



Requalification d'un paysage post-minier à usages récréatifs informels en contexte urbain : diagnostic environnemental et perceptions sociales du site de Kichangalayi à Kipushi (RDC)

Kouagou Raoul SAMBIENT¹, Glodie MISANU MPEMBA¹, Ildephonse ILUNGA MWIKA¹

¹Faculté d'Architecture, Université de Lubumbashi, République Démocratique du Congo

Résumé : Dans les villes minières africaines, les espaces hérités de l'après-mine constituent à la fois des passifs environnementaux majeurs et des réserves foncières susceptibles de faire l'objet de nouvelles appropriations sociales et paysagères. Le site de Kichangalayi, localisé à Kipushi dans le Haut-Katanga, constitue un ancien espace de rejets miniers aujourd'hui marqué par une forte dégradation écologique, mais également par une fréquentation sociale croissante. Cette étude vise à caractériser les composantes biophysiques, chimiques et socio-fonctionnelles du site, ainsi qu'à analyser les perceptions des riverains et des visiteurs concernant son état de pollution, ses usages actuels et ses possibilités de requalification. La démarche méthodologique combine des observations de terrain, une cartographie de l'occupation du sol, des analyses physicochimiques d'échantillons de sols et d'eau, ainsi qu'une enquête par questionnaire auprès de 96 usagers, avec traitement statistique par analyses de proportions et tests du khi-deux. Les résultats montrent que le site est caractérisé par une prédominance de sols nus, une végétation clairsemée, des ravines d'érosion, des cratères et une contamination multimétallique marquée. Les sols présentent notamment des teneurs élevées en cuivre, nickel, manganèse, cadmium et zinc, tandis que les eaux révèlent la présence d'arsenic et de sélénium. Malgré ces contraintes environnementales, Kichangalayi fait l'objet d'usages récréatifs, contemplatifs et spirituels variés, tels que la promenade, le football, la photographie et la prière. Les riverains perçoivent significativement davantage les signes de pollution que les visiteurs, alors que ces derniers valorisent surtout les dimensions paysagères et ludiques du lieu. Ces résultats montrent que Kichangalayi doit être considéré simultanément comme un site à risque et comme une ressource territoriale. Sa requalification devrait dès lors s'appuyer sur une stratégie progressive articulant sécurisation environnementale, restauration écologique des secteurs les plus vulnérables et aménagements sobres compatibles avec les capacités réelles du milieu.

Mots-clés : site post-minier, requalification paysagère, pollution métallique, perceptions sociales, usages récréatifs, Kipushi, République Démocratique du Congo

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.21458501>

1 Introduction

Les recherches consacrées aux espaces dégradés par les rejets d'exploitation minière établissent de manière convergente que ces milieux constituent des systèmes socioécologiques fortement altérés, au sein desquels



s'imbriquent l'instabilité physique des substrats, la contamination des sols et des eaux, la perte de fertilité, la réduction de la couverture végétale et la déstructuration des fonctions écologiques. Dans la littérature internationale, la restauration des sites miniers n'est plus envisagée comme une simple opération de revégétalisation, mais comme un processus de reconstruction écosystémique exigeant une articulation rigoureuse entre géotechnique, pédologie, hydrologie, écologie, gouvernance et définition d'usages finaux compatibles avec l'état réel du milieu [12, 31, 50]. Les synthèses récentes soulignent en particulier que la réussite d'une telle reconstruction est conditionnée par une caractérisation précoce des matériaux, une gestion progressive de la réhabilitation durant la phase d'exploitation, un suivi de long terme et une évaluation fondée sur des critères de stabilité, d'autosoutenabilité et de fourniture de services écosystémiques [19, 47]. En parallèle, les recherches portant sur les territoires post-miniers élargissent désormais leur focale au-delà de la seule réparation environnementale pour intégrer les dimensions paysagères, mémorielles, économiques et culturelles de la reconversion, montrant ainsi que les anciens espaces miniers peuvent être transformés en parcs, en lacs, en sites patrimoniaux ou en paysages productifs, sous réserve d'une sécurisation environnementale effective et d'une gouvernance territoriale adaptée [13, 18].

En Afrique, l'état des connaissances met en évidence une situation contrastée. D'une part, l'expansion des activités extractives industrielles et artisanales a engendré des passifs environnementaux considérables, notamment en matière de pollution métallique, d'érosion, de dégradation des terres, de perturbation hydrologique et de vulnérabilités sanitaires pour les populations riveraines ; plusieurs analyses montrent en outre que les coûts environnementaux et sociaux de l'après-mine demeurent insuffisamment internalisés dans les politiques de fermeture et de réhabilitation [6, 16]. D'autre part, la littérature africaine récente et les guides techniques disponibles témoignent d'un intérêt croissant pour des approches intégrées de réhabilitation, combinant diagnostic géochimique, hiérarchisation des risques, fermeture des excavations, gestion des eaux, stabilisation des résidus, phytoremédiation, revégétalisation et implication des communautés dans la valorisation post-minièrre [4, 52]. Le cas sud-africain est à cet égard particulièrement instructif : il illustre le dépassement progressif d'une culture de la simple couverture végétale au profit d'une approche centrée sur la reconstruction de la capacité des terres, la qualité écologique à long terme et l'atteinte de conditions permettant la restitution officielle du site et la levée des responsabilités de l'exploitant. Cependant, les auteurs signalent la persistance de lacunes significatives, notamment la faiblesse du suivi post-réhabilitation, l'insuffisance des critères écologiques et les limites des dispositifs de sous-traitance orientés vers des résultats de court terme [23].

En République démocratique du Congo, les travaux consacrés aux espaces dégradés par les rejets de l'exploitation minière demeurent principalement orientés vers le diagnostic des pollutions et des perturbations écologiques, en particulier dans l'ancien Katanga [3, 23]. Les études disponibles attestent que ces espaces se caractérisent par une forte contamination des sols et des eaux, une perte de fertilité des substrats, une régression du couvert végétal et une altération durable des fonctions écologiques, ce qui en fait des territoires prioritaires pour la restauration environnementale [46, 47, 38, 28, 42]. L'ampleur du phénomène est documentée notamment par l'étude commanditée par la Banque mondiale, qui a recensé 37 sites miniers dans les districts de Lubumbashi, Likasi et Kolwezi, dont 32 ont fait l'objet d'une évaluation détaillée ; parmi ceux-ci, 13 sites, soit 41%, présentaient une situation environnementale sévère, et 10 autres, soit 31%, nécessitaient des interventions correctives à court terme [46, 50, 17]. Dans ce contexte, la recherche gagnerait à dépasser la seule description des impacts pour s'orienter résolument vers la revitalisation écologique et fonctionnelle des sites de rejet, à travers l'analyse de la résilience des technosols, l'identification d'espèces locales adaptées à la phytostabilisation, l'expérimentation de protocoles de revégétalisation et l'élaboration de modèles de réhabilitation intégrant les dimensions paysagères, écologiques et sociales des territoires miniers [45, 26, 28].

