



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Evaluation des teneurs en éléments traces métalliques des sols soumis à l'apport des déchets urbains solides

Lambiénoù YE^{1,2*}, Désiré Jean Pascal LOMPO^{1,2}, Aboubakar SAKO¹ et Hassan Bismarck NACRO²

¹ Université de Dédougou, BP 176, Dédougou, Burkina Faso.

² Laboratoire d'Etudes et de Recherche sur la Fertilité du sol (LERF), IDR, Université Nazi BONI, BP 1091, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

* Auteur correspondant, E-mail : ylambienou@yahoo.fr, BP 176 Dédougou, Burkina Faso.

Received: 16-10-2020

Accepted: 26-12-2020

Published: 31-12-2020

RESUME

D'importantes quantités de déchets urbains solides (DUS), renfermant parfois des éléments traces métalliques (ETM), sont utilisées pour fertiliser les sols agricoles. Le but de cette étude est d'évaluer les concentrations en ETM des sols péri-urbains de la ville de Bobo-Dioulasso soumis à l'épandage des DUS. Des échantillons composites de sols ont été prélevés, suivant les horizons 0-20 cm, 20-40 cm et 40-60 cm, sur quatorze sites dans la forêt classée de Dindéréso située à la périphérie de la ville de Bobo-Dioulasso. L'analyse des échantillons de sol a été effectuée par spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP/MS). Les résultats montrent que les concentrations en Cd, Cr, Cu, Ni, Pb et Zn des sols sont très variées. Elles varient en fonction de l'ETM, du site et de l'horizon du sol. Les concentrations des différents ETM dans les sols sont inférieures aux valeurs limites sur tous les sites. L'index de pollution de chaque site est inférieur à 1, quel que soit l'horizon de sol, suggérant ainsi que les sites de la zone ne font pas l'objet d'une contamination multiple de leurs sols par les ETM.

© 2020 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Eléments traces métalliques, sols agricoles, déchets urbains solides, contamination, Burkina Faso.

Evaluation of trace metal content in soils subjected to inputs of solid urban wastes

ABSTRACT

Large amounts of solid urban waste (SUW), sometimes containing trace metal (TM), are used to fertilize agricultural soils. The aim of this study was to assess concentrations of TM in peri-urban agricultural soils exposed to SUW inputs around Bobo-Dioulasso. Composite samples of fourteen soil profiles (0-20 cm, 20-40 cm and 40-60 cm) were collected in the classified Dindéréso forest in the outskirts of Bobo-Dioulasso. Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP/MS) was used to analyze TM concentrations in the samples. Concentrations of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn varied broadly according to the sampling sites and soil horizons.

© 2020 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i9.31>

8708-IJBACS

The maximum concentrations of the analyzed elements in all sites were lower than the limit concentrations. Regardless soil horizons, the pollution index were less than 1, suggesting that the sampled soils were not subject to multiple contaminations of TM.

© 2020 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Trace metal, agricultural soils, solid urban wastes, contamination, Burkina Faso.

INTRODUCTION

Au cours des dernières décennies, on assiste à un développement accentué des villes des pays du sud. Au Burkina Faso, comme dans tous les pays, la croissance démographique, accompagnée du développement d'importantes activités humaines, ont provoqué une prolifération des déchets de toutes sortes dont la gestion et la valorisation constituent le problème majeur pour les autorités et même pour tous les citoyens. Cette importante quantité des déchets produits est rejetée dans l'espace urbain qui est constitué des dépôts sauvages, des décharges, des rues, des sols agricoles urbains et péri-urbains, etc. En effet, les déchets urbains solides, de nature très variable, sont beaucoup utilisés en agriculture urbaine et péri-urbaine pour le maintien de la fertilité des sols. Seules les ordures enfouies sont perdues pour l'agriculture urbaine et péri-urbaine dans l'immédiat (Kessler, 2004). Ces ordures, triées ou non, sont donc ramassées et épandues dans les parcelles cultivées. C'est ainsi que d'énormes quantités de déchets urbains sont apportées par les agro-forestiers dans la forêt classée de Dindéréso comme amendements organiques sans traitements préalables afin d'améliorer et/ou de maintenir la fertilité des sols des parcelles qu'ils exploitent. Par ailleurs, les déchets sont apportés également sur les sols de la forêt par les eaux de ruissellement en provenance de la ville de Bobo-Dioulasso. Il faudrait noter que les déchets urbains solides constituent un gisement de matières organiques (Farinet et Niang, 2004 ; Yé, 2007). Ils contiennent des teneurs très élevées de matières organiques fraîches et transitoires précurseurs de l'humus et contiennent également des composés

