

Analyse de l'application des mesures d'hygiène et de sécurité dans la zone d'influence du centre d'enfouissement des déchets ménagers de Noumoubougou, près de Bamako, Mali

[Analysing the application of hygiene and safety measures in the area affected by the Noumoubougou domestic waste landfill near Bamako, Mali]

Hippolyte Traore¹, Housseini Dolo², Adama Tolofoudye³, Ibréhima Guindo⁴, and Kléma Marcel Kone⁵

¹Chercheur en santé publique à l'Institut National de Santé Publique du Mali (INSP), Doctorant à l'EDSTM, USTTB Bamako, Mali

²Enseignant Chercheur en Epidémiologie au MRTC, FMOS-Bamako, Mali

³Enseignant Chercheur en Chimie environnementale, Génie Chimique et Génie des Procédés, Chef du Laboratoire de Chimie, FAST, USTTB Bamako, Mali

⁴Enseignant Chercheur en Pharmacie et Sciences biomédicales, chef de Département Recherche biomédicale et Laboratoire INSP Bamako, Mali

⁵Master en sciences biomédicales, Chef service microbiologie, Département Recherche biomédicale et Laboratoire INSP Bamako, Mali

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The Noumoubougou landfill is located 30 kilometers northeast of Bamako on the Koulikoro road. Its construction has given rise to a great deal of concern, disagreement and even reluctance on the part of the local population. This issue led us to analyze the application of health and safety measures in and around the site. The study covers the period from 2020 to 2022. The methodology focuses on observing the landfill, taking groundwater samples in and around the landfill, and interviewing landfill supervisors. Observations showed that the landfill does not meet the criteria of a compacted controlled landfill, as waste is not covered on a daily basis and is a source of pollution and nuisance. Biomedical and toxicological analyses have confirmed that the groundwater is not polluted by the leachate produced by the landfill. Lack of awareness on the part of users, site supervisors and the local population, lack of compliance by the authorities and insufficient financial resources to ensure the management, operation and monitoring of such a facility are determining factors in the inadequate application of health and safety measures.

KEYWORDS: pollution, nuisance, leachate, Supervisor, compacted controlled landfill, health monitoring.

RESUME: La décharge contrôlée compactée de Noumoubougou se trouve à 30 kilomètres au Nord-Est de Bamako sur la route de Koulikoro. Sa réalisation a suscité beaucoup d'inquiétudes, des divergences et même des réticences de la part des populations avoisinantes. La problématique nous a conduit à analyser l'application des mesures d'hygiène et de sécurité à l'intérieur et autour du site. L'étude est menée sur la période 2020 à 2022. La méthodologie est axée sur l'observation du site de la décharge, le prélèvement des échantillons d'eau souterraine à l'intérieur et autour du site de la décharge, et l'interview des surveillants du site de la décharge. L'observation a montré que la décharge ne répond pas aux critères d'une décharge

contrôlée compactée, puisque les déchets ne sont pas couverts journalièrement, et constitue une source de pollutions et nuisances. Les analyses biomédicales et toxicologiques ont confirmé que les eaux souterraines ne sont pas polluées par les lixiviats produits par la décharge. Le manque de sensibilisation des usagers, des surveillants du site et des populations avoisinantes, le non respect du cahier de charges par les autorités et l'insuffisance de moyens financiers pour assurer la gestion, le fonctionnement et le suivi d'un tel ouvrage, sont des facteurs déterminants de l'insuffisance d'application des mesures d'hygiène et de sécurité.

MOTS-CLEFS: pollutions, nuisances, lixiviats, surveillants, décharge contrôlée compactée, suivi sanitaire.

1 INTRODUCTION

La pollution atmosphérique est actuellement reconnue comme étant la plus importante menace environnementale pour la santé humaine. Les données de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) montrent que la quasi-totalité de la population mondiale (99%) respire un air dont les valeurs dépassent les limites recommandées par l'OMS et qui contient des taux élevés de polluants, l'exposition étant la plus forte dans les pays à revenu faible ou intermédiaire¹.

Neuf personnes sur dix respirent de l'air pollué, la pollution atmosphérique tue 13 personnes chaque minute².

Les Centres d'enfouissement des déchets constituent une alternative à la pollution atmosphérique. Celui de Noumoubougou, situé à 30 kilomètres de Bamako est le deuxième du genre au Mali après celui de la Commune urbaine de Sikasso. Il a été initié en 2001 par les autorités administratives du District de Bamako, afin d'enfouir, compacter et contrôler les déchets collectés dans les Communes I, II, III et IV du District de Bamako [1]. Mais sa réalisation n'a commencé qu'en 2014 et sa mise en œuvre en 2016. Ce retard s'explique par le fait que les populations de la Commune de Tienfala se sont montrées réticentes au projet de réalisation de la décharge, pour la principale raison que le dépôt final dont les déchets provenant de Bamako, constituerait une menace pour leur santé et cadre de vie. La décharge est devenue opérationnelle en 2016 grâce à la coopération avec l'Opérateur économique marocain 'OZONE'.

Depuis que l'installation et l'exploitation du site ont commencé, aucune étude sanitaire n'a été menée pour vérifier si toutes les conditions et mesures d'hygiène et de sécurité sont réunies. Puisque la décharge est devenue un sujet de discord, d'inquiétude et de plaintes permanentes, notre étude qui rentre dans le cadre d'une thèse de doctorat, s'est proposée comme objectif d'analyser l'application des mesures d'hygiène et de sécurité à l'intérieur et autour du centre d'enfouissement des déchets. L'hypothèse de recherche posée avant l'étude a été la suivante: « la décharge contrôlée compactée de Noumoubougou n'a pas d'influence sur la santé des populations avoisinantes ».

2 MATERIELS ET METHODE

2.1 DESCRIPTION DU SITE ET DE LA POPULATION DE L'ÉTUDE

Le site de notre étude se situe dans la Commune de Tienfala, près du hameau de culture de Noumoubougou, situé à 1 km du village de Fougadougou et à environ 1 kilomètre au nord-est du village de Tienfala. La décharge est localisée à 30 km au nord-est de Bamako, à environ 700 mètres du côté gauche de la route RN-27 et à 2 km du fleuve Niger, sur l'axe Bamako-Koulikoro. La superficie totale du site de la décharge est de 50 hectares, dont 30 sont exploités pendant les 10-15 premières années et les 20 autres sont gardés en réserve pour une future extension. Le centre d'enfouissement comporte: un bâtiment administratif, des toilettes, deux hangars, un incinérateur, deux citernes d'eau, un château d'eau, cinq engins lourds, deux grandes portes, un mur de clôture, deux grands bassins, dont l'un contient les déchets à ciel ouvert et l'autre les lixiviats [2]. La décharge, bien qu'ayant deux grandes portes et un mur d'enceinte en dégradation, est facilement accessible aux trieurs et aux animaux en divagation.