C'est dans cette perspective que s'inscrit la présente étude, consacrée au site de Kichangalayi dans la ville minière de Kipushi. Formé à partir des rejets de l'ancien concentrateur de Kipushi, exploité depuis 1935, avec un entreposage de résidus en surface remontant aux années 1960, ce site a progressivement pris la forme d'un paysage artificiel aride, façonné par l'accumulation des *tailings*, les eaux usées acides et les processus d'érosion : des collines dénudées, des bassins aux teintes caractéristiques et des sols fortement perturbés en constituent les traits distinctifs [27, 24, 11]. Malgré cette dégradation avérée, le site est aujourd'hui fréquenté pour diverses activités récréatives, comme en témoignent plusieurs reportages (<https://ponabana.com/kichangalayi-un-site-qui-seduit-de-plus-en-plus-les-visiteurs-a-kipushi/>). Cette intensification des usages récréatifs sur un site pollué invite à articuler diagnostic environnemental et analyse des perceptions sociales.

Dans l'objectif d'identifier des implications opérationnelles pour un projet de requalification, l'étude propose une description des caractéristiques biophysiques, chimiques et socio-fonctionnelles du site de Kichangalayi, ainsi qu'une évaluation des perceptions et des connaissances des riverains et usagers quant à son état de pollution, à ses usages actuels et aux voies d'aménagement envisageables. L'analyse s'articule autour de trois hypothèses : premièrement, les caractéristiques biophysiques du site structurent ses usages socio-fonctionnels et conditionnent ses possibilités de revitalisation ; deuxièmement, le site est principalement le lieu d'usages récréatifs et est en conséquence fréquenté par une population jeune issue de milieux socioprofessionnels diversifiés ; troisièmement, la perception des nuisances environnementales est plus prononcée chez les riverains que chez les visiteurs occasionnels. Par ailleurs, il est postulé que, malgré une conscience de l'état de pollution du site, les représentations sociales qui lui sont associées demeurent globalement positives, notamment quant à sa valeur paysagère et à son potentiel d'aménagement. Cette hypothèse s'appuie sur le constat établi dans la littérature selon lequel la requalification d'un site dégradé ne peut être pensée uniquement sous l'angle technique, mais doit articuler diagnostic du milieu, interventions préalables de restauration et prise en compte des attentes sociales dans la définition des usages futurs [51, 15].

2 Matériel et méthodes

2.1 Milieu d'étude

L'étude s'est réalisée dans la ville de Kipushi et précisément au site de Kichangalayi (Figures 1 et 2) . La ville de Kipushi est située au Sud-Ouest de la province du Haut-Katanga en République Démocratique du Congo, à environ 30 km de Lubumbashi [7]. La ville s'étend sur 12 059 km², entre 27°00' - 28°10' E et 10°45' - 12°30' S, à une altitude moyenne de 1 300 m, avec une population estimée à 376 447 habitants en 2018 [40]. Ses limites sont le territoire de Kasenga au Nord, la République de Zambie à l'Est et au Sud, le territoire de Sakania au Sud-Ouest et celui de Kambove à l'Ouest [27]. Le climat tropical de Kipushi est du type Cw selon Koppen-Geiger, avec une pluviométrie moyenne annuelle d'environ 1 260 mm et une température moyenne annuelle proche de 19,8 °C. Les sols sont globalement sablo-argileux et l'économie locale est fortement liée à l'exploitation minière, au commerce et à l'agriculture [40]. Kipushi s'inscrit, en effet, dans l'arc cuprifère katangais, ceinture métallifère s'étendant sur environ 300 km dans le Katanga méridional. Le gisement est constitué de minéralisations sulfurées de substitution en zinc, plomb et cuivre dans des formations carbonatées du Précambrien [20].

Localisé à environ 20 km de la cité de Kipushi, sur la rive de la rivière Lufira dans le quartier Kachoma, le site de Kichangalayi couvre une superficie de 24 km² (3 km × 8 km). Son origine est liée aux activités de l'Ancien Concentrateur de Kipushi (ACK), opérationnel depuis 1935 pour le traitement par flottation des minerais sulfurés cupro-zincifères [27]. À son apogée dans les années 1980, l'ACK générait entre 3 000 et 3 400 t/j de rejets, entreposés en surface depuis les années 1960 dans des bassins de décantation délimités par des digues en terre (Figure 2) [24]. Après l'arrêt du concentrateur en 1993, l'érosion hydrique et l'évaporation progressive des eaux des bassins ont concentré les métaux résiduels en surface, conférant au site son paysage caractéristique aux allures lunaires [11]. Des analyses ont confirmé une contamination des sols et eaux souterraines par des éléments traces métalliques (ETM), Pb, Zn, Cd, Fe et Al, en lien direct avec la proximité des rejets miniers [7].

