

Analyse de l'évolution des maladies prioritaires dans la zone d'influence du centre d'enfouissement des déchets ménagers de Noumoubougou, près de Bamako au Mali

[Analysing the evolution of priority diseases in the area affected by the Noumoubougou domestic waste landfill near Bamako, Mali]

Hippolyte Traore¹, Housseini Dolo², Djibril Traore³, and Djibril Bamba⁴

¹Chercheur en santé publique, Institut National de Santé Publique du Mali (INSP), Doctorant à l'EDSTM, USTTB Bamako, BP 1771, Mali

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

³Directeur Technique du CSCOM de Tienfala, District sanitaire de Koulikoro, Région de Koulikoro, Mali

⁴Chargé du Système d'Information Sanitaire (SIS) au CSRéf de Koulikoro, Région de Koulikoro, 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 study area includes four villages in the vicinity of the Noumoubougou landfill, 30 km from Bamako. The objective is to analyze the evolution of priority diseases in the area from 2015 to 2022. Since its construction, no health monitoring or study has been carried out to analyze the impact of the landfill on the health and well-being of the local population. After collecting, analyzing and applying epidemiological criteria, the study uncovered six notable environmental health phenomena: (i) the treatment of more than 2,969 cases of confirmed severe malaria, with no recorded deaths; (ii) the scissors phenomenon, characterized by a decrease in indicators of various traumas, diarrhea and low ARI, and a simultaneous increase in indicators of malaria and high ARI; (iii) the drastic increase in the indicators of malaria and high ARI between 2017 and 2020; (iv) the collective immunity developed against the covid-19 pandemic before its emergence; (v) the unhealthy environment in and around the open dump, influencing three concentric zones of exposure to malaria; (vi) the construction of unregulated housing within 300 meters of the dump. The study thus established a link between the drastic increase in malaria and ARI indicators in the area and the Noumoubougou landfill as a contributing factor.

KEYWORDS: malaria, acute respiratory infections, compacted controlled dumping, drastic, factor.

RESUME: Le site d'étude concerne quatre villages avoisinant la décharge contrôlée compactée de Noumoubougou située à 30 kilomètres de Bamako. L'objectif visé est d'analyser l'évolution des maladies prioritaires de la zone de 2015 à 2022. De la construction à nos jours, aucune suivi ou étude sanitaire n'y a été menée, pour analyser les effets de ladite décharge sur la santé et le bien-être des populations avoisinantes. A la suite de la collecte et analyse et application de critères épidémiologiques, l'étude a découvert six phénomènes sanitaires environnementaux remarquables: (i) la prise en charge de plus de 2 969 cas de paludisme grave confirmé sans aucun cas de décès enregistré; (ii) le phénomène de ciseau caractérisé par la baisse des indicateurs de traumatismes divers, diarrhées et IRA basses, et à la même période, on note l'augmentation des indicateurs du paludisme et des IRA hautes; (iii) l'augmentation drastique des indicateurs de paludisme et d'IRA hautes entre 2017 et 2020; (iv) l'immunité collective développée contre la pandémie à covid-19 avant son avènement; (v) l'environnement malsain à l'intérieur et autour de la décharge à ciel ouvert, influençant trois zones concentriques d'exposition au paludisme; (vi) la construction d'habitats non règlementaires à moins de 300 mètres du site de la décharge. C'est ainsi que l'étude a alors établi le lien d'association entre l'augmentation drastique des indicateurs du paludisme et des IRA dans la zone, et le facteur favorisant qui est la décharge de Noumoubougou.

MOTS-CLEFS: paludisme, infections respiratoires aiguës, décharge contrôlée compactée, drastique, facteur.

1 INTRODUCTION

Le Centre d'enfouissement des déchets ménagers appelé Décharge contrôlée compactée de Noumoubougou, est située près du village de Noumoubougou dans la Commune rurale de Tienfala dans le District sanitaire de Koulikoro à 30 km de Bamako. Il 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 provenant des Communes I, II, III et IV du District de Bamako [1]. 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 motif 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 suivre ses effets sur la santé des populations avoisinantes. Puisque la décharge est devenue un sujet de discord, d'inquiétude, de plaintes permanentes, voire de révolte, notre étude s'est proposée de chercher à savoir si la santé et le bien-être des populations avoisinantes peuvent être affectés par cette décharge devenue problématique. L'hypothèse de recherche a été la suivante: « le centre d'enfouissement des déchets ménagers de Noumoubougou n'a pas d'influence sur la santé des populations avoisinantes », d'où l'intérêt de la présente étude pour répondre à la question et vérifier l'hypothèse. L'objectif fixé par notre étude est d'analyser l'évolution des maladies prioritaires dans la zone d'influence de la décharge avant et durant son exploitation durant la période 2015 - 2022.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODE

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 Fougadougu 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 en partant de Bamako vers la ville de Koulikoro. La superficie totale de l'emplacement 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 [2]. Le centre d'enfouissement comporte: un bâtiment administratif, des toilettes, cinq engins lourds, deux grandes portes, un mur de clôture, une enceinte avec deux grands bassins (déchets et lixiviats), deux hangars, un incinérateur, deux citernes d'eau et un château d'eau. La décharge, bien qu'ayant des portes et une enceinte en dégradation, est facilement accessible aux trieurs et aux animaux en divagation. Les déchets déversés dans le bassin ne sont pas recouverts journalièrement de matériaux de remblai inertes comme prévu dans la conception du plan d'aménagement et le cahier de charges [3].