minéraux sous diverses formes, qui peuvent contribuer à la fertilisation des sols et accroître donc les rendements des cultures (Mbouaka Makelet, 2000). De ce fait, les déchets urbains solides présentent donc un intérêt agronomique certain. Si l'utilisation des déchets sur les sols agricoles permet le recyclage de la matière organique et de certains éléments nutritifs au profit des végétaux, leur emploi serait cependant limité du fait des risques liés à leur teneur en éléments indésirables. En effet, les études réalisées sur les déchets solides, de la ville de Bobo-Dioulasso et ailleurs, ont montré que ces déchets renferment parfois des éléments indésirables tels que les éléments traces métalliques (ETM) ou métaux lourds (Derek et Thea, 2003 ; Farinet et Niang, 2004 ; Yé, 2007) et les polluants organiques (Houot et al., 2001). Pour ce faire, les apports incontrôlés et réguliers des déchets renfermant des éléments traces métalliques (ETM) entraîneraient donc une accumulation de ces ETM dans les sols (Mbouaka Makelet, 2000 ; Hodomihou et al., 2016). La pollution des sols par les ETM pourrait également engendrer la contamination de la chaîne alimentaire via les produits végétaux, les eaux de boissons, etc. (Derek et Thea, 2003) mettant ainsi en danger la santé de la population. Face à cette problématique, la bonne gestion du sol demeure un enjeu capital de la protection des ressources naturelles et de la prévention de la pollution environnementale. C'est dans ce contexte que plusieurs études (Baize et al., 2006 ; Bur, 2008 ; Aduayi-Akue et Grandi, 2014 ; Yehouenou Azehoun Pazou et al., 2020) ont été réalisées dans le monde sur les concentrations et la mobilité des éléments traces métalliques dans le sol et dans les

produits végétaux. Si ailleurs les données sur les concentrations et la dispersion des ETM sont assez bien étayées, au Burkina Faso, particulièrement à Bobo-Dioulasso, la question des éléments traces métalliques dans les sols en général, et en particulier les sols agricoles péri-urbains, reste toujours posée. Et pourtant, la plupart des produits agricoles destinés à la consommation proviennent de ces sols. L'objectif de cette étude est de réaliser une évaluation préliminaire de la concentration en ETM des sols agricoles péri-urbains soumis à l'épandage des déchets urbains solides afin de mettre en exergue la contribution de ces déchets vis-à-vis de la contamination en ETM des sols.

MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

La zone d'étude est la Forêt Classée de Dindéréso. D'une superficie d'environ 8500 ha, cette forêt est située à l'Ouest de la ville de Bobo-Dioulasso. La forêt classée de Dindéréso est située entre le 11° et le 12° parallèle de latitude Nord et 4°10' et 4°30' de longitude Ouest. Le climat est de type sud-soudanien (Fontès et Guinko, 1995) caractérisé par deux saisons : une saison humide de mai à octobre et une saison sèche de novembre à avril. La zone est située entre les isohyètes 900 mm et 1200 mm. La température moyenne annuelle est de 28°C. L'ensemble des sols de la forêt repose sur des roches-mères d'origine sédimentaire (BUNASOLS, 1985). Les unités morphologiques rencontrées dans la forêt sont entre autres les buttes, les plateaux, les versants de raccordement, les glacis et les alluvions de bas-fond. Les principaux types de sols sont : les sols ferrugineux tropicaux lessivés modaux, les sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et à concrétions, les sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés, les sols peu évolués ; les sols à minéraux bruts. On note une dominance des sols ferrugineux tropicaux lessivés qui sont caractérisés par de faibles teneurs en matière organique, en azote, en phosphore et en magnésium (BUNASOLS, 1985 ; Yé, 2013 ; Yé et al., 2017). Le pH varie de 4,12 à 7,45

avec une moyenne de 5,34 (Yé, 2013). La végétation de la zone est de type sud-soudanien (Fontès et Guinko, 1995). Le massif forestier de la forêt renferme onze types de formations végétales (Coulibaly, 2003) qui sont : la forêt galerie, la forêt claire, la savane boisée, la savane arborée claire, la savane arborée dense, la savane arbustive claire, la savane arbustive dense, la savane herbeuse, les champs, les jachères et les plantations (*Anacardium occidentale*, *Eucalyptus camaldulensis* et *Tectona grandis*). Cette forêt est traversée par deux cours d'eau : le Kou et le Bingbébé.