¹ Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air, 2016, Pollution atmosphérique (who.int)

² Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air, 2021, Pollution atmosphérique (who.int)

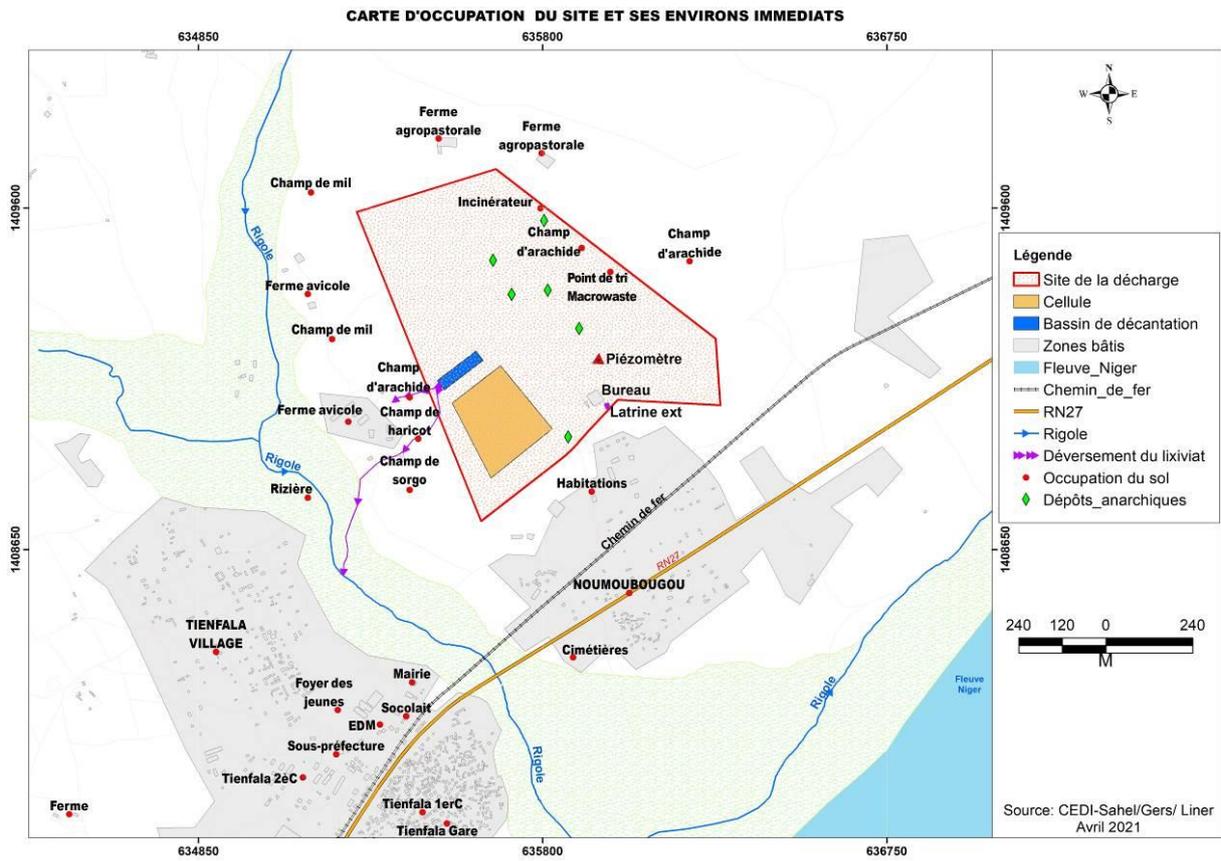


Fig. 1. Carte d'occupation du site de la décharge de Noumoubougou et ses environs immédiats.



Image 1: Décharge contrôlée compactée de Noumoubougou: Bassin contenant les déchets stockés à l'air libre dégageant des fumées et odeurs nauséabondes pendant la saison sèche.

2.2 POPULATION D'ÉTUDE

La population d'étude est celle de l'aire de santé de Tienfala, située à mi-chemin à 30 km de part et d'autre entre le CSRéf de Koulikoro et la ville de Bamako. L'aire de santé de Tienfala regroupe 15 villages (Source: SIS/DRS Koulikoro, 2018). Sa population actualisée était de 9 716 habitants en 2022. La population directement impactée par le centre d'enfouissement de Noumoubougou était de 3 841 habitants en 2022, regroupant quatre localités dont Tienfala village, Tienfala Gare, Fougadougou et le hameau de Noumoubougou [3].

2.3 APPROBATION ÉTHIQUE

La présente étude a été approuvée par le Comité d'Éthique de l'Institut National de Santé Publique (INSP) avant sa mise en œuvre. Les consignes et considérations éthiques ont été rigoureusement respectées sur le terrain par le chercheur principal, doctorant à l'EDSTM/USTTB. Celles-ci ont contribué à obtenir l'adhésion de toutes les parties prenantes, recueillir des données de qualité et minimiser les biais de l'étude.

2.4 OUTILS DE COLLECTE ET D'ANALYSE

La méthodologie adoptée est la suivante:

- L'observation du site de la décharge;
- Le prélèvement d'échantillons des eaux souterraines à l'intérieur et autour du site de la décharge;
- L'interview des surveillants du site de la décharge.

Les outils de collecte utilisés étaient:

- Une grille d'observation du site a été spécialement conçue pour collecter toutes les informations et données à l'intérieur et autour du site;
- Une tablette contenant l'Application KoboCollect a été utilisée pour géolocaliser le bassin de lixiviat, 04 puits traditionnels et 09 forages dans les villages. Deux équipes de l'INSP et de la FAST ont effectué les prélèvements d'échantillons des eaux souterraines puis analysé les échantillons dans le Laboratoire de Microbiologie de l'INSP et celui de Chimie de la FAST pour les tests toxicologiques. Les conditions de prélèvement, de transport, de stockage et d'examen ont été respectées par les techniciens conformément aux exigences en la matière;
- Un questionnaire spécifique a été élaboré, validé et soumis individuellement aux surveillants du site pour recueillir leur opinion sur les mesures d'hygiène, de sécurité et de gestion du site;
- Les outils informatiques Word, Excel, Access, ont été utilisés respectivement pour la saisie, codage, décodage et épuration des données. Les analyses statistiques bivariées et multivariées statistiques des données ont été effectuées exclusivement sur Epi Info 7.3.3 après transfert à partir du logiciel Access.

3 RESULTATS

3.1 RESULTATS DE L'OBSERVATION DU SITE DE LA DECHARGE

L'observation de la décharge a consisté à effectuer plusieurs visites à la décharge pendant les saisons sèches et les saisons pluvieuses. Elle a concerné: (i) l'état du bassin de déchets et celui des lixiviats; (ii) la fréquentation des lieux par la population et les animaux; (iii) le fonctionnement, suivi et évaluation des activités du site de la décharge. Il en ressort la situation suivante:

Tableau 1. Grille d'observation du Centre d'enfouissement des déchets

ITEMS OBSERVÉS	OUI	NON	DESCRIPTION DE LA SITUATION
Système de protection du périmètre du site	X		Double protection avec une digue et un mur servant de clôture du périmètre. Le mur est endommagé en certains endroits des côtés nord et sud, laissant pénétrer des animaux (moutons, chiens, chèvres)
Facilité d'accès par les humains et les animaux	X		Deux portes d'entrée à l'Est et au sud sont ouvertes par lesquelles circulent les humains et les animaux
Présence humaine dans le bassin de déchets	X		Le bassin de déchets est fréquenté par des femmes et des enfants de tout âge
Présence d'animaux dans le bassin de déchets	X		Il y a la présence des moutons, chèvres et chiens errent dans l'enceinte du site, aussi la présence des chiens dans le bassin de déchets à la recherche de nourriture, est très remarquable
Présence d'insectes	X		Des mouches et des moustiques sont partout dans le site
Recouvrement des déchets par des matériaux		X	Les déchets ne sont pas couverts par des matériaux dans le bassin de déchets. Dans le périmètre, on observe des tas de déchets anciennement brûlés et des tas de tessons de verre jonchant le sol du côté nord-est et nord du site
Dégradation du sol et des plantes		X	Le sol et les plantes n'ont pas subi de dégradation, d'autant plus que la végétation (arbres, herbes) est luxuriante à l'intérieur et autour de la décharge
Dégradation des portes, barrières, rampes d'accès et bassin de lixiviats	X		Les portes sont vétustes, les barrières notamment la digue a été fortement affectée par l'érosion, ce qui fait que la bâche qui couvrait la digue a presque disparu de la surface de la digue, quelques morceaux sur lesquels sont posés des pierres, subsistent à certains endroits. Les rampes d'accès au bassin de lixiviats sont en bon état
Présence de déchets spéciaux dans le bassin de déchets	X		On remarque des films de radiographie, des flacons vides de médicaments et de réactifs de laboratoire, des flacons vides de sérums glucosé et salé, des poches de sang contenant du sang non coagulé, des tubulures et transfuseurs, des seringues et des aiguilles (voir photos)
Nuisances (odeur, fumées, etc.)	X		Les déchets sont à ciel ouvert, donc il se dégage une odeur putride. Une grande partie des déchets situés à l'ouest dégage des fumées toxiques tandis que les déchets situés au nord et au nord-ouest du bassin ont été récemment brûlés
Fonctionnalité des installations	X		Les deux citernes contenant de l'eau avec système de pompage, le moteur du bassin de lixiviats, sont fonctionnels. Dans le parc automobile, trois véhicules sur cinq sont fonctionnels (1 camion et un bulldozer sont non fonctionnels)
Existence de forages et / ou puits	X		Il existe un forage avec château d'eau fonctionnel situé au sud-est de la décharge
Matériels et équipement (disponibilité et qualité)	X		Matériels et équipement sommaire au niveau du bâtiment principal et deux hangars non utilisés
Bassins de déchets et lixiviats (nombre et qualité)	X		Le bassin de déchets est séparé du bassin de lixiviats par un espace dont une partie est utilisée par les trieuses de déchets pour stocker les sacs de déchets en attendant leur transport par des mini-bus.
Salubrité des lieux et voies d'accès		X	Les déchets jonchent l'enceinte du site. Une grande partie de ces déchets a été déversée récemment dans le bassin à déchets suite aux visites répétées des ministres et de la DNACPN.
Existence de puits piézométriques	X		Il existe trois puits piézométriques du côté est du site. Ils distants d'environ 200 m des uns des autres.
Utilisation de cahiers de mouvements, registres, protocoles ou affiches		X	Le site ne dispose pas de documents de gestion, à part un carnet de tickets à partir duquel sont délivrés des tickets aux chauffeurs de camion après versement des déchets ménagers dans l'enceinte de la décharge.

3.1.1 ANALYSE ET INTERPRÉTATION

- Le site ne bénéficie pas de suivi régulier des installations et des bassins de déchets et du lixiviat, témoins la présence de déchets éparses dans l'enceinte du site et l'écoulement du lixiviat dont on voit les traces de ruissellement;
- Des déchets sont abandonnés à ciel ouverts et brûlés dans le bassin de déchets, alors qu'ils devraient être recouverts de matériaux de remblais, pour empêcher les fumées, les odeurs et la prolifération de mouches et moustiques;
- Il y a des déchets qui jonchent le sol dans certaines parties du site. Des déchets biomédicaux et spéciaux sont visibles dans le bassin de déchets;
- Les voies d'accès et l'enceinte du site de la décharge sont joncées de sacs remplis de déchets triés directement à partir du bassin de déchets par les trieurs de déchets;
- Les murs de protection, les digues et les rampes d'accès sont délabrés, laissant passer les animaux;
- La présence remarquée des humains et des animaux, de même que les mouches, moustiques, fumées et odeurs nauséabondes;
- Le site de la décharge ne dispose pas de documents de gestion requis.

3.1.2 CONCLUSION

L'observation du site de la décharge a montré que les mesures d'hygiène et de sécurité ne sont pas suffisamment mises en œuvre. La présence de trieurs de déchets et de surveillants sans protection individuelle, d'animaux en divagation, de vecteurs de maladies (mouches, moustiques, fumées, odeurs nauséabondes et de déchets biomédicaux), le manque de désinfection/désinsectisation, et l'insuffisance de suivi environnemental confirment l'existence de causes profondes que sont le non respect du cahier de charge, l'insuffisance de moyens financiers et le manque de sensibilisation sur le lien entre problèmes de santé et l'environnement. La décharge de Noumoubougou est donc une source potentielle d'exacerbation de certaines maladies parasitaires et infectieuses.

3.2 RESULTATS DES PRÉLÈVEMENTS ET ANALYSES BACTÉRIOLOGIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINES A L'INTERIEUR ET AUTOUR DU SITE DE LA DECHARGE

Quatorze échantillons d'eau souterraine ont été prélevés par une équipe de techniciens de laboratoire en présence du chercheur principal de l'étude. Les conditions de prélèvement, les mesures d'hygiène, le conditionnement, le stockage et transport des échantillons ont été rigoureusement respectés pour minimiser les risques de contamination et changement de température. Tous les puits et forages ciblés ont été au préalable géolocalisés à l'aide de l'Application KoboCollect sur tablette numérisée avant de procéder au prélèvement. Les résultats des examens bactériologiques et physico-chimiques ont été fournis par le Laboratoire de recherche biomédicale de l'INSP et le Laboratoire de Chimie de la FAST/USTTB. Ils ont ensuite été comparés à des résultats antérieurs délivrés par le laboratoire de Chimie de la FAST pour apprécier l'évolution de la qualité des eaux.

Tableau 2. Echantillons prélevés en fonction des localités et sources d'eau

LOCALITÉ	POSITION GEOGRAPHIQUE	SOURCE D'EAU			NOMBRE TOTAL D'ÉCHANTILLONS
		Forage	Puits	Bassin de lixiviats	
Site de la décharge	Centre	1		1	2
Tienfala village	Ouest	1	1		2
Tienfala Gare	Ouest	3			3
Noumoubougou	Sud	2	3		5
Fougadougou	Est	1			2
TOTAL		9	4	1	14

Au total, 14 prélèvements ont été effectués, dont:

- 1 échantillon d'eau du bassin de lixiviats, situé dans le site de la décharge
- 4 échantillons d'eau de puits traditionnels pour le maraichage et la boisson à Tienfala village et Noumoubougou
- 9 échantillons d'eau de forage destinées à la consommation dont 01 dans le site de la décharge, 01 à Tienfala village, 03 à Tienfala Gare, 02 à Noumoubougou hameau et 02 à Fougadougou.

Il est à noter que:

- L'eau de la rigole située entre la décharge et le village de Tienfala n'a pu être prélevée à cause de son assèchement au passage de l'équipe de recherche;
- L'eau provenant du forage de Massala, situé à 16 km à l'Est du site de la décharge, dessert plusieurs villages dont Fougadougou, Noumoubougou, Tienfala village et Tienfala Gare. L'équipe de recherche a prélevé l'eau directement au robinet qui se trouve au niveau du CSCOM de Tienfala, pour une comparaison avec les eaux de puits et forages prélevées autour du site de la décharge.

La recherche microscopique et culture des germes a concerné principalement les coliformes (totaux, fécaux), Salmonella Shigella, Streptococcus fécaux, Escherichia Coli.

Tableau 3. Principaux germes isolés dans les eaux souterraines

SOURCE DES ÉCHANTILLONS	POSITION GÉOGRAPHIQUE	LOCALITÉ	RECHERCHE DE COLIFORMES ET DE BACILLES GRAM NÉGATIF	NUMÉRATION DE LA FLORE AÉROBIE TOTALE
Forage Mairie Tienfala (F1)	Ouest	Tienfala gare	< 10 UFC/ml	< 10 UFC/ml
Forage CSCOM Tienfala (F2)	Ouest	Tienfala gare	<i>Enterobacter cloacae</i>	80 UFC/ml
Forage CSCOM Tienfala (eau dont la source est à Massala) (F3)	Est	Tienfala gare	< 10 UFC/ml	< 10 UFC/ml
Forage Tienfala village (F1)	Ouest	Tienfala village	< 10 UFC/ml	< 10 UFC/ml
Forage Noumoubougou (F1) chef de village	Sud	Noumoubougou	< 10 UFC/ml	< 10 UFC/ml
Forage Noumoubougou (F2) devant le site de la décharge	Sud	Noumoubougou	< 10 UFC/ml	< 10 UFC/ml
Forage Noumoubougou (F3) à l'intérieur du Site de la décharge	Centre	Site de la décharge	< 10 UFC/ml	< 10 UFC/ml
Forage Fougadougou (F1) côté mosquée	Est	Fougadougou	< 10 UFC/ml	< 10 UFC/ml
Forage Fougadougou (F2) entrée du village	Est	Fougadougou	< 10 UFC/ml	< 10 UFC/ml
Bassin de lixiviats (centre)	Centre	Site de la décharge	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	23 000 UFC/ml
Puits (P1) Tienfala village	Ouest	Tienfala village	< 10 UFC/ml	< 10 UFC/ml
Puits (P1) Noumoubougou (chef village)	Sud	Noumoubougou	<i>Enterobacter cloacae</i>	1180 UFC/ml
Puits (P2) Noumoubougou (chez KONE)	Sud	Noumoubougou	<i>Enterobacter cloacae</i>	190 UFC/ml
Puits (P3) Noumoubougou (deux familles)	Sud	Noumoubougou	< 10 UFC/ml	60 UFC/ml

