

Diagnostic des dangers liés à l'usage des sites de dépotoirs d'ordures et d'eaux usées en agriculture urbaine à l'Ouest du Burkina Faso

Issaka SENOU^{1,2*}, Mamadou TRAORE³, Zacharia GNANKAMBARY⁴, Hassan Bismarck NACRO³ et Antoine Namwinyoh SOME¹

¹ *Université de Nazi BONI, Institut du Développement Rural (IDR), Laboratoire des Systèmes Naturels, des Agrosystèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement (SyNAIE), Bobo-Dioulasso, BP 1091, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso*

² *Université de Dedougou, Institut des Sciences de l'Environnement et du Développement Rural, BP 176, Dédougou, Burkina Faso*

³ *Université Nazi BONI, Institut du Développement Rural (IDR), Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité du Sol (LERF), BP 1091, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso*

⁴ *Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Laboratoire Sol-Eau-Plante, BP 8645, Ouagadougou, Burkina Faso*

* Correspondance, courriel : issakasenou@gmail.com

Résumé

La croissance rapide de la population entraîne un besoin croissant en produits alimentaires et une production importante de déchets. Utilisés souvent sans précaution préalable, comme fertilisants en agriculture, ces déchets pourraient comporter des risques sanitaires et environnementaux. La présente étude a été initiée pour montrer les risques liés à l'usage des dépotoirs d'ordures en agriculture urbaine dans la ville de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso. Pour ce faire, un inventaire des différents déchets susceptibles de provoquer des nuisances d'ordre sanitaire et/ou environnemental a été réalisé. Il a consisté à identifier les dangers associés aux déchets par une démarche déductive. Cette démarche comprend deux étapes. La première étape a été d'attribuer un code de la liste des déchets du Catalogue Européen des Déchets (CED) en utilisant le logogramme de précédé de classification des déchets. La seconde a été l'évaluation des propriétés de danger. Le dispositif a consisté à la réalisation des placettes carrées de 2500 m² (50 m sur 50 m). Dans chaque placette, cinq zones d'observation de 100 m² (10 m sur 10 m) ont été délimitées sur les quatre côtés et le centre du dispositif. Une analyse de la teneur en métaux lourds (cadmium, cuivre, plomb et zinc) des sols des dépotoirs d'ordures a été effectuée au laboratoire du service géologique national du Bureau des Mines et de la Géologie du Burkina (BUMIGEB) par la méthode de spectromètre à flamme. Cette méthode utilise un appareil qui permet une analyse multi-éléments rapide et précise de l'échantillon en solution. Les résultats montrent que les types de dangers identifiés sont d'ordre biologique, chimique et physique et comportent d'énormes risques pour la santé humaine et l'environnement. L'analyse du sol révèle des teneurs élevées en métaux lourds. Les teneurs moyennes en cadmium sur les sites de Dogona (11,8 mg/kg), de Kodené (12,58 mg/kg) et de Kuinima (12,93 mg/kg) sont au-dessus des normes de pollution des sols agricoles au Burkina.

Mots-clés : *risque sanitaire et environnemental, dépotoir d'ordure, eaux usées, agriculture urbaine, Bobo-Dioulasso.*

Abstract

Diagnosis of the dangers linked to the use of garbage dumps and wastewater sites in urban agriculture in West Burkina Faso

The rapid growth of the population leads to an increasing need for food products and a significant production of waste. Often used without precaution, as fertilizers in agriculture, this waste could involve health and environmental risks. This study was initiated to show the risks associated with the use of garbage dumps in urban agriculture in the city of Bobo-Dioulasso in Burkina Faso. To do this, an inventory of the different wastes likely to cause health and / or environmental nuisances was carried out. It consisted in identifying the dangers associated with waste using a deductive approach. This approach has two stages. The first step was to assign a code from the list of wastes in the European Waste Catalog (EDC) using the waste classification precedent logogram. The second was the evaluation of the hazard properties. The system consisted in producing 2500 m² square plots (50 m by 50 m). In each plot, five observation areas of 100 m² (10 m by 10 m) were delimited on the four sides and the center of the device. An analysis of the content of heavy metals (cadmium, copper, lead and zinc) in the soil of garbage dumps was carried out at the laboratory of the national geological service of the Bureau of Mines and Geology of Burkina (BUMIGEB) by the flame spectrometer method. This method uses a device that allows rapid and precise multi-element analysis of the sample in solution. The results show that the types of hazards identified are biological, chemical and physical and pose enormous risks to human health and the environment. Analysis of the soil reveals high levels of heavy metals. Average cadmium contents at the Dogona (11.8 mg / kg), Kodené (12.58 mg / kg) and Kuinima (12.93 mg / kg) sites are above soil pollution standards farming in Burkina.