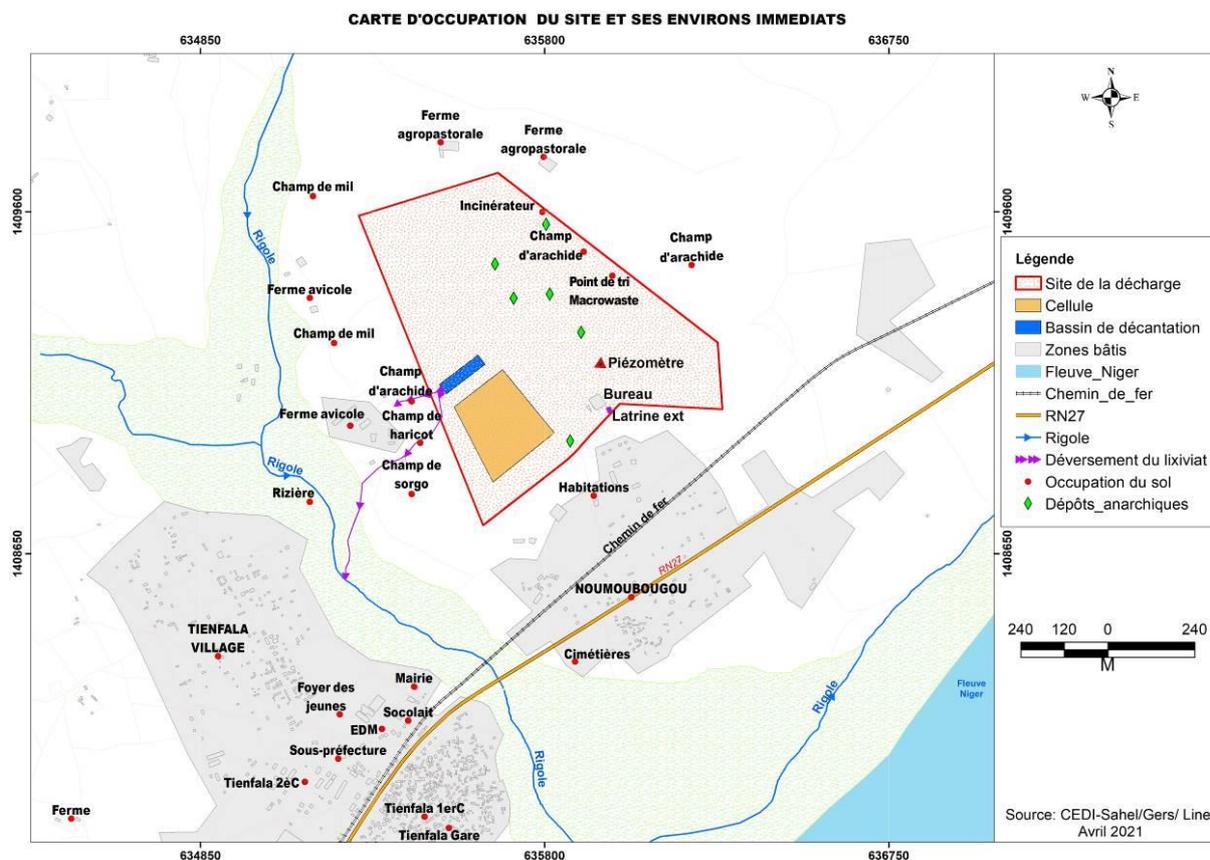


Fig. 1. Carte d'occupation du site de la décharge Noumoubougou et ses environs immédiats



Photo de la décharge de Noumoubougou: Bassin contenant les déchets stockés à l'air libre avec une étendue d'eau stagnante pendant la saison des pluies (hivernage)

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 [4]. Sa population actualisée est de 9.716 habitants en 2022. La population directement impactée par le centre d'enfouissement de Noumoubougou est de 3.841 habitants en 2022, comprend quatre villages: Tienfala village, Tienfala Gare, Fougadougou et le hameau de Noumoubougou [5].

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 considérations éthiques ont été rigoureusement respectées sur le terrain par le chercheur principal, doctorant à l'EDSTM/USTTB. Le respect des considérations éthiques a permis d'avoir l'adhésion de toutes les parties prenantes, recueillir des données et minimiser les biais de l'étude.

2.4 OUTILS DE COLLECTE ET D'ANALYSE

La méthodologie de l'étude visait essentiellement à recueillir, à comparer et analyser les données quantitatives recueillies à partir des registres de consultation et rapports annuels colligés durant la période de 2015 à 2022. A cet effet, les bases de données DHIS2 du CSCOM de Tienfala et du CSRéf de Koulikoro ainsi qu'une grille de cotation des maladies ont été utilisées comme outils de collecte. La saisie, l'épuration et les analyses statistiques ont été effectuées exclusivement sur Excel, Access et Epi Info 7.3.3.

3 RÉSULTATS

Les données colligées concernent la période de 2015 à 2022, incluant deux ans avant l'exploitation du site et six ans que dure l'exploitation. Après dépouillement des registres de consultations curatives, rapports mensuels et annuels du CSCOM de Tienfala et de la base de données DHIS2 du CSRéf de Koulikoro, nous avons agrégé toutes les données concernant toutes les maladies répertoriées et cela pour toutes les années ciblées. De cette agrégation, sont ressorties cinq maladies prioritaires que nous avons classées à l'aide de critères, tels que l'ampleur, la fréquence, l'évolution et vulnérabilité. Cette classification nous a permis de déceler les maladies les plus importantes dans la zone: les diarrhées présumées infectieuses en dehors du choléra, les Infections respiratoires aiguës basses (IRA basses), les infections respiratoires aiguës hautes (IRA hautes), le paludisme et les traumatismes divers (les accidents des voies publiques non comprises). La cotation a permis de faire ressortir les maladies prioritaires en diminution (IRA basses, traumatismes divers et diarrhées infectieuses en dehors du choléra) et celles en augmentation (paludisme et IRA hautes). Les totaux, les taux de prévalence et d'incidence et la cotation ont été calculés puis reportés dans le tableau ci-après:

Tableau 1. Cotation des maladies prioritaires

AFFECTIONS	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	TOTAUX	POURCENTAGE (%)	MOYENNE /AN	TAUX D'INCIDENCE Moy/pop	EVOLUTION DES MALADIES	COTATION
Diarrhée présumée infectieuse	207	169	141	128	103	74	61	35	918	1.69	115	1.18	Diminution	
Toux < 15 jours, IRA basses	835	789	694	634	298	169	258	131	3 808	7.02	476	4.90	Diminution	
IRA hautes	91	72	55	134	194	266	396	373	1 581	2.91	198	2.03	Augmentation	
Paludisme	1 928	2 657	2 675	3 868	5 974	4 664	7 426	10 153	39 345	72.49	4 918	50.62	Augmentation	
Traumatismes divers	412	245	200	219	151	181	128	140	1 685	3.10	211	2.17	Diminution	
TOTAL	4 477	4 892	4 913	6 007	7 141	5 917	9 060	11 871	54 278		6 785			

