



Caractérisation des déchets solides de Bamako et leur impact sur la santé publique et l'environnement

Characterization of solid wastes in Bamako and its impact on public health and the environment

**Vital TRAORÉ¹, Souleymane Bathiè KONÉ², Souleymane KONÉ³, Drissa KEÏTA⁴,
Arouna DEMBÉLÉ⁵, Daniel TRAORÉ⁶, Abdramane SIDIBÉ⁷, Fallaye KANTÉ⁸, Mohamed S. MAÏGA⁹.**

Vital TRAORÉ¹, Ph.D, Maître de Conférences,

¹Laboratoire de Chimie Analytique /Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTT-B), Faculté des Sciences et Techniques (FST), Département de Chimie, République du Mali.

BP: E 3206 Bamako, Tél : (00223) 20 22 32 44 ;

Souleymane Bathiè KONÉ², Ph.D, Maître-Assistant,

²Laboratoire de Microbiologie des Sols /Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTT-B), Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques (FST), République du Mali.

BP: E 3206 Bamako; Tél: (00223) 20 22 32 44 ;

Souleymane KONÉ³, Doctorat Unique, Maître de Conférences,

³Laboratoire de Microbiologie des Sols /Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTT-B), Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques (FST), République du Mali.

BP: E 3206 Bamako; Tél: (00223) 20 22 32 44 ;

Drissa KEÏTA⁴, Infirmier d'État de Santé, Assistant,

⁴Association Santé Communautaire Kalaban Coura ACI (ASACO-KALA-ACI), Rue 578, Kalaban Coura ACI, Bamako, République du Mali ; Tél: (00223) 66 77 71 91 ;

Arouna DEMBÉLÉ⁵, Master en Sciences Biologiques, Commission Nationale pour l'UNESCO au Mali.

⁵Laboratoire de Microbiologie des Sols/Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTT-B), Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques (FST), République du Mali.

BP: E 3206 Bamako ; Tél: (00223) 20 22 32 44 ;

Fallaye KANTÉ⁶, Doctorat Unique, Professeur Titulaire, Membre de la Commission Nationale Scientifique,

⁶Laboratoire de Microbiologie des Sols /Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTT-B), Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques (FST), République du Mali.

BP: E 3206 Bamako ; Tél: (00223) 20 22 32 44 ;

Abdramane SIDIBÉ⁷, Doctorat Unique, Direction Nationale de l'Agriculture,

⁷Division de la Législation et du Contrôle Phytosanitaire, Direction Nationale de l'Agriculture Bamako.
Rue Mohamed V ; BP : 1098 Bamako, République du Mali.

Daniel TRAORÉ⁸, Ingénieur d'Hygiène Publique, Assistant, Ordre du Mérite de la Santé,

⁸Programme National de Lutte contre le Paludisme, Rue : Quartier du fleuve face AMAP, Bamako, République du Mali ; Tél: (00223) 20 22 22 32 56 ;

Mohamed S. MAÏGA⁸, Doctorat Unique, Professeur Titulaire, Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique,

⁸Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Environnement, Faculté des Sciences et Techniques (FST), Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTT-B), République du Mali.

Tél: (00223) 20 22 32 44 ;

Résumé

Introduction : Les déchets entraîneraient la dégradation de l'air, dont l'altération de sa qualité constitue un problème de santé publique : maladies cardio-vasculaires, cancer du poumon, infections respiratoires et autres. **Objectifs :** L'étude a porté sur la caractérisation des déchets solides de Bamako et l'évaluation de leurs effets néfastes sur la santé publique et l'environnement. **Méthodes :** On a rempli un sac de 50 kg avec les déchets d'une poubelle, de la décharge, du potager, des centres de commerce et de santé. Après, on a prélevé 200 kg d'échantillon composite pour le tri. Ensuite, la composition des déchets solides a été déterminée à l'aide d'une bascule. Enfin, la moyenne statistique des données obtenues a été calculée selon le critère de Fisher. **Résultats :** Nos résultats ont démontré que les déchets solides de Bamako se composent des débris végétaux, papiers et cartons, matières plastiques, textiles, seringues, aiguilles et autres. Leurs proportions ont varié selon les activités professionnelles, les maisons et les saisons. Les déchets favorisent la prolifération des mouches domestiques, mouches à viande et rongeurs, qui causent des maladies (peste, typhus murin, leptospirose...). Ces déchets contiennent les bactéries responsables des maladies gastro-entériques et certains produits chimiques (propulparabène et benzaldéhyde), qui pourraient contaminer la chaîne alimentaire. **Conclusion :** Cette étude pourrait réduire les problèmes de santé publique liés au traitement des déchets et préserverait l'environnement.

Mots-clés : Caractérisation ; déchets solides ; santé publique ; environnement ; Bamako.

Abstract

Introduction : Wastes lead to air pollution and the resulting deterioration in air quality is a public health problem: cardiovascular diseases, lung cancer, respiratory infections and others. **Objectives :** The study is about characterization of solid wastes of Bamako and evaluation noxious effects on the public health and its environment. **Methods :** We filled bags of 50 kg with the wastes of dustbin to the discharge, of vegetables, commerce centers and health. According to, we have sampled 200 kg composed by category. After, the composition of solid wastes have been determine using a switch. Finally, statistical average of data obtain have been calculated according to the critical fisher. **Results:** Our results have shown that solid wastes of Bamako were composited of vegetable debris, papers and cartons, plastic materials, textiles, syringe, needle and others. Theirs proportions were varied according to the professional activities, houses and the seasons. Wastes favor proliferation of domestics flies, blowflies and rodents, which cause of diseases (pests, murine, typhus, leptospirosis...). These wastes contain responsables bacteria of diseases gastro-enterics and some chemical products (propulparaben and benzaldehyde), which could contaminate alimentary chain. **Conclusion:** This study reduces the public health problems related of treatment of wastes and preserve the environment.

