



Évaluation intégrée des pollutions et nuisances environnementales associées aux déficits d'assainissement et d'hygiène dans le quartier Kindele, commune de Mont-Ngafula, Kinshasa (République Démocratique du Congo)

Prosper Ndjate Olongo^{1,3*}, Jonathan Musangu Nyembue³, Crispin Mulaji Kyela², Serge Aluna Inia³, Thierry Tangou Tabou^{1,3}, Camille Nsimanda Ipey¹, Emmanuel Biey Makaly¹

⁽¹⁾Université de Kinshasa. Faculté des Sciences et Technologies. Mention Sciences et Gestion de l'Environnement. BP 190 Kinshasa XI (RDC). E-mail : ndjateprosper05@gmail.com

⁽²⁾Université de Kinshasa. Faculté des Sciences et Technologies. Mention Chimie et Industrie. BP 190 Kinshasa XI (RDC).

⁽³⁾Ministère de l'Enseignement Supérieur, Universitaire, Recherche Scientifique et Innovations (ESU-RSI). Centre d'Excellence Chimique, Biologique, Radiologique et Nucléaire (CoE-CBRN). Kinshasa (RDC).

Reçu le 13 juillet 2026, accepté le 20 septembre 2026, publié en ligne le 29 septembre 2026

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v9i3.26>

RESUME

Description du sujet. Le quartier Kindele, situé dans la commune de Mont-Ngafula à Kinshasa, connaît une urbanisation rapide couplée à de graves insuffisances d'assainissement. Cette situation favorise la prolifération de dépôts sauvages, de rejets d'eaux usées et de diverses nuisances environnementales.

Objectifs. Cette étude vise à évaluer de manière intégrée les pollutions et nuisances liées aux déficits d'assainissement et d'hygiène, la caractérisation des déchets et le diagnostic des infrastructures sanitaires afin de proposer un modèle de gestion de proximité adapté au contexte local.

Méthodes. L'approche méthodologique combine des observations de terrain, une enquête a été réalisée auprès de 150 ménages, répartis en trois zones (Zone dense, Zone intermédiaire et zone peu dense), du 11 février 2024 au 16 août 2026. Ces données ont été complétées par une analyse spatiale des points critiques et la construction d'indices synthétiques de pollution. Elle adopte une démarche descriptive, analytique et spatialisée, structurée selon une logique de triangulation.

Résultats. Les déchets ménagers sont dominés par la matière organique, qui représente plus de la moitié des rejets. Les dépôts sauvages, les rejets de liquides et le brûlage des déchets à l'air libre sont omniprésents, particulièrement dans les secteurs denses et le long des axes de ruissellement, où l'indice intégré de pollution atteint des niveaux critiques. Les principales nuisances identifiées incluent les odeurs nauséabondes, l'insalubrité visuelle, la prolifération de vecteurs de maladies et la dégradation globale du cadre de vie.

Conclusion. Face à cette crise environnementale, la mise en place d'un modèle d'assainissement de proximité apparaît indispensable. Ce modèle doit se fonder sur la prévention, le tri à la source, la valorisation des biodéchets, la collecte régulière, la sécurisation des exutoires et une forte mobilisation communautaire pour réduire durablement les impacts sanitaires et écologiques.

Mots-clés : Assainissement, déchet ménager, pollution intégrée, nuisance environnementale, Mont-Ngafula/Kinshasa.

ABSTRACT

Integrated assessment of environmental pollution and nuisances associated with sanitation and hygiene deficits in the Kindele neighborhood, Mont-Ngafula municipality, Kinshasa (Democratic Republic of the Congo)

Description of the subject. The Kindele neighborhood, located in the Mont-Ngafula municipality of Kinshasa, is experiencing rapid urbanization coupled with severe sanitation deficiencies. This situation drives the proliferation of illegal dumping, wastewater discharges, and various environmental nuisances.

Objective. This study aims to conduct an integrated assessment of the pollution and nuisances associated with sanitation and hygiene deficits to propose a localized, community-based management model tailored to the local context.

Methods. The methodological approach combines field observations with a survey of 150 households distributed across three areas (high-density, intermediate-density, and low-density zones) conducted between February 11, 2024, and August 16, 2026. These data were supplemented by a spatial analysis of critical points and the construction of composite pollution indices. The study employs a descriptive, analytical, and spatially oriented approach, structured around the principle of triangulation.

Results. Household waste is dominated by organic matter, which accounts for more than half of the total discharge. Illegal dumping, liquid waste discharges, and open-air waste burning are ubiquitous, particularly in densely populated sectors and along runoff channels where the integrated pollution index reaches critical levels. The primary nuisances identified include foul odors, visual blight, the proliferation of disease vectors, and the overall degradation of the living environment.

Conclusion. To address this environmental crisis, implementing a community-level sanitation model is vital. This model should be built upon waste prevention, source separation, biowaste recovery, regular collection, secure disposal sites, and strong community mobilization to sustainably mitigate sanitary and ecological impacts.

Keywords: Sanitation, household waste, integrated pollution, environmental nuisance, Mont-Ngafula/Kinshasa.

1. INTRODUCTION

L'assainissement urbain ne peut plus être appréhendé comme un simple ensemble d'ouvrages destinés à évacuer les eaux usées ou les déchets. Il constitue un système socio-écologique au sein duquel les flux de matières, d'eau, d'énergie, de contaminants et de risques circulent entre les ménages, les espaces publics, les réseaux naturels de drainage et les populations exposées (Putri & Moulaert, 2017 ; Mwesongo *et al.*, 2023). Cette lecture systémique est particulièrement pertinente dans les villes à croissance rapide, où l'urbanisation peut progresser plus rapidement que la mise en place des infrastructures et des services essentiels, accentuant les inégalités d'accès à l'assainissement et les pressions exercées sur les milieux urbains (OMS, 2025).

À l'échelle mondiale, les progrès de l'accès aux services d'eau, d'assainissement et d'hygiène restent profondément inégaux. Le rapport conjoint OMS/UNICEF publié en 2025 montre que les déficits de services d'assainissement gérés en toute sécurité demeurent particulièrement importants dans les pays à faible revenu et que les populations urbaines défavorisées restent insuffisamment desservies. Pour l'Afrique, le bilan régional de l'équipe conjointe indique qu'en 2022, seulement 31 % de la population disposait d'un assainissement géré en toute sécurité et 28 % utilisait des services d'hygiène de base, ce qui traduit l'ampleur du défi pour l'atteinte de l'ODD 6, notamment les cibles 6.1 et 6.2 (WHO/UNICEF, 2023 ; WHO/UNICEF, 2025).

La problématique des déchets solides complète celle de l'assainissement liquide. Le Global Waste Management Outlook (2024) estime que la production mondiale de déchets municipaux devrait passer d'environ 2,1 milliards de tonnes en 2023 à 3,8 milliards de tonnes en 2050. Le rapport souligne surtout que les coûts de l'inaction ne se limitent pas aux dépenses de collecte : ils intègrent également les

coûts sanitaires, environnementaux et climatiques associés à une mauvaise gestion des déchets. Une telle évolution renforce la nécessité d'une hiérarchie des déchets privilégiant la prévention, la réduction à la source, le réemploi, le recyclage et la valorisation avant l'élimination finale (UNEP & ISWA, 2024).

Dans les pays à faible et moyen revenu, la gestion des déchets constitue également un problème de gouvernance urbaine. Le cadre proposé par Kaza *et al.* (2018) montre que l'augmentation de la production de déchets est fortement associée à l'urbanisation et à la consommation, tandis que les autorités locales doivent composer avec des contraintes de financement, de planification, de données et de capacités opérationnelles. Les déchets mal gérés peuvent obstruer les systèmes de drainage, aggraver les inondations et multiplier les voies d'exposition des populations. Cette relation entre résidus, drainage, hydrologie urbaine et santé environnementale est particulièrement prégnante dans les quartiers périphériques soumis à de fortes précipitations et caractérisés par des pentes importantes (Banque mondiale, 2026).