Sites de prélèvement des sols

Après une tournée exploratoire suivie d'entretiens avec les agro-forestiers et les responsables des structures chargées de la gestion de la forêt, des sites (parcelles) ont été retenus pour l'étude, en fonction de la nature et de la quantité des déchets apportés sur ces derniers. Les sites ou points de prélèvement sont au total 14 dont douze (sites 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 et 14) à l'intérieur de la forêt et deux (sites 1 et 2) aux abords de la forêt. Les sites 1 et 2 sont situés à proximité d'anciennes décharges sauvages des déchets urbains. Les sites 3, 4 (parcelles de plantations d'*Eucalyptus camaldulensis*), 8 (parcelle de régénération naturelle assistée), 9, 10, 11, 12, 13 et 14 (parcelles de plantations d'*Anacardium occidentale*) sont les parcelles des agroforestiers qui utilisent d'importantes quantités de déchets urbains solides pour fertiliser les sols exploités dans la forêt. En plus des apports volontaires par les producteurs, les sites 12, 13 et 14 reçoivent d'importantes quantités de déchets apportés par les eaux de ruissellement provenant de la ville de Bobo-Dioulasso. Quant aux sites 5, 6 (parcelles réservées pour le pâturage du bétail) et 7 (plantation d'un mélange de *Ziziphus mauritiana* et d'*Adansonia digitata*), ce sont des sites qui ne reçoivent pas de déchets urbains solides et sont donc considérés comme des sites témoins.

Prélèvement et échantillonnage des sols

Sur chaque site, le prélèvement des sols a été effectué à l'aide d'une tarière en neufs points sur les diagonales et les médianes de la parcelle dans les horizons 0-20, 20-40 et 40-60 cm. Des échantillons composites ont ensuite été constitués par horizon pour la suite des travaux. Avec les trois horizons, on a donc eu trois échantillons composites par site et au total 42 échantillons composites pour les quatorze (14) sites de prélèvement.

Préparation et analyse des échantillons de sols

Les différents échantillons ont été séchés à l'air ambiant, broyés et tamisés par un tamis de 2 mm pour les analyses au laboratoire. L'extraction et le dosage des ETM dans les échantillons ont été réalisés par le laboratoire du Bureau des mines et de la géologie du Burkina (BUMIGEB) à Ouagadougou. La minéralisation des éléments traces métalliques (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) a été effectuée à chaud (sur une plaque chauffante pendant trois heures) à l'aide d'un mélange d'acide chlorhydrique, d'acide nitrique et d'acide fluorhydrique. L'analyse est effectuée par spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP/MS). Les résultats sont exprimés en mg /kg de poids sec du sol.

Index de pollution par les ETM des sols

L'index de pollution (IP) a été calculé afin de déterminer la toxicité des sols des différents sites de la zone. En effet, l'IP est un critère qui permet d'évaluer la toxicité globale d'un sol contaminé. Ainsi, il permet de mettre en exergue une contamination de type multiéléments dans les échantillons (Chon et al., 1998, Smouni et al., 2010). L'IP est calculé à partir de la moyenne des rapports des concentrations en métaux dans les échantillons de sol sur la base des valeurs directives limites (Chon et al., 1998). Ces valeurs limites correspondent aux niveaux tolérables des concentrations en métaux (ETM) dans le sol selon la norme AFNOR

U44-41 (Baize, 1994). L'IP est déterminé par la formule suivante: $IP = [(Cd/2 + Cr/150 + Cu/100 + Ni/50 + Pb/100 + Zn/300)/6]$; $IP > 1$ correspond à un sol pollué par plusieurs métaux.

Traitement statistique des données

L'analyse descriptive des données a été effectuée grâce au logiciel Microsoft Excel. Il s'est agi de déterminer les paramètres tels que la moyenne, l'écart -type, le maximum et le minimum de la concentration de chaque métal dans le sol.

RESULTATS

Teneurs en éléments traces métalliques des sols de la zone d'étude

Les résultats montrent que les valeurs moyennes des concentrations en éléments traces métalliques des sols varient en fonction de l'élément métallique et de l'horizon du sol (Tableau 1). Dans l'horizon 0-20 cm, les valeurs moyennes sont de 0,05 mg/kg pour le cadmium (Cd), de 5,67 mg/kg pour le chrome (Cr), de 10,93 mg/kg pour le cuivre (Cu), de 0,02 mg/kg pour le nickel (Ni), de 1,11 mg/kg pour le plomb (Pb) et de 40,57 mg/kg pour le zinc (Zn). Les teneurs moyennes sont de 0,01 mg/kg pour le Cd, de 4,65 mg/kg pour le Cr, de 11,57 mg/kg pour le Cu, de 0,05 mg/kg pour le Ni, de 0,99 mg/kg pour le Pb et de 23,07 mg/kg pour le Zn dans l'horizon 20-40 cm. Quant à l'horizon 40-60 cm, les teneurs moyennes sont de 1,79 mg/kg pour le Cr, de 11,43 mg/kg pour le Cu, de 0,02 mg/kg pour le Ni, de 01 mg/kg pour le Pb et de 27,14 mg/kg pour le Zn. Le Cd n'a pas été détecté dans cet horizon. Dans l'horizon 0-20 cm, la valeur moyenne la plus élevée est obtenue avec le Zn suivie par ordre décroissant de celles du Cu, Cr, Pb, Cd et Ni (tableau 1). Nous avons les mêmes tendances dans les horizons 20-40 cm et 40-60 cm mais la plus faible valeur moyenne est obtenue avec le Cd dans ces deux derniers horizons. Par ailleurs, les résultats montrent également que les valeurs moyennes des concentrations de ces ETM dans le sol sont plus élevées dans