Population totale: 9 716 habitants

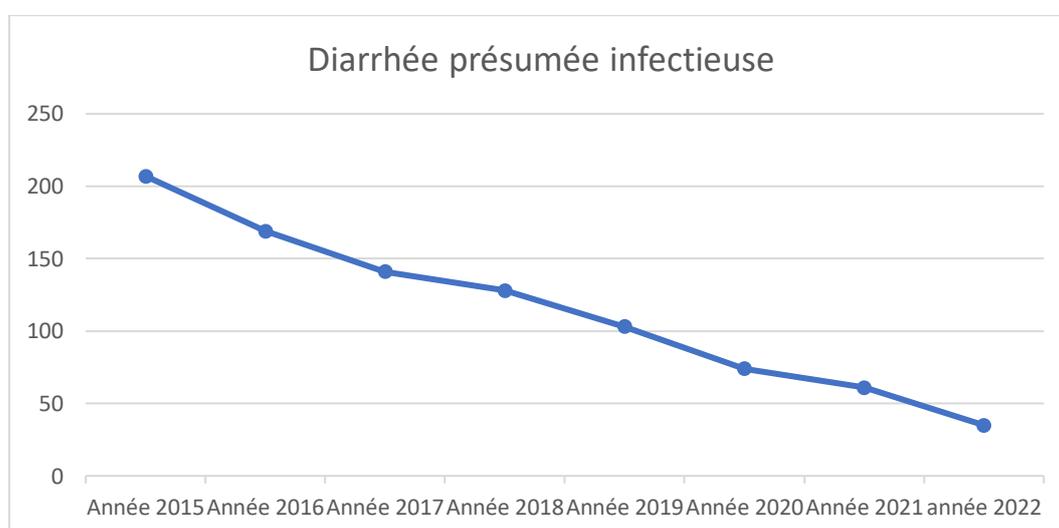


Fig. 2. Evolution des diarrhées présumées infectieuses en dehors du choléra

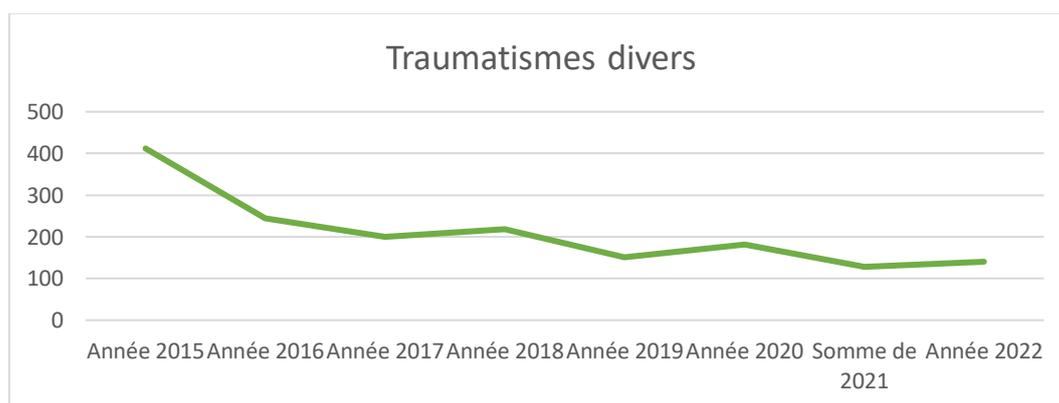


Fig. 3. Evolution des traumatismes divers

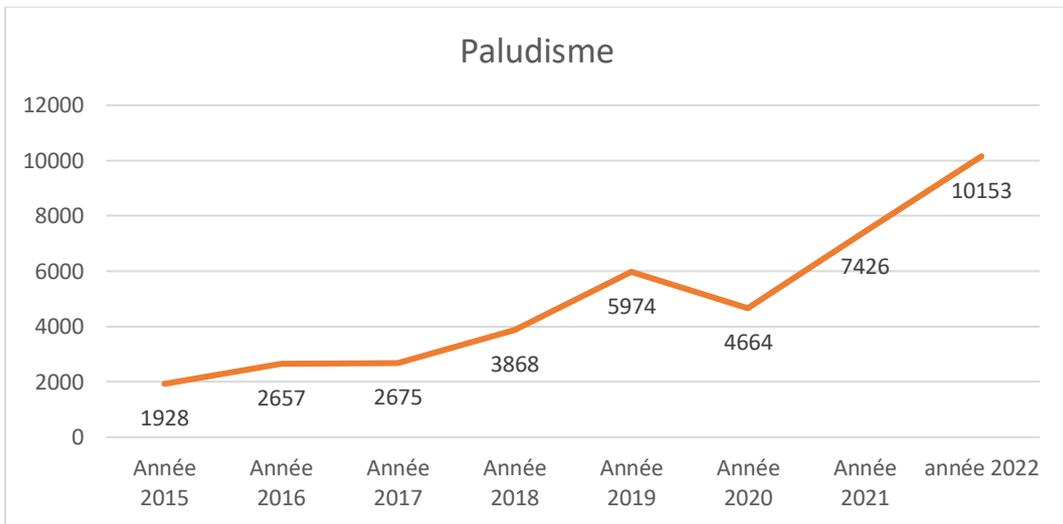


Fig. 4. Evolution du paludisme

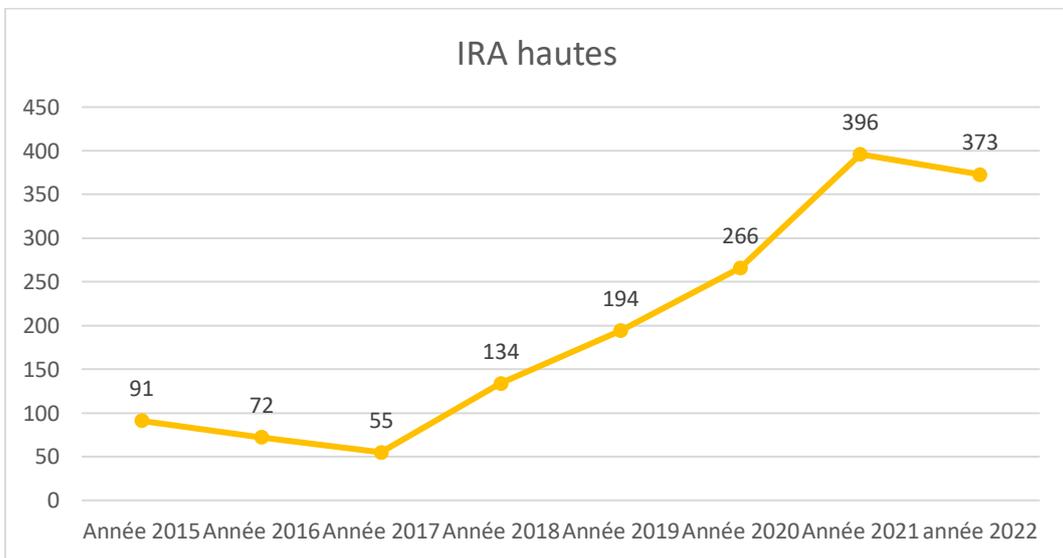


Fig. 5. Evolution des IRA hautes

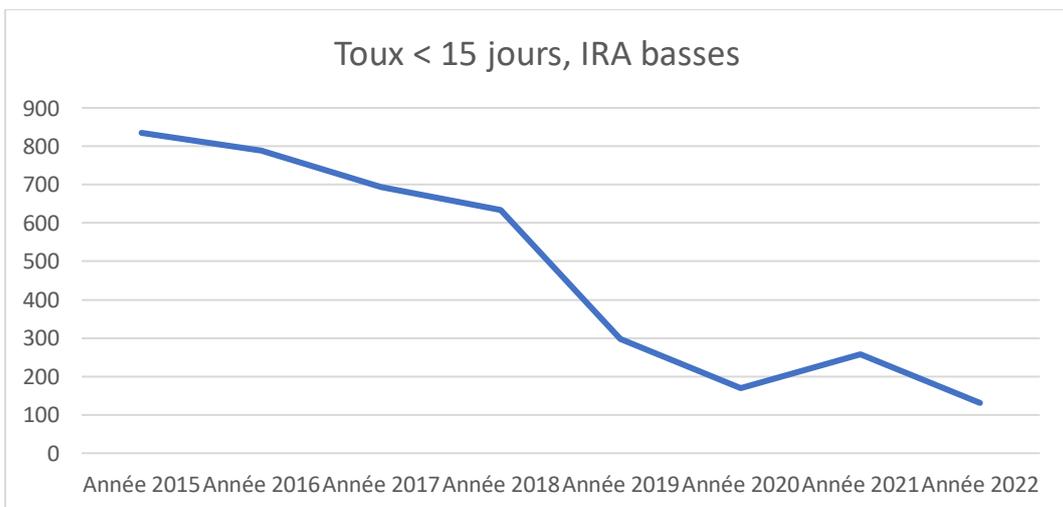


Fig. 6. Evolution des IRA basses

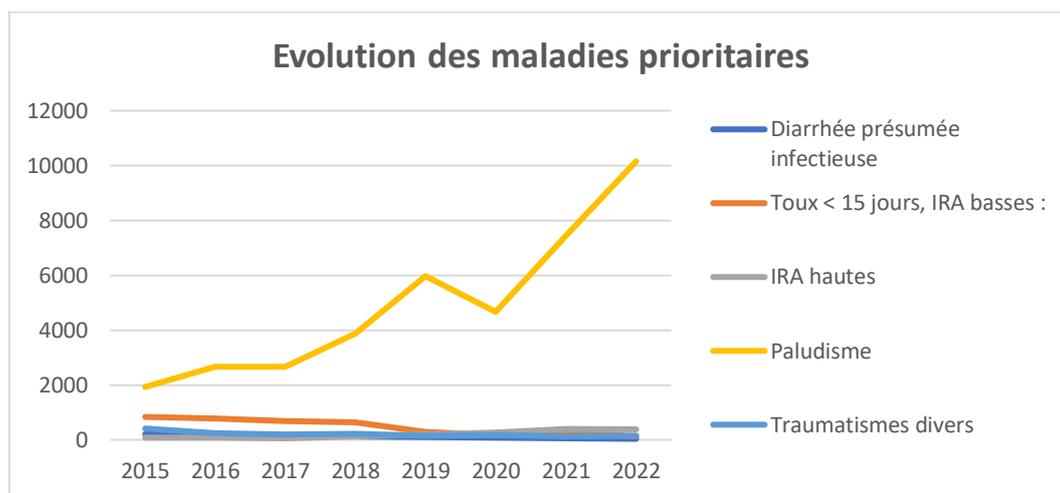


Fig. 7. Evolution des maladies prioritaires avant et pendant l'exploitation du centre d'enfouissement de Noumoubougou.

3.1 ANALYSE DU TABLEAU N°1 ET DES FIGURES 2 À 7 (CI-DESSUS)

- Environ 54 278 malades ont été consultés en 8 ans (période de 2015 à 2022) dans le CSCOM et le cabinet médical privé de Tienfala, soit en moyenne 6 785 malades / an. Environ 69% des consultations de l'aire de santé provenièrent essentiellement des quatre villages impactés par la décharge de Noumoubougou.
- L'allure de la courbe du paludisme (figure 4) a considérablement fléchi en 2020, montrant la baisse du nombre de consultations pour le paludisme. Ceci s'explique par l'avènement de la COVID-19 qui a créé la psychose contribuant à baisser la fréquentation des structures de santé dans la localité.
- La classe d'âge de 15-44 ans est la plus atteinte par les maladies avec un taux de 35.12%.
- Le sexe féminin a été le plus touché dont 28 439 consultations, soit 52.4% contre 25 839 du sexe masculin, soit 47.6%.
- Neuf décès ont été enregistrés dont 06 des suites de complication de HTA, 01 des suites d'un accident domestique et 02 autres de causes diverses.
- Pour la période de 2015 à 2022, il y a 39 345 malades de paludisme pour 54 278 malades consultés pour diverses raisons, ce qui porte la prévalence du paludisme à d'environ 72.5%. Pour l'année 2022, il y a 10 153 cas de paludisme 11 871 malades consultés, soit un taux de prévalence d'environ 85.5% pour une marge d'erreur de $0.025 < 0.05$ (les malades hors aire sont comptabilisés dans les 10 153 malades).
