

	Université Catholique du Graben CENTRE DE RECHERCHES INTERDISCIPLINAIRES DU GRABEN B.P. 29 BUTEMBO/NORD-KIVU
	PARCOURS ET INITIATIVES
	Penser les sociétés en crise Éditorial : Penser les sociétés en crise : résilience, développement et transformations contemporaines----- 5 Prisonniers des rôles : une analyse constructiviste de la permanence de la rivalité entre les États-Unis et l'Iran ----- 9 Actions des leaders d'opinions et des patriotes résistants « wazalendo » à l'épreuve des massacres dans la région de Beni-Lubero ----- 31 Le gel des avoirs de Joseph Kabila : Allumette ou extincteur des dynamiques de la belligérance entre l'AFC-M23 et le régime de Kinshasa ?----- 53 Gouvernance de crise, recomposition socio-économique et résilience en Ville de Goma de janvier 2025 à avril 2026 ----- 69 Décisions d'investissement des petites et moyennes entreprises en contexte des conflits armés : une analyse microéconomique à l'épreuve de la théorie de l'utilité espérée à Goma, République Démocratique du Congo ----- 91 De la vulnérabilité aiguë à la résilience d'urgence d'une institution de microfinance en contexte de conflit armé : Étude de cas de PAIDEK SA 123 Awareness, preventive practices, and socio-demographic determinants of cervical cancer awareness among women in Omu-Aran, Nigeria:----- 151 Caractérisation d'un écosystème artificiel urbain, typologie des polluants et description des conséquences éventuelles sur la santé humaine : ----- 171 Perceived Effects of Environmental Pollution Exposure on Pregnancy Outcomes among Women of Reproductive Age in Ilorin, Kwara State, Nigeria ----- 195 Résidus de pesticides et pratiques phytosanitaires dans les tomates fraîches commercialisées à Butembo (Nord-Kivu, RDC) :----- 221 Activité antibactérienne et antifongique in vitro de l'huile essentielle d'<i>Eucalyptus globulus</i> : revue systématique et méta-analyse des concentrations minimales inhibitrices entre 1990 et 2026 ----- 247 Énergie électrique, politique et développement dans la Région de Beni-Lubero : une approche par l'interconnexion des sources d'énergie----- 273 Prise en charge des impropriétés dans les productions orales des apprenants "baswahili" en classe de français ----- 297
ISSN : 3008-1211 e-ISSN : 3008-122X	Volume 17 - N° 35 Juin 2026

Caractérisation d'un écosystème artificiel urbain, typologie des polluants et description des conséquences éventuelles sur la santé humaine : Cas de l'Hôpital Provincial du Nord-Kivu, République Démocratique du Congo

Characterization of an Urban Artificial Ecosystem, Typology of Pollutants, and Description of Potential Consequences on Human Health: Case of North Kivu Provincial Hospital, Democratic Republic of the Congo

Rachel Bulondo Kahindo^{*1}, Jeannot Kavuya Katya^{2,6}, Eric Nice Nshembe Chishungu^{3,6}, Joy Kavira Kakine⁴, Nicolas Masimango Kankubi⁵

Résumé

L'Hôpital Provincial du Nord-Kivu, situé à Goma en République Démocratique du Congo, représente un écosystème artificiel urbain générant une grande diversité de polluants environnementaux. Cette étude vise à caractériser les types de déchets hospitaliers produits, comparer les résultats (corrélations entre les paramètres étudiés), et analyser les impacts éventuels sur la santé humaine. Ce travail a adopté une méthodologie mixte avec un échantillon de 65 participants dont le personnel soignant, les agents d'entretien ainsi que les patients internés pendant la période d'enquêtes. L'outil Kobocollect a été utilisé pour la collecte des données qui étaient ensuite traitées avec le logiciel Excel et SPSS version 21.0.

Les résultats ont montré que les déchets biologiques sont les plus fréquents (30%), suivis des déchets chimiques (20%) et enfin pharmaceutiques (15%). En ce qui concerne les symptômes observés, les plus fréquents sont les maux de tête (46 %), la toux (38 %), et la fatigue chronique (33 %). L'Analyse de la variance a montré qu'il n'existe pas de différence significative entre les différents symptômes, malgré un risque élevé dans les zones à forte pollution. Les enquêtes de toute catégorie (corps médical, patients et travailleurs) de l'hôpital Général de Référence du Nord-

¹ École de Santé Publique, Université de Goma, B.P. 204, Goma, RD Congo

² Faculté des Sciences et Technologies, Université Officielle de Ruwenzori, B.P. 560, Butembo, RD Congo

³ Unité de recherche en économie et développement agricole, Faculté des sciences agronomiques, Université de Kolwezi, B.P. 1.825, Kolwezi, RD Congo

⁴ Programme National de l'hygiène aux frontières (PNHF), RD Congo

⁵ Projet de Stabilisation et de Relèvement de l'Est « STAR-EST » de la RDC

⁶ Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Université Libre des Pays des Grands Lacs de Butembo, B.P. 153, Butembo, RD Congo

* Auteur correspondant : contact : deboulrache@gmail.com

Kivu (83%) sont exposés à un risque environnemental variant de moyen à élevé. Ces résultats montrent la nécessité urgente de renforcer les capacités de gestion environnementale hospitalière par la formation, l'amélioration des infrastructures et la mise en œuvre de protocoles de gestion des déchets conformes aux normes de l'OMS. Ces mesures réduisent la contamination environnementale et protègent la santé du personnel hospitalier, des patients et des communautés avoisinantes.

Mots clés : Déchets hospitaliers ; Écosystème artificiel ; Pollution urbaine ; Risques sanitaires.

Abstract

The North Kivu Provincial Hospital, located in Goma, Democratic Republic of Congo, constitutes an urban artificial ecosystem that generates a wide variety of environmental pollutants. This study aims to characterize the types of hospital waste produced, compare the results (correlations between the parameters studied), and analyze potential impacts on human health. A mixed-methods approach was adopted, involving a sample of 65 participants comprising healthcare staff, maintenance workers, and inpatients present during the survey period. Data collection was carried out using the KoboCollect tool, and the data were subsequently processed using Excel and SPSS software (version 21.0).

The results showed that biological waste is the most common type (30%), followed by chemical waste (20%) and pharmaceutical waste (15%). Regarding observed symptoms, the most frequent were headaches (46%), coughing (38%), and chronic fatigue (33%). Analysis of variance revealed no significant difference between the various symptoms, despite the high-risk present in areas with heavy pollution. Respondents across all categories (medical staff, patients, and workers) at the North Kivu General Referral Hospital (83%) are exposed to environmental risks ranging from moderate to high. These results highlight the urgent need to strengthen hospital environmental management capacities through training, infrastructure improvements, and the implementation of waste management protocols that comply with WHO standards. These measures are essential to reduce environmental contamination and protect the health of hospital workers, patients, and surrounding communities.