Dans la ville de Kinshasa, il s'observe cette tension permanente entre croissance urbaine et capacité de gestion environnementale. Une étude récente, fondée sur l'analyse du cycle de vie des stratégies de gestion des déchets à Kinshasa, montre que l'agglomération reste confrontée à des déficits structurels de collecte et d'élimination, avec des impacts environnementaux et économiques significatifs. L'intérêt de cette littérature est de démontrer que la question des déchets ne se réduit pas à la propreté des rues : elle engage les émissions de gaz à effet de serre, les transports, les modes de traitement, les coûts et les trajectoires de transition vers une économie circulaire (Kang *et al.*, 2023).

La situation évolue néanmoins dans un contexte institutionnel récent. En avril 2026, la Banque mondiale a annoncé l'approbation d'un financement de 250 millions de dollars pour le Kinshasa Urban Transformation and Jobs Program, dénommé Kin la Belle, incluant une composante majeure consacrée à l'amélioration de la gestion des déchets solides et à la création d'emplois dans la chaîne de valeur des déchets. Cette évolution confère une actualité particulière aux études locales capables d'identifier les points critiques, de documenter les chaînes de pollution et de proposer des solutions adaptées aux quartiers périphériques (Banque mondiale, 2026).

Dans ce contexte, le quartier Kindele présente un intérêt scientifique et opérationnel particulier. Plusieurs travaux antérieurs y ont déjà décrit la présence de dépôts sauvages, le recours aux rues et aux ravins comme espaces de rejet, ainsi que les difficultés structurelles de gestion des déchets solides. Toutefois, une connaissance plus intégrée demeure nécessaire ; il ne suffit pas de quantifier les résidus ou de décrire l'insalubrité ; il faut relier les pratiques d'assainissement aux pressions exercées sur les milieux, aux voies de transfert, aux nuisances perçues et aux zones d'exposition (Mola Mbeba *et al.*, 2023).

L'insuffisance des dispositifs d'assainissement et d'hygiène dans le quartier Kindele engendre une configuration spatiale différenciée de pollutions et de nuisances, renforcée par le ruissellement, la densité de l'habitat et l'absence de chaînes régulières de collecte et de valorisation.

Contrairement aux travaux antérieurs principalement centrés sur les modes de gestion des déchets, elle met en relation les pratiques d'assainissement et d'hygiène, les sources de pollution, les déchets, les voies de transfert et leur distribution spatiale. La spatialisation des points critiques et la construction d'un indice environnemental intégré permettront de hiérarchiser les secteurs selon les niveaux de pression et de nuisance, afin d'orienter les priorités d'intervention. L'étude apporte ainsi une base scientifique et opérationnelle pour une gestion plus durable de l'assainissement, des déchets et de la qualité environnementale à Kindele.

Cette étude vise généralement à évaluer l'état environnemental associé à l'assainissement et à l'hygiène dans le quartier Kindele et d'identifier les leviers prioritaires d'une gestion durable et territorialisée. Spécifiquement elle vise à caractériser les pratiques et les infrastructures d'assainissement et d'hygiène, identifier les principales sources et voies de pollution, quantifier les principaux types de déchets ménagers produits afin de construire un indice intégré permettant de hiérarchiser les secteurs et les nuisances

et à formuler un dispositif opérationnel de réduction des risques et de restauration de la qualité environnementale dans le quartier.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Milieu d'étude

Le quartier Kindele est situé dans la commune de Mont-Ngafula, au sud de Kinshasa. Le point de repère géographique retenu pour cette zone est positionné à 4° 22' 58" S et 15° 18' 53" E, à une altitude d'environ 304 mètres (Figure 1). Ces coordonnées géographiques servent ici d'ancrage cartographique et ne préjugent pas des limites administratives officielles du quartier. La commune de Mont-Ngafula s'étend sur une superficie d'environ 358,90 km² et présente une topographie fortement contrastée, marquée par une succession de collines et de vallées. Elle est soumise à un climat tropical chaud et humide, tandis que les caractéristiques pédologiques varient selon les unités morphologiques, avec des sols à dominante sableuse sur les reliefs et des formations plus fines dans les fonds de vallées. Cette configuration physique confère au territoire une sensibilité particulière au ruissellement et à l'érosion hydrique, notamment dans les secteurs soumis à une forte déclivité et à une urbanisation peu maîtrisée (Kaleka N'Kole, 2021 ; Commune de Mont-Ngafula, 2023). Ce contexte hydro-géomorphologique est déterminant pour l'analyse des dynamiques environnementales dans le quartier Kindele.

La combinaison de la pente, de la nature des sols et de l'organisation des axes naturels d'écoulement favorise le ruissellement et le transfert des matériaux vers les secteurs de bas-fonds. Dans les zones où les dispositifs artificiels de drainage sont insuffisants ou discontinus, les eaux de ruissellement peuvent entraîner les déchets, les particules et les effluents vers les points bas, contribuant ainsi à la concentration spatiale des nuisances et des pressions environnementales. À Kindele, les caractéristiques topographiques et les conditions d'occupation du sol participent notamment aux problèmes de gestion des eaux et à la vulnérabilité de certains secteurs face au ruissellement et à l'érosion (Kaleka, 2021). Ainsi, le territoire étudié doit être appréhendé non comme une surface plane et homogène, mais comme un système hydro-géomorphologique dynamique dans lequel relief, sols, ruissellement, drainage et activités humaines interagissent dans la production, le transfert et la concentration des pressions environnementales. Cette lecture territoriale justifie l'intégration des facteurs physiques dans l'identification et la spatialisation des points critiques de pollution et de nuisances dans le quartier Kindele.

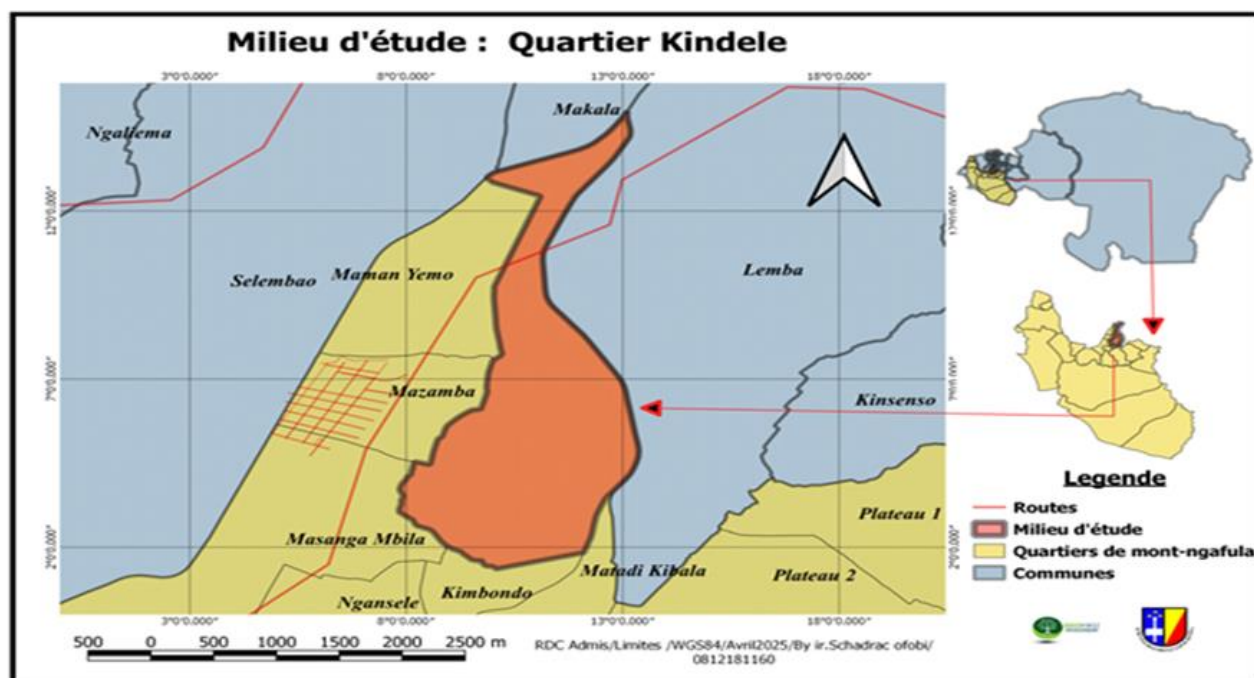


Figure 1. Carte physique du quartier Kindele (Ndjate, 2026)