l'horizon de surface que dans les horizons plus profonds, excepté pour le Cu et le Ni. Nos résultats montrent enfin que les valeurs maximales (tableau 1) des concentrations des six ETM (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb et Zn), dans tous les horizons des sols de la zone, sont inférieures aux valeurs limites admises par la norme française AFNOR U44-41.

Teneurs en éléments traces métalliques des sols en fonction des sites de prélèvement

Les résultats montrent que les teneurs en éléments traces métalliques des sols varient en fonction des éléments traces métalliques, des sites et des horizons de prélèvement (Tableaux 2, 3 et 4). Dans l'horizon 0-20 cm (tableau 2), le cadmium (Cd) et le nickel (Ni) n'ont été déterminés que, respectivement, dans les sols des sites 8 (Cd : 0,07 mg/kg) et 13 (Ni : 0,03 mg/kg). La gamme des teneurs s'étend de 0 à 33 mg/kg pour le chrome (Cr), de 0 à 31 mg/kg pour le cuivre (Cu), de 0 à 5,38 mg/kg pour le plomb (Pb), et de 14 à 112 mg/kg pour le Zinc (Zn). Dans l'horizon 20-40 cm (tableau 3), le Cd (0,1 mg/kg) n'a été détecté qu'au niveau du site 8. Pour les autres éléments, les valeurs de leurs concentrations dans le sol varient de 0 à 37 mg/kg pour le Cr, de 0 à 0,3 mg/kg pour le Ni, de 0 à 4,9 mg/kg pour le Pb et de 6 à 61 mg/kg pour le Zn. Enfin, dans

l'horizon 40-60 cm (tableau 4), sur tous les sites, le Cd n'a pas été détecté. Le Ni (0,03 mg/kg) n'a été détecté que dans le sol du site 4. Quant aux autres éléments traces métalliques, les valeurs de leurs concentrations dans le sol varient de 0 à 9 mg/kg pour le Cr, de 0 à 22 mg/kg pour le Cu, de 0 à 4,22 mg/kg pour le Pb et de 12 à 51 pour le Zn. Parmi les six éléments (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb et Zn), le Zn est le seul élément qui a été détecté sur tous les sites et dans les trois horizons de chaque site. Le Cu a été également détecté sur tous les sites, excepté sur le site 8. Dans l'ensemble, Les résultats montrent que les concentrations maximales en ETM (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb et Zn) dans les sols de tous les sites sont inférieures aux valeurs limites de la norme AFNOR U44-41, quel que soit l'horizon.

Index de pollution par les éléments traces métalliques dans les sols

Les résultats montrent que les valeurs de l'index de pollution (IP) varient, dans l'horizon 0-20 cm, de 0,02 à 0,12 en fonction des sites (tableau 5). Dans l'horizon 20-40 cm, les valeurs de l'IP varient de 0,01 à 0,08. Enfin, dans l'horizon 40-60 cm, les valeurs de l'IP varient de 0,01 à 0,06. Tous les sites de prélèvement ont des valeurs d'IP inférieures à 1.

Tableau 1 : Concentrations en éléments traces métalliques (en mg/kg) des sols de la zone d'étude.

ETM	Horizon 0-20 cm				Horizon 20-40 cm				Horizon 40-60 cm				Valeurs limites*
	Min	Max	Moy	ET	Min	Max	Moy	ET	Min	Max	Moy	ET	
Cd	0	0,70	0,05	±0,19	0	0,10	0,01	±0,03	0	0	0	±0	2
Cr	0	33	5,67	±10,73	0	37	4,65	±10,51	0	9	1,79	±3,26	150
Cu	0	31	10,93	±8,02	0	22	11,57	±7	0	22	11,43	±7,31	100
Ni	0	0,30	0,02	±0,08	0	0,30	0,05	±0,10	0	0,30	0,02	±0,08	50
Pb	0	5,38	1,11	±1,72	0	4,90	0,99	±1,50	0	4,22	01	±1,41	100
Zn	14	112	40,57	±27,96	6	61	23,07	±14,55	12	51	27,14	±11,55	300

ETM (éléments traces métalliques) ; Cd (cadmium) ; Cr (chrome) ; Cu (cuivre) ; Ni (nickel) ; Pb (plomb) ; Zn (zinc) ; Min (minimale) ; Max (maximale) ; Moy (moyenne) et ET (écart-type). * Valeurs limites selon la norme AFNOR U44-41

Tableau 2 : Teneurs en éléments traces métalliques (en mg/kg) des sols dans l'horizon 0-20 cm en fonction des sites.