Keywords : *health and environmental risk, garbage dump, wastewater, urban agriculture, Bobo-Dioulasso.*

1. Introduction

Le rythme de croissance des villes des pays en développement n'a jamais été aussi effréné [1]. Il y a dix ans, 40 % environ de la population de ces pays, soit 2 milliards de personnes, vivaient dans des villes [1]. Toujours selon [1], plus de la moitié de la population du monde en développement, soit 3,5 milliards de personnes, sera concentrée dans les villes d'ici 2025. Durant ces deux dernières décennies, elles ont connu, en général et d'une manière plus ou moins accentuée, un développement urbain accéléré. L'Afrique de l'Ouest est la région du continent dont la population s'urbanise le plus rapidement après l'Afrique de l'Est, avec un taux de croissance urbaine respectif de 4,3 et 4,6 % en 2015 [2]. Dans bon nombre de ces villes africaines, la croissance de la population urbaine n'est pas due à l'essor économique, mais à des taux de natalité élevés et à l'afflux massif de ruraux qui cherchent à échapper à la faim, la pauvreté et l'insécurité [1]. Par ailleurs, l'urbanisation et le développement économique ont généralement pour corollaire une augmentation de la consommation et de la production de déchets par les habitants [3]. Ainsi, l'estimation de la moyenne de production journalière de déchets par habitant de la ville de Bobo-Dioulasso est de 0,54 kg [4] contre 1 kg pour un habitant des pays développés [5]. Les charges engendrées par la gestion des déchets s'avèrent trop lourdes pour les municipalités qui n'arrivent plus à collecter des déchets urbains [6]. Cependant, ces déchets se retrouvent donc sur des sites et utilisés comme fertilisants organiques pour la production agricole. L'épandage des eaux usées, des boues et des excréta en agriculture urbaine et périurbaine est une pratique très répandue qui s'appuie sur une longue tradition dans de nombreux pays à travers le monde [7]. Cette pratique permet aux agriculteurs de diminuer leurs coûts associés aux engrais organiques et minéraux, tout en préservant ou en améliorant la fertilité du sol, et de résoudre un problème pour les municipalités. Cependant, l'utilisation de ces déchets organiques urbains comme fertilisants peut induire des risques de

pollution des sols, de la nappe phréatique et même des produits récoltés [8]. L'application directe des déchets introduit dans les sols des composés biocides (métaux lourds et composés organiques toxiques) qui peuvent entrer dans la chaîne alimentaire à travers les plantes [9]. Le diagnostic des dangers liés à l'usage des déchets et eaux usées en agriculture est donc nécessaire pour estimer le potentiel risque que peuvent causer ces déchets. L'objectif de cette étude est de contribuer à montrer les risques liés à l'usage des sites de dépotoirs d'ordures et d'eaux usées en agriculture urbaine.

2. Matériel et méthodes

2-1. Présentation de la zone d'étude

L'étude a eu lieu dans la commune urbaine de Bobo-Dioulasso dans la région des Hauts-Bassins (Burkina Faso). Les coordonnées géographiques sont 04°20' de longitude Ouest, 11°06' de latitude Nord et une altitude de 405 m. Trois sites de dépotoirs d'ordures (Dogona, de Kodéni, de Kuinina) ont été concernés par l'étude. La commune urbaine de Bobo-Dioulasso appartient au climat sud-soudanien avec des moyennes pluviométriques annuelles comprises entre 1100 et 1200 mm [10]. Le climat est caractérisé par deux saisons distinctes : une saison pluvieuse de 4 à 5 mois (mai à septembre) durant laquelle souffle la mousson et une saison sèche (allant d'octobre à avril) où souffle l'harmattan. La végétation de la commune urbaine de Bobo-Dioulasso est celle de la savane boisée [10]. Elle est divisée en trois strates : arborée, arbustive et herbacée. Les sols sont du type ferrallitique avec une texture à dominance argileuse kaolinitique dans l'horizon B. Les sols dominants sont les sols ferrugineux tropicaux sur matériaux divers (sableux, sablo-argileux, argilo-sableux, etc.). Ils ont une bonne humidité relative, mais variable suivant la saison, les pH des sols varient en général entre 5 et 6,5 [11]. La **Figure 1** indique la localisation des sites d'études.