2.2. Méthodes

La présente étude a été réalisée du 11 février 2024 au 16 août 2026. Elle adopte une démarche descriptive, analytique et spatialisée, structurée selon une logique de triangulation. Trois sources principales d'information ont été mobilisées, à savoir l'observation environnementale directe, l'enquête structurée auprès des ménages, ainsi que la caractérisation quantitative des flux de déchets et le diagnostic des infrastructures d'assainissement. Cette approche par triangulation vise à minimiser les biais inhérents à l'utilisation d'une source de données unique et à confronter systématiquement les pratiques déclarées par les populations aux manifestations physiques observables dans l'environnement (Figure 2).

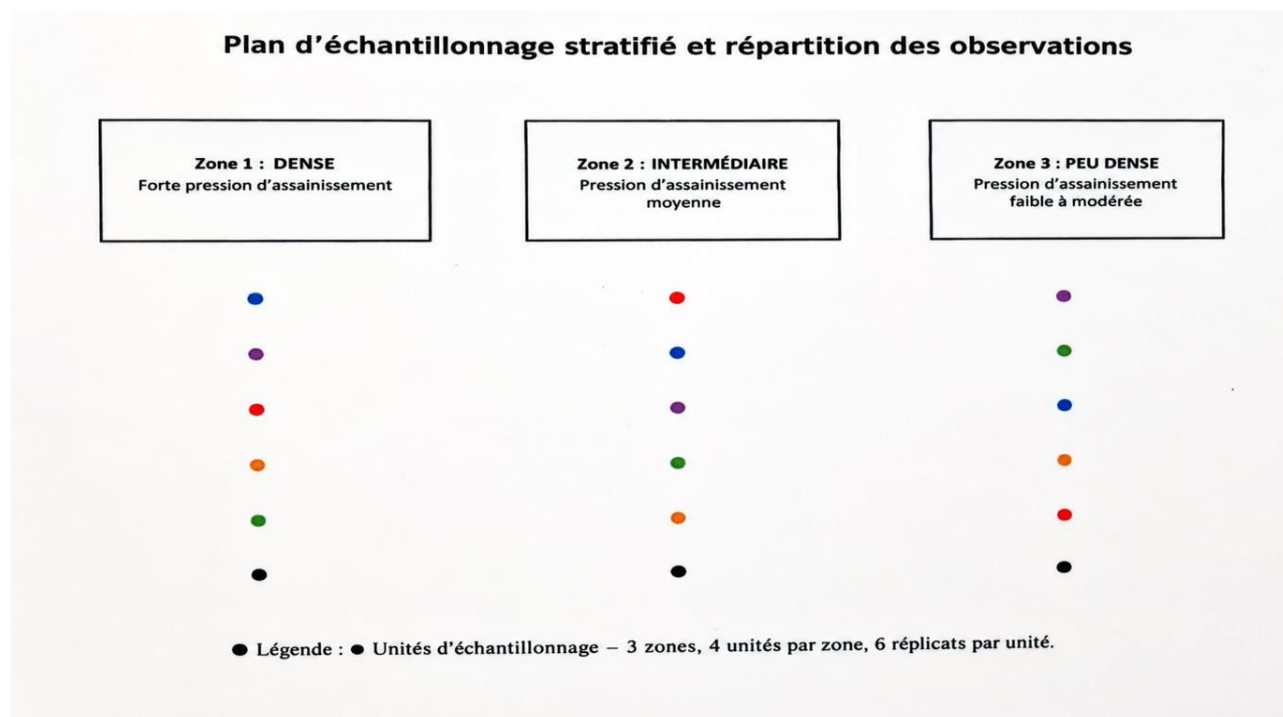


Figure 2. Schéma de principe du plan d'échantillonnage stratifié et de la triangulation des observations.

2.3. Échantillonnage, diagnostic et caractérisation des déchets

L'unité principale d'observation est le ménage, complétée par l'analyse d'unités environnementales spécifiques telles que les dépôts de déchets, les points de rejet d'eaux usées, les latrines, les caniveaux, les ravins, les zones de stagnation et les espaces publics à forte fréquentation. Le quartier est stratifié selon trois niveaux de pression anthropique, à savoir la zone Z1 caractérisée par un habitat dense et une forte accumulation de déchets, la zone Z2 correspondant à un habitat intermédiaire, et la zone Z3 regroupant les franges et couloirs de ruissellement à haute sensibilité environnementale. Un échantillonnage stratifié proportionnel permet ainsi de couvrir l'ensemble des gradients spatiaux.

Pour une étude de cette nature, la taille minimale de l'échantillon de ménages est déterminée par la formule de Cochran pour une proportion, définie par l'équation $n_0 = Z^2 \times p(1 - p) / e^2$, où n_0 représente la taille théorique de l'échantillon, Z le quantile de la loi normale pour le niveau de confiance retenu, p la proportion attendue du caractère étudié et e la marge d'erreur tolérée. Lorsque la taille de la population totale N est connue et relativement faible, la correction pour population finie est systématiquement appliquée via la formule $n = n_0 / [1 + (n_0 - 1)/N]$. Dans le cadre de cette approche analytique, un échantillon de 150 ménages a été constitué et réparti de manière équitable entre les trois strates, soit 50 ménages par zone, afin de permettre une comparaison directe des gradients de pression tout en conservant une lecture territoriale cohérente.

2.4. Construction des indices environnementaux et évaluation de la criticité

Afin de synthétiser des variables de nature différente, chaque indicateur a été préalablement normalisé sur une échelle commune allant de 0 à 100. Pour un indicateur dont une valeur élevée traduit une pression environnementale accrue, la normalisation min-max est appliquée selon la formule $X'_i = 100 \times (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$. L'indice de pression d'assainissement (IPA) est ensuite calculé comme une moyenne pondérée des dimensions relatives aux déchets, aux eaux usées, aux excreta, à l'hygiène et au ruissellement, d'après la relation $IPA = \Sigma(w_i \times X'_i)$, sous la contrainte $\Sigma w_i = 1$. Pour éviter qu'un seul indicateur ne domine artificiellement le résultat final, les poids w_i sont fixés à 0,20 pour chacune de ces cinq dimensions dans l'analyse de référence. Dans la même logique, l'indice intégré de pollution (IIP) combine les scores relatifs de contamination visuelle du sol, de présence de déchets dans les voies d'eau, de rejets liquides, de brûlage à l'air libre et d'exposition spatiale. Enfin, l'indice de nuisance (IN) agrège de manière

Le protocole s'appuie également sur un diagnostic approfondi des pratiques d'assainissement et d'hygiène. Le questionnaire administré comprend cinq blocs thématiques principaux portant sur les caractéristiques socio-économiques du ménage, la production et le stockage des déchets, le mode d'évacuation des eaux usées, les équipements sanitaires associés à la gestion des excreta, ainsi que les pratiques d'hygiène et la perception des nuisances. Les réponses recueillies sont codées selon des modalités ordinales. En parallèle, l'observation directe a été réalisée à l'aide d'une grille d'évaluation standardisée consignnant la présence de dépôts sauvages, le brûlage des résidus, la stagnation des eaux, les rejets liquides visibles, les émanations d'odeurs, la prolifération de vecteurs de maladies, l'état d'obstruction des caniveaux et la proximité des points de rejet par rapport aux habitations.