Sites	Horizon (cm)	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
1	0-20	0	0	11	0	0	37
2	0-20	0	0,40	18	0	0	69
3	0-20	0	0	15	0	1,73	20
4	0-20	0	33	1	0	0	38
5	0-20	0	0	11	0	0	24
6	0-20	0	2	8	0	4,03	23
7	0-20	0	0	10	0	0	36
8	0-20	0,70	19	0	0	0	27
9	0-20	0	0	1	0	0	25
10	0-20	0	3	11	0	0	17
11	0-20	0	0	7	0	1,82	14
12	0-20	0	0	14	0	5,38	112
13	0-20	0	22	31	0,30	1,90	79
14	0-20	0	0	15	0	0,74	47
Valeurs limites*	-	2	150	100	50	100	300

Cd (cadmium) ; Cr (chrome) ; Cu (cuivre) ; Ni (nickel) ; Pb (plomb) et Zn (zinc). *Valeurs limites selon la norme AFNOR U44-41

Tableau 3 : Teneurs en éléments traces métalliques (en mg/kg) des sols dans l'horizon 20-40 cm en fonction des sites.

Sites	Horizon (cm)	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
1	20-40	0	0	4	0	0,19	14
2	20-40	0	0	21	0	3,07	31
3	20-40	0	0	18	0	1,73	6
4	20-40	0	12	22	0	0	35
5	20-40	0	0,80	1	0,30	0	17
6	20-40	0	15	11	0	0,24	11
7	20-40	0	0	11	0,20	0	37
8	20-40	0,10	0	0	0	0	19
9	20-40	0	0,20	15	0	0	14
10	20-40	0	0	7	0	0	8
11	20-40	0	0,10	11	0,20	2,4	19
12	20-40	0	0	8	0	4,9	61
13	20-40	0	37	16	0	0,74	24
14	20-40	0	0	17	0	0,63	27
Valeurs limites*	-	2	150	100	50	100	300

Cd (cadmium) ; Cr (chrome) ; Cu (cuivre) ; Ni (nickel) ; Pb (plomb) et Zn (zinc). *Valeurs limites selon la norme AFNOR U44-41

Tableau 4 : Teneurs en éléments traces métalliques (en mg/kg) des sols dans l’horizon 40-60 cm en fonction des sites.

Sites	Horizon (cm)	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
1	40-60	0	0	18	0	0,77	12
2	40-60	0	0	22	0	1,92	29
3	40-60	0	0	8	0	2,30	27
4	40-60	0	9	21	0,30	0	33
5	40-60	0	0	2	0	0	16
6	40-60	0	4	21	0	0,37	43
7	40-60	0	1	14	0	0	34
8	40-60	0	0	0	0	0	20
9	40-60	0	0	2	0	0	39
10	40-60	0	2	11	0	0	21
11	40-60	0	0	7	0	3,46	21
12	40-60	0	0	10	0	4,22	51
13	40-60	0	0	10	0	0,53	18
14	40-60	0	9	14	0	0,37	16
Valeurs limites*	-	2	150	100	50	100	300

Cd (cadmium) ; Cr (chrome) ; Cu (cuivre) ; Ni (nickel) ; Pb (plomb) et Zn (zinc). *Valeurs limites selon la norme AFNOR U44-41

Tableau 5 : index de pollution (IP) par les ETM dans les sols des différents sites.

Sites	IP (horizon 0-20 cm)	IP (horizon 20-40 cm)	IP (horizon 40-60 cm)
1	0,04	0,01	0,04
2	0,07	0,06	0,06
3	0,04	0,04	0,03
4	0,06	0,07	0,06
5	0,03	0,01	0,01
6	0,04	0,04	0,06
7	0,04	0,04	0,04
8	0,09	0,02	0,01
9	0,02	0,03	0,03
10	0,03	0,02	0,03
11	0,02	0,03	0,03
12	0,09	0,06	0,05
13	0,12	0,08	0,03
14	0,05	0,04	0,04

DISCUSSION

Les résultats montrent que les valeurs moyennes des concentrations en éléments traces métalliques des sols varient en fonction de l'élément métallique. Ces résultats sont comparables à ceux de plusieurs auteurs (Baize, 2000, 2009; Mench et Baize, 2004 ; Kao et al., 2007 ; Smouni et al., 2010 ; Kouakou et al., 2019; Tankari Dan-Badjo et al., 2013, 2014 ; Ekengele Nga et al., 2016 ; Hodomihou et al., 2016) qui ont montré que les teneurs totales en éléments traces métalliques (ETM) des sols varient en fonction du type de sol, de l'élément métallique et des sources de contamination (les produits fertilisants, les produits phytosanitaires, les retombées atmosphériques). Zn est l'élément métallique qui a les concentrations (maximales et moyennes) les plus élevées dans les sols de la zone. Des valeurs élevées de concentrations du Zn dans les sols, comparativement aux autres éléments, ont été également rapportées par de nombreux auteurs (Baize 2000 ; Baize et al., 2006 ; Tankari Dan-Badjo et al., 2013, 2014).