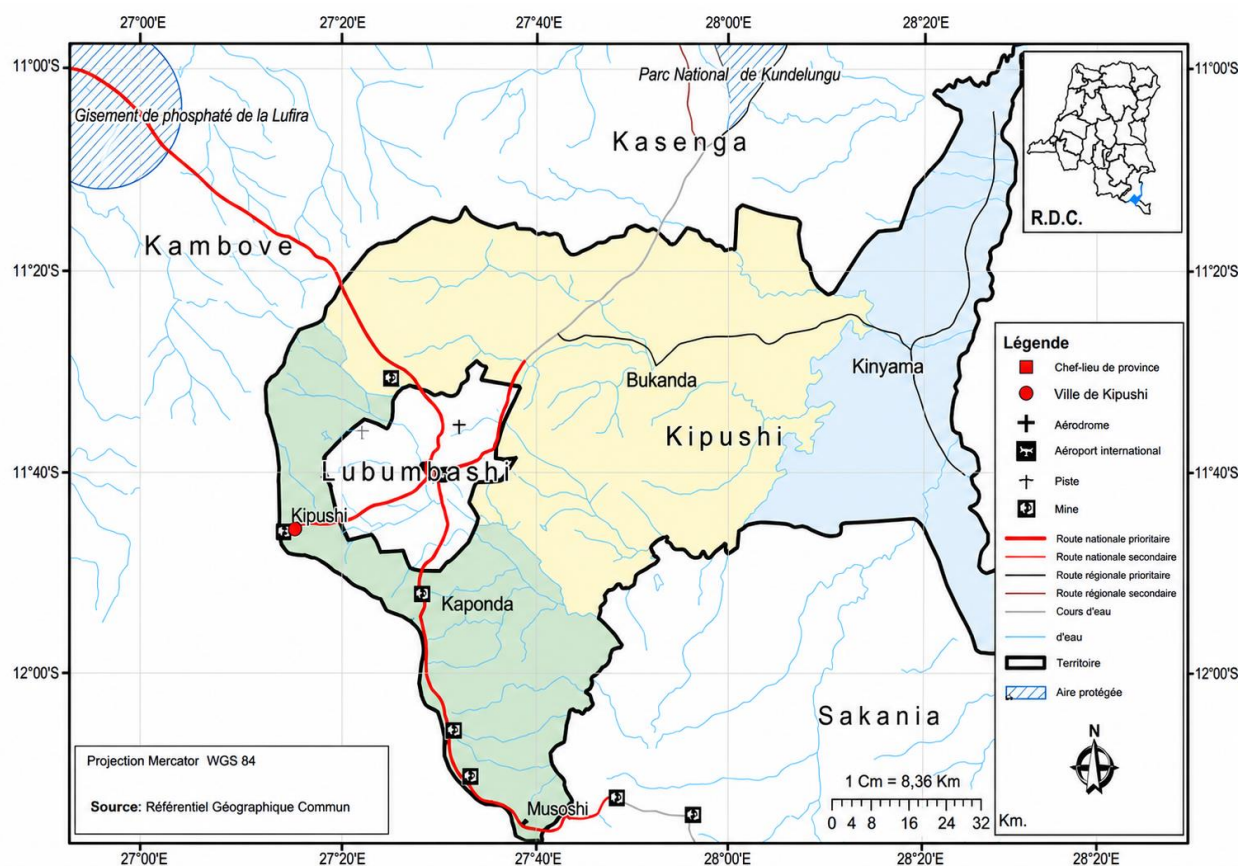


Figure 1. Localisation de la ville de Kipushi abritant le site d'étude dans la province du Haut-Katanga en République Démocratique du Congo

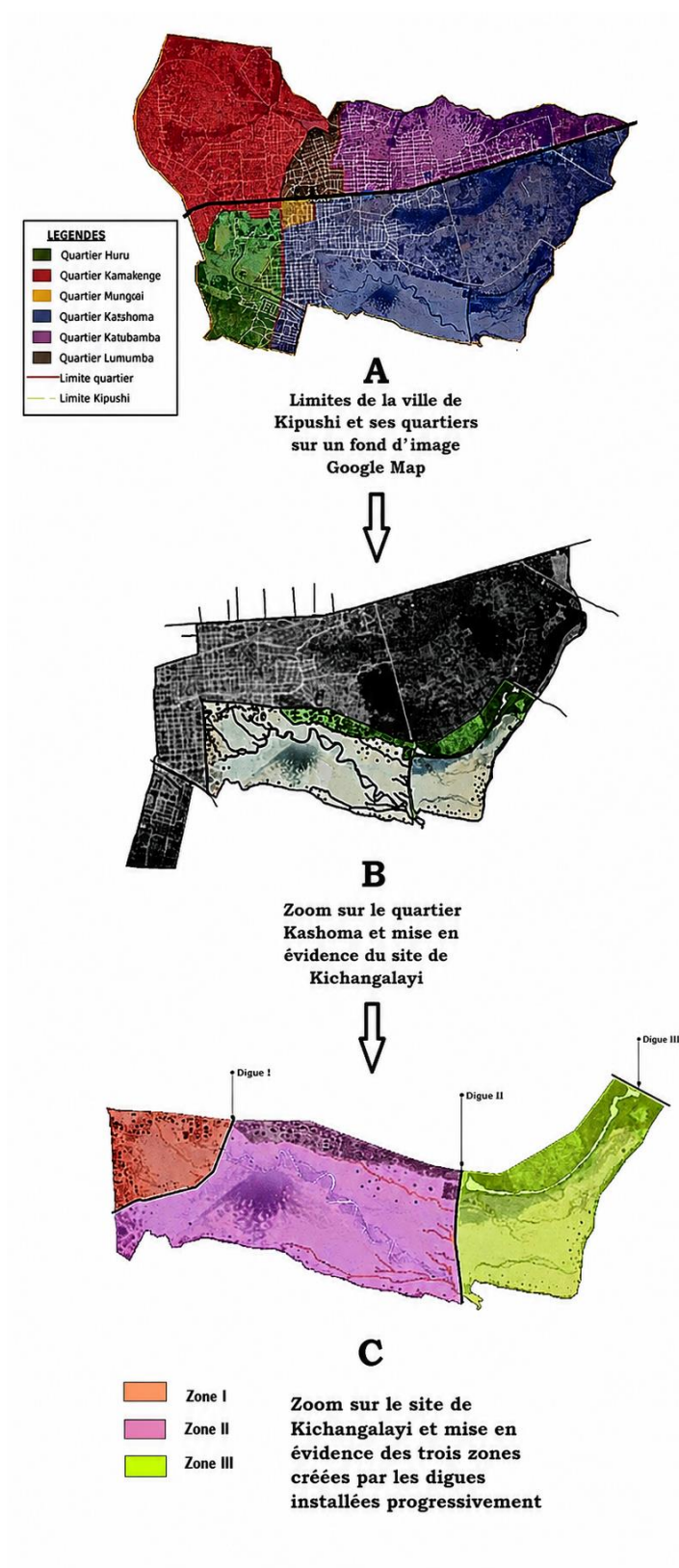


Figure 2. Représentation schématique du tissu urbain de la ville de Kipushi et du site de Kichangalayi sur fond d'image Google Map.

2.2 Collecte de données

La caractérisation du site a reposé sur des visites d'observation systématique, méthode reconnue pour la collecte de données qualitatives et spatiales en milieu urbain. Ces visites, appuyées par une documentation photographique, ont été conduites à l'aide d'une fiche d'observation structurée portant sur le relief, le couvert végétal, les éléments physiques remarquables et les activités humaines présentes sur le site. L'utilisation de fiches d'observation standardisées constitue une pratique méthodologique rigoureuse qui garantit la reproductibilité et la comparabilité des données recueillies [30, 25]. Des échantillons d'eau de rivière et des échantillons de sol ont été prélevés aléatoirement dans les trois zones caractéristiques du site à l'aide d'une tarière, à environ 30 cm de profondeur, profondeur correspondant à l'horizon de surface le plus exposé aux contaminations anthropiques, suivant le protocole adopté par Mpinda et ses collaborateurs [36]. L'échantillonnage aléatoire stratifié selon les zones du site permet de maximiser la représentativité spatiale des données tout en réduisant les biais liés à l'hétérogénéité intra-site [21, 53].

Les données relatives aux perceptions et connaissances environnementales des populations ont été collectées auprès d'un échantillon de 96 personnes. Cette taille d'échantillon a été déterminée à partir d'une pré-enquête estimant la population du quartier Kachoma à 29 945 habitants, puis calculée via l'outil en ligne Raosoft (<https://raosoftcalculator.net/>) [41], avec une marge d'erreur de 10% et un niveau de confiance de 95%. Le recours à des outils de calcul de taille d'échantillon fondés sur des formules statistiques éprouvées est largement documenté dans la littérature en sciences sociales et en santé publique [9]. Le questionnaire a permis de recueillir des informations sur la connaissance de l'état de pollution du site, les manifestations perçues de ses conséquences, les représentations sociales du milieu et les attentes des populations en matière d'aménagement. Cette approche par enquête de perception auprès des riverains et usagers d'un site pollué est cohérente avec les cadres méthodologiques développés pour l'évaluation des relations entre populations urbaines et environnements dégradés [33, 51].