Keywords: Characterization ; wastes ; public health ; environment ; Bamako.

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.23257805>

1. Introduction

La dégradation de la composition de l'air par l'incinération des déchets solides suscite un intérêt scientifique considérable. Car, l'air pur est indispensable à la vie des animaux et de l'homme. L'altération de sa qualité constitue un problème de santé publique. En 2021, l'Organisation Mondiale de la Santé (WHO, 2021) a estimé qu'un décès sur 10 dans le monde est étroitement lié à la pollution atmosphérique. Chez l'homme cette morbidité et mortalité sont dues aux maladies cardio-vasculaires (Piotrowski et al., 2019), asthmes, bronchites et infections respiratoires sévères (Neuville et al., 2019) et le cancer du poumon. La Banque Mondiale a démontré que la pollution atmosphérique engendre une perte annuelle de 8.100 milliards de dollars US, soit 6,1% du PIB planétaire (World Bank, 2021). Certains compartiments de l'environnement (air, eaux et sol) sont contaminés directement par les déchets solides et les rejets de la combustion de ces déchets (Belouafi et Debbaghi, 2019 ; FAO, 2019 ; OMS/UNICEF, 2017). La croissance des algues, des végétaux aquatiques et des ressources halieutiques (FAO, 2020a et 2020b) sont affectées par les matières plastiques provenant des déchets solides.

L'objectif général a consisté à la caractérisation des déchets solides et leur impact sur l'homme et l'environnement.

Les objectifs spécifiques sont :

- déterminer la composition des déchets de ménage, de décharge et des centres de commerce et de santé ;
- évaluer les effets néfastes de ces déchets sur la santé publique et l'environnement.

2. Matériel et méthodes

2.1. Présentation de la zone d'étude

Koulikoro est situé sur le 7°37'28'' de longitude Ouest et le 13°56'41'' de latitude Nord. La région de Koulikoro est limitée au Nord par la Mauritanie, à l'Ouest par la région de Kayes, au Sud par la Guinée et la région de Sikasso et à l'Est par la région de Ségou. Elle comptait 2 418 305 habitants (INSTAT, 2017) et irriguée par plusieurs fleuves : Niger, Baoulé, Sankarani, Bagoé, Bani et Bafing (ABFN, 2018). La ville de Koulikoro est située sur la rive gauche du fleuve Niger, à 60 km au Nord-Est de Bamako. Elle s'étend sur la plaine en bordure du fleuve surplombée par un plateau extension des monts Manding appelé le Niana Koulou. Au sud de de Koulikoro, le climat est de type soudanien, tandis qu'au nord de l'axe Kita-Bamako, il est sahélien. Les deux vents dominants sont l'Harmattan (chaud et sec), soufflant

pendant la saison sèche et la Mousson, soufflant durant la saison des pluies dans la direction Sud-Ouest et Nord-Est.

2.2. Sites de prélèvement des déchets solides

Les déchets ont été prélevés dans la ville de Bamako et environs, dont les caractéristiques sont indiquées dans le tableau I.

Tableau 1. Coordonnées géographiques des différents sites de prélèvement des déchets solides

Coordonnées géographiques	Sites de prélèvement	Déchets
12°34'09,5'' North 007°59'24,1'' West	P1	Ordures ménagères
12°34'09,5'' North 007°59'24,1'' West	P2	Jardin potager
12°34'09,1'' North 007°59'24,2'' West	P3	Ateliers de couture
12°33'31,2'' North 007°59'33,7'' West	P4	Centre de Santé
12°32'40,0'' North 008°00'00,3'' West	P5	Début de la décharge 1
12°32'35,3'' North 008°00'08,3'' West	P5	Centre de la décharge 1
12°36'25,0'' North 007°59'29,9'' West	P6	Décharge 2

Source : élaboration des auteurs

2.3. Sites d'étude

Les travaux ont été réalisés au Laboratoire de Microbiologie du Sol (LMS) et Laboratoire de Chimie Analytique (LCA), tous à la Faculté des Sciences et Techniques / Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTT-B).

2.4. Matériel

2.4.1. Matériel physique

Les déchets solides provenant de la décharge de transit de Gouana/Cercle de Kati, sur le 8°07'08'' de longitude Ouest et le 12°32'40'' de latitude Nord, ceux émanant de la décharge de transit de Badalabougou, sise dans la Commune V du District de Bamako, est située sur le 07°59'29,9'' de longitude Ouest et le 12°36'25,0'' de latitude Nord, ceux produits par des centres de santé, d'ateliers de couture et des jardins ont été utilisés, afin d'effectuer la caractérisation de ces déchets.

2.5. Méthodes

2.5.1. Détermination de la composition des ordures ménagères

On a rempli un sac de 50 kg avec les ordures d'une poubelle. Le poids total des déchets a été déterminé à l'aide d'une balance précise. Il a varié de 19 Kg 550 à 21 Kg 020. De ce fait, un

échantillon composite du contenu de dix (10) sacs a été considéré. Puis, chaque composante (débris végétaux, papiers, cartons ou matières plastiques) a été quantifiée après le tri minutieux. Cette opération a été effectuée et reprise au moins 4 fois pendant la saison sèche et pluvieuse. La moyenne statistique des données acquises a été calculée selon le critère de Fisher (avec un degré de signification $p < 0,05$) et est consignée dans le tableau 2.