Quel que soit l'élément considéré, les résultats montrent que les teneurs varient en fonction des horizons. La variation entre horizons, au sein d'un même sol sans aucune contamination anthropique, pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs notamment la différenciation texturale, le pH, la teneur en matière organique et la teneur en fer et/ou en manganèse (Baize, 2000 ; Baize et al., 2006). Les résultats montrent également que les valeurs moyennes des concentrations de ces éléments dans le sol sont plus élevées dans l'horizon de surface que dans les horizons plus profonds, excepté pour le Cu et le Ni. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus dans les sols par certains auteurs (Kao et al., 2007 ; Hodomihou et al., 2016) qui ont également montré que les teneurs en ETM des horizons de surface des sols sont plus élevées que celles des horizons profonds. Les teneurs élevées en ETM (Cd, Cr, Pb et Zn) dans les couches superficielles des sols pourraient être liées à une contamination anthropique. En effet,

certaines activités anthropiques (apport d'intrants agricoles, exploitation minière, industries, etc.) conduit à une contamination et à une accumulation des ETM dans les couches superficielles du sol (Baize et al., 2006 ; Kao et al., 2007 ; Ekengele Nga et al., 2016 ; Hodomihou et al., 2016). Quant aux teneurs moyennes élevées du Cu et du Ni dans les couches profondes, cela suggère leur origine naturelle dans ces sols. Par ailleurs, les valeurs maximales des concentrations des différents éléments dans les sols de la zone d'étude restent faibles comparativement à celles obtenues dans certains types de sols notamment en France (Baize, 2000 ; Mench et Baize, 2004) ; au Niger (Tankari Dan-Badjo et al., 2013) et au Maroc (Smouni et al., 2010).

Les résultats montrent que les teneurs en éléments traces métalliques des sols varient en fonction des sites de prélèvement. Ces résultats sont conformes à ceux de nombreux auteurs (Baize et al., 2006 ; Kao et al., 2007 ; Smouni et al., 2010 ; Tankari Dan-Badjo et al., 2013, 2014 ; Ekengele Nga et al., 2016 ; Hodomihou et al., 2016) qui ont montré que les concentrations en ETM des sols varient en fonction de l'élément métallique, des sites de prélèvement et, pour un même type de sol, d'un horizon à un autre.

A défaut de normes nationales sur les teneurs en éléments traces métalliques dans les sols Burkinabè, les valeurs des concentrations obtenues ont été donc comparées aux valeurs limites de la norme française AFNOR U44-41. Les résultats indiquent que les valeurs (maximales et moyennes) des concentrations en ETM (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb et Zn) dans les sols de tous les sites de la zone sont inférieures aux valeurs limites de cette norme, quel que soit l'horizon. En plus, tous les sites de prélèvement ont des valeurs d'IP inférieures à 1 dans les trois horizons suggérant ainsi qu'il n'y a pas eu de contamination multiple de leurs sols par les ETM. Contrairement à nos résultats, des IP supérieurs à 1 ont été obtenus sur des sols des zones urbaines et périurbaines (Tankari Dan-Badjo et al., 2013) et des zones minières

(Smouni et al., 2010). Les résultats obtenus suggèrent donc que les sols des différents sites de la zone sont relativement de bonne qualité même si les sites 4, 8, 11, 12, 13 et 14, qui sont des sites ayant reçus régulièrement les déchets urbains solides pendant plusieurs années, semblent présenter, en fonction des ETM, des teneurs relativement élevées comparativement aux autres sites. Cependant, des précautions doivent être prises car l'apport de ces déchets renfermant des ETM (Yé, 2007, Agueh et al., 2015) pourrait entraîner une accumulation de ces derniers dans les couches superficielles des sols (Baize et al., 2006) et, par conséquent, une contamination des produits agricoles (Agueh et al., 2015).