Enfin, la caractérisation des déchets ménagers complète ce dispositif. La composition des déchets est déterminée par un tri manuel contrôlé des fractions principales, isolant les matières organiques putrescibles, les plastiques, les papiers et cartons, le verre et les métaux, ainsi que les autres refus. Pour chaque fraction i , la proportion massique est calculée par la relation $P_i (\%) = (m_i / M) \times 100$, où m_i est la masse de la fraction i et M la masse totale de l'échantillon trié. La masse volumique apparente est obtenue par le rapport $\rho = M/V$, où M représente la masse et V le volume du récipient calibré utilisé. Ces indicateurs physiques permettent d'estimer précisément le potentiel de valorisation organique locale et d'évaluer la pertinence de la mise en place d'une chaîne de collecte séparée pour les matériaux recyclables.

synthétique les niveaux d'odeur, de gêne visuelle, d'émanation de fumées, de présence d'insectes ou de rongeurs observés et signalés, ainsi que la gêne directement liée à l'obstruction des voies de circulation.

En complément de ces indices, la criticité d'un risque environnemental ou sanitaire a été estimée par le produit $C = P \times G$, où P représente la probabilité d'occurrence, évaluée sur une échelle de 1 à 5, et G la gravité des conséquences, également notée de 1 à 5. Les valeurs de criticité ainsi obtenues sont réparties en quatre classes distinctes, à savoir la classe de criticité faible pour les scores compris entre 1 et 4, la criticité modérée pour les scores de 5 à 9, la criticité élevée pour les scores de 10 à 16, et enfin la criticité très élevée pour les scores atteignant 17 à 25. Cette classification permet de hiérarchiser objectivement les risques afin de guider les interventions prioritaires sur le terrain.

2.5. Traitement statistique, analyse spatiale, assurance qualité et considérations éthiques

Les données quantitatives sont décrites par les fréquences, les proportions, les moyennes, les médianes et les écarts-types. Les comparaisons entre les strates de pression reposent sur des tests adaptés à la distribution des données. Pour les scores ordinaux, une analyse non paramétrique de type Kruskal Wallis est privilégiée, tandis que les associations entre les variables catégorielles sont examinées au moyen du test du Khi-deux de Pearson lorsque les conditions d'application sont satisfaites. Le seuil de significativité statistique est systématiquement fixé à α égal à 0,05. En parallèle, l'analyse spatiale repose sur la géolocalisation des points critiques et leur regroupement par type de pression. La proximité des dépôts sauvages, des rejets liquides et des zones de stagnation par rapport aux habitations et aux axes de ruissellement est interprétée comme un facteur de vulnérabilité spatiale. Dans une mise en œuvre complète sous système d'information géographique, ces points de contrôle sont intégrés dans le logiciel QGIS sous une projection appropriée, avec un contrôle topologique strict et la production de cartes de densité ou d'analyses de noyaux.

L'assurance qualité et la reproductibilité de la recherche sont garanties par un ensemble de procédures rigoureuses à chaque étape de recherche. Le protocole intègre ainsi le pré-test du questionnaire et la validation des outils d'enquête avant la collecte effective des données. Il repose également sur la

formation préalable des enquêteurs et l'utilisation d'une grille d'observation identique pour toutes les strates définies. De plus, une double saisie des données et un contrôle systématique des valeurs aberrantes ont été programmés. La démarche comprend un codage documenté de toutes les variables, la conservation d'un dictionnaire de données complet, ainsi qu'une traçabilité rigoureuse des masses, des volumes et des pesées lors de la caractérisation physique des déchets ménagers. Enfin, la géolocalisation systématique des sites critiques est effectuée dès que les conditions de terrain le permettent, complétée par une séparation stricte entre les fichiers de données brutes, les bases de données nettoyées et les tableaux destinés aux analyses statistiques.

Sur le plan des considérations éthiques, l'enquête auprès des ménages est rigoureusement conduite sur la base d'une information préalable claire et de l'obtention d'un consentement libre et éclairé de la part des participants. Toutes les réponses recueillies sont strictement anonymisées et exploitées de manière exclusive à des fins de recherche scientifique. De la même manière, les observations environnementales de terrain sont rapportées sans aucune identification nominative des parcelles ou des ménages résidents. Enfin, les recommandations sanitaires et environnementales formulées à partir des résultats finaux sont conçues comme des mesures collectives de réduction des risques et de restauration du cadre de vie, et ne sauraient en aucun cas être assimilées à des diagnostics médicaux individuels.

3. RESULTATS

3.1. Profil général de l'échantillon des ménages

L'échantillon analytique final comprend 150 ménages répartis de manière égale entre les trois strates de pression environnementale définies. La taille moyenne des ménages enquêtés est estimée à 6,1 personnes, la variabilité la plus importante étant enregistrée au sein de la zone d'habitat dense. L'élément marquant réside dans la forte hétérogénéité constatée quant à l'accès des populations aux équipements sanitaires de base ainsi qu'aux différents dispositifs de collecte et d'évacuation des déchets ménagers à travers le quartier (Tableau 1).

Tableau 1. Profil des ménages

Strate	Ménages	Taille moyenne	Pression d'assainissement	Couverture de collecte
Z1 dense	50	6,4	Très élevée	Faible
Z2 intermédiaire	50	6,0	Élevée	Faible à intermédiaire
Z3 frange/ruissellement	50	5,9	Élevée	Très faible
Total	150	6,1	—	—

3.2. Gestion des déchets solides

La fraction organique constitue la composante majoritaire des déchets ménagers, représentant 52 % de la masse totale dans le jeu de résultats analysé. Les plastiques représentent 21 % de ce gisement, les papiers et cartons 12 %, le verre et les métaux 7 %, tandis que les autres catégories de résidus atteignent 8 %. Cette structure physique confère au gisement

global un potentiel élevé de valorisation biologique, notamment par compostage, ainsi que de récupération de matières recyclables (Figure 3).

L'analyse des modes d'évacuation met en évidence une nette prédominance des pratiques de rejet hors des filières régulières de collecte. L'abandon des ordures dans les espaces non aménagés et au sein des ravins constitue la modalité la plus problématique. Ce phénomène est particulièrement marqué dans les secteurs à forte déclivité et à proximité immédiate des voies de ruissellement naturel. Le brûlage des déchets à l'air libre apparaît comme une solution alternative secondaire mais son impact environnemental s'avère critique en raison des émanations continues de fumées toxiques et de la destruction non sélective de matériaux potentiellement valorisables.