Keywords: Hospital waste; Artificial ecosystem; Urban pollution; Health risks.

1. Introduction

Les écosystèmes artificiels urbains, notamment les établissements hospitaliers, représentent des interfaces complexes entre l'activité humaine et l'environnement, générant des flux importants de polluants aux effets multiples (Oli et al., 2016 ; Liu et Yaho, 2018 ; Yeboah et al., 2023 ; Kalonda & Bisimwa, 2022). Loin de se limiter à leur rôle sanitaire, les hôpitaux produisent des déchets à haute charge biologique, chimique et

pharmaceutique qui altèrent l'équilibre écologique urbain (Oli et al., 2016 ; Chartier et al., 2020 ; Kyomba et al., 2021 ; WHO, 2022). En Afrique subsaharienne, les contraintes infrastructurelles (Olaniyi et al., 2019 ; Abur et al., 2014), le sous-financement chronique des structures de santé (Wassie et al., 2021 ; Abila et al., 2019 ; Abubakar et al., 2022) et l'absence de politiques environnementales rigoureuses aggravent ce problème (Mutombo et al., 2023 ; UNEP, 2021). En République Démocratique du Congo (RDC), les hôpitaux publics sont peu outillés pour faire face à la complexité croissante de la gestion des déchets biomédicaux (Health Care Without Harm, 2021). Les installations rudimentaires, la mauvaise organisation des circuits de traitement et le manque de formation du personnel exposent les patients, les agents hospitaliers et les riverains à de multiples risques (Lule, 2020 ; Kayembe & Mugisha, 2021 ; Hlako et al., 2025).

Le cas de l'Hôpital Provincial du Nord-Kivu, situé à Goma dans un tissu urbain dense, illustre parfaitement cette tension entre impératif de santé publique et passif écologique. Selon les données de l'OMS, 15 % des déchets hospitaliers sont classés dangereux, pouvant contenir des agents pathogènes, des substances toxiques ou des radioéléments (WHO, 2022 ; Prüss-Ustün et al., 2021 ; Kyomba et al., 2021). Or, dans les contextes urbains africains marqués par la promiscuité et l'insalubrité, ces déchets sont rarement triés et traités selon les standards internationaux (UNEP, 2021 ; Nshombo & Kasereka, 2024). De plus, les installations comme les incinérateurs défectueux et les systèmes d'évacuation non sécurisés aggravent la dispersion de polluants dans l'air, le sol et les eaux (Kalume & Matata, 2021 ; Bisimwa et al., 2020). Par ailleurs, plusieurs études récentes ont montré une corrélation entre l'exposition prolongée aux déchets hospitaliers et l'apparition de pathologies respiratoires, dermatologiques, ou encore infectieuses (Kabumba, 2019 ; Kambale & Mukwege, 2022 ; Yeboah et al., 2023). Ces effets ne concernent pas uniquement le personnel hospitalier, mais aussi les patients immunodéprimés et la population riveraine, exposée aux fumées toxiques, aux effluents contaminés et aux nuisances sonores (Kayembe & Mugisha, 2021 ; Kalonda & Bisimwa, 2022).

Face à cette situation, il devient impératif de considérer l'hôpital non seulement comme une infrastructure sanitaire, mais aussi comme un écosystème artificiel à analyser dans toutes ses dimensions : écologique, organisationnelle, sanitaire et sociale (Mutombo et al., 2023 ; Yeboah et al.,

2023). Une telle approche intégrée met en lumière la typologie des polluants générés, les pratiques de gestion en vigueur, les zones critiques d'émission, ainsi que les impacts sanitaires qui en découlent (Lohelo et al., 2024). Ainsi, cette étude se propose d'analyser l'Hôpital Provincial du Nord-Kivu comme un cas représentatif d'écosystème artificiel urbain dégradé. L'objectif est de documenter les types de polluants hospitaliers, leur traitement, les perceptions des populations exposées, et de formuler des recommandations pragmatiques pour une gestion durable des risques environnementaux et sanitaires. Quels sont les types des polluants produits par l'HGPKNK ainsi que leurs sources de génération ? Quels sont les effets de ces polluants sur les différents groupes exposés ? Comment améliorer la gestion de l'environnement hospitalier en réduisant les risques sanitaires de la pollution ?

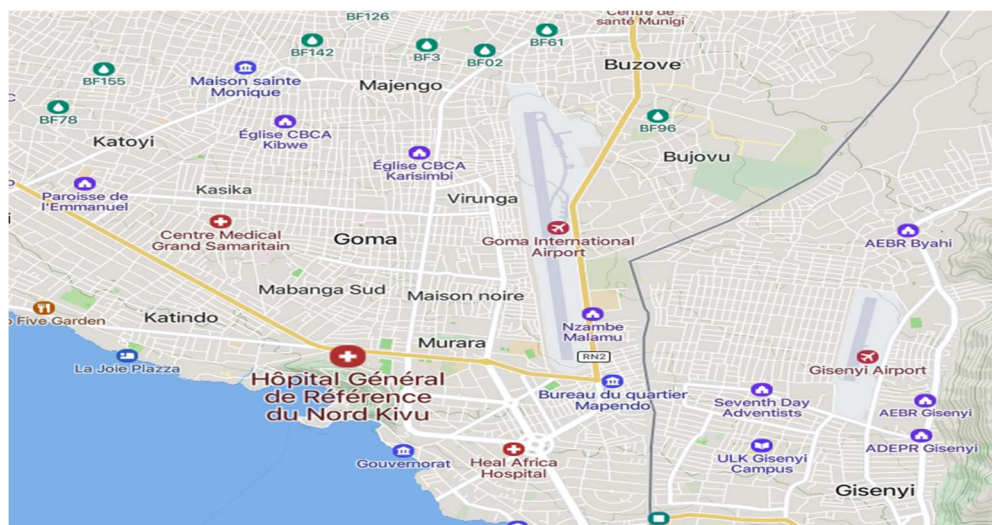
Pour répondre à ces questions, nous avons formulé trois hypothèses, numérotées H1, H2 et H3. H1 : Les principaux polluants hospitaliers produits seraient de nature infectieuse, chimique et pharmaceutique, et proviendraient majoritairement des services techniques (bloc opératoire, laboratoire, maternité). H2 : Les agents hospitaliers et les patients exposés présenteraient des symptômes sanitaires fréquents tels que les maux de tête, les allergies cutanées, la toux et la fatigue chronique, en lien avec les polluants présents. H3 : L'introduction de protocoles de gestion environnementale, de formations ciblées et d'équipements adaptés permettrait de réduire significativement les impacts sanitaires et écologiques de l'établissement.