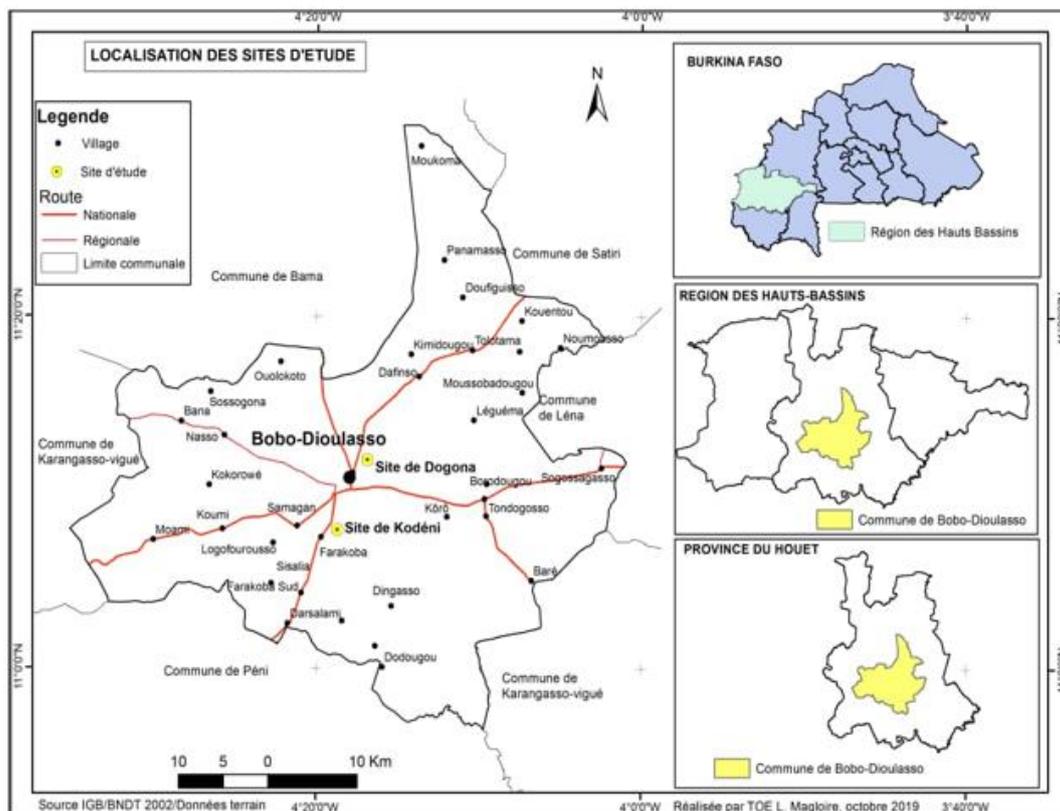


Figure 1 : Localisation des sites d'études

2-2. Méthode de détermination des dangers sur les sites de dépotoirs

L'identification des dangers a consisté à répertorier les substances ou objets dangereux rejetés dans les dépotoirs et à rechercher les informations sur les dangers (effet sanitaire indésirable) afférents à chacun d'entre eux. La méthode [12] a été utilisée pour l'identification du potentiel danger des substances. Cette méthode consiste à identifier les effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme en s'attachant à la nature et à la force des preuves de causalité relevées entre la substance et l'effet induit. La dangerosité est déterminée en utilisant la démarche proposée par l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques [13]. Cette démarche comprend deux étapes :

- l'attribution d'un code de la liste des déchets du Catalogue Européen des Déchets (CED);
- l'évaluation des propriétés de danger.

Ces deux méthodes sont mises en œuvre l'une après l'autre. La première permet en effet dans certains cas de trancher la question de la dangerosité d'un déchet simplement par attribution d'un code de la liste. L'évaluation de la dangerosité via la vérification des quinze (15) propriétés de danger n'est effectuée que si la liste des déchets ne permet pas de trancher le déchet pouvant être classé dans un code ou ne disposant pas de code.

2-2-1. Méthode d'inventaire des déchets potentiels dangers

L'identification des dangers est une démarche qualitative qui est initiée par un inventaire des différents objets et/ou produits (déchets) susceptibles de provoquer des nuisances d'ordre sanitaire et/ou environnemental. Elle a consisté à collecter des déchets dangereux sur les dépotoirs d'ordures à usage agricole. Pour ce faire, nous avons choisi de réaliser l'inventaire des déchets suivant le dispositif [14]. Le plan du dispositif (*Figure 2a*) a consisté à la réalisation des placettes de 2500 m² (50 m x 50 m). Dans chaque placette, cinq (05) zones inventaire de 100 m² (10 m x 10 m) ont été délimitées sur les quatre (04) côtés et le centre du dispositif. En suivant la ligne la plus distante selon la configuration que présentent les sites, chaque dépotoir a été subdivisé en trois (03) zones (I, II, III) dont chacune reçoit une placette (*Figure 2b*). Compte tenu du fait que la répartition des différents déchets n'est pas homogène sur l'étendue du dépotoir, un contrôle général a été effectué afin de se rassurer que la quasi-totalité des déchets dangereux ont été répertoriés.

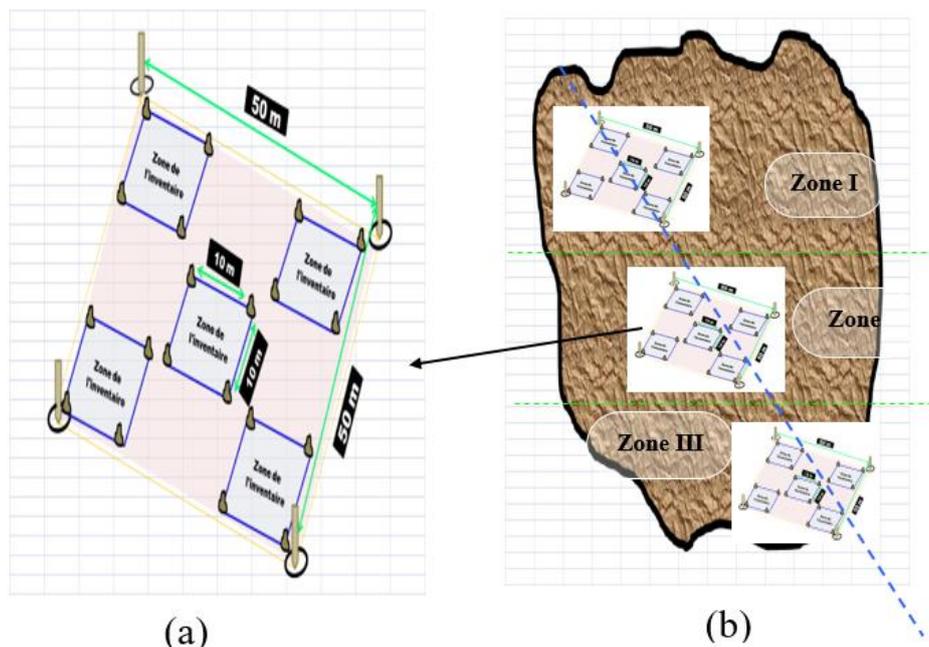


Figure 2 : Dispositif de l'inventaire des déchets dangereux : (a) placette ; (b) plan global du site