2.3 Analyse de données

Les données issues des visites d'observation ont permis de procéder à la digitalisation du site sur Google Earth, enrichie d'illustrations photographiques des éléments remarquables. L'utilisation de Google Earth pour la cartographie et la délimitation d'unités d'occupation du sol en milieu urbain est une approche bien établie, notamment dans les pays à ressources limitées où les données géospatiales institutionnelles sont rares [14]. La digitalisation a permis de déterminer les superficies occupées par chaque type d'occupation du sol identifiée sur le site, offrant ainsi une base quantitative pour la description de l'état du milieu.

Les échantillons de sol et d'eau ont été soumis à des analyses physicochimiques et éventuellement biologiques en laboratoire, selon l'approche méthodologique préconisée par Mpinda et ses collaborateurs [36]. Les paramètres analysés ont été sélectionnés en lien avec les sources potentielles de contamination identifiées lors des visites de terrain, conformément aux pratiques standards en écologie urbaine et en évaluation de la qualité environnementale des sites pollués [32].

Les données issues des entretiens ont été soumises à des analyses de proportions selon le statut des enquêtés (riverain ou visiteur), complétées par des tests du khi-deux (χ^2). Ce test non paramétrique est couramment utilisé pour comparer la distribution de variables catégorielles entre groupes indépendants dans les études sociales et environnementales [32]. L'analyse différenciée par statut des enquêtés permet d'identifier d'éventuelles disparités dans les perceptions et les connaissances environnementales entre les populations qui habitent à proximité du site et celles qui le fréquentent de manière occasionnelle.

3 Résultats

3.1 Caractéristiques biophysique, chimique et socio-fonctionnelle du site de Kichangalayi

Le site de Kichangalayi est un espace librement accessible, sans plan d'urbanisme formel ni cadastre stabilisé. Le diagnostic physique met en évidence la stérilité d'une grande partie du sol, l'absence ou la rareté de végétation, la présence de cratères, de ravins d'érosion (Figure 3).

L'occupation du sol révèle un vaste espace majoritairement vide, structuré par des monticules de résidus miniers et par un cours d'eau traversant le site. Un total de 69 459,83 m² sont occupés par le cours d'eau, 32 002,81 m² par

des habitations spontanées autour du site, 32 726,46 m² par des cratères liés à la dégradation du sol et 16 202,81 m² par une végétation clairsemée. Le reste du site est constitué de sols nus.

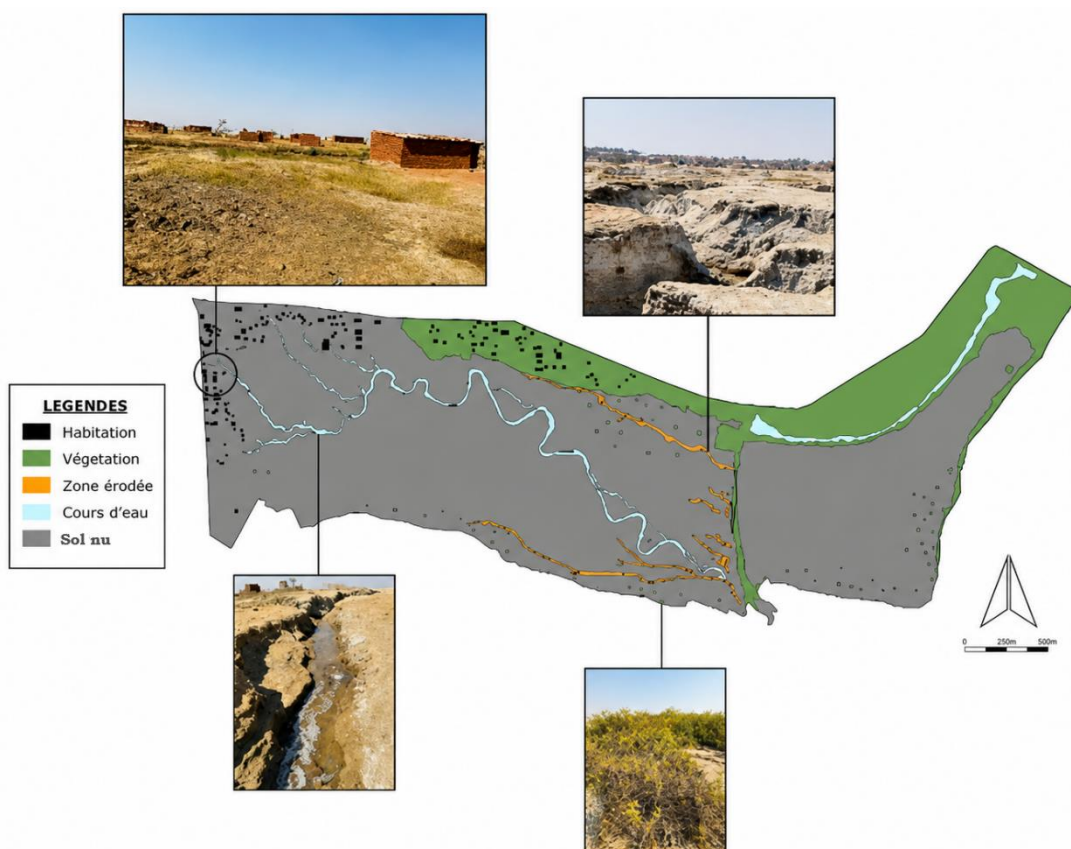


Figure 3. Relevé de l'occupation du sol du site de Kichangalayi.

Les analyses des sols et des eaux ont mis en évidence une contamination multimétallique du site (Tableau 1). Dans les sols, le cuivre (Cu) présente les teneurs les plus élevées (0,384-0,595 wt%), suivi du nickel (Ni : 0,304-0,415 wt%), du manganèse (Mn : 0,139-0,147 wt%) et du cadmium (Cd : 0,067-0,119 wt%). Le zinc (Zn) se distingue par une forte hétérogénéité spatiale, avec des teneurs passant de 0,0019 wt% en Zone 1 à 0,669 wt% en Zone 3, suggérant une source localisée de contamination. Dans les eaux, la minéralisation est dominée par le calcium (23,89 mg/l) et le magnésium (14,44 mg/l) ; la présence d'arsenic (As : 0,025 mg/l) et de sélénium (Se : 0,077 mg/l) méritant une attention particulière au regard de leurs concentrations élevées.

Tableau 1. Eléments traces métalliques retrouvés sur le site et teneurs suivants les échantillons prélevés sur le site de Kichangalayi. Wt% = pourcentage de la masse.