L'objectif général de ce travail est d'analyser l'Hôpital Provincial du Nord-Kivu en tant qu'écosystème artificiel urbain, en identifiant les types de polluants émis ainsi que leurs conséquences potentielles sur la santé humaine. Spécifiquement, l'étude identifie, en premier lieu, les principales sources et les types de polluants générés dans les différents services de l'hôpital. Deuxièmement, elle analyse les effets sanitaires perçus ou rapportés par les groupes exposés aux polluants (agents d'entretien, soignants, patients). Enfin, l'étude propose des recommandations pratiques et techniques pour améliorer la gestion environnementale de l'hôpital et protéger la santé des personnes exposées.

2. Milieu, Matériel et Méthodes

2.1. Milieu d'étude

L'étude est réalisée à l'Hôpital Provincial du Nord-Kivu (HPNK), situé dans la ville de Goma, chef-lieu de la province du Nord-Kivu, en République Démocratique du Congo (RDC). Son adresse physique se retrouve sur la Route Sake n°57, Quartier Les Volcans, Commune de Goma, République Démocratique du Congo, avec comme Latitude : -1.6842 et Longitude : 29.2356



Carte de la ville de Goma montrant l'emplacement de l'hôpital provincial du nord Kivu.

Cet hôpital constitue l'une des plus importantes structures sanitaires publiques de la région et se situe au cœur d'un environnement urbain densément peuplé, dans le quartier Les Volcans, commune de Goma. Il est entouré de zones résidentielles, d'écoles, de marchés et d'infrastructures publiques, ce qui expose potentiellement une large population aux polluants issus de ses activités (OMS, 2022 ; Kalonda & Bisimwa, 2022). En effet, l'Hôpital Provincial du Nord-Kivu comprend plusieurs services spécialisés dont la chirurgie, la pédiatrie, la médecine interne, la maternité, le laboratoire, les urgences, pharmacie, ainsi que des installations techniques (incinérateur, groupe électrogène, buanderie, cuisine). En raison de cette configuration et de l'absence de protocoles environnementaux stricts, l'hôpital génère une quantité significative de déchets biologiques,

pharmaceutiques, chimiques et physiques, faisant de lui un écosystème artificiel urbain pertinent à analyser.

2.2. Matériel d'étude

Le matériel d'étude est constitué de la population enquêtée. Elle est décrite dans sa diversité, ses critères d'inclusion et ses regroupements par échantillonnage.

La population cible est composée de trois groupes principaux, représentatifs de l'exposition aux polluants hospitaliers : le personnel médical et paramédical (médecins, infirmiers, laborantins), les agents d'entretien hospitalier et les patients hospitalisés ou en consultation. Ces groupes ont été choisis en raison de leur proximité directe ou indirecte avec les sources de pollution identifiées dans les zones critiques de l'hôpital.

Pour participer à l'enquête, trois critères d'inclusion ont été considérés dont l'âge d'au moins 18 ans, la présence régulière dans l'hôpital depuis au moins un mois et le consentement volontaire à participer à l'enquête.

Quant à l'échantillonnage, il est non probabiliste et de type raisonné. Il s'appuie sur la sélection ciblée de personnes disponibles et représentatives de différents profils exposés. La taille totale de l'échantillon est de 65 individus en raison de 10 médecins, 15 infirmiers, 10 laborantins, 10 agents d'entretien et 20 patients.

2.3. Méthodes de collecte et d'analyse des données

Tout en différenciant les méthodes quantitatives des qualitatives, ce point décrit les outils de collecte des informations, précise les zones observées et explique le logiciel d'analyse des données.

L'approche méthodologique de la présente étude consiste en une démarche mixte, combinant des méthodes quantitatives et qualitatives. L'approche quantitative consiste dans la collecte de données chiffrées à partir d'un questionnaire structuré visant à évaluer l'exposition aux polluants, les pratiques de gestion, les symptômes de santé et les perceptions environnementales. L'approche qualitative concerne les entretiens semi-structurés avec le personnel hospitalier, et les observations directes des zones critiques de l'hôpital.

Plusieurs outils de collecte de données ont été utilisés dont le questionnaire KoboCollect, le guide d'entretien semi-directif et la grille d'observation. Le questionnaire KoboCollect est une application mobile

utilisée pour administrer un questionnaire standardisé en présentiel (smartphone/tablette). Le guide d'entretien semi-directif a été utilisé pour approfondir la compréhension des pratiques de gestion environnementale et des perceptions des risques. La grille d'observation a permis de documenter les pratiques en temps réel dans les différents services (état des installations, présence d'équipements de protection, qualité du tri, etc.).

Les zones observées durant l'étude sont celles qui sont sensibles écologiquement : Bloc opératoire, Laboratoire, Buanderie, Incinérateur, Cuisine, Maternité et Zone de stockage des déchets.

Quant à l'analyse, les données collectées via KoboCollect ont été exportées au format Excel et analysées à l'aide du logiciel **SPSS**. Les statistiques descriptives dont les fréquences, les moyennes et les écarts-types ont été utilisées. Elles ont été appuyées par des analyses croisées entre les profils des enquêtés et leur niveau d'exposition. Également, l'étude recourt à une analyse de contenu thématique pour les données qualitatives issues des entretiens

Enfin, par rapport aux considérations éthique, la présente recherche tient compte de certaines. En effet, avant toute collecte, le consentement éclairé des participants a été obtenu. Aussi, l'anonymat des répondants a été garanti. De même, l'étude a été réalisée en conformité avec les principes éthiques de l'École de Santé Publique de l'Université de Goma.

3. Résultats

Les résultats obtenus de l'enquête et des observations se rangent sous ces rubriques : l'identification des principaux déchets et le taux d'exposition au sein de l'hôpital, la classification des symptômes sanitaires liés aux polluants, l'analyse des perceptions du risque environnemental, et l'analyse des relations statistiques (ANOVA et corrélations).

3.1. Identification des principaux déchets et taux d'exposition au sein de l'hôpital

Les observations ont permis de confirmer que les zones critiques incluent : le bloc opératoire (déchets biologiques, gazeux), le laboratoire (réactifs chimiques, agents pathogènes), la maternité (déchets anatomiques), la buanderie et la cuisine (effluents organiques, graisses) et l'incinérateur (fumées toxiques). Les déchets biologiques (30 %) représentent la part la plus

importante. Ces déchets proviennent du bloc opératoire, maternité et des soins. Les risques les plus fréquents de ces derniers sont l'exposition aux infections dont le VIH, les hépatites et les pathogènes résistants. Les déchets chimiques sont produits au laboratoire à 20 % avec comme risques l'intoxication ainsi que la pollution de l'eau et du sol. Les déchets pharmaceutiques représentant 15 % proviennent de pharmacie et des soins, avec des effets toxiques et la pollution persistante. Les déchets organiques sont de l'ordre de 10 % ainsi que les eaux usées contaminées représentant 8 % et générées par la cuisine, la buanderie ainsi que les toilettes. Ces déchets génèrent la prolifération microbienne et les maladies hydriques dont la typhoïde et les maux de ventre. Les polluants atmosphériques sont les fumées d'incinération représentant 5 % et les vapeurs chimiques de l'ordre de 4 % avec un impact invisible mais durable étant donné qu'ils causent les cancers et de troubles respiratoires. Enfin, les déchets plastiques de l'ordre de 5 % et électroniques (3 %), issus des emballages et des équipements usés, accentuant la pollution chronique et l'accumulation non biodégradable.