- Près de 2 969 cas (29.2%) de cas de paludisme grave ont été enregistrés en 8 ans, dont aucun décès notifié, ce qui constitue **un phénomène sanitaire d'une rare exception** dans un pays comme le Mali où la prise en charge des cas graves est souvent tardive avec des complications.
- Les analyses statistiques des résultats ont aussi montré que la maladie la plus fréquente dans l'aire de santé de Tienfala est le paludisme, suivi des IRA basses, traumatismes divers, IRA hautes et diarrhées présumées infectieuses en dehors du choléra (voir tableau et figure 7). Aussi, pour les 8 ans, le taux d'incidence du paludisme est le plus élevé (50.6%), suivi de celui des IRA basses (4.9%), traumatismes divers (2.17%), IRA hautes (2.03%) et diarrhées présumées infectieuses en dehors du choléra (1.18%). Pour l'année 2022, en comparant les taux d'incidence des IRA, on note que celui des IRA hautes est 2,8 fois supérieur (3.84%) à celui des IRA basses (1.35%).
- Il y a eu dédoublement des cas de paludisme (et d'IRA hautes entre 2017 et 2020, ce qui est un phénomène très significatif sur le plan épidémiologique;
- Les tranches d'âge les plus touchées par le paludisme ont été: chez les enfants de 1-4 ans (24%), les jeunes adolescents de 5-14 ans (31.62%) et les adultes de 15-44 ans (32.80%). Comparativement à 2016 où le nombre de cas de paludisme était de 2 657, en 2022 il est de 10 153, soit **3.8** fois plus qu'en 2016. L'analyse approfondie des données montre que le nombre des cas d'IRA a quadruplé en trois entre 2017 et 2020. Bien vrai que les IRA basses sont en diminution, leur nombre reste important par rapport à celui des IRA hautes. Les deux maladies réunies occupent 10% des motifs de consultation tandis que leur taux d'incidence est de 7%.
- Les divers traumatismes en dehors des accidents des voies publiques (AVP) constituent 3.10% des consultations, avec un taux d'incidence égal à 2.17%;