2-2-2. Méthode d'identification des déchets dangereux

Les déchets inventoriés ont été identifiés et classés par attribution d'un code de la liste européenne des déchets en suivant les recommandations techniques concernant la classification des déchets (2018/C124/01) de la directive 2008/98/CE relative aux déchets et de la décision 2000/532/CE de la Commission établissant la liste de déchets révisée en 2017. L'intégralité de la liste des déchets est donnée dans le logigramme (**Figure 3**).

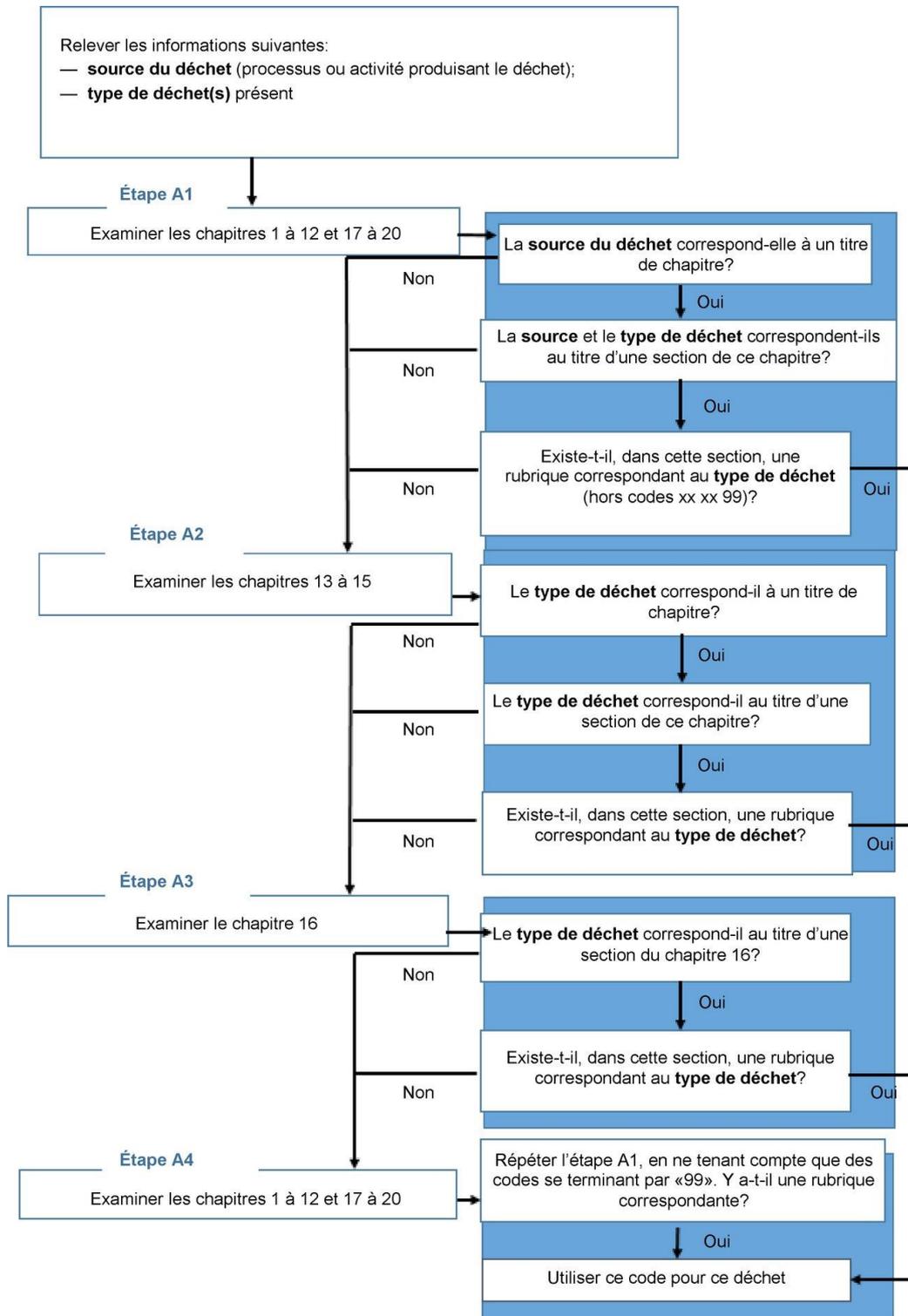


Figure 3 : Logigramme du procédé de classification d'un déchet [15]

2-3. Méthode d'analyse des métaux lourds du sol des sols dans les dépotoirs

2-3-1. Prélèvement des échantillons de sol

Les sols ont été prélevés sur l'horizon (0-15 cm) à l'aide d'une tarière. Le prélèvement a été effectué dans chaque zone d'observation (**Figures 2a et 2b**). Compte tenu de la diversité et de la répartition spatiale hétérogène des déchets sur les dépotoirs d'ordure, des échantillons composites de 250 g (soit 50 g par prélèvement) ont été constitués.