2.5.2. Caractérisation des déchets de décharge sauvage

À l'aide d'une pelle les déchets ont été prélevés suivant la diagonale de la décharge. Les sept (7) points de prélèvement ont été distants l'un de l'autre de 5 mètres. Deux (2) voyages de brouette ont été homogénéisés. Ensuite, on a procédé au remplissage du sac de 50 kg, puis dans les conteneurs. Après, on a prélevé 200 kg d'échantillon composite pour le tri. Après quatre (4) heures de tri minutieux, la composition des déchets solides a été déterminée. Puis la répétition a été effectuée dans le sens contraire à la première diagonale. Enfin, les moyennes obtenues sont représentées dans le tableau 3.

2.5.3. Détermination de la composition des déchets d'ateliers de couture, des jardins potagers, des centres de commerce et de santé

L'homogénéité des déchets professionnels nous a poussé à considérer seulement 5 kg, puis cette quantité a été extrapolée jusqu'à 200 kg. Après avoir enlevé les colles et les fils à coudre, la majorité constituée de morceaux de différents tissus est facile à peser. La quasi-totalité des déchets pesés est représentée par les textiles (ateliers de couture) ou les débris végétaux et matières putrescibles (jardins potagers) durant toutes les saisons. Concernant les déchets des centres de commerce et de santé, le poids des papiers, cartons, matières plastiques, ampoules, bouteilles de solution physiologique de 500 mL à 5% (sérum de glucose), seringues et aiguilles, compresses et coton a été déterminé. Les données récoltées ont été traitées de la même manière que celles précédemment décrites en haut et consignées dans les tableaux 4, 5, 6 et 7. Les figures 1 à 4 (ci-après) indiquent certains types de déchets considérés.



Figure 1. Title of figure.

Figures 1 à 4 : Les poubelles pour ordures ménagères (A) et la décharge sauvage (B), les déchets d'ateliers de couture (C) et les déchets du centre de santé ou biomédicaux (D).



Source : élaboration des auteurs

3. Résultats

La caractérisation des déchets solides du District de Bamako et environs (Mali) est consignée dans les tableaux 2, 3, 4, 5, 6 et 7.

Tableau 2. Détermination de la composition des ordures ménagères de Bamako et environs

Déchets	Poids (Kg)	Pourcentage (%)
Débris végétaux et matières putrescibles	67,86	33,93%
Matières plastiques	15,72	7,86%
Papiers et cartons	16,90	8,45%
Textiles	19,36	9,68%
Métaux	3,54	1,77%
Verre	1,04	0,52%
Chaussures et cuir	5,06	2,53%
Couches pour enfants	7,52	3,76%
Os	3,02	1,51%
Reste de cuisine	23,74	11,87%
Bois	5,18	2,59%
Matériaux inertes	2,66	1,33%
Contenants vides	2,04	1,02%
Divers (seringues, morceaux de bande magnétique, œufs, plumes d'oiseaux...)	26,36	13,18%
TOTAL	200	100%

Source : élaboration des auteurs

Tableau 3. Caractérisation des déchets de décharges sauvages de Bamako et environs

Déchets	Poids (Kg)	Pourcentage (%)
Débris végétaux et matières putrescibles	18,86	9,44%
Matières plastiques	26,24	13,12%
Papiers et cartons	15,24	7,52%
Textiles	6,38	3,19%
Métaux	3,80	1,90%
Verre	4,66	2,33%
Chaussures et cuir	10,32	5,16%
Couches pour enfants	3,38	1,69%
Os	8,56	4,28%
Reste de cuisine	1,42	0,71%
Reste de récolte	1,48	0,74%
Matériaux inertes	73,98	36,99%
Bois	0,86	0,43%
Contenants vides	0,64	0,32%
Autres (chiffons, mèches pour cheveux, reste d'animaux, piles, noix de karité et d'acajou, noyaux de mangue, coquilles, escargots, pinceaux...)	24,18	12,18%
TOTAL	200	100%

Source : élaboration des auteurs

Tableau 4. Détermination de la composition des déchets d'ateliers de couture de Bamako

Déchets	Poids (Kg)	Pourcentage (%)
Textiles (morceaux de tissus, de fils à coudre, et de colles doublées)	182,50	91,25%
Divers (morceaux de colles, cendre, reste de charbon de bois, bobines...)	17,50	8,75%
TOTAL	200	100%

Source : élaboration des auteurs

Tableau 5. Caractérisation de la composition des déchets du centre de commerce de Bamako

Déchets	Poids (Kg)	Pourcentage (%)
Papiers et cartons	95,74	47,87%
Matières plastiques	99,22	49,61%
Divers (détergents, scotchs, reste alimentaire...)	5,04	2,52%
TOTAL	200	100%

Source : élaboration des auteurs

Tableau 6. Détermination de la composition des déchets du centre de santé de Bamako

Déchets	Poids (Kg)	Pourcentage (%)
Cartons pour produits pharmaceutiques	31,06	15,53%
Matières plastiques	31,62	15,81%
Ampoules	75,70	37,85%
Seringues et aiguilles	17,00	8,50%
Bouteilles de solution physiologique de 500 mL à 5% (sérum de glucose)	18,46	9,23%
Compresse, sparadraps et cotons	26,16	13,08%
TOTAL	200	100%