- Les diarrhées sont en diminution, mais leur taux d'incidence est élevé chez les enfants de 0- 5 ans et chez les adultes de 15-44 ans, surtout le sexe féminin;
- Le nombre de malades est en nette augmentation d'année en année pour le paludisme et les IRA hautes (rhinopharyngite, rhinite, trachéite), vus leurs taux de prévalence et d'incidence respectifs, tandis que ceux des diarrhées, IRA basses et traumatismes divers, sont en baisse d'année en année (voir courbes sur les figures 2 à 7);
- La cotation des maladies prioritaires a été définie en utilisant la combinaison des critères épidémiologiques basés sur la fréquence (prévalence), l'ampleur, l'incidence et l'évolution de la maladie. Après application des critères, les maladies prioritaires les plus dangereuses (cotation la plus élevée en couleur rouge dans le tableau ci-dessus) sont le paludisme et les IRA hautes, car leurs indicateurs sont en nette progression (courbe ascendante dans les figures 4, 5 et 7) tandis que ceux des autres maladies (IRA basses, traumatismes et diarrhées présumées infectieuses en dehors du choléra) sont en diminution avec une courbe d'allure décroissante (coloration verte et jaune dans le tableau et allure de la courbe dans les figures 2, 3, 6 et 7), ce qui constitue un **phénomène de ciseau**.
- Après cotation, nous avons effectué des visites du site de la décharge et dans les villages environnants, munis d'une grille d'observation. Nous nous sommes rendus à l'évidence que l'augmentation drastique des cas de paludisme et d'IRA hautes s'explique d'une part, par la présence d'eaux usées et de moustiques dans un milieu de vie insalubre et d'autre part par la présence de nuisances causées par divers polluants et/ou allergènes, notamment les fumées provenant de la brûlure des déchets, les odeurs nauséabondes et les poussières. La progression des cas d'IRA hautes a porté nos soupçons sur un facteur d'aggravation qui est la pandémie à corona virus. Mais après de multiples investigations et consultation de la base de données du système d'informations statistiques (SIS) du CSRéf de Koulikoro, il s'est avéré que l'aire de santé de Tienfala n'a enregistré aucun cas de covid-19 durant la période 2020-2022, ce qui constitue un **phénomène épidémiologique d'une rare exception** pour une localité très proche de Bamako qui était l'épicentre de la pandémie. Ceci indique que la population autour de la décharge semble avoir développé une **immunité collective** contre la pandémie à corona virus avant son avènement.

3.2 INTERPRÉTATION DES ANALYSES

3.2.1 DÉTERMINATION DES FRÉQUENCES D'EXPOSITION ET DU RISQUE RELATIF POUR L'ANNÉE 2022

- Population totale actualisée en 2022: (n) = **9 716 habitants**
- Population zone impactée (4 villages: Noumoubougou, Fougadougou, Tienfala village et Tienfala Gare) = **3 841 habitants**
- Nombre total de malades consultés en 2022 (toutes pathologies confondues): **11 871**
- Nombre total de cas de paludisme: **10 153**
- Prévalence du paludisme = 10 153 / 11 871 = **85.5%**
- Fréquence de consultation par individu: 10 153 / 9 716 = **1.05 fois**

Tableau 2. Fréquence de l'exposition parmi les cas et les témoins en 2022

	CAS (+) (nbre)	TEMOIN (-) (nbre)	TOTAL
Exposé (+)	a = 1 959	b = 1 882	3 841
Moins exposé (-)	c = 2 128	d = 3 498	5 875
Total	4 087	5 380	N= 9 716

- Fréquence de l'exposition parmi les cas (exposés) = a/c= 1 959 / 2 128 = 0.92
- Fréquence de l'exposition parmi les témoins (moins exposés) = b/d=1 882 / 3 747 = 0.50
- Incidence du risque chez les exposés = a/a+b = 1 959 / 3 841= **0.51**
- Incidence du risque chez les moins exposés = c/ c+d = 2 128 / 5 875 = **0.36**
- Odds ratio (OR) = Risque Relatif (RR) = a / (a+b) / c / (c+d) = 0.51 / 0.36 = **1.42**

Le risque relatif est > 1, signifie qu'il y a un facteur qui accroît le risque d'exposition du paludisme au sein de la population.

