de détection de l'appareil (0,0005 ppm). Ces résultats sont certes différents de ceux obtenus par Tebié qui ont montré plutôt des concentrations en cadmium de 7,25 ppm dans la zone de SCANTOGO et de 10 ppm dans la zone de WACEM. Ces valeurs sont nettement plus élevées. Il est constaté dans ces résultats une élévation (augmentation) de la concentration en cadmium dans la zone exploitée. Selon la norme CCME (seuil fixé à 1,4 ppm), les



résultats de cet auteur montrent que les deux zones sont polluées par le cadmium.

Il ressort, par contre, de la présente étude que les sols ne sont pas pollués par les éléments traces métalliques analysés notamment le cadmium, le plomb, le cuivre et le nickel, selon la norme CCME. Mais il est constaté une contamination de la zone par le plomb, le cuivre et le nickel dont les quantités moyennes augmentent de la zone non exploitée vers les zones WACEM et CIMAO. Quant au cadmium ses quantités sont partout inférieures au seuil de détection de l'appareil.

CONCLUSION

La présente étude a permis de ressortir le niveau de pollution et de contamination des sols de la carrière de calcaire de Tabligbo (Sud-Togo). Les résultats ont révélé une contamination de la zone d'étude par les éléments traces métalliques tels que le plomb, le cuivre et le nickel. Par contre, l'analyse du cadmium a indiqué des quantités inférieures au seuil de détection de l'appareil (0,0005 ppm). Mais la zone n'est pas polluée par ces différents éléments traces métalliques selon la norme CCME qui fixe le seuil de pollution des sols à 70 ppm. Il est alors impérieux que les autorités en charge de la protection de l'environnement et les responsables de ladite carrière prennent des mesures afin d'éviter la pollution future et probable des sols dans le milieu. Il convient ainsi de revoir le type d'énergie utilisée (réduire l'utilisation du charbon industriel, etc.) et les sources d'émissions ou de libération des éléments traces métalliques.

REFERENCES

1. Académie des Sciences, 1998. Contamination des sols par les éléments en trace : les risques et leur gestion. *Rapport n° 42. Tec & Doc, Lavoisier*, France, 79p.
2. Affaton P., Sougy J. & Trompette R., 1980. The Tectono-stratigraphic relationship between the upper Precambrian and Lower Palaeozoic Volta basin and the Pan-African Dahomeyides orogenics belt (West Africa). *Am. J. Sci.*, 280, pp. 227-248.



- AFNOR, 2003. Qualité du sol. Détermination de la distribution granulométrique des particules de sol : NF X31-107. Propriétés physiques des sols, 20 p. Agbossoumondé Y., 2011. Les problèmes liés à l'extraction des ressources naturelles au togo:le cas des phosphates de Hahotoé-Kpogamé et des calcaires de Tabligbo au sud Togo. Rapport Wanep Togo 6 p.
3. Bliiefert C. et Perraud R., 2001. Chimie de l'Environnement. Air ; eau, sols, déchets. De Univ. Boeck, *Issy-les-Moulineaux*, pp 369-388.
 4. DGSCN, 2011. Quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitat : résultats définitifs. Togo, 57p.
 5. Djangbédja M., 2011. *Dynamiques végétales et stratégies de restauration dans les carrières abandonnées de phosphates et de calcaire au Sud du Togo*. Thèse, Univ. Lomé, 189p.
 6. EL Hachimi M.L., Fekhaoui M., EL Abidi A., RhoujattI A., 2014. Contamination des sols par les métaux lourds à partir de mines abandonnées : le cas des mines d'Aouli-Mibladen-Zeïda au Maroc. *Cah. Agric.*, Vol. 23(3) : 213-219.
 7. El Hachimi., L., M., El hanbali M., Fekhaoui M., Mouabdli A., El Founti L., Saïd N., 2015. Impact d'un site minier abandonné sur l'environnement : cas de la mine de Zeïda (Haute Moulouya, Maroc) *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Terre, n°27, 93-100.
 8. Ern H., 1979. Les divisions écologiques du Togo in Brunel et al. Flore analytique du Togo. *GTZ*, pp 9-18.
 9. François M, Li D, Dubourguier HC, Douay F.2002. Facteurs déterminants de la mobilité des métaux (Pb, Cd et Zn) dans les sols contaminés autour de deux usines métallurgiques du Nord de la France.Journées Nationales de l'Etude des sols, 22-24 octobre 2002, Orléans.
 10. Gnandi K, Tobschall HJ. 1999a. The pollution of marine sediments by trace elements in the coastal region of Togo caused by dumping of cadmium-rich phosphorite tailing into the sea. *Environmental Geology*, 38(1): 13-24.
 11. Jung M.C. 2001. Heavy metal contamination of soils and waters in and around the Imcheon Au-Ag mine, Korea. *Appl Geochem*; 16 : 1369-75.



12. Lee C.G., Chon H.T., Jung M.C., 2001. Heavy metal contamination in the vicinity of the Daduk AU-Ag-Pb-Zn mine in Korea. *Lied Geochemistry*, Vol. 16 : 1377-1386.
13. Navarro MC, Perez-Sirvent C, Martinez-Sanchez MJ, Vidal J, Tovar PJ, Bech J. 2008. Abandoned minesites as a source of contamination by heavy metals: A case study in a semi-arid zone. *J Geo-chem Explor*; 96 : 183-93
14. Smouni A., Ater M., Auguy F., Laplaze L., El Mzibri M., Berhada F., Filali-Maltouf A., Doumas P., 2010. Evaluation de la contamination par les éléments-traces métalliques dans une zone minière du Maroc oriental, *Cah Agric*, vol. 19, N° 4, juillet-août pp.273-279
15. Tebie E. A., 2012. *Contribution au suivi environnemental du site du projet d'exploitation du calcaire au sud-est du Togo*. Mem. DEA, FDS. Univ. Lomé, Togo, 61p.
16. Viala A. et Grimaldi F., 2005. *Eléments de toxicologie*. 2^{ème} édition *Tec & Doc*. Lavoisier, Paris, France. pp 245-251.