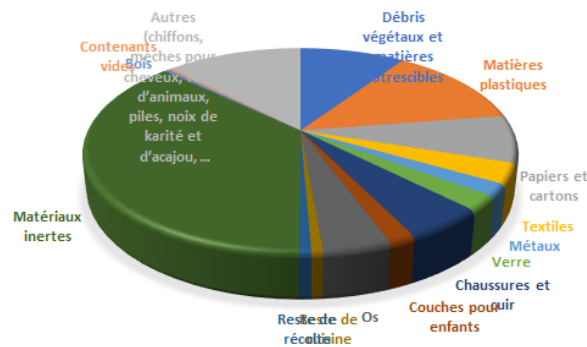
Source : élaboration des auteurs

Tableau 7. Caractérisation des déchets du jardin potager de Bamako (Mali)

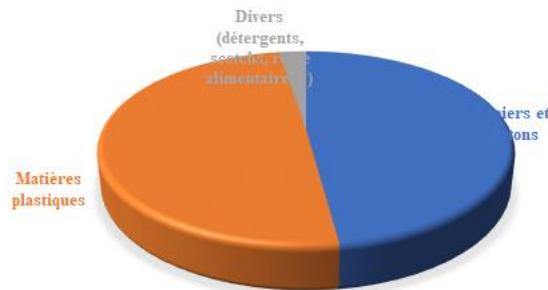
Déchets	Poids (Kg)	Pourcentage (%)
Débris végétaux et matières putrescibles	191,86	95,93%
Autres (matières plastiques, papiers, textiles, reste alimentaire ...)	8,14	4,07%
TOTAL	200	100%

Source : élaboration des auteurs

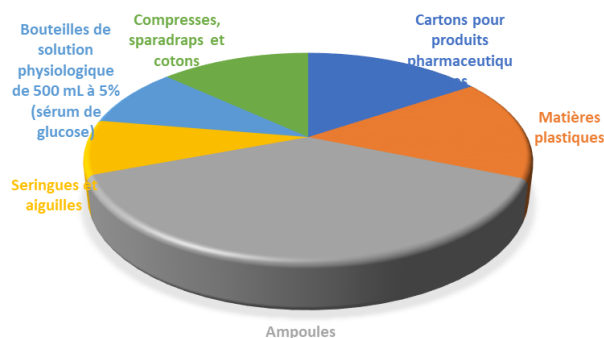
Il nous convient de souligner que les dépôts de décharges sont alimentés par les déchets provenant des ménages du District de Bamako et environs. Voici quelques figures de composition des déchets solides pour étude comparative (**figures 5, 6, 7 8 et 9**).

Figure 5. Caractérisation des ordures ménagères


Source : élaboration des auteurs

Figure 6. Caractérisation des déchets des centres de commerce


Source : élaboration des auteurs

Figure 7. Caractérisation des déchets des centres de santé


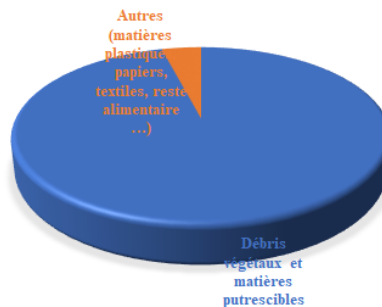
Source : élaboration des auteurs

Figure 8. Caractérisation des déchets des ateliers de couture



Source : élaboration des auteurs

Figure 9. Caractérisation des déchets des jardins potagers



Source : élaboration des auteurs

Les effets néfastes des déchets sur la santé publique et l'environnement ont été observés et indiqués dans le tableau 8.

Tableau 8. Évaluation des effets néfastes des déchets sur la santé publique et l'environnement

Déchets	Effets néfastes sur la santé publique et l'environnement
Papiers et cartons	Les rejets (CO, CO ₂ , NO, N ₂ O) produits lors de l'incinération sont toxiques pour l'hémoglobine. Ils provoquent les maux de tête, la gêne respiratoire, somnolence et la réduction des réflexes. Toutefois, Le gaz carbonique (CO ₂) et le protoxyde d'azote (N ₂ O) contribuent au réchauffement climatique et aux pluies acides, qui attaquent les feuilles des végétaux. Ainsi, l'activité photosynthétique serait réduite ou inhibée chez les plantes vertes.
Matières plastiques	Les matières plastiques incinérées émettent les dioxines et furanes, qui sont classés perturbateurs endocriniens (effets œstrogènes) selon l'OMS (WHO, 2012). On dénote la toux, les difficultés respiratoires et le cancer du poumon. Elles réduisent la photosynthèse chez les algues et les végétaux aquatiques, donc l'établissement du potentiel halieutique du fleuve Niger. Les matières plastiques influent sur la faune aquatique. Elles entraînent souvent la mort de ces animaux (poissons et mammifères) par ingestion. Les matières plastiques

	renferment des composés chimiques classés perturbateurs endocriniens selon l'OMS (WHO, 2012).
Matières putrescibles	- désagrément, odeur nauséabonde et maux de tête.
Ampoules, aiguilles...	- blessures, saignement, risque de contamination par les hépatites B et C. - risque accru d'infections ou co-infections par le virus VIH/Sida.
Phase liquide:	- vomissements, maladies diarrhéiques, douleurs abdominaux, perte de sels minéraux via les selles liquides, fièvre.
Bactéries	- contamination des cultures maraîchères, des sols et des eaux par les bactéries, dont certaines sont pathogènes.
NO ₂ ⁻	- méthémoglobinémie (combinaison entre l'hémoglobine et les nitrites).
NO ₃ ⁻	- cancer de l'intestin suite à la transformation des nitrates en nitrosamines. Ces nitrosamines sont hépatotoxiques et cancérigènes selon l'OMS (2016). - eutrophisation des cours d'eau (enrichissement de l'eau par le phosphore et l'azote provenant de l'agriculture urbaine et périurbaine). Ce phénomène pourrait, à long terme, entraîner la mort des écosystèmes aquatiques.