Ces différents types de déchets avec leurs origines et leurs fréquences dans l'hôpital provincial du Nord-Kivu sont ainsi représentés :

Tableau 1 : Types, origines et fréquences des déchets.

Type de déchet	Origine	Fréquence en %
Déchets biologiques	Bloc opératoire, maternité, salles de soins	30
Déchets chimiques	Laboratoire, désinfection et entretien	20
Déchets pharmaceutiques	Pharmacie, salles de soins	15
Déchets organiques	Cuisine	10
Eaux usées contaminées	Buanderie et toilettes	8
Fumées d'incinération	Incinérateur	5
Vapeurs chimiques	Incinérateur	4
Déchets plastiques	Bloc opératoire et pharmacie	5
Électroniques	Bloc opératoire	3
TOTAL		100

Suivant les types et les risques de maladies provoqués, les déchets se classent en déchets infectieux et déchets chimiques. Nous le montrons plus facilement par ce tableau :

Tableau 2. Regroupement des déchets en infectieux et chimiques suivant les risques de nuisances provoqués.

Type de déchet	Risques de pathologies	Classe
Déchets biologiques	Infections (VIH, hépatites, pathogènes multirésistants)	Infectieux
Déchets chimiques	Risques d'intoxication et de pollution de l'eau et du sol.	Chimique
Déchets pharmaceutiques	Risques des effets toxiques et de la pollution persistante	Chimique
Déchets organiques	Risque de prolifération microbienne	Infectieux
Eaux usées contaminées	Risque de maladies hydriques	Infectieux
Fumées d'incinération	Risques de cancers	Chimique
Vapeurs chimiques	Risques de troubles respiratoires	Chimique
Déchets plastiques	Pollution chronique	Chimique
Electroniques	Accumulation non biodégradable.	Chimique

Connaissant l'origine de chaque type de déchet et sa classe, nous pouvons alors déduire le taux d'exposition des agents et des patients de l'hôpital aux deux classes des déchets. Agents et patients sont diversifiés en 5 catégories, comme nous l'avons expliqué plus haut :

Tableau 3. Taux d'exposition aux déchets selon les catégories (%)

Catégorie	Déchets Infectieux (%)	Déchets Chimiques (%)
Agents d'entretien	70,0	30,0
Infirmiers	86,7	46,7
Laborantins	80,0	70,0
Médecins	70,0	40,0
Patients	88,4	75,2

Il ressort de ce tableau que 86,7% des infirmiers ; 88,4% des patients et 80% des laborantins présentent les taux les plus élevés d'exposition aux déchets infectieux. Pour les patients, leurs infections sont nosocomiales. 70% des laborantins sont les plus exposés aux déchets chimiques suite à la manipulation des réactifs et 75% des patients.

3.2. Classification des symptômes sanitaires liés aux polluants

Les symptômes sanitaires détectés et considérés liés aux polluants par les personnes interrogées sont : les maux de tête, la toux, les allergies et la fatigue chronique.

Tableau 4. Symptômes déclarés selon les catégories (%)

Catégorie	Maux de tête (%)	Toux (%)	Allergies (%)	Fatigue chronique (%)
Agents d'entretien	50,0	40,0	30,0	20,0
Infirmiers	26,7	60,0	26,7	33,3
Laborantins	30,0	40,0	40,0	20,0
Médecins	40,0	40,0	70,0	30,0
Patients	40,0	40,0	13,3	13,3

Ce tableau montre que les maux de tête sont les plus fréquents chez les agents d'entretien (50 %). Les allergies prédominent chez les médecins (70 %) et la fatigue chronique touche particulièrement les infirmiers (33,3 %), probablement liée au cumul de la charge du travail avec l'exposition aux risques. La toux touche aussi majoritairement les infirmiers (60 %).

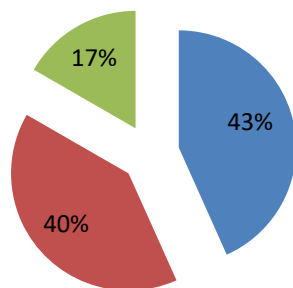
Ceci étant, nous avons évalué la perception que les personnes concernées ont du risque environnemental.

3.3. Analyse des perceptions du risque environnemental

Les diverses personnes interrogées ont donné diverses perceptions qu'elles ont du risque environnemental.

Figure 1. Perception du risque environnemental (en %)

■ Elevé ■ Moyen ■ Faible



Il ressort de cette figure que la majorité des répondants (83%) perçoit un risque environnemental allant de moyen à élevé dans leur milieu hospitalier, ce qui témoigne d'une conscience accrue des dangers malgré les mesures de protection limitées.

3.4. Analyse des relations statistiques (ANOVA et corrélations)

Cette analyse rapporte les résultats de l'ANOVA pour toutes les pathologies détectées selon les catégories des personnes interrogées et établissons des corrélations entre chaque classe de déchets et les pathologies.

3.4.1. ANOVA

En plus du bref commentaire, le tableau ci-après présente le chiffre F et la valeur p-value pour chaque pathologie.

Tableau 5. Calcul de l'ANOVA de chaque pathologie

Pathologie	Valeur de F	Valeur de p-value
1. Déchets infectieux et maux de tête	1,883	0,264
2. Déchets chimiques et maux de tête	0,766	0,446
3. Déchets infectieux et toux	0,933	0,405
4. Déchets chimiques et toux	0,082	0,793
5. Déchets infectieux et allergies	3,067	0,178
6. Déchets chimiques et allergies	0,610	0,492
7. Déchets infectieux et fatigue chronique	0,097	0,776
3.4.1.8. Déchets chimiques et fatigue chronique	1,328	0,333

3.4.1.1. Déchets infectieux et maux de tête

L'analyse de variance met en évidence une valeur de Fisher (F) de 1,883. Cette valeur traduit une certaine variation des fréquences de maux de tête selon le niveau d'exposition aux déchets infectieux. Cependant, la probabilité associée à cette statistique ($p = 0,264$) est largement supérieure au seuil de signification de 5 % ($p > 0,05$), ce qui indique que les différences observées ne sont pas statistiquement significatives. Il résulte de ces résultats qu'il n'existe aucune influence des déchets infectieux sur l'apparition des maux de tête au sein de l'hôpital.

Le stress professionnel, la fatigue physique, la charge de travail élevée, le manque de repos, la pression psychologique sont les facteurs qui accentuent plus les céphalées observées chez les répondants.