Eléments traces métalliques	Teneurs			
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Eau
Argent	-	-	-	0,001 mg/l
Aluminium	-	-	-	0,001 mg/l
Arsenic	-	-	-	0,025 mg/l
Béryllium	-	-	-	0,001 mg/l
Calcium	-	-	-	23,89 mg/l

Eléments traces métalliques	Teneurs			
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Eau
Cadmium	0,101 wt%	0,119 wt%	0,067 wt%	-
Cobalt	0,098 wt%	0,119 wt%	0,067 wt%	0,001 mg/l
Chrome	-	-	-	0,001 mg/l
Cuivre	0,595 wt%	0,583 wt%	0,384 wt%	0,001 mg/l
Magnésium	-	-	-	14,44 mg/l
Manganèse	0,139 wt%	0,145 wt%	0,147 wt%	0,001 mg/l
Nickel	0,362 wt%	0,415 wt%	0,304 wt%	0,001 mg/l
Potassium	-	-	-	0,001 mg/l
Sélénium	-	-	-	0,077 mg/l
Zinc	0,0019 wt%	0,013 wt%	0,669 wt%	0,028 mg/l

Sur le plan fonctionnel, le site accueille des activités diverses (Figure 4) : promenade, prière, football, photographie, sports nautiques, essais de motos et de voitures, ainsi que tournages de clips et de films. Cette fréquentation montre que, malgré le passif minier et la contamination, Kichangalayi fonctionne comme un espace récréatif informel.



Figure 4. Illustration montrant des personnes dans diverses activités récréatives sur le site de Kichangalayi.

3.2 Profil socio-professionnelle des usagers du site

La Figure 5 met en évidence les caractéristiques socio-démographiques des enquêtés. La structure par âge révèle une prédominance des jeunes adultes de 21 à 30 ans (49,8%), suivis des individus âgés de 31 à 45 ans (27,2%) et de ceux de 15 à 20 ans (24,0%).

En ce qui concerne la situation socioprofessionnelle, les sans-emploi sont les plus nombreux (32,9%), devant les élèves (27,1%), les travailleurs (26,9%) et les étudiants (13,0%). Enfin, le niveau d'instruction des répondants est dominé par le supérieur (41,7%), devant le primaire (35,4%) et le secondaire (22,9%). Les usagers du site sont donc en majorité des jeunes avec une proportion importante de personnes disposant d'un niveau d'éducation relativement élevé.

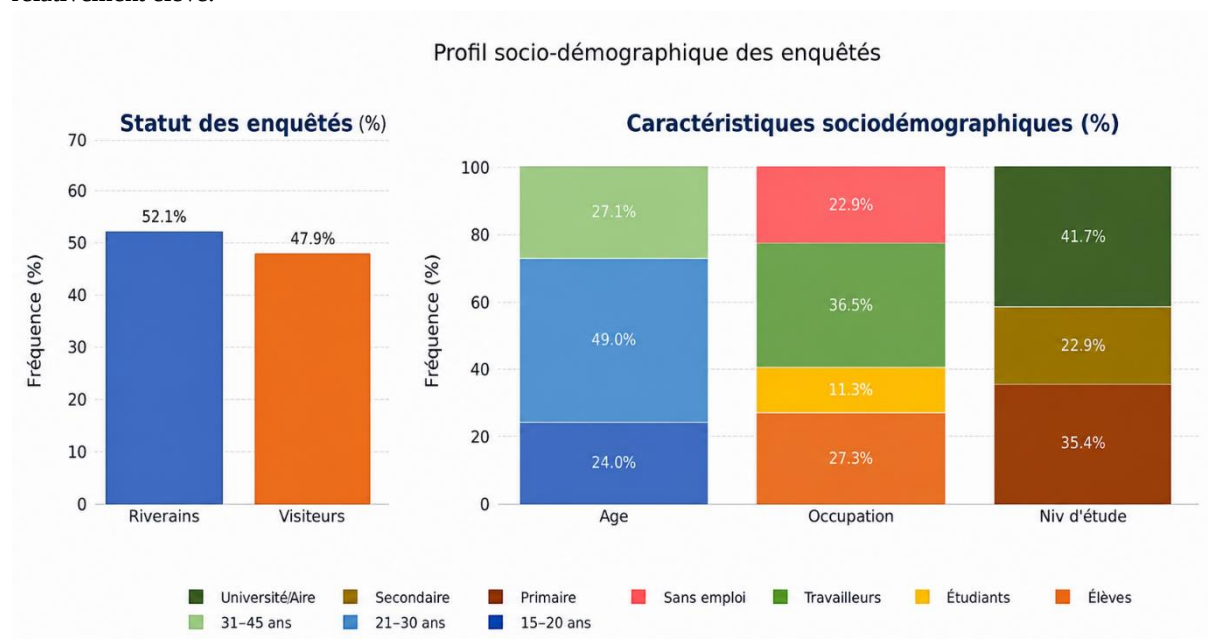


Figure 5. Répartition des caractéristiques socio-démographiques du total des 96 usagers du site de Kichangalay enquêtés.

3.3 Connaissances locales sur l'état de pollution du site et les manifestations

La connaissance de la présence des ETM varie significativement selon le statut des répondants (Figure 6). Les riverains apparaissent unanimement informés (100%), contrairement aux visiteurs, dont une majorité ignore leur présence (61%). La proximité avec le site favorise fortement la conscience de son état de pollution.

Le Tableau 2 met en évidence une association statistiquement significative entre le statut des usagers et la perception des signes de pollution sur le site de Kichangalay. Les riverains déclarent beaucoup plus fréquemment l'absence de végétation (100% contre 35%), la brillance du sol (80% contre 30%) et le vent poussiéreux (94% contre 15%) que les visiteurs. De même, les toux régulières sont rapportées par 18% des riverains, alors qu'aucun visiteur n'en fait mention. À l'inverse, 72% des visiteurs déclarent ne percevoir aucun signe de pollution, contre 0% chez les riverains. Ces résultats montrent que la proximité avec le site favorise fortement l'information et l'observation des manifestations visibles de pollution liées aux ETM.