2-3-2. Analyse des métaux lourds des sols dans les dépotoirs

Les métaux lourds suivants ont été analysés : cadmium (Cd), cuivre (Cu), plomb (Pb) et le zinc (Zn). Les analyses ont été réalisées au laboratoire de géochimie du Bureau des Mines et de la Géologie du Burkina (BU.MI.GE.B) par la méthode de spectromètre à flamme (SAA). Cette méthode utilise un appareil qui permet une analyse multi-éléments rapide et précise de l'échantillon en solution. Cette technique a des limites de détection très basses (0,01-0,1 µg/L) variant selon les éléments et les matrices.

3. Résultats

3-1. Inventaire et identification des dangers

3-1-1. Déchets sources de dangers biologiques

Les apports de polluants fécaux (**Figure 4a**) et eaux usées (**Figure 4b**) inventoriées sont représentés par la **Figure 4**. Ces déchets peuvent être identifiés sous le code de 20 03 04 dans le Catalogue Européen de Déchets (CED) où ils sont reconnus comme non danger absolu.

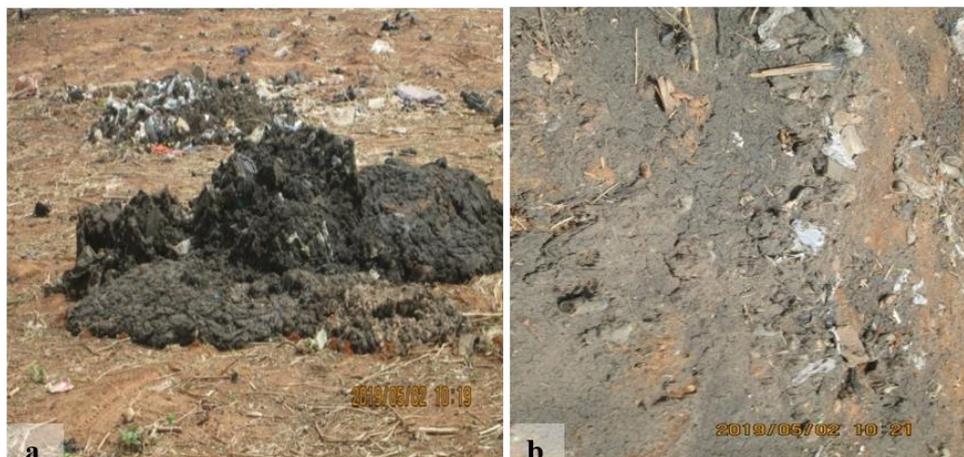


Figure 4 : Déchets associés aux dangers biologiques : a) Excréta fécaux ; b) Eaux usées

3-1-2. Déchets sources de dangers chimiques

3-1-2-1. Métaux lourds

Les déchets inventoriés comme sources de pollution des sols en métaux lourds sont données par la **Figure 5**. Il s'agit notamment les piles et accumulateurs (**Figure 5a**), des tubes fluorescents et lampes (**Figure 5c**), déchets d'équipements informatiques et de télécommunications (**Figure 2d**). Ces différents déchets sont

identifiés dans le CED sous les codes : 20 01 33 miroir dangereux (piles et accumulateurs), 20 01 21 danger absolu (tubes fluorescents et lampes) et 20 01 35 miroir dangereux (déchets d'équipements électrique et électronique). Des déchets biomédicaux, particulièrement de thermomètre (*Figure 5e*) portant le code 18 01 03 déchet miroir dangereux dans le CED a été identifié sur le site de Kôdédi. Il a été observé sur les dépotoirs d'ordures de Kôdédi et de Kuinima des déchets de résidus de peinture acrylique (code CED identifiable 20 01 27 miroir dangereux ou 20 01 28 miroir non dangereux en fonction de son contenu) (*Figure 5f*). Des filtres à huile usés des véhicules (code CED identifiable : 16 01 07 danger absolu) (*Figure 5b*).



Figure 5 : Déchets sources de dangers chimiques : a) Piles et accumulateurs ; b) Filtres à huile ; c) Tubes fluorescents et lampes ; d) Equipements informatiques et de Télécommunications ; e) Thermomètre ; f) Résidus de peinture acrylique

3-1-2-2. Polluants organiques

Des déchets d'adhésif (colle) obsolètes (*Figure 6*) ont été identifiés sur le site de Kôdédi. Suivant la nomenclature du CED, les colles sont classées sous le code 20 01 27 miroirs dangereux.