Conclusion

Cette étude avait pour objectif l'évaluation préliminaire de la concentration en éléments traces métalliques (ETM) dans les sols agricoles péri-urbains de la ville de Bobo-Dioulasso soumis à l'épandage des déchets urbains solides afin de mettre en exergue la contribution de ces déchets vis-à-vis de la contamination en ETM des sols. Les résultats obtenus montrent que les valeurs des concentrations en ETM des sols sont très variées. Elles varient en fonction de l'élément métallique, du site de prélèvement et d'un horizon à un autre au sein d'un même type de sol. Les résultats montrent également que les valeurs maximales des concentrations des différents éléments métalliques dans les sols sont inférieures aux valeurs limites sur tous les sites de prélèvement. Par ailleurs, l'index de pollution de chaque site est inférieur à 1, quel que soit l'horizon de sol (0-20 cm, 20-40 cm et 40-60 cm) considéré. Cela suggère donc que les sites de la zone ne font pas l'objet d'une contamination multiple de leurs sols par les ETM. Par conséquent, les sols de cette partie de la forêt classée de Dindéréso peuvent être considérés comme des sols ayant une qualité relativement bonne en termes de teneurs en ETM. Cependant, la prise de certaines précautions (suivi de l'évolution des concentrations en ETM des sols, limiter l'apport des déchets renfermant

les ETM, utilisation des composts de déchets préalablement triés, etc.) s'avère nécessaire car l'apport régulier des déchets urbains renfermant des ETM, même à des concentrations acceptables, pourrait conduire à une accumulation de ces ETM dans les sols à long terme. Des études plus approfondies sur l'accumulation, la mobilité et la biodisponibilité des ETM dans les sols sont donc à envisager.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent sur l'honneur l'absence de tout conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Tous les auteurs ont contribué à l'œuvre présentée. LY a réalisé les travaux de terrain. LY, DJPL, AS et HBN ont conçu l'échantillonnage, interprété les résultats et ont été impliqués dans la rédaction du manuscrit. Ils ont tous approuvé la version finale du manuscrit.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les laboratoires du BUMIGEB et du GRN/INERA-Farako-bâ pour les différentes analyses des sols. Nous remercions également Monsieur Ouattara Amoro pour la préparation et la conduite des analyses des sols.

REFERENCES

- Aduayi-Akue AA, Grandi K. 2014. Evaluation de la pollution par les métaux lourds des sols et de la variété locale du maïs *Zea mays* dans la zone de traitement des phosphates de Kpémé (Sud du Togo). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **8**(5): 2347-2355. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i5.37>.
- Agueh V, Degbey CC, Sossa-Jerome C, Adomahou D, Paraiso MN, Vissoh S, Makoutode M, Fayomi B. 2015. Niveau de contamination des produits maraîchers par les substances toxiques sur le site de Houéyihou au Bénin. *Int. J. Biol. Chem.*

- Sci., **9**(1): 542-551. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i1.46>
- Baize D. 1994. Teneurs totales en métaux lourds dans les sols français. Premiers résultats du programme ASPITET. *Courrier de l'Environnement de l'INRA*, **22**: 31-46.
- Baize D. 2000. Teneurs totales en " métaux lourds " dans les sols français, résultats généraux du programme ASPITET. *Courrier de l'Environnement de l'INRA*, **39** : 39-54.
- Baize D. 2009. Éléments traces dans les sols. Fonds géochimiques, fonds pédogéochimiques naturels et teneurs agricoles habituelles : définitions et utilités. *Courrier de l'Environnement de l'INRA*, **57** : 63-72.
- Baize D, Saby N, Deslais W, Bispo A, Feix I. 2006. Analyses totales et pseudo-totales d'éléments en traces dans les sols. Principaux résultats et enseignements d'une collecte nationale. *Etude et Gestion des Sols*, **13** (3) : 181-200.
- BUNASOLS. 1985. Etude pédologique de la forêt classée de Dindéréso, province du Houet, échelle 1:120000, Ministère de l'Agriculture et de l'élevage. Rapport Bunasols.
- Bur T. 2008. Impact anthropique sur les éléments traces métalliques dans les sols agricoles de Midi-pyrénées. Implications en termes de limites et de charges critiques. Thèse de doctorat, Université de Toulouse, Toulouse, 374p.
- Chon H, Ahn J, Jung MC. 1998. Seasonal variations and chemical forms of heavy metals in soil and dusts from the satellite cities of Seoul, Korea. *Environmental Geochemistry and Health*, **20**: 77-86. DOI : <https://doi.org/10.1023/A:1006593708464>
- Coulibaly S. 2003. Résultat du traitement des données de l'inventaire forestier réalisé dans la forêt classée de Dindéréso. Rapport BKF07-PAFDK/Burkina Faso, 41p.
- Derek E, Thea H. 2003. Opportunities for managing solid waste flows in the peri-urban interface of Bamako and Ouagadougou. *Environment & Urbanization*, **15** (1): 53- 63.
- Ekengele Nga L, Mabrey Sadjó S, Zo'o Zame P. 2016. Evaluation de la contamination métallique des sols exposés à l'incinération des pneus d'automobiles dans la ville de Ngaoundéré (Cameroun). *J. Mater. Environ. Sci.*, **7**(12) : 4633-4645.
- Farinet J, Niang S. 2004. Le recyclage des déchets et effluents dans l'agriculture urbaine. In *Développement Durable de l'Agriculture Urbaine en Afrique Francophone : Enjeux, Concepts et Méthodes*, Smith OB, Moustier P, Mougeot LJA, Abdou F (eds). CIRAD : Montpellier ; 143-172.
- Fontès J, Guinko S. 1995. Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso : notice explicative. Institut de la carte internationale de la végétation, UMR 9964 du CNRS, Université Paul Sabatier de Toulouse, France, (2) leaves, 67 p. : maps ; 30 cm.
- Hodomihou NR, Feder F, Masse D, Agbossou KE, Amadji GL, Ndour-Badiane Y, Doelsch E. 2016. Diagnostic de contamination des agrosystèmes périurbains de Dakar par les éléments traces métalliques. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **20** (3) : 1-11.
- Houot S, Francou C, Vergé-Leviel C. 2001. Gestion de la maturité des composts : conséquences sur leur valeur agronomique et innocuité. In *les Nouveaux Défis de la Fertilisation Raisonnée*, Thévenet G, Joubert A (éds). GEMAS- COMIFER : Blois ; 173-182.
- Kao T, El Mejahed K, Bouzidi A. 2007. Evaluation de la pollution métallique dans les sols agricoles irrigués par les eaux usées de la ville de Settat (Maroc).

- Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Vie, **29** : 89-92.
- Kessler A. 2004. Aspects socio-économiques d'un compost phytosanitaire issu des ordures appliqué dans l'agriculture périurbaine en Afrique de l'ouest : une analyse comparative dans 5 villes. Thèse de doctorat, Université de Humboldt, Allemagne, 257 p.
- Kouakou KJ, Gogbeu SJ, Sika AE, Yao KB, Bounakhla M, Zahry F, Tahri M, Dogbo DO, Bekro YA. 2019. Caractérisation physico-chimique des horizons de surface de sols à maraîchers dans la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **13**(2): 1193-1200. DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i2.47>
- Mbouaka Makelet E. 2000. Etude de l'efficacité agronomique des composts d'ordures ménagères au Burkina Faso : cas de la ville de Ouagadougou. Mémoire d'ingénieur, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 96p.
- Mench M, Baize D. 2004. Contamination des sols et de nos aliments d'origine végétale par les éléments en traces. Mesures pour réduire l'exposition. *Courrier de l'Environnement de l'INRA*, **52** : 31-56.
- Smouni A, Ater M, Auguy F, Laplaze L, El Mzibri M, Berhada F, Doumas P. 2010. Évaluation de la contamination par les éléments-traces métalliques dans une zone minière du Maroc oriental. *Cahiers Agricultures*, **19** (4) : 273-279.
- Tankari dan-badjo A, Guéro Y, Dan Lamso N, Tidjani AD, Ambouta JMK, Feidt C, Sterckeman T, Echevarria G. 2013. Evaluation de la contamination des sols par les éléments traces métalliques dans les zones urbaines et périurbaines de la ville de Niamey (Niger). *Revue des BioRessources*, **3**(2): 82-95.
- Tankari dan-badjo A, Guéro Y, Dan Lamso N, Zakaria Ibrahim O, Ambouta JMK, Feidt C, Echevarria G, Sterckeman T. 2014. Spatialisation de la pollution par les éléments traces métalliques des sols de la vallée de Gounti Yena, Niamey. *Annales de l'Université Abdou Moumouni*, Tome **XVII-A** : 179-191.
- YE L. 2007. Caractérisation des déchets urbains solides utilisables en agricultures urbaine et périurbaine : cas de Bobo-Dioulasso. Mémoire de DEA, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 48p.
- Yé L. 2013. Stratégies des Graminées pour le recyclage des nutriments et herbivorie. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie – Paris VI, France, 138p.
- Yé L, Lata JC, Masse D, Nacro HB, Kissou R, Diallo NH, Barot S. 2017. Contrasted effects of annual and perennial grasses on soil chemical and biological characteristics of a grazed Sudanian savanna. *Applied Soil Ecology*, **113**: 155-165. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.02.003>.
- Yehouenou Azehoun Pazou E, Azehoun Pazou J, Adamou MR. 2020. Dosage des métaux lourds dans le sol et les produits maraîchers du site maraîcher de Houéyiho au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **14**(5): 1893-1901. DOI : <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i5.31>.