3.2.2 DÉTERMINATION DE L'INTERVALLE DE CONFIANCE DU RISQUE RELATIF

Puisque notre échantillon est grand ($n > 30$), les valeurs sont normalement réparties, nous utiliserons l'estimation par intervalle de l'estimateur pour caractériser les paramètres des échantillons probabilistes. Les paramètres étant des proportions dans notre cas (exposés et moins exposés), sont censés varier dans l'intervalle $[-1.96; +1.96]$ avec une erreur de 0.05 (1- 95% de précision). Nous déterminons l'intervalle de confiance (IC) en appliquant la formule suivante: $95\%IC = \text{Log} (RR) \pm Z\alpha \sqrt{1/a-1 / (a+b) + 1/c-1 / (c+d)}$

Etant donné que $RR = 1.42$, nous aurons $\text{log} (1.42) = 0.3507$

Donc $IC = 0.3507 \pm 1.96 \times 0.0232 = 0.3507 \pm 0.046 = (0.3047 - 0.3967)$

En faisant l'exponentiel de cette valeur, on obtient $IC = [1.0481; 1.4869]$ à 95% pour le risque relatif (RR) = 1.42

3.2.3 DÉTERMINATION DES ZONES D'INFLUENCE DU SITE DE LA DÉCHARGE

Connaissant la probabilité des exposés et des moins exposés, nous allons déterminer les zones d'exposition en fonction de leurs volumes de consultation et du nombre de consultants par zone et ensuite déterminer la fréquence de consultation par individu:

- Volume de consultations pour paludisme venant des 4 villages impactés par la décharge ou zone A (51%) = **5 178**

Pour déterminer la fréquence des consultations venant des 4 villages (Zone A) par individu, nous appliquerons la formule suivante: $FC = VC/E$

Où: FC = Fréquence des consultations

VC = Volume des consultations

E = Nombre d'exposés ou consultants

Donc pour la zone A, nous aurons $FC = 5\ 178 / 1959 = 2.6$ fois

Cette formule sera appliquée pour déterminer la fréquence de consultation par individu de chaque zone

- Volume de consultations pour paludisme venant des villages proches des 4 villages ou Zone B (36%) = **3 655**

Fréquence des consultations venant de la Zone B = $3\ 655 / 2\ 128 = 1.7$ fois

- Volume de consultations pour paludisme venant des villages éloignés de la zone d'influence ou Zone C (10.5%) = **1 071**

Fréquence des consultations venant de la Zone C = $1\ 071 / 1\ 030 = 1.04$ fois

- Nombre de consultations pour paludisme venant des villages hors aire (2.5%) = **249 malades**

- Taux d'incidence du paludisme dans les trois zones = $(5\ 366 - 249) / (10\ 153 - 249) = 5\ 117 / 9\ 904 = 51.6\%$

Ainsi, nous avons déterminé quatre zones d'exposition face au risque de paludisme, dont trois zones (A, B et C) dans l'aire de santé de Tienfala et une 4^e zone hors aire. La fréquence des consultations par zone a été définie en faisant le rapport du volume des consultations sur le nombre de consultations.

Etant donné que la somme des probabilités qui est égale à 1, alors nous retrouvons obligatoirement trois zones d'exposition distinctes:

- Zone A où l'exposition au paludisme est élevée pour une probabilité de 0.51;
- Zone B où l'exposition est moyenne pour une probabilité de 0.36
- Zone 3 où l'exposition est la moins importante avec une probabilité de 0.13. A ce niveau, il y a lieu de tenir compte des consultations hors aire.

Tableau 3. Répartition des zones en fonction du volume de consultations

ZONE	PROBABILITE	CAS	TEMOINS	VOLUME DE CONSULTATION	FREQUENCE DES CONSULTATIONS
		(E)		(VC)	(FC=VC/E)
Zone A	0.51	1 959	1 882	5 178	2.6
Zone B	0.36	2 128	2 377	3 655	1.7
Zone C	0.13	1 030	528	1 071	1.04
Hors aire	-	249	0	249	1
Total	1	5 366	4 787	10 153	-

3.2.4 PRÉSENTATION GRAPHIQUE DES ZONES D'EXPOSITION AU PALUDISME

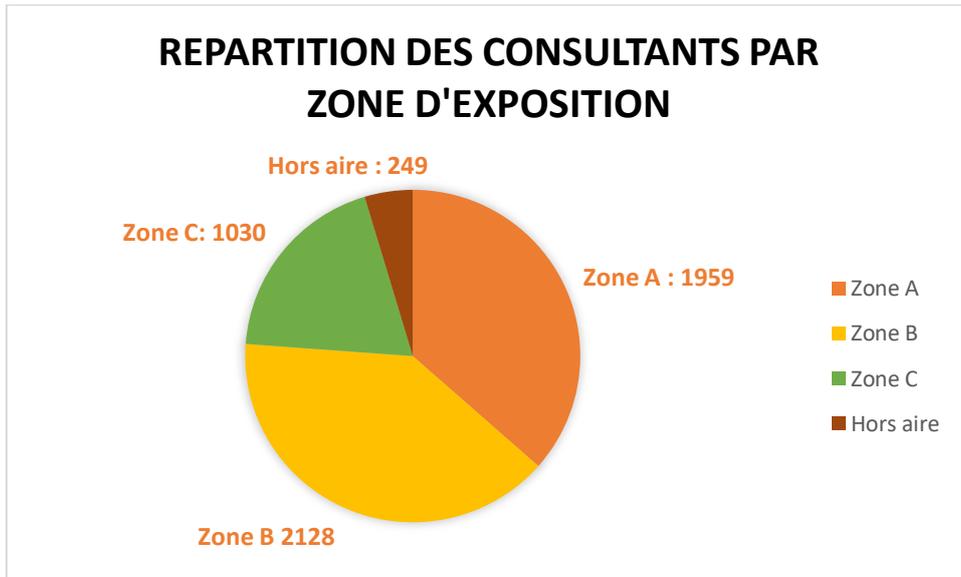


Fig. 8. Répartition des consultants par zone (données extraites du tableau N°3)