Figure 6 : Déchets de colle

3-1-2-3. Polluants minéraux non métalliques

Des déchets de composé amiante ont été inventoriés sur le site de Kodené. Il s'agit des plaquettes de freins ou d'embrayages de véhicules (**Figure 7a**) contenant de l'amiante et de produit à base du gypse (pierre à plâtre) associé à l'amiante (**Figure 7b**). Ces différents déchets sont identifiables sous le code CED 16 01 11 déchets miroirs dangereux (plaquettes de freins ou d'embrayages) et 17 08 01 déchet miroir dangereux (plâtre).



Figure 7 : Déchets associés aux amiantes : a) Plaquettes de frein ; b) Résidus de faux plafond (plâtre)

3-1-2-4. Déchets sources de dangers physiques

La présence des seringues (**Figure 8a**), des morceaux de verre (**Figure 8b**), des lamelles (**Figure 8c**), des morceaux d'os (**Figure 8d**), des morceaux d'ustensiles en céramiques (**Figure 8e**), des pointes et des morceaux de fer (**Figure 9f**) ont été identifiés sur tous les sites. Les objets piquants et tranchants des soins médicaux sont classés sous le code CED 18 01 01. La présence de ces différents déchets dans les champs constitue souvent des risques de blessure.



Figure 8 : Déchets sources de dangers physiques : a) Seringues ; b) Morceaux de verre ; c) Lamelles ; d) Morceaux d'os ; e) Morceaux d'ustensiles en céramiques ; f) Pointes et morceaux de fer

3-2. Teneurs en métaux lourds des sols des différents sites

Les teneurs en métaux lourds (Cd, Cu, Pb et Zn) sols des sites sont enregistrées dans le **Tableau 1**. L'analyse de variance ne montre aucune différence entre les teneurs en métaux lourds dans les sites. Les teneurs moyennes les plus élevées en Cd (12,93 mg/kg), Cu (42,38 mg/kg) et Zn (273,81 mg/kg) ont été relevées sur le site de Kuinima. La plus forte teneur en Pb (54,41 mg/kg) est obtenue à Kôdédi.

Tableau 1 : Teneur en métaux lourds des sols des sites d'étude

Sites	Teneur en métaux lourds (en mg/kg)			
	Cd	Cu	Pb	Zn
Dogona	11,80 ^a	31,79 ^a	50,41 ^a	231,36 ^a
Kôdédi	12,58 ^a	35,10 ^a	54,41 ^a	206,30 ^a
Kuinima	12,93 ^a	42,38 ^a	54,12 ^a	273,81 ^a
Probabilité	0,58	0,55	0,59	0,50
Signification	NS	NS	NS	NS

Les lettres identiques dans une colonne entre deux valeurs indiquent qu'elles ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %

4. Discussion

4-1. Inventaire et identification des déchets

Les déchets à potentiels de risques biologiques rencontrés sur les trois sites sont essentiellement les excréta fécaux et les eaux usées. L'utilisation de ces déchets brute pourrait cependant, avoir des effets néfastes sur la santé de l'homme. Les résultats obtenus par [16] montrent que les utilisateurs des eaux usées et excréta courent 1,8 fois plus de risque d'être atteints d'une maladie liée à l'hygiène que les non utilisateurs. Selon les directives pour l'utilisation sans risque des excréta et des eaux ménagères en agriculture ([17]), les agents pathogènes pouvant être dans les fèces ou les eaux usées utilisés en agriculture sont du groupe des bactéries (*Aeromonas* spp, *Escherichia coli*, *Plesiomonas shigelloides*, etc) ; du groupe des virus (Adénovirus entérique, Astrovirus, Norovirus, Coxsackievirus, Virus de l'hépatite A et E, Poliovirus, Rotavirus) ; du groupe des protozoaires parasites (*Cryptosporidium parvum*, *Cyclospora cayetanensis*, *Entamoeba histolytica*) et du groupe des helminthes (*Ascaris lumbricoides*, *Taenia solium/saginata*, *Trichuris trichiura*). Ces agents pathogènes sont causes d'ascaridiase, de taeniose, de trichiuriase, de toux, d'anémie, de schistosomiase, de bilharziose, etc. Certains auteurs ([18, 19]) relèvent que les excréta et eaux usées renferment aussi des métaux lourds (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn). Les déchets sources de pollution chimique de l'environnement inventoriés sur les sites d'étude sont les piles et accumulateurs, les tubes fluorescents et les lampes, les déchets d'équipements informatiques et de télécommunication, les thermomètres, les résidus de peinture à eau, les colles, les plaquettes de frein. Les auteurs ([20]) mentionnent le Pb, le Ni, le Li, le Cd, le Co, le Cu, l'Al, l'Ag et le Zn comme métaux récupérés du traitement des déchets de piles et accumulateurs. Les lampes fluorescentes contiennent de 10 à 15 mg de Hg pour un tube de 200 g [21]. Outre le mercure, ces lampes sont aussi composées de gaz tels que l'argon et le néon et de minéraux fluorescents (Al, Ba, Pb, Cd, Fe, etc.) dont l'inhalation peut entraîner des pathologies respiratoires [22]. Le mercure est aussi une composante du thermomètre et peut contenir 0,5 à 54 g de Hg [23]. Pour certains auteurs ([24]), des métaux ont été détectés en quantités non négligeables dans le filtre à huile. Il s'agit du Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Ag. Le gypse ou plâtre est la forme naturelle hydratée du sulfate de calcium ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). En agriculture, il est utilisé après broyage dans les engrais et comme amendements pour la correction des sols alcalins, la floculation des argiles [25], etc. Le plâtre est cependant source d'hydrogène sulfuré (H_2S) toxique s'il est mis en décharge avec des ordures ménagères ou matières organiques en décomposition [26]. Les déchets d'équipements informatiques et de télécommunications contiennent des métaux lourds tels que l'Al, le Cu, le Pb, le Zn, l'Ag et des polluants persistants tels que l'As, le Hg, le Cd, le Li [27]. Les plaquettes de freins contiennent des métaux lourds tels que le Pb, le Zn et le Cu [23]. La peinture est constituée notamment de solvants, de pigments et de résines [28]. Les solvants organiques peuvent être pétroliers (essences spéciales, xylène, toluène, white-spirit, etc.), chlorés (trichloréthylène, etc.), oxygénés (acétone, alcools, etc.), d'origine végétale (la térébenthine). Les pigments de la peinture sont composés, du Cd, du Hg, du Pb, du Zn, du Cr, de l'As, du Cu [29], etc.