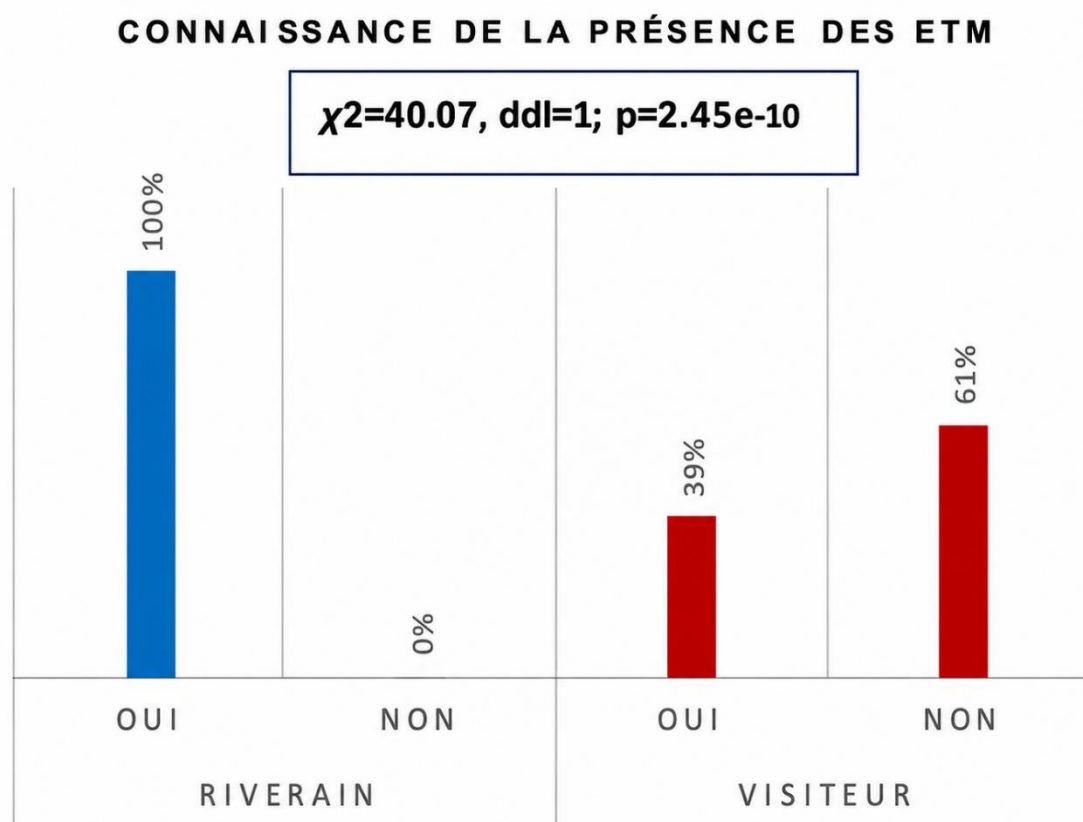


Figure 6. Répartition des réponses du total des 96 usagers enquêtés sur leur connaissance de la présence des éléments traces métalliques (ETM) sur le site de Kichangalayi selon leur statut de riverain ou visiteur.

Tableau 2. Répartition des réponses du total des 96 usagers enquêtés sur les signes perçus de pollution sur le site de Kichangalayi selon leur statut de riverain ou visiteur. NR = effectif de riverains enquêtés et NV = effectif de visiteurs enquêtés.

Signe de pollution	Statut		Test Khi2	
	Riverain (NR= 50)	Visiteur (NV=46)	Khi2	p-value
Absence de végétation	100%	35%	44.44	2.62E-11
Brillance du sol	80%	30%	21.95	2.81E-06
Vent poussiéreux	94%	15%	57.27	3.81E-14
Toux régulières	18%	0%	7.14	0.0075
Aucun signe	0%	72%	51.52	7.07E-13

3.4 Représentation sociales du site, activités organisées et recommandation d'aménagement

Le Tableau 3 met en évidence une variation significative des perceptions du site selon le statut des usagers en rapport à leur représentation. Les riverains associent davantage le site à un lieu calme et de détente (90% contre 41%) ainsi qu'à un lieu de prière (66% contre 0%), tandis que les visiteurs le perçoivent principalement comme un lieu de loisirs (98% contre 80%). Ces résultats traduisent une appropriation différenciée du site selon la proximité résidentielle et les usages qui en découlent. En revanche, les opinions relatives aux projets d'aménagement cités (parc d'attraction, plage artificielle, reboisement) ne diffèrent pas significativement entre les deux groupes.

Tableau 3. Répartition des réponses du total des 96 usagers enquêtés sur leurs représentations du site de Kichangalayi et le projet d'aménagement souhaité selon leur statut de riverain ou visiteur. NR = effectif de riverains enquêtés et NV = effectif de visiteurs enquêtés.

Eléments de perception		Statut		Test Khi2	
		Riverain (NR= 50)	Visiteur (NV=46)	Khi2	p-value
Représentation du site	Lieu calme et de détente	90%	41%	23.42	1.30E-06
	Lieu de loisirs	80%	98%	5.85	0.0156
	Lieu de prière	66%	0%	43.38	4.50E-11
	Paysage particulier	90%	76%	2.41	0.1204
Projet d'aménagement	Parc d'attraction	16%	15%	0	1
	Plage artificielle	48%	41%	0.21	0.6501
	Reboisement	48%	30%	2.4	0.1213

4 Discussion

Les résultats obtenus confirment d'abord que le site de Kichangalayi présente les caractéristiques typiques d'un paysage post-minier fortement dégradé, telles qu'elles sont décrites dans la littérature sur les technosols miniers, les substrats de rejets et les trajectoires écologiques contraintes des espaces extractifs abandonnés [47, 8]. La prédominance des sols nus, la rareté du couvert végétal, la présence de ravines d'érosion et de cratères traduisent un milieu profondément perturbé sur les plans morphologique, pédologique et écologique, où les processus spontanés de recolonisation demeurent limités par l'instabilité du substrat, la faible teneur en matière organique, les déséquilibres physicochimiques et la toxicité potentielle des matériaux [47]. Dans cette perspective, Kichangalayi s'inscrit dans la catégorie des paysages post-miniers dont la restauration ne peut être pensée comme une simple correction visuelle, mais comme une reconstruction progressive des fonctions écologiques et de la capacité de support du milieu [47].

Les données chimiques renforcent ce diagnostic en mettant en évidence une contamination multimétallique persistante des sols et, dans une moindre mesure, des eaux. Les concentrations relevées en cuivre, nickel, manganèse, cadmium et zinc témoignent d'un héritage géochimique durable lié aux anciens rejets miniers, ce qui rejoint les constats généralement formulés pour les tailings sulfurés et les substrats miniers abandonnés [7, 47]. La forte variabilité spatiale observée, en particulier pour le zinc, suggère une distribution hétérogène des contaminants liée à la fois aux modalités historiques de dépôt, aux phénomènes de ruissellement, aux remobilisations superficielles et à la dynamique érosive du site [47]. Cette hétérogénéité est un point central pour le projet de paysage, car elle indique qu'une réponse homogène serait peu adaptée : les futurs aménagements doivent être spatialement différenciés selon les degrés de contamination, la stabilité des matériaux, la sensibilité hydrologique et les possibilités de couverture végétale [45, 22]. Ces résultats confirment ainsi la première hypothèse de l'étude, selon laquelle les caractéristiques biophysiques du site structurent ses usages et conditionnent ses possibilités de revitalisation. Dans la littérature récente sur la restauration minière, l'idée de compatibilité entre état écologique et usage final est devenue centrale : un site ne peut durablement accueillir des fonctions sociales, récréatives ou productives que si celles-ci sont cohérentes avec son niveau réel de sécurité, de stabilité et d'autosoutenabilité [19, 47]. Sous cet angle, Kichangalayi ne doit pas être envisagé comme une surface disponible à aménager librement, mais comme un paysage à capacités différenciées, appelant une planification graduée fondée sur le risque et sur la résilience potentielle des différents compartiments du site [19].

L'un des apports majeurs de cette étude réside néanmoins dans la mise en évidence d'un paradoxe socio-spatial : alors même que le site est écologiquement dégradé et chimiquement sensible, il fonctionne déjà comme un espace récréatif informel. Les promenades, les activités sportives, les prises de vue, les pratiques spirituelles, les usages motorisés et les tournages observés montrent que l'appropriation sociale du lieu précède tout projet formel d'aménagement. Cette situation rejoint les travaux sur les paysages post-miniers réutilisés, qui montrent que les anciens espaces extractifs deviennent fréquemment des supports d'usages multiples lorsque leur accessibilité, leur ouverture visuelle et leur singularité morphologique leur confèrent une valeur d'expérience ou d'attraction [22, 34].