UFC: unit forming colony

3.2.1 ANALYSE ET INTERPRÉTATION

Des quantités importantes de bactéries dénommées *Enterobacter cloacae* ont été isolés dans les eaux du forage situé dans le CSCOM de Tienfala et dans les deux puits situés à Noumoubougou. Ce sont gram-négatifs, de même type que *Salmonella Shigella*, *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Streptococcus faecalis*, *Proteus*, *morganella* et *yersinia*. Ils sont responsables des gastro-entérites infantiles, des infections urinaires, pulmonaires et cutanées. D'autres germes « *Pseudomonas aeruginosa* » ont été retrouvés dans les lixiviats du site de la décharge. Ces bacilles gram négatifs sont généralement présentes dans des eaux stagnantes des égouts et lixiviats. Chez l'homme, ils sont source d'infection diverses au niveau gastro-intestinal, des yeux, oreilles, plaies, cœur, cerveau, urines, poumons, voies respiratoires supérieures et peau. Les eaux des autres puits et forages, sont sans danger pour la consommation humaine, mais nécessitent un traitement adéquat et régulier.

3.2.2 CONCLUSION

Les germes retrouvés dans les lixiviats de site de la décharge n'ont pas été retrouvés dans les eaux des puits et forages avoisinants, bien vrai qu'au niveau du bassin de lixiviats, on observe que les traces de ruissèlement des liquides suite à l'augmentation de son niveau par la pluie et, consécutivement son déversement par terre. L'isolement des germes présents dans les eaux des puits de Noumoubougou et dans le forage du CSCOM situé à de Tienfala Gare, est d'une importance capitale pour la présente étude, par ce que cette situation montre d'une part que les infrastructures manquent d'entretien et de traitement réguliers, et d'autre part que les eaux de ces puits sont contaminés superficiellement et en profondeur par le ruissèlement et l'infiltration des excréta et eaux usées, les animaux en divagation et les objets de toute nature qui y tombent.

3.3 RÉSULTATS DES EXAMENS PHYSICOCHIMIQUES DES EAUX

Les prélèvements La recherche de métaux lourds (cadmium, cuivre, nickel, plomb, zinc, arsenic, mercure, manganèse, potassium, magnésium) dans les eaux a été effectuée par le Laboratoire de Chimie de la FAST, dont les résultats sont ci-dessous mentionnés.

Tableau 4. Résultats de l'analyse physico-chimique des eaux

Echantillons	pH	Cond	Turb	TA	TAC	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻
Unités		µS/Cm	NTU	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
F Mairie Tienfala Gare	6,16	164	0,57	0,00	220	13,44	11,2	26,63	0,00	0,00	0,08	0,11
F1 CSCOM Tienala	6,69	100	0,54	0,00	160	6,72	12,8	17,75	0,00	0,00	0,00	0,00
F2 CSCOM (Eau du forage de Massala)	7,09	447	0,38	0,00	640	47,04	72	17,75	0,00	0,00	1,27	0,02
F Tienfala Village Ouest	7,3	88	0,46	0,00	80	3,84	9,6	21,30	0,00	0,00	3,16	0,00
F Nmbgou sud	8,34	103	0,49	0,00	120	6,72	9,6	17,75	0,00	0,00	0,00	0,00
F2 Nmbgou sud	5,89	193	0,52	0,00	280	9,6	36,8	15,98	0,00	0,00	1,69	0,00
F3 Nmbgou Décharge	6,19	135	0,77	0,00	180	7,68	19,2	19,53	0,00	0,00	4,08	0,16
F1 Fgadgou EST	7,25	580	1,46	0,00	660	59,52	56	21,30	0,00	0,00	0,78	0,01
F2 Fgadgou EST	7,06	434	0,51	0,00	540	30,72	68,8	23,08	0,00	0,00	0,30	0,15
P Tienfala Village Est	7,57	78	7,65	0,00	100	6,72	6,4	30,18	0,00	0,00	4,85	0,24
P1 Nmbgou sud	7,72	114	2,89	0,00	60	5,76	8	49,70	0,00	0,00	14,98	0,00
P2 Nmbgou sud	4,36	78,4	7,57	0,00	60	1,92	4,8	40,83	0,00	0,00	11,17	0,00
P3 Nmbgou sud	5,89	193	0,52	0,00	280	9,6	36,8	15,98	0,00	0,00	1,69	0,00
Norme OMS	6,5-9	1500	-	-	-	100	200	250	500	0,2	50	-
B Lixiviation	8,95	1780	>1000	0,00	16000	96	640	568,00	0,00	0,00	0,22	0,03
Norme de rejet	6,5-9,5	2500		-	-	-	-	1200	100	10	30	10

Tableau 5. Résultats de l'analyse des métaux lourds des eaux

Echantillons	Zn	Cd	Ba	Cu	Ni	Co	As	Pb	K	Mo	Mn	Cr	Al
Unités	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
F Mairie Tienfala G.	0,02	<0,01	0,13	0,01	0,06	0,15	<0,01	0,03	11,89	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
F CSCOM	0,02	<0,01	0,14	0,01	0,03	0,24	<0,01	<0,01	12,63	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
F CSCOM (Eau forage de Massala)	0,03	<0,01	0,7	0,01	0,06	0,11	<0,01	0,06	19,42	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
F Tienfala Village Ouest	0,14	0,01	0,01	0,04	2,45	0,04	<0,01	15,28	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
F Nmbgou sud	0,01	0,01	0,06	0,01	0,04	0,75	<0,01	<0,01	11,37	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
F2 Nmbgou sud	0,02	0,02	0,22	0,01	0,01	1,06	<0,01	<0,01	13,74	<0,01	<0,01	<0,01	0,02
F3 Nmbgou Décharge	0,01	0,03	0,15	<0,01	<0,01	1,01	<0,01	<0,01	16,11	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
F1 Fgadgou EST	0,01	0,03	2,44	<0,01	0,02	0,77	<0,01	<0,01	24,48	<0,01	<0,01	0,02	0,03
F2 Fgadgou EST	0,01	0,04	0,2	<0,01	0,03	0,79	<0,01	<0,01	13,58	<0,01	<0,01	0,02	0,02
P Tienfala village Est	0,07	<0,01	0,07	0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	3,56	<0,01	0,01	<0,01	1,91
P1 Nmbgou sud	0,06	<0,01	0,12	0,02	<0,01	0,3	<0,01	<0,01	7,3	<0,01	0,04	<0,01	0,3
P2 Nmbgou sud	0,04	0,01	0,04	0,01	<0,01	1,06	<0,01	<0,01	5,62	<0,01	0,01	<0,01	0,39
P3 Nmbgou sud	0,03	0,02	0,07	0,01	<0,01	0,85	<0,01	<0,01	6,14	<0,01	0,02	0,01	1,27
Norme OMS	1	0,03	0,7	1	0,02	-	0,01	0,01	-	0,07	0,2	0,05	0,2
B Lixiviation	0,15	<0,01	2,32	0,11	0,54	<0,01	<0,01	0,68	>1000	<0,01	0,32	0,8	0,93
Norme de rejet	0,5	0,02	-	0,1	2	-	0,5	0,2	-	-	2	2	1

3.3.1 ANALYSE ET INTERPRÉTATION

3.3.1.1 EAUX DES FORAGES

Les eaux des forages prélevées sont limpides (1.46 NTU max) et de faible conductivité (580 s/cm max). Elles contiennent seulement des traces de métaux lourds à l'exception de celle du forage ouest de Tienfala village qui se démarque des autres par sa teneur élevée en nickel (2,45mg/L) et en plomb (15.28 mg/L).