Source : élaboration des auteurs

Ces résultats ont montré que les déchets solides étudiés ont été très variables et constitués principalement des débris végétaux, des papiers et cartons, des matières plastiques, des textiles, des ampoules, des seringues, des aiguilles et autres (cuirs, mèches, métaux, gravats, déblais, reste alimentaire...). Leurs taux ont varié selon les maisons de production, les activités professionnelles et la saisonnalité.

4. Discussion

Nos résultats ont montré que les déchets solides de Bamako et environs (Mali) se composent des débris végétaux, papiers et cartons, matières plastiques, textiles, ampoules, seringues, aiguilles et autres (couches pour enfants, mèches pour cheveux, reste alimentaire...). Leurs proportions ont été très variables. Elles ont varié selon les activités professionnelles, les maisons de production et les saisons (sèche et pluvieuse). En fonction des activités professionnelles, chez l'agriculteur on note un pourcentage des débris végétaux (95,93 %), les déchets des tailleurs et stylistes sont dominés par les textiles, tandis que ceux produits par les commerçants sont majoritairement représentés par les papiers, les cartons et les matières plastiques (97,48 %). Les débris végétaux sont mélangés avec le fumier provenant d'animaux domestiques (bovin, caprin et ovin) pour produire le compost après le tri des métaux, verre et

autres. Cet amendement organique, tant agroéconomique, qu'écologique, maintient la fertilité et la production des produits maraîchers sans l'utilisation des pesticides. La teneur en matériaux inertes (36,99 %) est marquée par la présence des pierres, sable, gravats et décombres dans les décharges serait étroitement liée aux travaux de construction et de déconstruction. La légère hausse du taux des divers serait en rapport avec le poids des bobines pour broderie et fils à coudre, des contenants vides d'huile pour machine à coudre. Cela s'explique par l'orientation des bamakois vers les modèles de bazins et de tissus brodés. Beaucoup de produits alimentaires et cosmétiques sont emballés par les matières plastiques pour raison économique, ce qui a rehaussé leur proportion dans les déchets de commerce. Or, ces déchets plastiques persistent dans l'environnement. Par contre, les papiers et cartons sont dégradables. Par exemple, la rémanence des phtalates dans le sol atteint 1.200 ans (RECORD, 2015 ; FAO, 2020a). Le recul du taux des bouteilles de sérums durant nos observations serait dû à la saison froide, défavorable aux moustiques vecteurs du paludisme (70 à 80% des consultations et presque 40% des arrêts de travail dans les pays en développement). Au niveau des maisons de production, les contenus des poubelles différencieraient selon les proportions des restes de cuisine, des piles et accumulateurs pour radio à cause de la connexion au réseau électrique, des bouteilles vides (de boissons gazeuses et d'eau minérale), des feuilles et écorces des plantes médicinales comme alternatives viables pour les ménages à faible revenu durant toute l'expérimentation. De plus, les morceaux de bande magnétique audio seraient remplacés par les cartes mémoires et les clés USB dans certains cas. En comparaison, ces proportions sont contrariées par celles notées dans les travaux antérieurs (Gérin et al, 2005) dominées principalement par des restes (41,4 %) qui sont constitués de déchets de textile, de matières plastiques, du verre et des métaux, suivies de celles des composés de résidus putrescibles (36 %) et des papiers et cartons (22,6 %). Le séjour prolongé dans les poubelles sous l'influence d'une forte température imputable au changement climatique s'accompagne généralement d'émissions de gaz tels que CO₂, CH₄, H₂S et autres (IPCC, 2022 ; Lashcari, 2020 ; PNUD, 2008 ; Staub et Gourc, 2008). Ainsi, la biodégradation commence par le consortium des micro-organismes, dont les bactéries méthanogènes et confirmée par les travaux d'El Hacen & Dienne (2022). Selon les données olfactives (olfactométrie) de ces auteurs (Goupil et al., 2017) l'hydrogène sulfureux (H₂S) a l'odeur d'œuf pourri (mercaptan) et est détecté à 0,01 mg/M³ d'air. Concernant la variation des proportions selon les saisons, certains propriétaires de maison préfèrent tailler les arbres et les plantes ornementales (ombrophytes et intermédiaires) pendant la saison pluvieuse, ce qui entraîne l'accroissement