Ainsi, Kichangalayi ne relève pas seulement de la catégorie du passif environnemental ; il appartient aussi à celle des vides urbains et périurbains investis par des pratiques émergentes, révélatrices d'un déficit local d'espaces publics aménagés.

La présence de ces usages récréatifs sur un site pollué confirme également que la relation sociale au paysage ne se réduit pas à une lecture experte du risque. Plusieurs recherches sur les perceptions environnementales montrent que les usagers peuvent attribuer une valeur positive à des lieux objectivement dégradés, dès lors que ceux-ci offrent des qualités sensibles, symboliques ou récréatives particulières, comme l'isolement, le calme, l'ouverture, l'originalité formelle ou le dépaysement [5]. Dans le cas de Kichangalayi, l'attractivité semble reposer précisément sur cette ambivalence : le site est à la fois perçu comme dégradé et comme exceptionnel. Son esthétique minérale, ses formes artificielles, son caractère ouvert et son ambiance inhabituelle contribuent probablement à la construction d'une valeur paysagère qui ne dépend pas d'une naturalité intacte, mais d'une expérience singulière du lieu [22].

Les résultats relatifs aux perceptions différenciées des riverains et des visiteurs apportent à cet égard un enseignement important. Les riverains sont beaucoup plus nombreux à connaître la présence d'éléments traces métalliques et à identifier les manifestations concrètes de la pollution, comme l'absence de végétation, la brillance du sol, les vents poussiéreux ou certaines atteintes au bien-être. Ce résultat valide la troisième hypothèse et montre que la proximité résidentielle renforce l'exposition cognitive et sensible au risque environnemental. Il rejoint les approches en géographie sociale et en psychologie environnementale selon lesquelles la familiarité quotidienne avec un site accroît la capacité d'observation des nuisances, alors que les visiteurs occasionnels privilégient davantage la dimension événementielle, esthétique ou fonctionnelle de leur expérience [5]. Autrement dit, l'expertise habitante apparaît ici comme une ressource essentielle pour toute démarche de requalification. Cette asymétrie perceptive n'empêche pas l'existence de représentations globalement positives du site. Les riverains l'associent plus volontiers à un lieu de calme, de détente et de prière, tandis que les visiteurs le décrivent surtout comme un lieu de loisirs. Cette différenciation révèle des formes d'appropriation complémentaires plutôt qu'antagonistes. Dans les études sur les paysages post-miniers, il a été montré que la pluralité des usages et des significations sociales constitue souvent une ressource pour la reconversion, à condition que le projet sache traduire cette diversité dans une organisation spatiale adaptée [22, 45]. Le fait que le « paysage particulier » soit largement reconnu dans les deux groupes suggère que la singularité formelle de Kichangalayi peut devenir un levier de projet, non pour esthétiser la pollution, mais pour construire une reconversion paysagère assumant l'histoire matérielle du site.

Les préférences exprimées en faveur d'un parc d'attraction, d'une plage artificielle ou d'un reboisement doivent toutefois être interprétées avec prudence. Elles témoignent d'une demande sociale réelle d'aménagement et d'une projection positive vers l'avenir, mais elles ne sauraient suffire à définir des scénarios d'intervention. La littérature sur les usages post-miniers insiste sur le fait que la sélection des fonctions futures doit procéder d'une compatibilité stricte entre attentes sociales, contraintes écologiques, sécurité sanitaire et faisabilité technique à long terme [47, 42]. Dans le cas présent, les résultats chimiques et morphologiques plaident pour une hiérarchisation des interventions : les zones les plus contaminées ou érodées devraient d'abord relever de mesures de stabilisation, de confinement ou de phytostabilisation, avant toute intensification des usages récréatifs [43].

Sous l'angle de l'architecture du paysage et de l'écologie urbaine, la requalification de Kichangalayi devrait donc être pensée selon une logique de transformation graduelle. Les travaux sur la phytostabilisation montrent que l'établissement d'un couvert végétal tolérant aux métaux, associé si nécessaire à des amendements améliorant la structure du substrat et réduisant la biodisponibilité des contaminants, constitue une voie réaliste pour restaurer progressivement les fonctions écologiques tout en limitant l'exposition humaine aux poussières et aux particules métallifères [43, 10]. À l'échelle du projet, cela suggère des aménagements sobres et compatibles avec le niveau de vulnérabilité du site : belvédères, parcours d'interprétation, secteurs de contemplation, écrans végétalisés, zones d'accès restreint ou saisonnier, et non des équipements lourds supposant un contact direct et prolongé avec les sols ou les eaux.

Par ailleurs, les résultats confirment l'intérêt d'une lecture paysagère des sites miniers dégradés. Plusieurs auteurs soulignent que la reconversion réussie des paysages post-miniers ne repose pas seulement sur la remédiation écologique, mais aussi sur la capacité du projet à révéler de nouveaux récits territoriaux articulant mémoire industrielle, qualité esthétique, usages collectifs et restauration environnementale [34, 22]. Dans ce cadre, Kichangalayi pourrait être envisagé comme une infrastructure paysagère hybride : un espace de régulation

écologique, de réduction des risques, de loisirs de faible intensité et d'interprétation du patrimoine minier. Une telle orientation serait particulièrement pertinente dans le contexte congolais, où les travaux sur l'après-mine restent encore majoritairement centrés sur le diagnostic des pollutions plutôt que sur les formes concrètes de transformation socioécologique des sites.

Enfin, certaines limites de l'étude doivent être reconnues. L'échantillon social demeure restreint et permet surtout une lecture exploratoire des perceptions; de même, la caractérisation environnementale gagnerait à être approfondie par des prélèvements saisonniers, des mesures de biodisponibilité, des analyses de poussières atmosphériques et une évaluation plus fine des paramètres édaphiques contrôlant l'installation végétale. Ces limites n'enlèvent toutefois rien à l'intérêt principal de l'étude, qui est de montrer que Kichangalayi constitue à la fois un site à risque et un site ressource. Cette dualité impose de dépasser l'opposition entre restauration et aménagement pour adopter une approche intégrée de requalification, fondée sur la connaissance scientifique du milieu, l'écoute des usages existants et la construction d'un projet de paysage écologiquement compatible [19, 47].

5 Conclusion

L'étude du site de Kichangalayi met en évidence un système socioécologique fortement dégradé, marqué par la stérilité des sols, l'érosion, la rareté du couvert végétal et une contamination multimétallique héritée des anciens rejets du concentrateur de Kipushi. Ces caractéristiques confirment que le site demeure écologiquement vulnérable et qu'il nécessite, avant toute valorisation intensive, des interventions de sécurisation et de restauration adaptées à son hétérogénéité physique et chimique.