Tous les paramètres physicochimiques ainsi que les teneurs des métaux lourds, les eaux de forages analysées sont conformes aux valeurs guides de la norme de l'eau de consommation de l'OMS, exceptés: (i) un puits Est de Tienfala village et un puits au sud de Noumoubougou riche en aluminium; (ii) l'eau du forage Ouest de Tienfala Village riche en nickel et en plomb.

La présence isolée du plomb et du nickel dans les eaux du forage cité, ont plusieurs origines parmi lesquelles la nappe phréatique, les tuyauteries (conduits d'adduction en eau), les émissions industrielles, les incinérations ou enfouissement de déchets et certaines peintures. Plus la chaîne du plomb est importante, plus il est toxique. Le plomb en s'accumulant dans le corps, entraîne une anémie, attaque la fonction rénale, agit sur le développement de l'enfant, provoque des dermatoses, douleurs abdominales, caries dentaires, déformation et fiabilité des ongles, baisse de la vision, IRA aiguë et chronique. Le nickel en contact prolongé avec la peau et les muqueuses, peut provoquer des démangeaisons, des prurits et parfois des allergies. L'ingestion de sels solubles dilués dans l'eau provoque nausées, vomissements et diarrhées. Certains composés de nickel sont des corps dangereux ou très toxiques, peuvent devenir cancérigène surtout quand ils sont présents dans les vapeurs ou fumées des déchets.

3.3.1.2 EAUX DES PUIITS

Les eaux des puits de couleur blanchâtre se distinguent par leur forte turbidité et sont plus destinées pour le maraichage. Leur turbidité est surtout marquée par une suspension argileuse d'où la teneur élevée de l'aluminium dans ces eaux. L'aluminium est soluble dans l'eau acide, c'est-à-dire que la nature du sol (basique ou acide), influence fortement le Ph de l'eau qui par contact devient à son tour basique ou acide. C'est ce qui explique sa présence dans les eaux du puits Sud de Noumoubougou et dans le puits Est de Tienfala village, dont le sol est argileux selon les études effectuées en 2021 par le Groupement d'Experts pour la recherche en environnement et le développement (GERED-SARL) [24,25]. En cas d'ingestion

prolongée surtout chez des groupes spécifiques socio-professionnels, l'aluminium peut être source de dommages au niveau du système nerveux central, démence, perte de mémoire, apathie et des tremblements [52].

Les eaux examinées ne contiennent que des traces de métaux lourds, donc elles peuvent être consommées si seulement elles sont traitées par un dispositif adéquat (filtration, décantation).

3.3.1.3 LIXIVIATS DU SITE DE LA DÉCHARGE DE NOUMOUBOUGOU

Les lixiviats prélevés sont d'aspects noirâtres, basiques et riches en chlorures. Tous ses paramètres physicochimiques ainsi que les teneurs en métaux lourds sont conformes aux valeurs guides de la norme malienne de rejet et n'affectent pas la qualité des eaux des puits et forages environnants. Le fer n'a pas été observé dans les lixiviats car il est en sédation à cause de sa liaison avec les produits sulfureux.

3.3.2 CONCLUSION SUR LES RÉSULTATS DES PRÉLÈVEMENTS D'ÉCHANTILLONS D'EAU

L'eau des puits est argileuse, due à la nature du terrain. Les puits et les châteaux d'eau des forages contiennent des germes en leur sein, dû d'une part au ruissellement et infiltration des eaux usées et des excréta, et d'autre part par le manque d'entretien, d'hygiène et de traitement des infrastructures et de leurs alentours. Tous ses paramètres physicochimiques ainsi que les teneurs en métaux lourds sont conformes aux valeurs guides de la norme malienne de rejet, exceptés deux puits (Tienfala Est et Noumoubougou Sud) qui contiennent de l'aluminium et le forage Ouest de Tienfala village qui contient du nickel et le plomb, mais de façon isolée. Les paramètres des lixiviats du site de la décharge, sont dans les normes OMS et de rejet du Mali. Par conséquent, les eaux des puits et des forages ne sont pas influencées par les lixiviats issus des déchets stockés dans le bassin de la décharge de Noumoubougou.

3.4 RESULTATS DE L'INTERVIEW DES SURVEILLANTS DU SITE

Les interviews ont été réalisées auprès des quatre surveillants qui travaillent dans la décharge de Noumoubougou à travers un questionnaire spécifique que nous avons administré individuellement à chaque cible. Le but est d'apprécier le respect de l'application des mesures d'hygiène et de de sécurité dans le site de la décharge. Le consentement libre et éclairé a été signé par chaque surveillant avant l'interrogatoire. Les questions étaient axées principalement sur les aspects suivants:

- Respect des normes: dispositif de suivi de la qualité des points d'eaux et de l'air mis en place à l'intérieur et autour du site;
- Procédures: protocoles, plan de suivi technique des installations superficielles et souterraines;
- Conditions de travail: exposition du personnel et des populations aux maladies et au odeurs/fumées, dispersion des déchets par le vent, éventuels changements de la faune et de la flore;
- Formation à l'exploitation, à la maintenance et au suivi des installations;
- Disponibilité de rapports/documents et de matériels / équipements de travail.

Le récapitulatif de l'analyse des réponses au questionnaire adressé aux surveillants du site de la décharge a montré les résultats suivants:

- Tous les quatre surveillants du centre ignorent l'existence de dispositifs de suivi de la qualité de l'eau et de l'air dans le site. De même, ils ignorent totalement l'existence de protocoles, plans de gestion et de suivi des installations et affirment qu'ils n'ont reçu aucune explication sur le plan de masse et de sécurisation du site. Ils affirment aussi n'avoir pas été formés à la gestion et au fonctionnement du site. Certaines tâches ont cependant été expliquées après la signature du contrat. Ils reconnaissent tous que des individus viennent trier les déchets et la présence des animaux car les portails sont ouverts et les murs de l'enceinte sont détériorés par endroits.
- Ils affirment ne pas être dans les bonnes conditions de travail, car les matériels et équipements de protection individuelle sont incomplets et le salaire est dérisoire. Pour exemple, les équipements disponibles cités sont entre autres, une tenue de travail, un coupe-coupe et un masque. Les rapports, documents (plan de masse, plan et stratégie de gestion des déchets, cahiers de mouvements, cahier de charges) sont inexistantes au niveau du site de la décharge.
- Deux surveillants sur 4 ont affirmé qu'ils souffrent très souvent de paludisme et de rhume (IRA haute). 3 surveillants sur 4 ont affirmé que les populations avoisinantes ont adressé plusieurs plaintes aux autorités pour que les concessions et le site de la décharge soit pulvérisées régulièrement avec les insecticides et de l'eau pour: (i) exterminer les mouches et les

moustiques; (ii) éteindre les feux qui brûlent les déchets dans l'enceinte de la décharge. Il y a eu des supervisions irrégulières de la DNACPN et DRACPN de Koulikoro et quelques visites des ministres. Tous ont affirmé qu'ils ne reçoivent pas de retro-information de la part des autorités administratives et techniques.