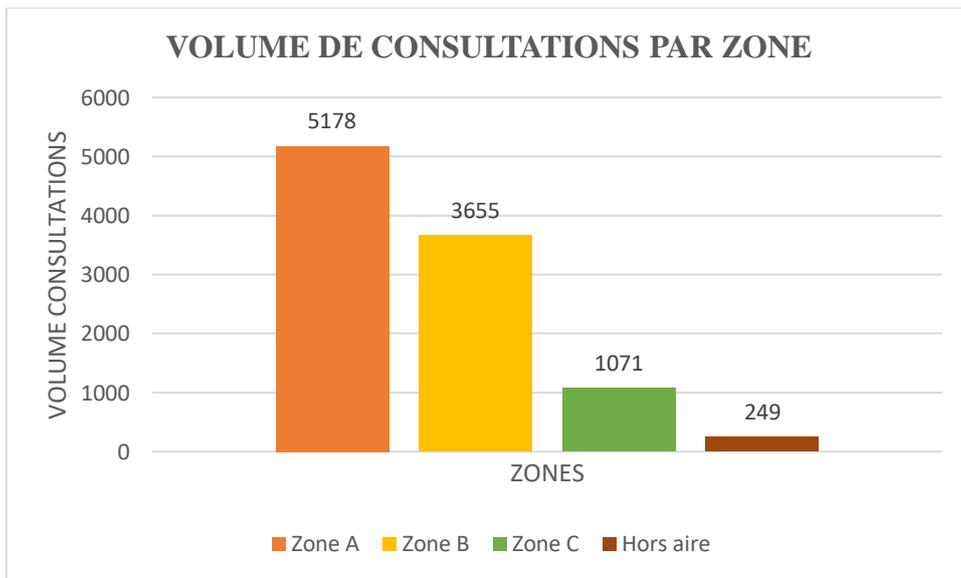


Fig. 9. Répartition du volume de consultations par zone (données extraites du tableau N°3)

COMMENTAIRE DU TABLEAU N°3 ET DES DEUX GRAPHIQUES CI-DESSUS:

- Le taux d'incidence du paludisme en 2022 est de 51.6% (5 117 / 9 904), ce qui est relativement inférieur à celui des 8 années précédentes (72.5%). Cette différence est due notamment au dédoublement des cas de paludisme entre 2017 et 2020, et à sa persistance dans la zone, un phénomène très rare quand on sait qu'au même moment toutes les stratégies et activités sont déployées par les autorités dans le district sanitaire de Koulikoro pour lutter contre le paludisme.
- Les malades de la zone B sont plus nombreux que ceux de la zone A (2 128 / 1959), mais ils fréquentent moins les structures de santé, vu le volume de consultations (3 655 / 5 178) et la fréquence aux consultations (1.7 / 2.6). Cette situation s'explique par l'éloignement du CSCOM, l'automédication et le manque de sensibilisation;
- Plus on s'approche de la zone A et du site de la décharge, plus le risque d'exposition au paludisme est élevée (de la probabilité de 0.13 en zone C à 0.51 en Zone A). Le volume et la fréquence des consultations augmentent au fur et à mesure qu'on quitte la zone C pour aller vers la zone A, exceptée la zone B.
- L'Odds Ratio ou risque relatif (1.42) est supérieur à 1. Ceci indique que le facteur déterminant accroît le risque d'exposition au paludisme dans les trois zones. Les données sanitaires et environnementales que nous avons colligées, analysées et interprétées montre que ce facteur favorisant n'est d'autre que la décharge de Noumoubougou, responsable des pollutions et nuisances qui affectent dangereusement la santé des populations avoisinantes.

RECAPITULATIF DE LA SITUATION DE LA PÉRIODE 2015-2022

En 2022, la population de la zone A qui est la plus proche du site de la décharge a un risque élevé de 0.51 de développer le paludisme, tandis qu'au fur et à mesure qu'on s'éloigne du site de la décharge, le risque diminue, respectivement 0.36 pour la zone B et 0.13 pour la zone.

Par ailleurs, le volume et la fréquence des consultations pour paludisme, montrent que le poids du paludisme est assez énorme et pèse sur les populations les plus proches de la décharge. Pendant les 8 dernières années, la population générale s'est faite consulter pour paludisme 0.5 fois en moyenne avec un taux de prévalence de 72.5% et un taux d'incidence d'environ 50.62% (marge d'erreur de 0.025 < 0.05). Les indicateurs du paludisme en 2022 sont en deçà des indicateurs cités, puisque la population s'est faite consulter au moins 1.05 fois, pour une prévalence de 85.5% et un taux d'incidence de 52.6%.

4 DISCUSSIONS

Notre étude a analysé l'évolution des maladies prioritaires dans la zone de Noumoubougou pendant les huit dernières années. Elle a montré six phénomènes sanitaires environnementaux qu'il nous est difficile de corroborer car les données retrouvées dans la bibliographie sur le type d'étude n'ont pas été colligées avec la méthodologie que nous avons adoptée.

Au Mali, selon l'annuaire du SLIS, 2020 [37], les pathologies les plus fréquentes ont été: le paludisme avec 22%, suivi des IRA (10%) et des diarrhées présumées infectieuses en dehors du choléra (3%) sur l'ensemble des pathologies, tandis que notre étude a retrouvé en moyenne 72.5% pour le paludisme, environ 10% pour les IRA et 2% pour les diarrhées.

Julie Koné-Bodou Possilétya et al. (2019), au cours de leur étude à Anyama, Abidjan, ont trouvé un taux de prévalence de la morbidité due aux maladies prioritaires de l'ordre de 66%, le paludisme en tête (62%), suivi de l'IRA (21%) et de la diarrhée (11%) [53]. Ce taux de prévalence du paludisme est nettement inférieur au nôtre, chiffré à 72.5%, mais leurs taux de prévalence des IRA (10%) et diarrhées (2%) sont supérieurs aux nôtres.

Le paludisme et les IRA hautes sont en nette progression dans la zone de notre étude depuis 2016. Les résultats de nos analyses bi-et multi-variées effectuées, montrent que le paludisme constitue la maladie prioritaire la plus pesante. Il représente 72.5% des consultations curatives dans les structures de santé de Tienfala et son taux d'incidence est de l'ordre de 0.51 dans la population générale, tandis qu'il est de 0.42 pour la région de Koulikoro et 0.42 pour l'ensemble du Mali [37]. Ces indicateurs du paludisme ci-dessus cités sont très élevés comparativement à ceux des autres maladies existant dans l'aire de santé de Tienfala. De plus, le nombre de malades atteints de paludisme a augmenté de **3.8** fois plus en 2022 par rapport à 2016. Malgré la pulvérisation intra-domiciliaire, la distribution de moustiquaires imprégnées d'insecticides, les campagnes de sensibilisation et la chimio-prophylaxie saisonnière avec la sulfadoxine pyréthamine (CPS-SP). Il y a eu dédoublement des indicateurs de paludisme entre 2017 et 2020. L'augmentation de **3.8** fois en 8 ans et le dédoublement en trois ans, montrent qu'il y a un facteur sous-jacent qui est entrain de saper les efforts du gouvernement et de ses partenaires dans cette localité: il s'agit bien de la charge de Noumoubougou qu'il faut incriminer en premier lieu. Durant la même période, 2 969 cas, soit 29.2% de cas de paludisme grave ont été consultés, mais aucun cas de décès n'a été enregistré, tandis que le taux de létalité de la région tourne autour de 0.87‰ et 2.02‰ pour le Mali. Le fait de n'avoir enregistré aucun cas de décès dû au paludisme

grave est exceptionnel, mais cette situation s'explique par la promptitude dans l'évacuation des cas et une défaillance dans la rétro-information.