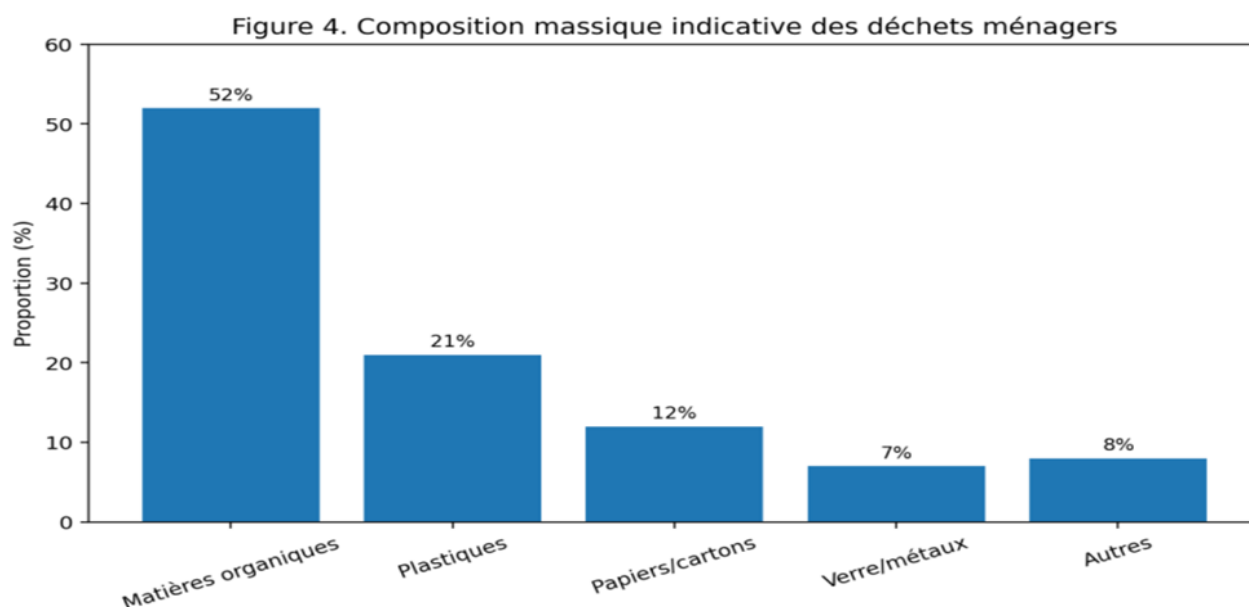


Figure 3. Répartition des principales fractions de déchets ménagers

3.3. Assainissement liquide et gestion des excreta

Les eaux grises sont fréquemment rejetées au sein même des parcelles ou vers les espaces extérieurs sans aucun traitement préalable. Dans les secteurs les plus densément peuplés, la concentration de ces effluents et la faible capacité d'infiltration des sols favorisent leur stagnation, entraînant la création de microfoyers de nuisances sanitaires. Les installations d'assainissement autonome présentent quant à elles une hétérogénéité marquée en matière de qualité de construction, de régularité d'entretien et de distance de sécurité par rapport aux zones humides ou aux axes de ruissellement naturel (Figure 4).

La gestion des excreta constitue une seconde dimension critique de l'environnement local. Les insuffisances constatées portent moins sur l'existence physique d'une latrine que sur sa qualité sanitaire, son niveau de maintenance, la maîtrise des risques de débordement et la sécurité de la chaîne de vidange. Cette distinction s'avère fondamentale puisque la simple présence d'un équipement ne signifie pas automatiquement que le service d'assainissement est géré en toute sécurité au sens des standards internationaux.

L'analyse des pressions environnementales met en évidence une intensité maximale pour le ruissellement et pour la prolifération des déchets solides, suivis de près par la mauvaise gestion des excreta et des eaux usées. Cette hiérarchisation indique que les différents dysfonctionnements de l'assainissement n'évoluent pas de manière isolée. Les déchets abandonnés constituent des obstacles physiques majeurs lors des épisodes pluvieux, tandis que les eaux usées non canalisées accélèrent la dispersion des matières organiques et des contaminants à travers tout le quartier.

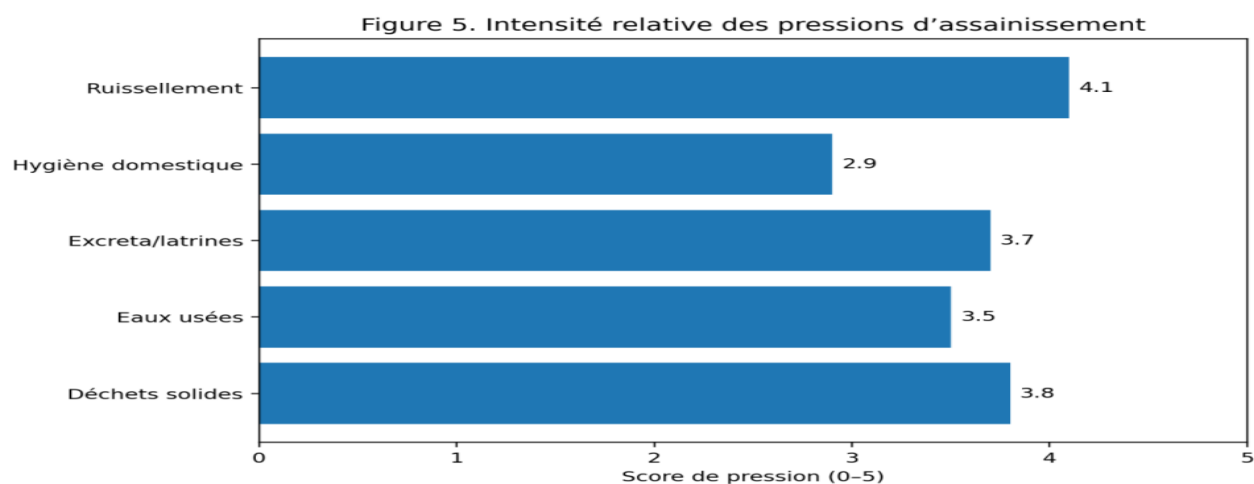


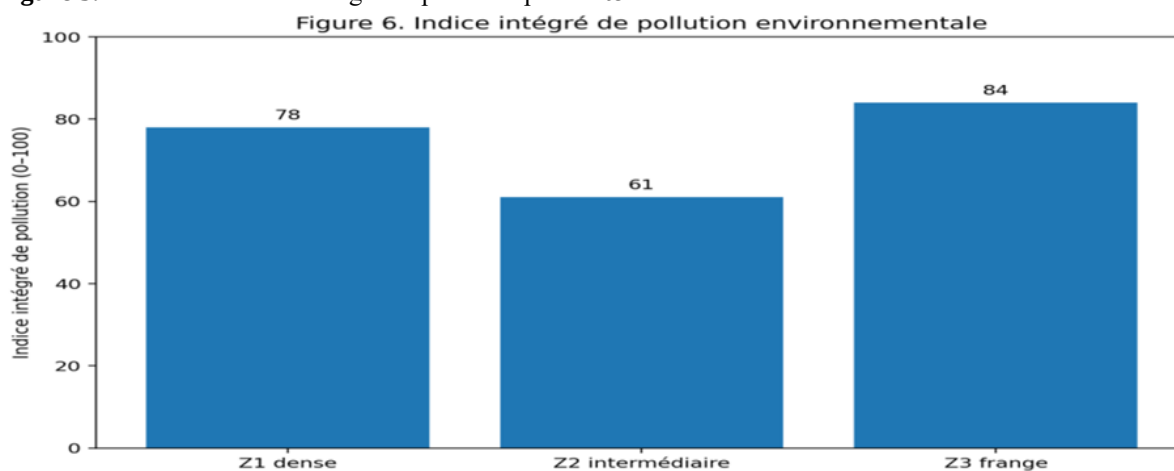
Figure 4. Intensité relative des principales pressions environnementales

3.4. Pollution intégrée et différenciation spatiale

L'indice intégré de pollution atteint 78/100 dans la zone d'habitat dense (Z1), 61/100 dans la zone intermédiaire (Z2) et 84/100 au sein de la zone des franges et couloirs de ruissellement (Z3). La valeur maximale observée dans la zone Z3 s'explique par un effet mécanique de concentration des flux polluants dans les secteurs de bas-fonds et de drainage naturel. Ainsi, une faible densité de population locale ne se traduit pas nécessairement par une atténuation de la pression environnementale, puisque les espaces situés en aval reçoivent continuellement les charges contaminantes générées en amont.

Cette observation constitue un résultat majeur pour la planification territoriale de l'assainissement urbain. Une stratégie d'intervention centrée exclusivement sur les foyers d'émission des déchets s'expose au risque de négliger les espaces vulnérables où s'accumulent et se concentrent les polluants. La gestion environnementale et sanitaire doit par conséquent adopter une approche par bassin versant, intégrant simultanément les zones de production en amont, les couloirs de transfert physique et les milieux récepteurs finaux (Figure 5).