des quotas des débris végétaux (feuilles, branches...) et du bois. Cette saison est propice à la repousse des biotes (producteurs), maillon principal de la chaîne alimentaire. Les données rapportées dans les études (MEADD, 2019 ; DUE, 2014) ont montré que la phase liquide des déchets solides ne représente que 10 %, et que le volume annuel est estimé à 2.500 M³, dont 17.000 tonnes de matières plastiques par an. Cependant, le volume des déchets liquides est proportionnel aux données pluviométriques et la composition des déchets solides. Les percolants d'ordures pourraient contaminer les eaux souterraines par les bactéries *Escherichia coli* (*E. coli*), Entérocoques, Salmonelles (*Salmonella typhimurium*) et autres. Les organismes pathogènes, en particulier les salmonelles, les staphylocoques pathogènes et les bactériophages fécaux dans 100 millilitres (mL) d'eau prélevée dans la nappe phréatique et les eaux de surface. Le CO et CO₂ entraînent la perte de connaissance ou de mémoire respectivement à des concentrations égales à 700 et 1000 µg/M³ d'air. Le SO₂ est mortel à 0,75 mg/M³ d'air, tandis que l'hydrogène sulfureux (H₂S) cause la mort rapide à 1000 mg/M³ d'air chez certains sujets (US-EPA, 2021). Les déchets favorisent la prolifération des mouches domestiques, mouches à viande et rongeurs. Les dépôts d'ordures à ciel ouvert ou les cours d'eau forment des gîtes larvaires. Les rongeurs (souris, rats) se nourrissent principalement dans les décharges. Le rat est un réservoir de pestes (manifestées à Madagascar en décembre 2017), de typhus murin, de leptospirose, d'histoplasmose, de fièvre par morsure de rat (sodoku), de salmonellose, de tularémie, de trichinose (OMS, 2021 ; OMS, 1971). Actuellement, les rats, dotés d'une grande valence écologique, colonisent les maisons de Dakar (Sénégal) et du District de Bamako et environs (Mali). Les travaux (Samaké, 2002) ont enregistré une teneur en nitrates (NO₃⁻) égale à 44 mg/L d'eau. Cette présence de nitrates dans les eaux du fleuve Niger à Bamako (Mali) pourrait être due à la fertilisation des jardins potagers par la matière organique. La croissance et développement des algues, poissons et mammifères sont affectés suite à la turbidité, dureté (présence de Fe⁺², Ca⁺², Mg⁺²...) et eutrophisation (enrichissement en azote et phosphore) des eaux du fleuve Niger. Ces résultats sont corrélés par ceux obtenus dans les études (Samaké, 2002 ; OMS, 1971). Les lixiviats provenant des eaux de ruissellement des dépôts d'ordures contiennent des produits chimiques (propulparabène, benzaldéhyde), qui peuvent contaminer la chaîne alimentaire (Bisson et al., 2005). Une étude comparative entre le contenu des poubelles de quelques décennies passées et la caractérisation antérieure des déchets des communes urbaines de Cotonou (Bénin), de Dakar (Sénégal), de Ouagadougou (Burkina Faso) a permis d'enregistrer un taux légèrement élevé des couches pour enfants, mèches pour cheveux et surtout d'accessoires d'ordinateurs et

de téléphones portables (déchets d'équipements électriques et électroniques, DEEE), importés d'Amérique, d'Europe et d'Asie. Ainsi, dans les pays en développement, Africa Solid Waste Management (2019) a démontré que le ratio journalier de déchets produits à Bamako (Mali) a été estimé à 0,9 kg, tandis qu'une production moyenne de 0,82 kg d'ordures ménagères par habitant a été enregistrée à Ouagadougou (Burkina Faso). Aussi, ces mêmes auteurs (Africa Solid Waste Management, 2019) ont prouvé que 1,2 kg est produit par personne et par jour à Dakar (Sénégal), correspondant à deux fois plus que celui obtenu à Cotonou (Bénin), soit 0,6 kg/jour. Dans les pays développés, un américain a produit 24 kg de déchets solides, alors qu'un français n'a rejeté que 20 kg par an (Le Picard, 2019). Or, la population des villes de l'Afrique de l'Ouest croît annuellement. Par exemple, les chercheurs du l'INSTAT (2017) ont estimé un doublement de la population du Mali durant tous les trente (30) ans. De nos résultats il ressort l'absence des contenants vides des pesticides et des bouteilles dans la décharge par rapport aux ordures ménagères. Ce phénomène s'explique par le fait que cette composante constitue une prise précieuse pour les couches démunies. De plus, les restes de récolte et d'animaux apparaissent dans la décharge. Cette présence serait due, à notre avis, à la pratique d'agriculture et d'abattage d'animaux dans les conditions différentes de celles des abattoirs. Enfin, la partie organique des déchets de décharge est prise pour fertiliser les parcelles agricoles quelques semaines avant la tombée des premières pluies. Actuellement, il existe quatre (4) modes de traitement décrits ci-après :

- L'incinération consiste à incinérer les déchets après avoir triés pour séparer les grands morceaux de métal, le verre et autres. Cette pratique de traitement des déchets solides atteint 75 % (au Japon), 60 % (en Suisse), 40% (en France, Allemagne) et 15 % (Canada et États-Unis). L'incinération réduit le volume des déchets dans une proportion de 90%. En brûlant, les déchets émettent les gaz tels que H_2O , CO , CO_2 , NO_x , SO_2 et HCl . Le reste est composé de la poussière minérale (cendres) et des métaux (Fe, Pb, Hg et autres). La combustion des matières plastiques rejette les dioxines et furanes. Un intérêt scientifique a été accordé aux CO_2 , NO_x , SO_2 , dioxines et furanes. Le dioxyde de carbone contribue à l'effet de serre (US-EPA, 2021 ; WHO, 2021). Présents en grande quantité dans l'atmosphère les oxydes d'azote (NO_x) et le dioxyde de soufre (SO_2) donnent les pluies acides ayant un pH inférieur ou égale à 5,6 (Van Coillie et Van Coillie, 2010). Les dioxines et furanes se composent de 417 éléments chimiques différents. Ils développent le cancer du poumon (WHO, 2021). Les dioxines et furanes sont reconnus perturbateurs endocriniens par l'OMS. Les normes OMS (WHO, 2021) des dioxines et furanes varient de 1 à 12 picogrammes/Kg. Celles de l'OMS (WHO, 2021)

pour le NO₂ sont fixées à 40 microgrammes par mètre cube (µg/M³) d'air durant toute l'année. La moyenne actuelle sur 10 minutes pour le SO₂ est égale à 500 µg/M³ d'air. Les piles et accumulateurs des téléphones mobiles renferme le cadmium, dont sa demi-vie biologique est estimée à 20 ans chez l'homme. Ce métal lourd est toxique pour le foie et les reins. Le cadmium est cancérigène pour l'homme selon l'OMS (2012). La norme OMS (WHO, 2012) est fixée à 2 µg/M³ d'air. Les teneurs en plomb rencontrées dans les céréales et légumes sont respectivement 3 à 5 fois supérieures aux normes recommandées par la Commission mixte FAO/OMS (2016) et corroborent avec les résultats indiqués dans les travaux (WHO, 2012). La norme OMS (WHO, 2021) pour le plomb est fixée à 2 µg/M³ d'air durant toute l'année.