3.4.1.2. Relation entre les déchets chimiques et les maux de tête

La valeur de Fisher obtenue est relativement faible ($F = 0,766$), indiquant une faible variation des maux de tête selon le degré d'exposition aux déchets chimiques. De plus, la valeur de p (0,446) montre que cette variation n'est pas statistiquement significative.

Cette absence de significativité révèle que les maux de tête observés chez les travailleurs hospitaliers ne sont pas directement attribués à l'exposition aux déchets chimiques. Les résultats indiquent que des facteurs organisationnels et psychosociaux jouent un rôle plus important dans l'apparition de ce symptôme.

3.4.1.3. Relation entre les déchets infectieux et la toux

La statistique de Fisher obtenue ($F = 0,933$) montre l'existence d'une variation modérée des cas de toux selon le niveau d'exposition aux déchets infectieux. Toutefois, la valeur de p reste supérieure au seuil de 0,05, ce qui signifie que cette variation n'est pas statistiquement significative. Les micro-organismes pathogènes sont contenus dans les déchets infectieux et contaminent l'air ambiant lors de leur manipulation ainsi que du stockage inapproprié. L'exposition aux agents biologiques favorisent certains troubles respiratoires tels que la toux, les irritations bronchiques et les infections respiratoires observés chez les répondants.

3.4.1.4. Relation entre les déchets chimiques et la toux

La valeur de Fisher est extrêmement faible ($F = 0,082$), ce qui indique une très faible variation de la fréquence de la toux entre les différentes catégories d'exposition aux déchets chimiques. La valeur de p très élevée (0,793) confirme l'absence totale d'association statistiquement significative. Ces résultats montrent que l'exposition aux déchets chimiques ne semble pas influencer l'apparition de la toux dans la population étudiée. Les symptômes respiratoires observés chez certains agents sont associés à d'autres facteurs tels que les déchets infectieux, les poussières présentes dans l'environnement hospitalier, les conditions de ventilation insuffisantes ainsi que des infections respiratoires préexistantes.

3.4.1.5. Relation entre les déchets infectieux et les allergies

Cette analyse présente la valeur de Fisher la plus élevée de toutes les relations étudiées ($F = 3,067$). Cette valeur traduit une variation relativement importante des cas d'allergies selon le niveau d'exposition aux déchets infectieux. Cependant, la probabilité associée demeure supérieure au seuil de signification statistique ($p = 0,178$).

Même si la relation n'est pas statistiquement significative, elle mérite une attention particulière. Les déchets infectieux contiennent diverses substances biologiques susceptibles d'agir comme allergènes ou irritants chez certains

individus sensibles. Une exposition répétée contribue au développement de réactions allergiques, notamment cutanées et respiratoires.

3.4.1.6. Relation entre les déchets chimiques et les allergies

La valeur de Fisher observée reste faible ($F = 0,610$), tandis que la valeur de p indique l'absence d'une relation statistiquement significative entre les deux variables.

Ces résultats montrent que les allergies rapportées par certaines catégories professionnelles ne sont pas directement attribuées à l'exposition aux déchets chimiques. D'autres facteurs présents dans l'environnement hospitalier, tels que les désinfectants, les produits de nettoyage, les poussières, les moisissures ou certains agents biologiques, expliquent davantage les manifestations allergiques observées chez les travailleurs.

3.4.1.7. Relation entre les déchets infectieux et la fatigue chronique

La valeur très faible de Fisher ($F = 0,097$) indique une quasi-absence de variation de la fatigue chronique selon le niveau d'exposition aux déchets infectieux. Il ressort de cette observation que la fatigue chronique généralisée du personnel soignant n'est pas liée à l'exposition aux déchets infectieux ($p=0,776$), cette fatigue résulte des contraintes professionnelles, dont les horaires prolongés, le travail de nuit, les gardes répétées, la surcharge de travail, le manque de personnel et les pressions psychologiques associées aux soins des patients.

3.4.1.8. Relation entre les déchets chimiques et la fatigue chronique

La valeur de Fisher obtenue ($F = 1,328$) traduit une variation modérée de la fatigue chronique selon le niveau d'exposition aux déchets chimiques. Toutefois, cette variation demeure statistiquement non significative en raison d'une valeur de p supérieure à 0,05. Ces résultats montrent que l'exposition aux déchets chimiques ne constitue pas un facteur explicatif majeur de la fatigue chronique observée chez les répondants.

Toutefois, certaines tendances méritent d'être soulignées. Les valeurs de Fisher les plus élevées concernent : Déchets infectieux et allergies ($F = 3,067$; $p = 0,178$) ; Déchets infectieux et maux de tête ($F = 1,883$; $p = 0,264$) ; Déchets chimiques et fatigue chronique ($F = 1,328$; $p = 0,333$).

Ces résultats montrent que les déchets infectieux sont impliqués dans certains effets sanitaires que les déchets chimiques, particulièrement en ce

qui concerne les allergies, les troubles respiratoires et certains symptômes généraux.

3.4.2. Corrélations

Les corrélations sont établies entre les deux classes de déchets et chacune des quatre pathologies déclarées.

Tableau 6. Tableau synthétique des corrélations entre les paramètres observés

Catégorie	Déchets Infectieux (%)	Déchets Chimiques (%)	Maux de tête (%)	Toux (%)	Allergies (%)	Fatigue chronique (%)
Agents d'entretien	70,0	30,0	50,0	40,0	30,0	20,0
Infirmiers	86,7	46,7	26,7	60,0	26,7	33,3
Laborantins	80,0	70,0	30,0	40,0	40,0	20,0
Médecins	70,0	40,0	40,0	40,0	70,0	30,0
Patients	88,4	75,2	40,0	40	13,3	13,3

Le tableau 6 met en relation les niveaux d'exposition aux déchets infectieux et chimiques avec les principaux symptômes sanitaires déclarés par les différentes catégories de personnes interrogées. Il permet d'identifier les groupes les plus exposés ainsi que les manifestations sanitaires les plus fréquentes, offrant ainsi une vue d'ensemble des risques liés à la gestion des déchets hospitaliers.

D'une manière générale, les résultats montrent que les déchets infectieux constituent la principale source d'exposition au sein de l'hôpital, avec des taux variant entre 70 % et 88,4 % selon les catégories. Les patients apparaissent comme le groupe le plus exposé (88,4 %), suivis des infirmiers (86,7 %) et des laborantins (80 %). Cette situation s'explique par le contact direct et permanent de ces groupes avec les soins médicaux, les équipements contaminés et les zones à forte production de déchets biologiques. Les médecins et les agents d'entretien présentent des niveaux d'exposition légèrement inférieurs (70 %), mais qui demeurent néanmoins élevés, témoignant de la présence généralisée des risques infectieux dans l'environnement hospitalier.