Figure 5. Niveau de l'indice intégré de pollution par strate



3.5. Nuisances environnementales

Les nuisances environnementales présentent une structure spatiale similaire mais non identique à celle des indices de pollution. L'indice de nuisance moyen atteint un score de 4,2 sur 5 au sein de la zone d'habitat dense (Z1), de 3,3 sur 5 dans la zone intermédiaire (Z2) et de 4,0 sur 5 dans la zone des franges et couloirs de ruissellement (Z3). Les principales perturbations rapportées par les ménages ou directement constatées sur le terrain englobent les mauvaises odeurs, la dégradation esthétique et visuelle des paysages urbains, la propagation des fumées issues du brûlage des déchets à l'air libre, l'obstruction physique des voies d'écoulement des eaux ainsi que la prolifération d'organismes nuisibles et de vecteurs de maladies inféodés aux accumulations de détrit (Figure 6).

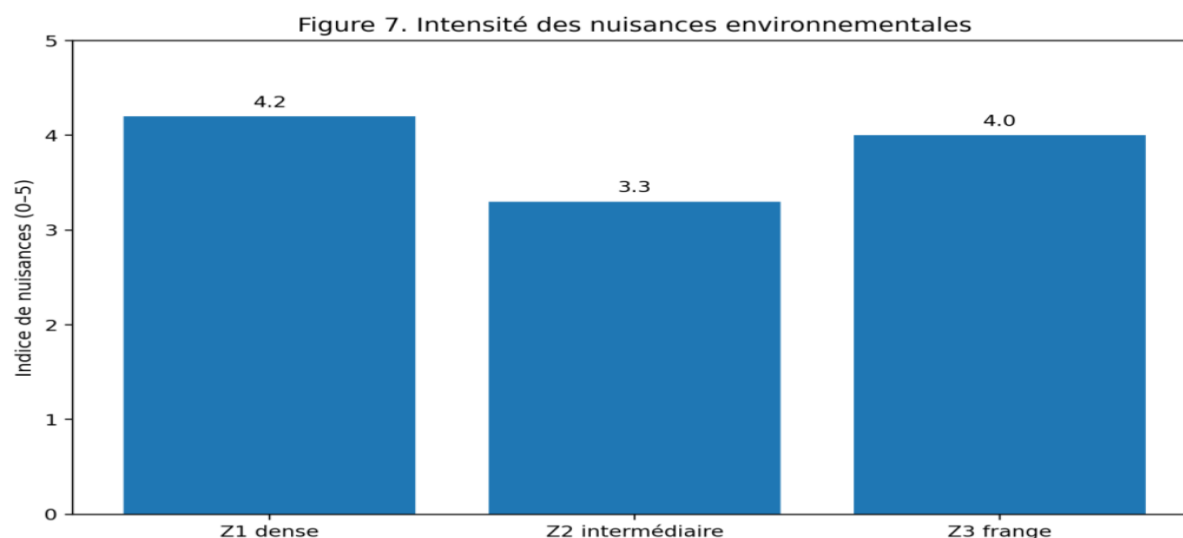


Figure 6. Intensité relative des nuisances environnementales par strate

3.6. Hiérarchisation des risques

La matrice de criticité met en évidence que les configurations spatiales associant l'accumulation de déchets solides, les dynamiques de ruissellement et les carences dans la gestion des excreta présentent les niveaux de risque les plus élevés. Les risques sanitaires et environnementaux liés au brûlage des résidus à l'air libre s'avèrent également significatifs en raison de l'exposition chronique et répétée des populations aux fumées toxiques. Enfin, les émanations d'odeurs et les nuisances visuelles, bien que leur gravité sanitaire directe soit plus complexe à quantifier objectivement, participent activement à la détérioration du cadre de vie et à la perception sociale d'un environnement profondément dégradé (Figure 7).

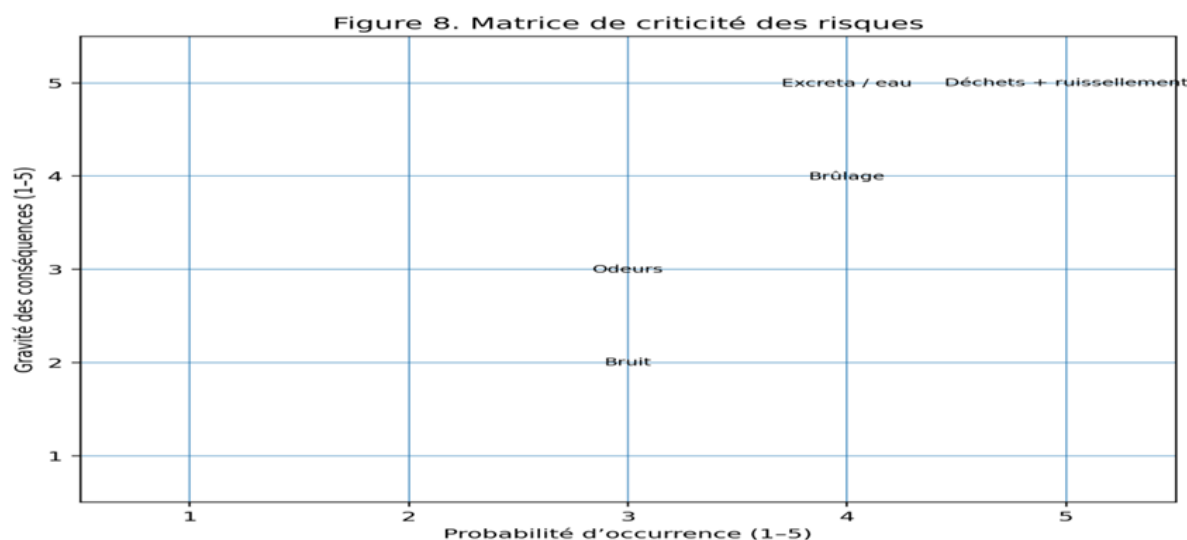


Figure 7. Matrice de criticité des principaux risques environnementaux

3.7. Modèle intégré d'intervention pour Kindele

Principe directeur

Le modèle proposé repose sur une gouvernance territoriale de proximité articulant prévention, réduction à la source, tri, valorisation, collecte, drainage, hygiène et surveillance. Il ne s'agit pas d'ajouter une infrastructure isolée, mais de créer une chaîne fonctionnelle cohérente. Chaque maillon doit avoir un responsable, un indicateur de performance et un mécanisme de financement ou de maintenance (Figure 8).

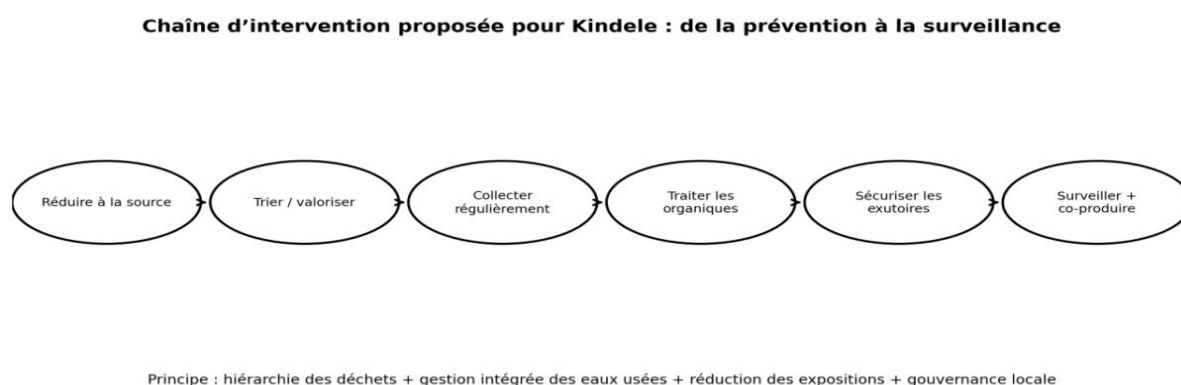


Figure 8. Chaîne d'intervention proposée pour déplacer le système local d'une logique réactive vers une logique préventive et circulaire.