4 DISCUSSIONS

Les discussions portent essentiellement sur les trois objectifs de l'étude, à savoir l'observation du site de la décharge, les prélèvements d'échantillons d'eau souterraine à la recherche de pollutions de la nappe phréatique et les interviews auprès des surveillants du site de la décharge.

4.1 PAR RAPPORT À L'OBSERVATION DU SITE DE LA DÉCHARGE

Notre étude a observé et analysé:

- L'inexistence d'un plan de gestion du centre;
- L'insuffisance de suivi environnemental et le manque de suivi sanitaire à l'intérieur et autour du site;
- Les causes sous-jacentes, telles que l'inexistence d'un budget alloué au suivi environnemental et le non respect du cahier de charges. Ces causes affectent sérieusement l'application correcte des mesures d'hygiène et de sécurité, notamment nous avons constaté: (i) le non recouvrement journalier des déchets; (ii) la non désinfection et désinsectisation régulières; (iii) la présence des animaux en divagation dans le site; (iv) l'exposition directe des trieurs, des surveillants du site et des populations avoisinantes aux risques environnementaux et sanitaires sans protection individuelle adéquate; (v) l'insuffisance de traitement des eaux de puits et forage; (vi) le déversement des lixiviats non traités sur le sol pendant la saison pluvieuse; (vii) le non respect de la distance réglementaire entre la décharge et les habitations les plus proches.

Comparativement, les mêmes problèmes de santé publique et de dégradation de l'environnement ont été observés lors de l'étude menée par Sylvain Amalaman et al. [42], autour de la décharge d'Akouédo à Abidjan/Côte d'Ivoire. La situation y était dramatique en 2006, eu égard au "manque de dispositions pour éviter la contamination du sol, de l'air, de la nappe phréatique et de l'eau de la lagune, les odeurs et les lixiviats issus des déchets étant très prononcée. De même, les risques d'explosion et d'asphyxie étaient énormes, ceux de la propagation des incendies jusqu'aux habitations autour de la décharge étaient perceptibles". Les résultats de notre étude corroborent aussi ceux de l'étude menée à Dhaka au Bangladesh par Urme, Salma Akter et al., qui ont prouvé que les mauvaises pratiques de gestion des déchets solides des décharges ont des effets néfastes sur l'environnement en raison de la percolation des lixiviats, de l'incinération des déchets et de la prolifération des vecteurs. Les habitants des zones adjacentes souffrent de maladies bronchiques, de pneumonie, de diarrhée, de démangeaisons, de maux de tête et de perte d'appétit. Le système actuel de gestion des déchets solides nécessite des modifications techniques et de gestion pour réduire la pollution environnementale et les risques sanitaires associés [44]. La différence entre nos résultats et les leurs, porte essentiellement sur la présence de moustiques, vecteurs du paludisme qu'ils n'ont pas mentionnés. Les mêmes types de pollutions et nuisances ainsi que les problèmes sanitaires qu'ils engendrent sont signalés par LORIEAU, Christophe [6], dans son étude sur les décharges à Ziguinchor au Sénégal et par Oi Adjiri ADJIRI, Combo Kouassi MAFOU et al. dans son étude sur l'impact de la décharge d'Akouédo à Abidjan, Côte d'Ivoire [58].

4.2 PAR RAPPORT AUX PRÉLÈVEMENTS D'ÉCHANTILLONS D'EAU SOUTERRAINE ET DE LIXIVIATS

L'analyse et l'interprétation des résultats des prélèvements d'échantillons d'eau et la visite des lieux ont révélé que: (i) la nappe phréatique n'est pas polluée par les lixiviats; (ii) le couvert végétal n'a pas été affecté par le déversement des lixiviats stockés dans le bassin de lixiviats, sauf pendant l'hivernage où sont débordement donne lieu à un pompage pour son évacuation vers les champs maraichers. Nos résultats ne corroborent pas ceux obtenus par Parvin, Fahmida, and Shafi M Tareq qui ont, à la suite d'une étude dans quatre grandes décharges du Bangladesh, confirmé que les lixiviats contenant des métaux lourds, infiltraient la nappe phréatique [47]. Le même phénomène d'infiltration des lixiviats d'une décharge à Rio de Janeiro, Brésil, décrit par Sisino, CL, and JC Moreira [46], ne corrobore pas nos résultats. De même, les lixiviats de la décharge située à Rio de Janeiro contenaient du fer en plus des autres métaux lourds, tandis que les lixiviats de la décharge de Noumoubougou n'en contiennent pas. Suivant la bibliographie les concentrations en métaux lourds dans les lixiviats sont très faibles. Selon AINA M.P. [23], le lixiviat est riche en espèces inorganiques, des interférences lors du dosage sont envisageables, mais n'ont pas fait l'objet d'une étude particulière. Cependant les teneurs en métaux lourds sont pourtant très élevées. Ces concentrations peuvent être liées au fait que le lixiviat est riche en sulfures qui précipitent les métaux entrants sous formes de particules solides, ce qui est relié aux fortes teneurs en matières en suspension. Aussi, notre étude n'a pas eu recours au calcul de l'indice de pollution des lixiviats (IPL), comme l'ont fait Parvin, et al. dans leur étude de Bangladesh, puisque l'infiltration de lixiviats

n'a pas été observée par notre étude et par celle effectuée en 2021 par le Groupement d'Experts pour la recherche en environnement et le développement (GERED-SARL) toujours à la décharge de Noumoubougou au Mali [24]; (iii) les forages et puits contiennent des microbes car ne bénéficient pas d'entretien et de suivi réguliers. Ceci est à l'opposé de la décharge contrôlée compactée de la Commune urbaine de Sikasso, plus ancienne et moins sollicitée, qui bénéficie d'un suivi et rapportage réguliers selon nos investigations menées sur place. Les moyens d'entretien, de décontamination et de suivi réguliers ne sont mis en avant pour améliorer la qualité des eaux de certains puits et forage à Noumoubougou et Tienfala Village. Ce manque d'hygiène, de salubrité et de suivi réguliers autour des points d'eau a été aussi par LORIEAU, Christophe dans son étude sur la gestion des déchets ménagers solides de la ville de Ziguinchor au Sénégal [6].

Par ailleurs, nos résultats ont montré que la nappe phréatique autour de Noumoubougou n'est pas influencée par les lixiviats, ceux-ci qui ne corroborent pas les résultats obtenus par Kouka T. Zongo, (2022), qui a trouvé que l'enfouissement des déchets a un impact indirect à travers une protection insuffisante des forages et puits de contrôles, puisque les eaux souterraines et les lixiviats étaient fortement chargés en microbes et en métaux lourds.

4.3 PAR RAPPORT À L'INTERVIEW DES SURVEILLANTS DU SITE DE LA DÉCHARGE

L'étude a décelé une insuffisance dans la mise en œuvre du cahier de charges caractérisée par:

- L'insuffisance de suivi des conditions environnementales, d'hygiène et de sécurité;
- Le manque de formation, information et retro-information des surveillants du site;
- L'insuffisance de matériels et équipements de protection adéquats;
- Le manque de désinfection et désinsectisation régulières du site et des alentours;
- Le manque de documents et de fonds dédiés à la gestion et le fonctionnement du site de la décharge.

En Inde, dans la municipalité de Siliguri au Bengale-Occidental, Roy, Subham et al. ont révélé après l'utilisation de l'approche « modélisation par équations structurelles » que les trois éléments, à savoir la qualité de l'environnement (...), l'état de vie général (...) et l'attitude défensive des personnes (...), affectent de manière significative l'état de santé des personnes exposées à un site de décharge [45]. Notre étude n'a pas adopté la même démarche, ce qui constitue une insuffisance en soit, mais ne saurait ternir nos résultats qui sont d'une fiabilité respectable. Nous pourrions dans nos futures recherches, utiliser ladite approche dans la même zone ou dans une zone similaire.