Les IRA hautes sont aussi en nette augmentation. Elles sont de l'ordre de **5.18** fois plus en 2022 par rapport à 2016, avec un taux de prévalence d'environ 3% et une incidence moyenne de 2.03%. Aussi, les IRA hautes ont quadruplé entre 2017 et 2020 (voir tableau N°4). Les causes de ces augmentations drastiques sont imputables à un **environnement malsain**, facteur de production de pollutions et nuisances capables de provoquer des allergies et des infections respiratoires à hautes intensités, de façon permanente et durable.

Ces deux maladies en progression continue, sont en lien avec des facteurs divers, dont le plus important en terme d'impacts est le centre d'enfouissement des déchets ménagers de Noumoubougou qui se trouve à proximité. En effet, des visites à la décharge nous ont fait découvrir que les déchets ne sont nullement couverts. Ces derniers ne sont pas compactés, ils sont stockés à l'air libre dans le bassin à déchets et dans l'enceinte du centre, brûlés quotidiennement et dégageant des fumées épaisses et des odeurs nauséabondes. Or ces déchets devraient être journalièrement couverts par des matériaux de remblais. La décharge constitue en elle-même une véritable menace pour l'environnement et la santé des animaux, de trieurs de déchets, des surveillants du site et des populations avoisinantes. Cette situation n'est guère observée dans l'enceinte de la décharge contrôlée de la Commune urbaine de Sikasso au Mali. **Cette situation constitue un danger de proximité permanent contraire aux normes d'hygiène et de sécurité en vigueur.** Le lien entre ces risques environnementaux qui évoluent d'année en année et les risques sanitaires a donc été établi par notre étude, en ce sens que l'évolution drastique des taux de prévalence et d'incidence du paludisme et des IRA hautes qui affectent dangereusement la santé des populations avoisinantes est essentiellement due aux risques environnementaux identifiés. Pour preuve, le paradoxe qui subsiste est que l'utilisation massive de moustiquaires imprégnées d'insecticides et les multiples efforts déployés par le Gouvernement et ses partenaires pour prévenir et lutter contre le paludisme, n'ont pas pu fléchir la tendance de la courbe du paludisme dans le sens inverse.

Par ailleurs, des individus dans le village de Noumoubougou ont, dans un passé récent, construit leurs maisons à usage d'habitation à moins de 300 mètres du site, ce qui constitue une violation du cahier de charges. La comparaison a été faite avec le centre d'enfouissement de la Commune urbaine de Sikasso¹ dont les déchets sont enfouis et sécurisés à l'aide des remblais et duquel la population avoisinante est distante à plus de 500 mètres. A ce niveau, nos investigations n'ont enregistré aucune plainte des populations avoisinantes par rapport à d'éventuelles de pollutions et nuisances.

5 CONCLUSIONS

L'analyse de l'évolution des maladies prioritaires de la zone de Noumoubougou nous a conduit à jeter un regard sur les conditions environnementales. A la suite de de l'analyse de la situation sanitaire et environnementale, nous avons découvert six phénomènes sanitaires environnementaux remarquables: (i) la prise en charge de plus de 2 969 cas de paludisme grave confirmé sans aucun cas de décès enregistré, phénomène épidémiologique rarissime au Mali; (ii) le phénomène de ciseau caractérisé par la baisse des indicateurs de traumatismes divers, diarrhées et IRA basses, et à la même période, on note l'augmentation des indicateurs du paludisme et des IRA hautes; (iii) l'augmentation drastique des indicateurs de paludisme et d'IRA hautes entre 2017 et 2020; (iv) l'immunité collective développée contre la pandémie à covid-19 avant son avènement; (v) l'environnement malsain à l'intérieur et autour de la décharge à ciel ouvert à l'origine de pollutions et nuisances, influençant trois zones concentriques d'exposition au paludisme; (vi) la construction d'habitats non règlementaires à moins de 300 mètres du site de la décharge, situation gravissime qui entrave la sécurité et à l'hygiène du milieu.

Après analyse des indicateurs et phénomènes cités, nous concluons que le centre d'enfouissement des déchets ménagers de Noumoubougou est le principal facteur qui influence l'augmentation des morbidités liées au paludisme et aux IRA dans la zone, puisqu'il ne répond pas aux normes fixées pour une décharge contrôlée compactée. Cette situation a motivé la formulation de recommandations, pour améliorer la situation sanitaire et environnementale à l'intérieur et autour du site de la décharge. Nos conclusions et recommandations serviront à: (i) éclairer la lanterne des populations et des autorités administratives sur la situation sanitaire et la gestion environnementale du site; (ii) faciliter l'installation de nouvelles décharges plus sécurisées à travers le pays.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

- EDSTM: Ecole doctorale des sciences et Technologies du Mali
- FAST: Faculté des Arts et Sciences Techniques
- USTTB: Université des Sciences Techniques et de Technologie de Bamako
- MRTC: Malarial research and Training Center
- FMOS: Faculté de Médecine et d'Odonto-stomatologie

¹ Ce centre est la première décharge contrôlée et compactée du Mali. Il est opérationnel depuis 2006.

- CSRéf: Centre de santé de référence
- DRS: Direction régionale de la santé
- CSCOM: centre de santé communautaire
- SIS: système d'information sanitaire
- INSP: Institut National de Santé Publique
- IRA: Infection respiratoire Aigüe
- Route R-N: numéro de la route nationale
- DHIS2: district health information system 2^{nde} version
- Covid-19: pandémie à coronavirus 2019
- AVP: accident des voies publiques
- OR: Odds ratio
- RR: risque relatif
- CPS-SP: chimio-prophylaxie saisonnière avec la sulfadoxine pyréméthamine

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 verification 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 maitrise 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 additive, Genève: Organisation mondiale de la Santé; 2017. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO., <http://apps.who.int/iris>, consulté en line 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 JINI-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 Oi 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-cote 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>.