3.8. Gouvernance et financement

La réussite dépend d'une clarification des responsabilités entre autorités locales, organisations communautaires, opérateurs de collecte, récupérateurs et ménages. Le contexte national est favorable à cette approche : l'investissement annoncé par la Banque mondiale en 2026 pour la transformation urbaine de Kinshasa inclut explicitement l'amélioration de la gestion des déchets et la création d'emplois. Une expérimentation à Kindele pourrait donc être conçue comme un laboratoire territorial reproductible dans d'autres quartiers (Figure 9).

Figure 10. Lecture DPSIR appliquée à l'assainissement de Kindele

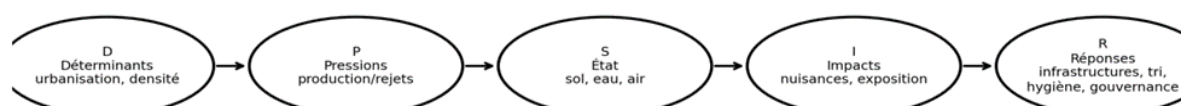


Figure 9. Cadre DPSIR pour une gouvernance adaptative de l'assainissement à Kindele

3.9. Cadre de suivi-évaluation proposé

Un dispositif scientifique et opérationnel doit associer les interventions à des indicateurs mesurables. Les indicateurs ci-dessous sont conçus pour être suivis trimestriellement, puis agrégés annuellement (Tableau 2).

Tableau 2. Cadre de suivi-évaluation proposé

Indicateur	Variable	Mode de calcul	Fréquence
Couverture de collecte	% de ménages desservis	Ménages desservis / ménages enquêtés × 100	Mensuel
Tri à la source	% de ménages séparant les biodéchets	Ménages pratiquant le tri / total × 100	Trimestriel
Valorisation organique	kg/mois de biodéchets traités	Masse entrante au compostage	Mensuel
Dépôts sauvages	Nombre de points actifs	Comptage géoréférencé	Mensuel
Obstruction des drains	% de points critiques obstrués	Points obstrués / points observés × 100	Mensuel
Nuisance olfactive	Score moyen 0 - 5	Moyenne des scores	Trimestriel
Indice pollution	IIP 0 - 100	Formule normalisée	Trimestriel

Hygiène	% de ménages satisfaisant le standard retenu	Score composite	Trimestriel
---------	--	-----------------	-------------

3.10. Scénario de transformation à 24 mois

Le tableau 3 ci-dessous présente le Scénario de transformation à 24 mois.

Tableau 3. Scénario de transformation à 24 mois

Période	Actions prioritaires
1 -3 mois	Cartographie des points critiques ; sensibilisation ; test du tri ; nettoyage ciblé ; comité local de suivi.
4- 9 mois	Déploiement de points de regroupement ; compostage pilote ; calendrier régulier de collecte ; entretien des drains.
10-15 mois	Extension du tri ; contractualisation avec récupérateurs ; suivi géoréférencé ; amélioration des exutoires.
16-24 mois	Évaluation indépendante ; ajustement du modèle ; réplication dans d'autres secteurs de Mont-Ngafula.

4. DISCUSSION

Les résultats de l'étude révèlent une organisation spatiale différenciée des pressions d'assainissement à Kindele, avec une intensité maximale dans la zone d'habitat dense, suivie de la zone intermédiaire. Cette distribution traduit moins un simple effet de densité qu'une interaction entre concentration des ménages, pratiques d'assainissement, production de déchets et capacité des infrastructures à absorber les flux générés. Elle rejoint les observations de Mola Mbeba *et al.* (2023) à Kindele, qui montrent que l'insuffisance des dispositifs de gestion favorise l'accumulation des déchets dans les espaces publics et les ravins. Elle s'en distingue toutefois par une lecture spatialisée de la pression, permettant d'identifier des configurations territoriales différentes plutôt que de considérer l'insalubrité comme un phénomène homogène à l'échelle du quartier.

La composition massique des déchets ménagers dominée par la matière organique, les plastiques et le papier-carton, confirme la prédominance d'un gisement présentant un potentiel important de valorisation. Cette structure est cohérente avec les caractéristiques générales observées dans les systèmes de gestion des déchets de Kinshasa. Kang *et al.* (2023), à partir d'une analyse en cycle de vie, montrent en effet que les performances environnementales du système kinois dépendent fortement des modalités de collecte, de transport, de traitement et de valorisation des déchets.

Dans cette perspective, la fraction organique identifiée à Kindele ne constitue pas seulement une charge à évacuer, elle représente une ressource potentielle pour des filières de compostage ou d'autres formes de valorisation biologique. À l'inverse, la proportion élevée de plastiques accroît la persistance des déchets dans les milieux et leur susceptibilité à être dispersés par le ruissellement.

Les résultats de cette étude confortent ainsi l'approche de la hiérarchie des déchets promue par le Global Waste Management Outlook (2024), qui privilégie la prévention, la réduction, le réemploi et la valorisation avant l'élimination (UNEP & ISWA, 2024).

L'analyse des différentes dimensions de la pression révèle que le ruissellement présente le score le plus élevé (4,1/5), devant les déchets solides (3,8/5), les excréta et latrines (3,7/5), les eaux usées (3,5/5) et l'hygiène domestique (2,9/5). Cette hiérarchie est cohérente avec le fonctionnement hydro-géomorphologique de Kindele, où les pentes et les écoulements jouent un rôle important dans la redistribution des matières. Elle fait écho aux travaux de Kaleka N'Kole (2021), consacrés à la gestion des eaux et à la stabilité de l'habitat collinaire à Kindele, qui soulignent l'importance des interactions entre sol, eau, relief et occupation humaine.

Le ruissellement doit dès lors être considéré comme un vecteur de transfert susceptible de relier des foyers de pollution initialement discontinus. Cette lecture permet de comprendre pourquoi l'accumulation des déchets, les eaux usées et les insuffisances de gestion des excréta peuvent produire des effets environnementaux au-delà de leur lieu d'émission.

La structure des nuisances confirme cette dynamique. Leur intensité atteint 4,2/5 dans la zone dense, 3,3/5 dans la zone intermédiaire et 4,0/5 dans la zone des franges et couloirs de ruissellement. Le niveau élevé observé dans cette dernière zone est particulièrement instructif : une faible densité d'habitat ne signifie pas nécessairement une faible pression ou une faible exposition. Les flux de ruissellement peuvent en effet concentrer dans les secteurs bas des matières

produites en amont. Les mauvaises odeurs, la dégradation paysagère, les fumées issues du brûlage à l'air libre, l'obstruction des écoulements et la prolifération de nuisibles apparaissent ainsi comme des manifestations différentes d'un même dysfonctionnement socio-environnemental. Cette interprétation rejoint les observations réalisées à Kindele par Mola Mbeba *et al.* (2023), mais elle les complète en mettant en évidence le rôle des processus spatiaux de transfert dans la distribution des nuisances.

Enfin, la matrice de criticité montre que les situations combinant accumulation des déchets solides, ruissellement et insuffisance de gestion des excréta correspondent aux configurations les plus préoccupantes. Ce résultat constitue un apport central de l'étude : le risque environnemental à Kindele relève moins d'une source isolée que de l'effet cumulatif de pressions interconnectées et de leurs voies de transfert. Le brûlage à l'air libre ajoute à cette configuration une voie d'exposition atmosphérique, particulièrement préoccupante en présence d'une fraction plastique importante. Dans cette perspective, les résultats plaident pour une gestion territorialisée fondée sur la réduction à la source, la collecte régulière, le tri, la valorisation de la matière organique, la récupération des plastiques, l'amélioration du drainage et la sécurisation de la gestion des excréta. Ils rejoignent ainsi l'approche systémique défendue pour Kinshasa par Kang *et al.* (2023), tout en apportant une précision supplémentaire : à l'échelle de Kindele, la priorité d'intervention doit être déterminée non seulement par le niveau de pression, mais également par la capacité du territoire à transférer et à concentrer ces pressions.