5 CONCLUSION

Au regard des problèmes cités, trois causes importantes se dégagent: l'insuffisance de moyens financiers, le non respect du cahier de charges et le manque d'éducation à la santé visant à modifier les comportements en relation avec l'environnement. Ces trois composantes sont fondamentales dans la prévention et la lutte contre les maladies liées à l'environnement. Notre étude a démontré que le centre d'enfouissement des déchets ménagers de Noumoubougou ne répond pas aux spécificités et exigences que doit avoir une décharge contrôlée compactée. Ladite décharge est source de pollutions et nuisances, facteurs déterminants ayant occasionné l'augmentation de risques sanitaires importants dans la zone. De plus, l'étude a aussi démontré que les usagers et les populations avoisinantes ne sont pas bien sensibilisés et formés pour faire face aux problèmes qui les acculent. Le suivi - évaluation du cahier de charges, la mise à disposition de fonds alloués et la sensibilisation sont un pan non négligeable dans la réduction des effets de la décharge sur la santé et le bien-être des usagers et des populations avoisinantes.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

- INSP: Institut National de Santé Publique
- EDSTM: Ecole doctorale des sciences et Technologies du Mali
- USTTB: Université des Sciences Techniques et des Technologies de Bamako
- FAST: Faculté des Arts et Sciences Techniques
- MRTC: Malarial research and Training Center
- FMOS: Faculté de Médecine et d'Odonto-stomatologie
- OMS: Organisation Mondiale de la Santé
- RN: route nationale

- CSRéf: Centre de santé de référence
- CSCOM: centre de santé communautaire
- DRS: Direction régionale de la santé
- DNACPN: Direction Nationale de l'Assainissement et du Contrôle des Pollutions et Nuisances
- UFC: unit forming colony
- GERED-SARL: Groupement des experts en réseau pour le Développement- Société à responsabilité limitée
- SIS: système d'information sanitaire

CONFLIT D'INTÉRÊT

Aucun conflit d'intérêts déclaré

REMERCIEMENTS

Nos sincères remerciements sont adressés au personnel de santé, aux surveillants de la décharge de Noumoubougou, aux autorités locales, communales, régionales et nationales pour avoir facilité les contacts, les démarches et la collecte des données.

REFERENCES

- [1] Ministère de l'Environnement du Mali. Étude d'impacts environnementaux des décharges contrôlées compactées de Noumoubougou et Dialakorobougou, Projet de développement urbain et de Décentralisation du District de Bamako, Tecslut International Limitée, Montréal, Canada, novembre 2001.
- [2] Tecslut International Limitée. Etude de la stratégie de gestion des déchets à Bamako – Travaux d'investigation pour l'aménagement d'une décharge contrôlée compactée à Noumoubougou au Mali, Montréal, Canada, 19 p, 2001.
- [3] Banque Mondiale. Projet Développement Urbain et Décentralisation de Bamako: Stratégie de Gestion des Déchets solides, Tecslut International Limitée, Montréal, Canada, octobre 2001.
- [4] Direction Régionale de la Santé de Koulikoro. Plan opérationnel du District sanitaire de Koulikoro, 2018.
- [5] Direction Régionale de la Santé de Koulikoro, Rapport d'activités du District sanitaire de Koulikoro, 2018.
- [6] Banque Mondiale, Manuel d'évaluation environnementale, Édition française, Volume II - Lignes directrices sectorielles, Washington, D.C, 1999.
- [7] Direction Régionale de la Santé de Sikasso, Rapport final sur l'étude diagnostic des situations sanitaires de la ville de Sikasso et environnants, 2007.
- [8] LORIEAU, Christophe, «Etude sur la gestion des déchets ménagers solides de la ville de Ziguinchor au Sénégal», Tropical Service, ISEME, Fontenay Le Comte, Cabinet d'étude et d'appui au développement Dakar / Sénégal, Rapport d'activités présenté à l'épreuve professionnelle de soutenance du DEES Techniques de l'Environnement, 2007-2008.
- [9] Institut National de la Statistique du Mali, *Enquête Démographique et de Santé du Mali*, 5^e Edition, 2012-2013.
- [10] Ministère de la Santé du Mali, Gestion sur la qualité de l'air à Bamako, Mali, GTZ 2003.
- [11] Direction Nationale de la Santé du Mali, *Document de Politique Santé Environnement*, Ministère de la Santé, juin 2004, 21 p.
- [12] Direction Nationale de la Santé du Mali, Rapport d'atelier sur la promotion des dalles SANPLAT, 2003.
- [13] Université Senghor d'Alexandrie, Université de Montréal, «Colloque international Santé et environnement: risques et enjeux», *Actes santé environnement*, Alexandrie, 17-18 février 2007.
- [14] Vedula France, «Enfouissement et stockage des déchets», *Déchets et développement durable*, <http://www.vedura.fr/environnement/dechets/enfouissement-dechets>, Site consulté online le 20 juillet 2018 et le 11 février 2019.
- [15] OMS, Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air: particules, ozone, dioxyde d'azote et dioxyde de soufre, mise à jour mondiale, <http://www.who.int/entity/phe/health> 2018.
- [16] OMS, *Lignes directrices relatives à la qualité de l'air*, mise à jour mondiale, <http://www.who.int/entity/phe/health>, 2016.
- [17] OMS, *Lignes directrices relatives à la qualité de l'air*, mise à jour mondiale, <http://www.who.int/entity/phe/health>, 2021.
- [18] République du Mali, Loi n° 01- 020/PRM du 30 Mai 2001, relative aux pollutions et nuisances, 2001.
- [19] République du Mali, Loi N° 91-047/AN-RM du 23 février 1991, relative à la protection de l'environnement et du cadre de vie, 1991.
- [20] République du Mali, Décret N° 99-189/P-RM du 05 juillet 1999 portant institution de la procédure d'étude d'impact sur l'environnement, 1999.