Les déchets biomédicaux contenant les appareils de précision (thermomètre, baromètre, tensiomètre...) rejettent les vapeurs nocives du mercure, seul métal lourd, qui se vaporise à température ordinaire. Le mercure (Hg) induit le cancer du poumon. L'OMS a recommandé une norme égale à 1 µg/M³ d'air pour le mercure (WHO, 2021). Il pourrait combiner avec le méthyle pour former le méthylmercure (MeHg), qui entraîne une baisse du quotient intellectuel, des retards verbaux, psychomoteurs et des crises d'épilepsie chez l'enfant. Chez la population adulte et la femme enceinte le MeHg peut engendrer des troubles visuels, des problèmes de surdité, une perte de coordination musculaire, des troubles de la mémoire et affecter le cerveau du bébé et son système nerveux par le biais de son accumulation dans les tissus du fœtus (WHO, 2021).

- La mise en décharge consiste évacuer les déchets vers des sites contrôlés. Elle dépend de la texture du sol. Les sols argileux sembleraient propices. Environ 99% (Irlande), 65% (Angleterre) et 45% (France) des déchets solides sont mis en décharge. Elle s'accompagne d'odeurs nauséabondes et de pollution microbiologique par percolation ou lixiviation.
- Le compostage est une technique biologique de recyclage des débris végétaux, qui donnent un amendement organique après une fermentation. Il est évident que le tri et séparation minutieuse des métaux, du verre et des autres matériaux inorganiques s'effectuent avant la mise au compostage.
- Les digesteurs produisent le biogaz susceptible de réduire l'exposition des femmes ménagères à la forte concentration du monoxyde de carbone dans la cuisine.
- Le recyclage permet de réutiliser les déchets pour produire des objets de valeur. Ainsi, le verre est recyclable à l'infini (100%). On peut produire les bouteilles, les matériels de chimie et de biologie (burettes, éprouvettes, erlenmeyers, boîtes de Pétri, tubes à essai...). Les

matières plastiques pourraient être transformées en tablettes, caisses pour boissons, chaussures, sacs à main, chaises...

Concernant la revalorisation des déchets, ceux émanant du commerce pourraient être vendus contrairement aux productions des centres de santé. La prise dans la décharge est rémunérée en fonction de la nature, l'état ou la présentation des bouteilles vides (contenants froissés, fêlés, troués...). En somme, l'économie réalisée est de 1 750 FCFA pour les déchets de commerce et environ 20 000 FCFA de revenus supplémentaires génèrent les dépôts de décharge par an et par ménage. Par contre, la perte due aux taxes d'enlèvement d'ordures ménagères (TEOM) s'élève à 16 000 FCFA en admettant que chaque ménage ravitaille la décharge d'au moins deux (2) poubelles par semaine.

Pour améliorer la gestion des déchets en Afrique, il nous convient de vous suggérer de résoudre les problèmes de répartition des responsabilités. En effet, une sensibilisation et une formation écologique concernant les risques liés à la gestion de ces déchets et le choix d'options sûres de traitement, sans danger sur la santé publique et l'environnement se posent. Au regard des résultats obtenus, les auteurs prônent la mise en place des chaînes de recyclage des déchets solides, selon le principe écologique « les déchets de l'un sont utilisés comme matière(s) première(s) de l'autre jusqu'à quatre chaînons, voire zéro déchet ».

5. Conclusion

Les compositions des déchets solides ont varié selon les activités professionnelles, les maisons de production et la saisonnalité. Aussi, ces déchets solides engendraient des effets néfastes sur les animaux et l'homme. Cependant, le recyclage permettrait de revaloriser en partie certains déchets. Leur traitement adéquat pourrait réduire les risques de santé, la contamination de la chaîne alimentaire par des produits chimiques et préserverait l'environnement urbain.

REFERENCES

- [1] Africa Solid Waste Management (2019). Recueil de la gestion des déchets solides en Afrique. Édition Secrétariat Général de l'ACCP, Groupe de gestion de l'environnement, Département de l'Environnement Mondial et Agence Japonaise de Coopération Internationale, Tokyo, Japon, 222 p.
- [2] Belouafi, A. & Debbaghi, S. (2019). Gestion des déchets ménagers et assimilés Etude de cas. Mémoire de Master de la Faculté des Sciences et de la Technologie de l'Université d'Adrar, Algérie, 103 p.