4-2. Teneur en métaux lourds des sols des sites

Les résultats de l'analyse des échantillons du sol des dépotoirs étudiés révèlent que les teneurs moyennes en Cd obtenues de l'ordre de 11,80 mg/kg à Dogona, 12,58 mg/kg à Kôdédi et 12,93 mg/kg à Kuinima. Ces teneurs sont largement supérieures à la norme nationale qui est de 5 mg/kg. Pour le Cu, le Pb et le Zn, les teneurs mesurées sont inférieures à la réglementation qui est respectivement de 200 mg/kg, 1000 mg/kg et 600 mg/kg. Ces résultats sont semblables à ceux obtenus par [30] qui en évaluant la quantité des métaux lourds (Pb, Cd, Cu, Ni et Zn dans la décharge d'Agoè au Togo, trouvent les teneurs moyennes du Cd et du Zn supérieure à la norme AFNOR NF U 44-041. Cette différence notable de la teneur hors norme du Cd dans les sols par rapport aux autres pourrait s'expliquer d'une part par la diversité et la richesse en Cd des rebuts (piles et accumulateurs) et d'autre part par sa particularité à s'accumuler en horizon de surface. En effet, l'abondance du Cd et du Pb dans les horizons de surface (0 à 20 cm) explique leur affinité avec les matières organiques [23].

5. Conclusion

Dans cette étude, l'inventaire a mis en évidence des risques biologiques liés aux excréta et aux eaux usées. Des déchets (piles et accumulateurs, tubes fluorescents et lampes, déchets d'équipements informatiques et de télécommunications, thermomètres à mercure, résidus de peinture acrylique, filtres à huile, colles, plaquettes de freins ou d'embrayages de véhicules et gypse) sources de pollutions en métaux lourds et en composé amiante, ont été identifiés. Des objets tranchants et piquants (seringues, lamelles, pointes et morceaux de fer, morceaux de verre, os et ustensiles en céramiques) ont été aussi inventoriés sur les dépotoirs. Le résultat obtenu de l'analyse des métaux lourds du sol, montre qu'en dehors du Cd avec une teneur moyenne élevée sur les trois sites, les teneurs aux autres métaux lourds étudiés (Cu, Pb et Zn) sont en dessous des normes règlementaires de pollution des sols au Burkina Faso. Ces résultats obtenus, permettent de déduire que les sites de dépotoirs d'ordures et des eaux usées présentent des dangers liés à leur utilisation en agriculture.

Remerciements

Les auteurs remercient les responsables des sites d'étude et le Bureau des Mines et de la Géologie, Service Géologique National pour son apport dans les analyses de métaux lourds.

Références

- [1] - FAO, Développer des villes plus vertes. Article d'information de la FAO, (2010) 19 p.
- [2] - DESA/UN. Annuaire statistique 2018, 61^{ième} édition. ISBN 978-92-1-061417-7, (2018) 501 p.
- [3] - PNUE, La surpêche, principale menace pesant sur l'écologie maritime mondiale. Bulletin d'alerte environnementale, PNUE Grid Europe, N°4 (2014), www.grid.unep.ch/product/publication/download/ew_overfishing.fr.pdf
- [4] - Service Propreté / Direction des Services Techniques Municipaux (SP/DSTM). La gestion des déchets solides urbains à Bobo-Dioulasso : Etat des lieux. Résumé, (2006) 15 p.
- [5] - R. PIPATTI, C. C. SHARMA, M. YAMADA, J. W. S. ALVES, Q. GAO, G. H. S. GUENDEHOU, M. KOCH M, C. C. LOPEZ, K. MARECKOVA, H. OONK, E. SCHEEHLE, A. SMITH, P. SVARDAL et S. M. M. VIEIRA, Production, composition et données de gestion des déchets. Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, Vol 5 : Déchets, (2006) 24 p.
- [6] - O. ROBINEAU, Vivre de l'agriculture dans la ville africaine. Une géographie des arrangements entre acteurs à Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. Thèse de doctorat, géographie. Université Paul Valéry - Montpellier III, (2013) 365 p.
- [7] - OMS, Guidelines for the Safe Use of Waste water, Excreta and Greywater, Volume 2 : Waste-water Use in Agriculture, Genève, Organisation mondiale de la santé, (2006)
- [8] - S. TOUNKARA, La valorisation des déchets organiques dans l'agriculture « périurbaine » à Dakar (Sénégal) : analyse d'une multifonctionnalité stratégique. Thèse de doctorat de l'université de Toulouse, (2015) 457 p.
- [9] - I. SENOU, Z. GNANKAMBARY, A. N. SOME and H. B. NACRO, Responses of five local plant species to metal exposure under controlled conditions. *International Journal of Development Research*, 8 (1) (2018) 18507 - 18514
- [10] - J. FONTES, J. S. GUINKO, Carte de la végétation et du sol du Burkina Faso. Notice explicative. Ministère de la coopération française. Projet campus, (2015) 67 p.