- [21] Direction Nationale de la Santé du Mali, Analyse de la situation et estimation des besoins (ASEB) en santé et environnement au Mali dans le cadre de la mise en œuvre de la déclaration de Libreville, Juin 2010.
- [22] Direction Nationale de la Santé du Mali, Plan d'action national conjoint en santé et environnement, Décembre 2012.
- [23] AINA M.P., «Expertises des centres d'enfouissement techniques de déchets urbains dans les pays en développement: contributions à l'élaboration d'un guide méthodologique et à sa validation expérimentale sur sites», *Université de Limoges*, Thèse de Doctorat N°46, 206 p., 2006.
- [24] Groupement CEDI SAHEL / GERS / Liner Environnement, Rapport de l'audit environnemental et social de la décharge finale des déchets solides de Noumoubougou au Mali, Bamako, avril 2021.
- [25] Groupement d'Experts pour la recherche en environnement et le développement (GERED-SARL), Rapport provisoire «mission de vérification de conformité environnementale de l'Industrie Malienne de Fer (IMAFER)», Bamako, 2021.
- [26] ADEPOJU G. Onibokun, «La gestion des déchets urbains: des solutions pour l'Afrique», *Paris, Editions Karthala*, 256 p., 2001.
- [27] DIARRA, Bah, *Contribution au contrôle de qualité de l'eau dans certains quartiers périphériques de Bamako*, Ecole Nationale de Médecine et de Pharmacie du Mali (ENMPM), Thèse de doctorat, 97 p., 1985.
- [28] BEAUD, Michel, L'art de la thèse: comment préparer et rédiger une thèse de doctorat, un mémoire de DEA ou de maîtrise ou tout autre travail universitaire, Paris, La Découverte, 176 p., 1985.
- [29] ROMELAER, Pierre, KALIKA, Michel, *Comment rédiger sa thèse*, Paris, 3^e édition, DUNOD, 176 p., 2016.
- [30] OMS, *Directives de qualité pour l'eau de boisson*, 4e éd. intégrant le premier additif, Genève: Organisation mondiale de la Santé; 2017. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO., <http://apps.who.int/iris>, consulté en ligne le 5 mai 2023.
- [31] Assemblée Nationale du Mali, Loi N°01-020 relative aux pollutions et aux nuisances, 2001.
- [32] Seydou A. Togola & all., Attitudes et pratiques des habitants de la Commune V du District de Bamako face à la gestion des déchets solides des ménages, Etudes Environnementales, Bamako, août 2022.
- [33] BERNET C, LAPRUGNE-GARCIA E, SAINT GENIS LAVAL, «Le risque de contamination à *Pseudomonas aeruginosa* à l'ouverture d'un établissement de santé», *CCLIN Sud-Est*, 8 p., juillet 2009.
- [34] Pilmis B., Scemla A., Legendre O., Lortholary O., Zahar J-R., «Les infections urinaires à entérobactéries productrices de BLSE (EBLSE) chez le patient transplanté rénal: incidence et facteurs de risque de rechute», *poster JNI-BMR_07*, 1 p., 2015.
- [35] Institut National de Formation en Sciences de la Santé du Mali (INFSS), *Santé et Environnement: Guide du Formateur*, Annexe 1, avril 2008, 30 p.
- [36] Direction Nationale de la Santé du Mali, Rapport sur l'évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation du secteur de la santé aux changements climatiques au Mali, 54 p., septembre 2017.
- [37] Direction Générale de la Santé et de l'Hygiène Publique du Mali, *Annuaire statistique de l'année 2021*, Ministère de la Santé et du Développement Social, 2022.
- [38] Marc J.O. *Chimie environnementale*, Québec, 2^e édition, Les Productions Jacques Bernier, 312 p., 1997.
- [39] ADJIRI Oï Adjiri, ANY-GRAH Sandrine Aka, KOUAMÉ Kouamé Victor *et al.*, «Risques toxicologiques de la cohabitation avec une décharge: cas d'Akouédo en Côte d'Ivoire», *Santé Publique*, 2019/4 vol. 31, p. 567-579. DOI: 10.3917/spub.194.0567. URL: <https://www.cairn.info/revue-sante-publique-2019-4-page-567.htm>.
- [40] Alexander K, Godrej A. «Pratiques d'élimination des eaux grises dans le nord du Botswana - Le printemps silencieux?» *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2015; 12: 14529–40. <https://doi.org/10.3390/ijerph121114529>.
- [41] Cabral, M et al., «Faible exposition environnementale au plomb et aux effets néfastes rénaux: une étude transversale dans la population d'enfants bordant la décharge de Mbeubeuss près de Dakar, Sénégal», 2012.
- [42] Sylvain AMALAMAN et al., «Analyse de l'impact des nuisances dues à la décharge d'Akouédo sur la santé des populations riveraines et utilisatrices (Abidjan-côte d'Ivoire)», *Colloque Santé et environnement: risques et enjeux*, Université Senghor, Alexandrie, Egypte, 17 - 18 février 2007.
- [43] Direction Nationale de l'Assainissement et du Contrôle des Pollutions et Nuisances, *Politique Nationale d'Assainissement du Mali*, Ministère de l'environnement et de l'Assainissement du Mali, 37p., janvier 2009.
- [44] Urme, Salma Akter et al., «Pratiques en matière de déchets de la décharge de Dhaka: lutte contre la pollution urbaine et les risques pour la santé». *Buildings & cities* vol. 2,1 (2021): 700-716. doi: 10.5334/bc.108.
- [45] Roy, Subham et al., «Perception par les citoyens de l'exposition aux décharges et des effets sur la santé qui y sont associés: une approche de modélisation basée sur PLS-SEM.» *Environmental monitoring and assessment* vol. 195,1 134. 21 nov. 2022, doi: 10.1007/s10661-022-10722-4.
- [46] Sisino, CL, and JC Moreira, «Évaluation de la contamination et de la pollution de l'environnement dans la zone sous l'influence de la décharge de Morro do Céu à Niterói, Rio de Janeiro, Brésil». *Cadernos de saude publica* vol. 12,4 (1996): 515-523. doi: 10.1590/s0102-311x1996000400010.

- [47] Caravanos, Jack et al., «Un système simplifié de classement des risques pour hiérarchiser les sites de pollution toxique dans les pays à revenu faible et intermédiaire», *Annals of global health* vol. 80,4 (2014): 278-85. doi: 10.1016/j.aogh.2014.09.001.
- [48] Che, Yue et al. «Préoccupations et attitudes des résidents à l'égard d'une décharge municipale de déchets solides: intégration d'une enquête par questionnaire et de techniques SIG». *Environmental monitoring and assessment* vol. 185, 12 (2013): 10001-13. doi: 10.1007/s10661-013-3308-y.
- [49] De Feo, Giovanni et al., Perception par le public des odeurs et de la pollution environnementale attribuées aux installations de traitement et d'élimination des déchets solides municipaux (DSM): une étude de cas. *Waste management (New York, N.Y.)* vol. 33,4 (2013): 974-87. doi: 10.1016/j.wasman.2012.12.016.
- [50] Aatamila, Marjaleena et al., «Gêne olfactive et symptômes physiques chez les riverains des centres de traitement des déchets», *Environmental research* vol. 111,1 (2011): 164-70. doi: 10.1016/j.envres.2010.11.008.
- [51] Frikha, Youssef et al., «Génération de lixiviat à partir d'une décharge dans un climat semi-aride: Une étude qualitative et quantitative à Sousse, Tunisie.» *Waste management & research: the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA* vol. 35,9 (2017): 940-948. doi: 10.1177/0734242X17715102.
- [52] Institut de Veille Sanitaire, Evaluation des risques sanitaires liés à l'exposition de la population française à l'aluminium dans les eaux, aliments et produits de santé, Agence française de sécurité sanitaire des aliments, novembre 2003.
- [53] Julie Koné-Bodou Possilétya et al., «Risques sanitaires liés aux déchets ménagers sur la population d'Anyama (Abidjan-Côte d'Ivoire)», *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 19 Numéro 1, mars 2019; <http://journals.openedition.org/vertigo/24417>; DOI: <https://doi.org/10.4000/vertigo.24417>.
- [54] Kehila, Y. & Mezouari, F. & Matejka, Guy, «Impact de l'enfouissement des déchets solides urbains en Algérie: expertise de deux centres d'enfouissement technique (CET) à Alger et Biskra.» *Déchets, sciences et techniques*. N°56 -... 10.4267/dechets-sciences-techniques.1112; 2015.
- [55] Magda M. Abd El-Salam, Gaber I. Abu-Zuid, «Impact of landfill leachate on the groundwater quality: A case study in Egypt.» *Journal of Advanced Research* volume 6, Issue 4, 2015, Pages 579-586, ISSN 2090-1232, <https://doi.org/10.1016/j.jare.2014.02.003>.
- [56] Kouka T. Zongo, «Etude de l'impact de l'enfouissement des déchets sur les eaux souterraines: cas du CTVD de Ouagadougou (burkina faso)», *Laboratoire National de Santé Publique*, Ouagadougou, 80 p., 2022.
- [57] Jaime A. Reyes-López et al., «Évaluation de la contamination des eaux souterraines par les lixiviats de décharge: Un cas au Mexique.» *Waste management* vol. 28, Supplement 1, pages S33-S3; 2008.
- [58] Oi Adjiri ADJIRI, Combo Kouassi MAFOU et al., «Impact de la décharge d'Akouédo (Abidjan - Côte d'Ivoire) sur les populations: étude socio-économique et environnementale.» *International Journal of Innovation and Applied Studies* ISSN 2028-9324 Vol. 13 No. 4 Dec. 2015, pp. 979-989; <http://www.ijias.issr-journals.org>.