Concernant les déchets chimiques, les patients présentent également le taux d'exposition le plus élevé (75,2 %), suivis des laborantins (70 %). Il ressort de ce tableau que la forte exposition des laborantins résulte de leurs activités impliquant la manipulation de réactifs, de produits de diagnostic et

de substances de laboratoire. Quant aux patients, l'exposition élevée est liée à leur présence prolongée dans les services médicaux avec beaucoup de produits de traitement, des désinfectants et divers produits chimiques. 46,7% des infirmiers, 40% des médecins ainsi que 30% les agents d'entretien sont plus exposés aux risques chimiques. L'analyse des symptômes révèle 50% d'agent d'entretien souffrent des maux de tête, puis 40% des médecins et 40% des patients. Cette situation est liée à l'exposition aux odeurs désagréables, aux produits de nettoyage, aux fumées d'incinération et aux contraintes physiques liées aux activités professionnelles. 26,7% des infirmiers ont fréquence la plus faible, malgré leur forte exposition aux déchets infectieux, ce qui prouve que d'autres facteurs interviennent seulement dans l'apparition de ce symptôme.

La toux est le symptôme le plus fréquemment observé chez les infirmiers (60 %), alors qu'elle est rapportée par 40 % des autres catégories. Cette prévalence élevée chez les infirmiers est associée à leur exposition continue aux agents infectieux, aux aérosols biologiques et aux produits de désinfection utilisés quotidiennement dans les services de soins. Ce résultat montre une influence des déchets infectieux sur les troubles respiratoires.

En ce qui concerne les allergies, 70% des médecins, 40% des laborantins et 30% des agents d'entretien présentent la fréquence la plus élevée. Quant aux patients, 13,3% ont la fréquence la plus faible. Cette situation est expliquée par l'exposition répétée des médecins et des laborantins à divers produits chimiques, désinfectants, médicaments ainsi que des substances allergènes. Les allergies sont plus associées à l'environnement chimique hospitalier qu'aux déchets infectieux. Il ressort également de ce tableau que 33,3% d'infirmiers souffrent de la fatigue chronique contre 30% des médecins, cela s'explique par la charge de travail, les horaires prolongés ainsi que le niveau élevé de responsabilité professionnelle ainsi 20% d'agents d'entretien et des laborantins, tandis que 13,3% des patients manifestent la valeur la plus faible. Ces résultats témoignent que la fatigue chronique est plus liée aux conditions de travail qu'à l'exposition directe aux déchets. Enfin, le tableau montre que les catégories les plus exposées aux déchets ne sont pas nécessairement celles qui présentent les fréquences les plus élevées de symptômes. 88,4% des patients manifestent les plus fortes expositions aux déchets infectieux et 75,2% aux déchets chimiques, sans présenter les taux les plus élevés de maux de tête, d'allergies et de fatigue chronique. Cette

observation suggère que l'apparition des symptômes dépend non seulement de l'exposition aux déchets, mais également d'autres facteurs tels que la durée d'exposition, les conditions de travail, l'utilisation des équipements de protection individuelle, la susceptibilité individuelle et l'état de santé des personnes concernées. Ce tableau met en évidence une forte exposition des différentes catégories aux déchets hospitaliers, particulièrement aux déchets infectieux, tout en révélant une répartition variable des symptômes sanitaires. Les infirmiers apparaissent comme les plus touchés par les troubles respiratoires, les médecins par les allergies, les agents d'entretien par les maux de tête et les infirmiers par la fatigue chronique. Ces résultats soulignent l'importance de renforcer les mesures de prévention, de protection et de gestion des déchets hospitaliers afin de réduire les risques sanitaires associés aux polluants présents dans l'environnement hospitalier.

4. Discussion

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude réalisée à l'Hôpital Provincial du Nord-Kivu s'inscrivent dans une logique d'analyse systémique de l'hôpital en tant qu'écosystème artificiel urbain générateur de pollutions multiples, ce qui permet de confronter les observations empiriques aux connaissances scientifiques existantes et de situer les dynamiques locales dans le contexte plus large de la gestion des déchets hospitaliers en Afrique subsaharienne.

Les déchets biologiques sont prédominants à 30%, 20 % des déchets chimiques et 15% des déchets pharmaceutiques. Cette situation confirme que l'HGRNK fonctionne comme un espace de production continue de flux polluants diversifiés. Ces résultats sont similaires avec les travaux de Oyebo et Otoko, (2022), Olaniyi et al. (2019), Liu et Yaho (2018) ainsi que WHO (2022), qui indiquent que les établissements de santé produisent une quantité importante de déchets dangereux nécessitant un plan de gestion efficace et structurée pour réduire le risque de contamination. Dans la même perspective, Kyomba et al., 2021 et Yeboah, et al. (2023) montrent que dans plusieurs pays d'Afrique subsaharienne, la gestion des déchets biomédicaux reste insuffisante, avec une prédominance de pratiques de tri inadéquates. Mutombo et al. (2023) ajoutent que les hôpitaux urbains de la République Démocratique du Congo fonctionnent comme des systèmes ouverts où les déchets infectieux et chimiques dominent les flux produits. Cette situation

est également confirmée par Xu et Zhao (2021) et Chisholm et al. (2021), qui soulignent que la forte proportion de déchets infectieux dans les pays en développement est liée à la concentration des activités médicales invasives dans des unités spécialisées telles que les blocs opératoires et les maternités.

Lule (2020) montre que dans les hôpitaux d'Afrique de l'Est, le déficit de formation du personnel constitue un facteur déterminant de la mauvaise gestion des déchets biomédicaux. Wassie et al. (2021) montrent que dans les établissements de santé d'Addis-Abeba, le tri sélectif à la source n'est pas appliqué, ce qui augmente les risques de contamination croisée. Selon UNEP (2021) prouve qu'il n'existe pas de politiques environnementales strictes et appropriées dans les systèmes de santé des pays en développement, ce qui favorise la persistance de pratiques non sécurisées exposant la population à des contaminations. Selon Kalonda et Bisimwa (2022), les incinérateurs hospitaliers mal contrôlés constituent une source importante de pollution atmosphérique secondaire, tandis que Kalume et Matata (2021) montrent que les circuits de gestion des déchets hospitaliers sont moins structurés, entraînant une dispersion des polluants dans l'environnement urbain immédiat.