- [11] - F. J. P. PALLO, N. SAWADOGO, L. SAWADOGO, M. P. SEDOGO, A. ASSO, Statut de la matière organique des sols dans la zone Sud-soudanienne au Burkina-Faso. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 12 (3) (2008) 291 - 301
- [12] - ADEME, CAREPS, MEDD et FNADE/ENSP, Risques sanitaires liés aux unités de compostage des déchets : présentation de deux études. Rapport synthèse global de deux études, (2002) 10 p.
- [13] - INERIS, Classification réglementaire des déchets : guide d'application pour la caractérisation en dangerosité. Rapport, INERIS-DRC-15-149793-06416A, (2016)
- [14] - A. THIOMBIANO, R. L. G. KAKAÏ, P. BAYEN et I. J. BOUSSIM, Méthodes et dispositifs d'inventaires forestiers en Afrique de l'ouest : état des lieux et propositions pour une harmonisation. *Annales des Sciences Agronomiques*, 20 (2016) 15 - 31
- [15] - Journal officiel de l'union européenne. Communication de la Commission : Recommandations techniques concernant la classification des déchets (2018/C 124/01). Document 52018XC0409(01), *Journal officiel de l'Union européenne* C 124/1, (2018), https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=uriserv:OJ.C_.2018.124.01.0001.01.FRA
- [16] - S. M. O. KHATTAR, Impacts sanitaires et environnementaux de la réutilisation de eaux usées et excréta en agriculture a Pouytenga. Mémoire d'ingénieur du 2iE, Ouagadougou, Burkina Faso, (2009) 71 p.
- [17] - OMS, Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères. Volume I : Considérations d'ordre politique et réglementaire, (2012) 111 p.
- [18] - E. JARDE. Composition organique de boues résiduaires de stations d'épuration lorraines : caractérisation moléculaire et effets de la biodégradation, (2005) 287 p.
- [19] - G. DONGUY G. P CHENON, Evaluation des risques écotoxicologiques liés à l'épandage de boues de STEP chaulées sur une parcelle agricole. *Déchets Sciences et Techniques*, N°74 (2017) 12 p.
- [20] - O. KERGARAVAT, V. MONIER, B. BERTHOUX, K. L. LHOMME, P. PIGOTT, Développement Durable. Rapport Annuel du Registre des Piles et Accumulateurs. Rapport Annuel, (2018) 151 p.
- [21] - N. MENAD et Y. MENARD, Les émissions du mercure générées par les industries du recyclage des lampes contenant du mercure. Rapport final. BRGM/RP-56973-FR, (2008) 85 p.
- [22] - INRS, Risques chimiques dans la filière de valorisation des lampes usagées. Documents pour le Médecin du Travail, N° 125 (2011) 147 - 155
- [23] - G. MIQUEL, Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport d'information, N° 261 (2001), <https://www.senat.fr/rap/100-261/100-2611.pdf>
- [24] - ADEME, Les particules de combustion automobile et leurs dispositifs d'élimination. 2^e édition, (2005) 128 p.
- [25] - P. MARTEAU, Fiches détaillées : gypse, (2001) 4 p.
- [26] - P. KINTZ, Taphonomy of human Remains : Forensic Analysis of the dead and the depositional environment, (2012) 508 p.
- [27] - A. BERGERET, Les déchets ménagers et leurs filières de traitement : évaluation des risques pour la santé, *Arch. Mal. Prof.*, 63, N° 3-4 (2002) 179 - 212
- [28] - ADEME, Limiter les risques, c'est possible, les déchets dangereux des ménages. Guide pratique ADEME des déchets dangereux des ménages, (2007b) 28 p.
- [29] - T. M. D. HUYNH, Impacts des métaux lourds sur l'interaction plante/ver de terre/microflore tellurique. Thèse de doctorat, Université Paris Est, France, (2009) 145 p.
- [30] - M. B. BODJONA, K. A. KILI, S. TCHEGUENI, B. KENNOU, G. TCHANGBEDJI et M. E. I. MERAY, Evaluation de la quantité des métaux lourds dans la décharge d'Agoè (Lomé-Togo) : Cas du plomb, cadmium, cuivre, nickel et zinc. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6 (3) (2012) 1368 - 1380