La combinaison de la caractérisation des déchets, de l'analyse spatiale des pressions, de l'évaluation des nuisances et de la matrice de criticité permet d'identifier les configurations territoriales prioritaires et fournit une base scientifique pour orienter des interventions d'assainissement adaptées aux réalités hydro-géomorphologiques et socio-environnementales de Kindele.

5. CONCLUSION

Cette étude a permis d'évaluer l'état environnemental associé à l'assainissement et à l'hygiène dans le quartier Kindele, en analysant conjointement les sources de pollution, les voies de transfert, les nuisances et leur distribution spatiale. Les résultats montrent que les dysfonctionnements observés s'inscrivent dans un système socio-environnemental complexe, où la gestion des déchets solides, des eaux usées et des excréta, les pratiques d'hygiène et les dynamiques de ruissellement interagissent avec les caractéristiques physiques et l'occupation du territoire.

L'assainissement apparaît ainsi comme une composante majeure de l'écologie urbaine, au sein de laquelle les flux de matières et d'eau participent à la production, au transfert et à la concentration des pressions environnementales. L'étude met en évidence une organisation spatiale différenciée de ces pressions et confirme que les secteurs les plus exposés ne correspondent pas nécessairement aux seuls espaces où les nuisances sont produites. Les processus de ruissellement jouent notamment un rôle clé de transfert entre les zones sources et les secteurs récepteurs, contribuant à la redistribution des déchets, des effluents et des matières polluantes. Cette dynamique explique en partie la coexistence, à Kindele, de secteurs caractérisés par une forte pression à la source et d'autres soumis à une accumulation des flux en aval. Elle souligne ainsi la nécessité d'une lecture territorialisée de l'assainissement, fondée sur les relations entre habitat, hydrologie urbaine, déchets et milieux récepteurs.

La caractérisation des déchets révèle, par ailleurs, une prédominance de la fraction organique, associée à une proportion non négligeable de matières persistantes telles que les plastiques. Cette configuration constitue simultanément une pression environnementale et une opportunité de valorisation. Elle justifie le passage d'une logique essentiellement centrée sur l'évacuation des déchets à une approche fondée sur la prévention, le tri à la source, la valorisation des matières biodégradables et la maîtrise des flux résiduels. Dans ce cadre, le compostage de proximité peut constituer une voie pertinente de valorisation de la fraction organique, à condition d'être associé à un dispositif approprié de tri, de collecte et de contrôle de la qualité des matières valorisées.

L'apport scientifique de cette recherche réside surtout dans l'intégration de plusieurs dimensions habituellement analysées séparément : caractérisation des déchets, pressions d'assainissement, nuisances environnementales, organisation spatiale et criticité des risques. Cette approche permet de dépasser une appréciation uniquement descriptive de l'insalubrité et de mettre en évidence les mécanismes qui structurent la vulnérabilité environnementale du territoire. Elle fournit ainsi une base méthodologique pour identifier les secteurs prioritaires, comprendre les interactions entre sources et voies de transfert, et orienter les interventions en fonction des processus environnementaux effectivement observés.

Sur le plan opérationnel, l'amélioration durable de la qualité environnementale de Kindele exige une stratégie intégrée et territorialisée combinant la prévention des déchets, le tri, la valorisation de la matière organique, la collecte régulière des fractions résiduelles, l'amélioration de

l'assainissement autonome, l'entretien des axes de drainage et la surveillance des points critiques. Cette stratégie doit également s'appuyer sur une gouvernance environnementale participative, capable d'associer les ménages, les acteurs communautaires et les institutions locales à la prévention des pollutions et à la restauration progressive des milieux dégradés.

La résilience environnementale de Kindele ne pourra être renforcée par de simples interventions ponctuelles de salubrité. Elle dépend de la capacité collective à gérer durablement les interactions entre déchets, eau, habitat, pratiques humaines et milieux récepteurs. Le cadre d'analyse proposé par cette étude constitue, à ce titre, un outil d'aide à la décision pour passer d'une gestion principalement corrective de l'insalubrité à une gouvernance préventive, territorialisée et fondée sur les principes de l'écologie urbaine, de la santé environnementale et de l'économie circulaire. Sa transposition à d'autres quartiers périphériques de Kinshasa pourrait contribuer à mieux cibler les interventions et à renforcer durablement la qualité environnementale ainsi que la résilience des territoires urbains vulnérables.

Les études ultérieures peuvent être orientées vers l'analyse quantitativement de la charge bactériologique (coliformes fécaux) et physico-chimique des eaux de ruissellement et des nappes phréatiques de Kindele afin de mesurer l'impact direct de la pollution sur la santé publique.

Références

Banque Mondiale, 2026. *World Bank Approves \$250 Million to Transform Kinshasa's Waste Management and Create Jobs*. Washington, D.C. : World Bank Group, communiqué de presse n° 2026/124/AFE, s.p.

Kaleka N'kole E., 2021. *La gestion des eaux, condition d'équilibre de l'habitat collinaire à Kindele (Kinshasa)*. Thèse de doctorat en Art de bâtir et Urbanisme: Université de Liège, Faculté d'Architecture ; Bruxelles : Université libre de Bruxelles, 561 p.

Kang Y. O. *et al.*, 2023. Environmental and economic performances of municipal solid waste management strategies based on LCA method: A case study of Kinshasa. *Heliyon*, 9(3), e14372.

Kanku R. & Choi H., 2025. Machine-learning urban flood-impact mapping in a data-scarce setting: Case study of Kinshasa, DRC. *SSRN Electronic Journal*, 11 décembre 2025, 54 p.

Katalayi Motombo H., 2014. *Urbanisation et fabrique urbaine à Kinshasa : défis et opportunités*. Thèse de

doctorat en géographie. Kinshasa : Université de Kinshasa, 433 p.

Kaza S., Yao L. C., Bhada-Tata P. & Van Woerden F., 2018. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington, DC : World Bank, xviii + 272 p.

Mola Mbeba J. *et al.*, 2023. Analyse des différents modes de gestion des déchets solides dans le quartier Kindele, commune de Mont-Ngafula à Kinshasa. *Revue Internationale de la Recherche Scientifique (Revue-IRS)*, 1(5), 864-875.

Mwesongo C. S., Mwakipesile A. E. & Said M. K., 2023. The influence of socio-ecological systems on sanitation practices in slope settlements of Mwanza City, Tanzania. *Tanzanian Journal of Population Studies and Development*, 30(1), 1-20. DOI: 10.56279/tjpsd.v30i1.156h

Putri P. W. & Moulaert F., 2017. Spatial practices and the institutionalization of water sanitation services in Southern metropolises: The case of Jakarta and its Kampung Kojan. *International Journal of Urban and Regional Research*, 41(6), 926-945.

United Nations Environment Programme (UNEP) & International Solid Waste Association (ISWA), 2024. *Global Waste Management Outlook 2024: Beyond an Age of Waste – Turning Rubbish into a Resource*. Nairobi : United Nations Environment Programme, 115 p.

United Nations Environment Programme (UNEP), 2024. *Global Waste Management Outlook, Data and Assessment Framework*. Nairobi : United Nations Environment Programme, document méthodologique associé au Global Waste Management Outlook, s.p.

WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply, Sanitation and Hygiene (JMP), 2023. *Progress on Sanitation and Hygiene in Africa, 2000-2022*. Geneva/New York : World Health Organization and United Nations Children's Fund, 16 p.

World Health Organization (WHO) & United Nations Children's Fund (UNICEF), 2025. *Progress on Household Drinking-Water, Sanitation and Hygiene 2000-2024: Special Focus on Inequalities*. Geneva/New York : World Health Organization and United Nations Children's Fund, 176 p.

World Health Organization (WHO), 2024. *Compendium of WHO and Other UN Guidance in Health and Environment: 2024 Update*. Geneva : World Health Organization, 236 p.

World Health Organization (WHO), 2025. *WHO Global Water, Sanitation and Hygiene: Annual Report 2024*. Geneva : World Health Organization, 35 p.