La présente étude montre qu'il existe une forte vulnérabilité des infirmiers exposés aux déchets infectieux de l'ordre de 86,7 % et 70% des laborantins exposés aux déchets chimiques, ce qui révèle une exposition différenciée selon les fonctions. Selon Debrah (2022a) et Mutombo et al. (2023), les infirmiers constituent le groupe le plus exposé en raison de leur contact permanent avec les patients et les matériels contaminés. Debrah (2022) précise que les laborantins sont particulièrement exposés aux agents chimiques et biologiques utilisés dans les laboratoires et les procédures de désinfection. Kalume et Matata (2021) ajoutent que l'absence de protocoles stricts de biosécurité dans les hôpitaux urbains de Goma accroît davantage les risques professionnels. Debrah (2022) et WHO (2022) rappellent que les accidents d'exposition au sang et aux fluides biologiques représentent l'un des principaux risques professionnels dans les établissements de santé à ressources limitées. Les symptômes rapportés, notamment les maux de tête (46 %), la toux (38 %) et la fatigue chronique (33 %), sont cohérents avec les résultats de plusieurs études antérieures portant sur l'exposition aux polluants hospitaliers. Tiruneh et al. (2024) et Hlako et al (2025) montrent que les émissions issues des incinérateurs hospitaliers sont fortement associées aux

troubles respiratoires et aux céphalées chez les travailleurs de santé. Il ressort des travaux de Kalume et Matata (2021) et Lohelo et al., 2024 qu'il existe une croissance accrue des pathologies respiratoires dans les milieux urbains dues aux rejets hospitaliers. Selon Wang et al. (2019), les incinérateurs hospitaliers émettent des dioxines et des composés organiques qui sont responsables d'effets toxiques chroniques dont les risques cancérogènes et endocriniens.

Selon Tait et al. (2020), les populations vivant à proximité des incinérateurs présentent un risque accru de pathologies respiratoires et de cancers. Il n'existe pas de différence significative pour la fatigue chronique ($p = 0,746$), ce qui prouve l'exposition homogène entre les différentes catégories de la population hospitalière. Les résultats de Prüss-Ustün et al. (2021) révèlent qu'il existe les risques environnementaux qui affectent plusieurs groupes dans les environnements hospitaliers à faible niveau de contrôle sanitaire dans les pays en développement. Selon Yeboah et al. (2023), la pollution hospitalière en Afrique subsaharienne dépasse les zones fonctionnelles pour devenir systémique, impactant l'ensemble des usagers et du personnel.

La perception du risque environnemental est élevée, avec un taux de 83 % des répondants estimant un niveau modéré à élevé, ce qui constitue un élément déterminant dans l'analyse des comportements de prévention. Aboyeji et al. (2016) ; Majule et Zebedayo (2020) confirment que la perception du risque influence l'adoption des comportements de protection en milieu hospitalier en Afrique subsaharienne.

Jayasinghe et al. (2023) montrent que la période post-COVID-19 a renforcé la conscience des risques liés aux déchets biomédicaux et favorisé une meilleure adhésion aux pratiques de gestion sécurisée.

Malgré que la contribution des incinérateurs à la pollution atmosphérique est faible avec des proportions de 5 % pour la fumées et 4 % pour les vapeurs chimiques, la toxicité des composés émis est élevée. Abubakar et al (2022), Bruno et al. (2023) et IPEN (2024) montrent que les incinérateurs hospitaliers mal contrôlés constituent une source majeure de dioxines et de métaux lourds persistants dans l'environnement. Selon Xue et al. (2023), ces impacts sont réduits par les approches d'économie circulaire intégrant le recyclage et la valorisation des déchets.

Les travaux de Xu et Zhao (2021) témoignent également que les alternatives technologiques comme l'autoclavage, la désinfection chimique et les micro-ondes réduisent significativement les émissions toxiques liées au traitement des déchets médicaux. Chisholm et al. (2021) recommandent une approche hiérarchisée reposant sur la réduction, la réutilisation et le recyclage des déchets biomédicaux. Abubakar et al, (2022), Xue et al. (2023) et Hlako et al (2025) insistent sur l'intégration de l'économie circulaire comme stratégie durable permettant de limiter les impacts environnementaux des systèmes hospitaliers. Strickland et al. (2022) proposent l'instauration de dispositifs de biomonitoring afin de suivre l'exposition des populations aux polluants hospitaliers. UNEP (2021), tout comme WHO (2022), souligne enfin que l'amélioration durable de la gestion des déchets hospitaliers repose sur le renforcement des politiques institutionnelles, la formation continue du personnel, la modernisation des infrastructures et la mise en place de systèmes de contrôle environnemental rigoureux.

Conclusion

Cette étude avait pour objectif d'analyser l'Hôpital Provincial du Nord-Kivu comme un écosystème artificiel urbain, en identifiant les principaux polluants générés, en évaluant les pratiques de gestion des déchets hospitaliers et en examinant leurs effets potentiels sur la santé humaine. Les résultats révèlent que l'HGRNK produit une grande diversité de déchets dont les déchets biologiques, chimiques et pharmaceutiques, ainsi que des déchets organiques comprenant les plastiques, les électroniques et les émissions atmosphériques provenant de l'incinération. Cette catégorisation prouve que l'établissement hospitalier fonctionne comme un système générateur continu de pollutions de plusieurs natures qui affectent l'environnement urbain et ainsi que la santé des populations exposées. Les expositions sont issues des contraintes organisationnelles et structurelles dues au besoin de renforcement des capacités du personnel. Du point de vue sanitaire, les résultats témoignent la présence de symptômes fréquents tels que les maux de tête, la toux et la fatigue chronique chez les personnes exposées, prouvant une exposition diffuse et homogène aux polluants hospitaliers. La perception du risque est très élevée nécessitant des stratégies efficaces de réduction des dangers d'exposition. En définitive, cette étude met en évidence la nécessité urgente de renforcer la gestion des déchets hospitaliers à travers la formation,

l'amélioration des infrastructures, l'adoption de technologies alternatives à l'incinération et la mise en place d'un système de surveillance environnementale et sanitaire.

Ainsi pour cette étude, nous suggérons ce qui suit :

1. Institutionnaliser un plan de gestion intégrée des déchets hospitaliers, conforme aux directives de l'OMS, incluant tri, collecte, transport, traitement sécurisé et traçabilité.
2. Mettre place un système de renforcement continue des capacités du personnel soignant, technique et d'entretien concernant les pratiques sécurisées de manipulation des déchets les risques associés.
3. Doter l'hôpital des technologies modernes pour l'incinération pour réduire les émissions toxiques et les impacts environnementaux.
4. Mettre en place un système de surveillance environnementale et sanitaire, incluant le suivi des polluants atmosphériques, des métaux lourds et des pathologies associées dans les zones critiques.

Références Bibliographiques

- Abila, B., & Kantola, J. (2019). The perceived role of financial incentives in promoting waste recycling Empirical evidence from Finland. *Recycling*, 4(1), 4.
- Aboyaji, O. S., & Eigbokhan, S. F. (2016). Evaluations of groundwater contamination by leachates around Olusosun open dumpsite in Lagos metropolis, southwest Nigeria. *Journal of Environmental Management*, 183, 333-341.
- Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental sustainability impacts of solid waste management practices in the global South. *International journal of environmental research and public health*, 19(19), 12717.
- Abur, B. T., Oguche, E. E., & Duvuna, G. A. (2014). Characterization of municipal solid waste in the Federal Capital Abuja, Nigeria. *Global Journal of Science Frontier Research: H Environment & Earth Science*, 14(2), 1-7.