- [3] Bisson, M., Diderich, R., Hulot, C., Lacroix, G., Lefevre, JP., Leveque, S., Magaud, H., Malleret, L. & Tissot, S. (2005). Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques : Benzaldéhyde. Paris : Édition INERIS, France, 34 p.
- [4] Bliefert, C. & Perraud, R. (2001). Chimie de l'environnement. Bruxelles : Édition De Boeck, Belgique, 477 p.
- [5] DUE (Délégation de l'Union Européenne). (2014). Révision du profil environnemental du Mali. Bamako : Rapport final de la DUE, Mali, 172 p.
- [6] El Hacem, A.A. & Diene, A. (2022). Valorisation énergétique des déchets solides ménagers de la ville de Thiès : caractérisation et production de méthane à partir des résidus alimentaires. International Journal of Innovation and Applied Studies, 35 (3) : 457-473.
- [7] FAO (United Nations Food Alimentation and Agriculture). (2019). Pollution des sols: soyez la solution. Rome : Édition FAO, Italie, 32 p.
- [8] FAO (United Nations Food Alimentation and Agriculture). (2020a). Les microplastiques dans la pêche et l'aquaculture. Que sait-on? Faut-il s'inquiéter? Rome : Édition FAO, Italie, 12 p.
- [9] FAO (United Nations Food Alimentation and Agriculture) (2020b). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Rome : Édition FAO, Italie, 247 p.
- [10] FAO/OMS (United Nations Food Alimentation and Agriculture/Organisation Mondiale de la Santé). (2016). Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. Commission du Codex Alimentarius. Rome : Édition FAO, Italie, 286 p.
- [11] Gérin M., Gosselin P., Cordier S., Viau C., Quénel P. & Dewailly E. (2005). Environnement et santé publique : fondements et pratiques. Québec : Co-éditions Edisem et Tec et Doc), Canada, 1062 p.
- [12] Goupil, G., Thiault, G., Frère, B., Paillat, L. & Risler, N. (2017). Les nuisances olfactives en région parisienne Odors pollution in the Paris region ; Pollution Atmosphérique, 234 : 2 p.
- [13] INSTAT (Institut National de la Statistique). (2017). Enquête modulaire et permanente auprès des ménages (EMOP). Rapport d'analyse premier passage 2017. Bamako : Édition INSTAT, Mali, 75 p.
- [14] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2022). Climate Change 2022. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the sixth

- Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Edition Cambridge, UK, and New York, Cambridge University Press, USA, 3676 p.
- [15] Lashcari, F. (2020). La stratégie européenne de développement des biocarburants : réorientation vers des biodiesels avancés issus de déchets et de résidus alimentaires : opportunités et risques. Thèse de Doctorat de Greenflex, Paris, France, 58 p.
- [16] Le Picard H. (2019). Gestion des déchets et production de déchets d'électricité en Afrique: l'incinération au service de la ville durable? Édition IFRI, Paris, France, 52 p.
- [17] MEADD (Ministère de l'Environnement, de l'Assainissement et du Développement Durable). (2019). État des lieux de la filière de gestion des déchets solides dans les communes d'intervention du PGRCI dans le District de Bamako. Bamako : Édition Bureau d'Études GER, Mali, 300 p.
- [18] Neuville, M., Vinclair, C., Cally, R. & Bouadma, L. (2019). Place des biomarqueurs dans la prise en charge des infections pulmonaires. *Revue des Maladies Respiratoires*, 36 (3) : 405-414.
- [19] OMS (Organisation Mondiale de la Santé). (1971). Réduction, traitement et élimination des déchets solides. Rapport d'un comité d'experts N°484. Genève : Édition OMS, Suisse, 38 p.
- [20] OMS/UNICEF (Organisation Mondiale de la Santé/ Fonds des Nations Unies pour l'Enfance). (2017). Eau, assainissement, hygiène et gestion des déchets en rapport avec le virus responsable de la COVID-19. Orientations provisoires. Rapport scientifique OMS, Genève, Suisse, 11 p.
- [21] Piotrowski, A., Guillosoy, G. & Beaugrand, E. (2019). Co-exposition à la pollution atmosphérique et au bruit, et maladies cardio-vasculaires. *Pollution atmosphérique, L'écologie urbaine, une révolution sur le temps long*, 237-238 : 2268-3798.
- [22] PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement). (2008). La lutte contre le changement climatique : un impératif de solidarité humaine dans un monde divisé. New York : Édition PNUD, États-Unis, 389 p.
- [23] RECORD. (Association pour l'Économie Circulaire, les Déchets et l'Environnement). (2015). Substances émergentes, polluants émergents dans les déchets : le cas des phtalates. Paris : Édition RECORD, France, 138 p.
- [24] Samaké, H. (2002). Analyse physico-chimique et bactériologique au Laboratoire National de la Santé (LNS) des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la

période 2000 et 2001. Thèse de Doctorat de l'Université du Mali. Spécialité : Médecine Générale, Bamako, Mali, 77 p.

- [25] Staub, M. & Gourc, JP. (2008). Possibilités de réduction des émissions de gaz à effet de serre liées au stockage de déchets. Déchets Sciences et Techniques, 52 : 8-16.
- [26] US-EPA (United Nations Environmental Protection Agency). (2021). Meilleures pratiques de gestion des déchets solides : Guide destiné aux décideurs dans les pays en voie de développement. Washington DC : Edition US-EPA, USA, 169 p.
- [27] Van Coillie, R. & Van Coillie, G. (2010). Acidification des eaux douces au Québec avec rejets d'aluminium des sols acidifiés. In « Les eaux douces au Québec »: constatations et évolution, Lévis. Québec : Édition Les productions Jacques Bernier, Canada, 94 p.
- [28] WHO (World Health Organization). (2012). State of the assessment of endocrine disrupters, Final Report, International Program on Chemical Safety, IPCS. Geneva : Edition World Health Organization, Switzerland, 486 p.
- [29] WHO (World Health Organization). (2021). WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva : Edition WHO, Switzerland, 300 p.
- [30] World Bank. (2021). Un air de meilleure qualité pour une planète en meilleure santé, 4 p.
<https://blogs.worldbank.org/fr/voices/un-air-de-meilleure-qualite-pour-une-planete-en-meilleure-sante> (Page consultée le 21 avril 2022).