- Bruno, A., Caudai, C., Leone, G. R., Martinelli, M., Moroni, D., & Crotti, F. (2023). Medical waste sorting: A computer vision approach for assisted primary sorting. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2303.04720>
- Chartier, Y., Emmanuel, J., Pieper, U., Prüss, A., Rushbrook, P., Stringer, R., Townend, W., Wilburn, S., & Zghondi, R. (2020). *Safe management of wastes from health-care activities* (2nd ed.). World Health Organization. Geneva. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241548564>
- Chisholm, J. M., Zamani, R., Negm, A. M., Said, N., Abdel Daïem, M. M., Dibaj, M., & Akrami, M. (2021). Sustainable waste management of medical waste in African developing countries: A narrative review. *Waste Management & Research*, 39(9), 1149–1163. <https://doi.org/10.1177/0734242X211029175>
- Debrah, J.K.; Teye, G.K.; Dinis, M.A.P (2022). Barriers and challenges to waste management hindering the circular economy in Sub-Saharan Africa. *Urban Sci.*, 6, 57. [Google Scholar] [CrossRef]
- Health Care Without Harm. (2021). *Waste management strategies*. <https://global.noharm.org/resources/waste>
- Hlako, T. K., Mokoena, M. M., Morodi, T. J., & Molelekwa, G. F. (2025). *Emerging practices of healthcare waste management in private surgeries*, Tshwane. *Health SA Gesondheid*, 30, a2845. <https://doi.org/10.4102/hsag.v30i0.2845>
- IPEN. (2024). *Incineration and POPs release in South Africa*. <https://ipen.org>
- Kalonda, M. N., & Bisimwa, G. (2022). Impacts of incinerator emissions in Goma’s urban hospitals. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(8), 1107. <https://doi.org/10.3390/ijerph19081107>
- Kalume, J., & Matata, T. (2021). Assessing hospital pollution pathways in Goma. *African Urban Health Journal*, 9(2), 88–100. <https://auhj.org/articles/kalume2021>
- Kambale, S. M., & Mukwege, D. (2022). Environmental health practices in conflict-affected hospitals. *Global Health Science and Practice*, 10(1). <https://doi.org/10.9745/GHSP-D-21-00324>

- Kayembe, F. T., & Mugisha, D. (2021). Urban hospital pollution in DR Congo: A case of environmental injustice. *Health & Environment*, 12(4), 145–158. <https://doi.org/10.1016/j.envh.2021.104121>
- Kyomba, Gabriel Kalombe, Konde, Joël Nkiam Numbi, Saila-Ngita, Diafuka, Solo, Thomas Kuanda, & Kiyombo, Guillaume Mbela. (2021). Assessing the management of healthcare waste for disease prevention and environmental protection at selected hospitals in Kinshasa, Democratic Republic of Congo. *Waste Management & Research*, 39(10), 1234–1248. <https://doi.org/10.1177/0734242X211048132>
- Liu, H. and Yao, Z. (2018). Research on mixed and classification simulation models of medical waste, A case study in Beijing, China. *Sustainability* 10: 4226.
- Lohelo, A., Vitekere, K., Mahamba, B., & Shabani, K. (2024). Étude qualitative, quantitative et gestion des déchets hospitaliers dans le quartier Les Volcans, ville de Goma, Nord-Kivu, RDC. *Parlons Terre et Biodiversité*, 1(2), 1–15. <https://pugoma.com/index.php/PT/article/view/335>
- Lule, D. B. (2020). Training gaps and biomedical waste management in Ugandan hospitals. *BMC Health Services Research*, 20, 1055. <https://doi.org/10.1186/s12913-020-05808-5>
- Mutombo, A., Tshimanga, M., & Kambale, M. (2023). Hospital waste management in urban Congo: Challenges and perspectives. *African Health Monitor*, 29(1). <https://ahm.afro.who.int/>
- Nshombo, P., & Kasereka, L. (2024). Public hospital infrastructure and sanitation in Goma. *East African Health Journal*, 31(1), 21–30. <https://doi.org/10.4314/eahj.v31i1.4>
- Olaniyi, F.C., Ogola, J.S and Tshitangano, T.G. (2019). Efficiency of health care risk waste management in rural healthcare facilities of South Africa: An assessment of selected facilities in Vhembe District, Limpopo Province. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16:2199.
- Oli, A.N., Ekejindu C.C., Adje D.U. (2016). Healthcare waste management in selected government and private hospitals in Southeast Nigeria. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 6: 84–89.

- Oyebode, O. J., & Otoko, J. A. (2022). Medical waste management and design of a low-cost incinerator for reduction of environmental pollution in a multi-system hospital. *Nature Environment and Pollution Technology*, 21(4), 1933–1942. <https://doi.org/10.46488/nept.2022.v21i04.048>
- Prüss-Ustün, A., Wolf, J., Bartram, J., Clasen, T., Cumming, O., Freeman, M. C., Gordon, B., Hunter, P. R., Medlicott, K., & Johnston, R. (2021). WASH and health linkages in low-income settings. *The Lancet Global Health*, 9(3), e271–e280. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(21\)00213-3](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(21)00213-3)
- Tait, P. W., Hill, A. R., & Trussell, R. R. (2020). Health risks from dioxin emissions near hospital incinerators. *The Lancet Planetary Health*, 4(3), e123–e130.
- Tiruneh, A., Kassa, W., & Desta, H. (2024). Effects of medical incineration emissions on respiratory health in Ethiopia. *Journal of Environmental Toxicology*, 14(1), 55–72.
- UNEP (United Nations Environment Programme). (2021). *Environmental health risks from healthcare waste..* <https://www.unep.org/resources/report/environmental-health-risks-healthcare-waste>
- Wang, L., Zhang, T., & Chen, Y. (2019). Dioxin emissions from healthcare waste incineration. *Science of the Total Environment*, 668, 123–135.
- Wassie, B., Gintamo, B., Mekuria, Z. N., & Gizaw, Z. (2021). Healthcare waste management practices in Addis Ababa clinics. *BMC Health Services Research*, 21, 456. <https://doi.org/10.1186/s12913-021-06456-3>
- WHO. (2022, October 24). *Health-care waste fact sheet*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste>
- Xu, P., & Zhao, Y. (2021). Alternatives to incineration for infectious healthcare waste. *Environmental Technology Reviews*, 10(2), 77–92.
- Xue, B., Li, Y., Chen, H., Zhang, Q., & Wang, J. (2023). Circular economy approaches to hospital plastic and electronic waste. *Resources, Conservation & Recycling*, 189, 106725.

Yeboah, S., Agyemang, E., Boateng, D., & Mensah, K. (2023). Biomedical waste handling in Sub-Saharan Africa: A scoping review. *International Journal of Environmental Health Research*, 33(5), 1–18. <https://doi.org/10.1080/09603123.2023.2181144>