En parallèle, les résultats montrent que Kichangalayi est déjà un espace socialement investi. Malgré la pollution, il accueille des usages récréatifs, contemplatifs et spirituels variés, révélant une appropriation locale effective. Les perceptions diffèrent selon le statut des usagers : les riverains, plus exposés, perçoivent davantage les signes de pollution et les nuisances, tandis que les visiteurs privilégient surtout la dimension paysagère et ludique du lieu. Cette dualité confirme que la requalification d'un site post-minier ne peut être pensée uniquement en termes techniques ; elle doit également intégrer les pratiques, les représentations et les attentes sociales.

Ainsi, l'avenir de Kichangalayi ne réside ni dans l'abandon du site à sa dégradation, ni dans un aménagement récréatif immédiat déconnecté des risques environnementaux. Il appelle plutôt une stratégie progressive de requalification fondée sur trois exigences complémentaires : la restauration écologique des secteurs les plus fragiles, la réduction des risques pour les populations et la conception d'un projet paysager compatible avec les capacités réelles du milieu. Dans cette perspective, Kichangalayi n'est pas seulement un site à aménager, mais un laboratoire de transformation des paysages miniers dégradés en infrastructures territoriales de nature, de mémoire et de loisirs.

REFERENCES

- [1] Aram F., Shahab S. & Solgi E. (2022). Editorial: Impacts of urban green spaces on environmental perceptions and social life. *Frontiers in Environmental Science*, **10**, 1050597. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1050597>.
- [2] Atibu E.K., Lacroix P., Sivalingam P., Ray N., Giuliani G., Mulaji C.K., Monteyne E., Elskens M., Mpiana P.T. & Poté J. (2013). Concentration of metals in surface water and sediment of Luilu and Musonoie Rivers, Kolwezi-Katanga, Democratic Republic of Congo. *Applied Geochemistry*, **35**, 77-85. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0883292713002436>.
- [3] Bashizi A., Ntububa M., Bisoka A.N. & Geenen S. (2015). *Exploitation minière en RDC : vers une political ecology*. In *Conjonctures congolaises 2015*. Université de Lubumbashi. <https://www.unilu.ac.cd/wp-content/uploads/2021/04/Bashizi-et-al.-2015.pdf>.
- [4] Bohoussou K.R. (2024). *Guide en matière de réhabilitation et de valorisation d'anciens sites miniers artisanaux aurifères*. Coginta. <https://coginta.org/wp-content/uploads/2024/04/Guide-de-rehabilitation-anciens-sites-miniers.pdf>.

- [5] Buchel S. & Frantzeskaki N. (2015). Citizens' voice: A case study about perceived ecosystem services by urban park users in Rotterdam, the Netherlands. *Ecosystem Services*, **12**, 169-177. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.11.014>.
- [6] Chuhan-Pole P., Dabalén A.L. & Land B.C. (2020). *L'exploitation minière en Afrique : les communautés locales en tirent-elles parti ?* Banque mondiale / AFD. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1395-5>.
- [7] Bukengu Muhaya B., Mulunda Numbi R., Toto Lubala F., Bacirheba Mugisho J. & Kabumana Tshibanda D. (2015). Heavy Metal Contamination of Well Water in the Kipushi Mining Town (Democratic Republic of Congo). *Journal of Environmental Science and Engineering A*, **4**(8), 403-414. <https://doi.org/10.17265/2162-5263/2015.08.001>.
- [8] Chuman T. (2015). Restoration practices used on post mining sites and industrial deposits in the Czech Republic with an example of natural restoration of granodiorite quarries and spoil heaps. *Journal of Landscape Ecology*, **8**(2), 32-47. <https://intapi.sciendo.com/pdf/10.1515/jlecol-2015-0007>.
- [9] Cochran W.G. (1977). *Sampling Techniques*. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons.
- [10] Conesa H.M., Faz Á. & Arnaldos R. (2007). Initial studies for the phytostabilization of a mine tailing from the Cartagena-La Unión Mining District (SE Spain). *Chemosphere*, **66**(1), 38-44. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.05.065>.
- [11] Dibwe D.M. (2021). *La société de la Copperbelt katangaise : une autopsie de sa situation socio-économique, politique et culturelle*. Paris : L'Harmattan.
- [12] FAO (2001). Récupération des sites dégradés. *Unasylva*, **52**(207). <https://www.fao.org/4/y2795f/y2795f02.htm>.
- [13] Fiori S., Mariolle B. & Poli D. (2020). Réparer les territoires post-miniers. *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère*, **7**. <https://doi.org/10.4000/craup.4162>.
- [14] Diédhiou I., Méring C., Sy O. & Sané T. (2023). Cartographie de l'utilisation du sol à échelle locale à partir des images Google Earth : approche méthodologique appliquée aux terroirs villageois sénégalais. *Photo-Interprétation. European Journal of Applied Remote Sensing (PIEJARS)*, **8**(58). <https://doi.org/10.54695/pi.58.1-4.0005>.
- [15] Foisy D. & Savard S. (2017). Participation citoyenne et revitalisation urbaine intégrée. *Les politiques sociales*, **3-4**, 47-56.
- [16] DLA Piper, (2020). *Mine rehabilitation in Africa*. In *Africa Connected: ESG and climate implications for the mining sector in Africa*. <https://www.dlapiper.com/insights/publications/2020/08/africa-connected-issue-4/5mine-rehabilitation-in-africa>.
- [17] Dusengemungu L., Kasali G., Gwanama C. & Ouma K.O. (2024). Restoration of degraded lands and alternatives in artisanal mining areas: Sustainable development perspectives from Democratic Republic of Congo. In *SDGs in the European Region*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17465-0_45.
- [18] G20 Global Land Initiative & UNU-FLORES. (2024). *Post-Mining Landscape Restoration: A Hands-on Workshop*. <https://g20land.org/wp-content/uploads/2024/07/Post-Mining-Landscape-Restoration-1.pdf>.
- [19] Harries K.L., Woinarski J., Rumpff L., Gardener M. & Erskine P.D. (2023). Characteristics and gaps in the assessment of progress in mine restoration: insights from five decades of published literature relating to native ecosystem restoration after mining. *Restoration Ecology*. <https://doi.org/10.1111/rec.14016>.
- [20] Intiomale M.M. & Oosterbosch R. (1974). Géologie et géochimie du gisement de Kipushi, Zaïre. *Annales de la Société géologique de Belgique*, Publications spéciales, 123-164. <https://popups.uliege.be/0037-9395/index.php?id=3472>.
- [21] Griffith D.A. (2005). Effective geographic sample size in the presence of spatial autocorrelation. *Annals of the Association of American Geographers*, **95**(4), 740-760.
- [22] Gülpinar D.S. & Acar C. (2021). Determining usages in post-mining sites according to landscape design approaches. *Land Degradation & Development*, **32**(13), 3830-3846. <https://doi.org/10.1002/ldr.3933>.
- [23] Ivanhoe Mines. (2022). *Kipushi Zinc-Copper Project -- Feasibility Study*. <https://minedocs.com/22/Kipushi FS 02142022.pdf>.
- [24] Kaniki A.T. (2008). *Caractérisation environnementale des rejets minéro-métallurgiques sulfurés cupro-zincifères de Kipushi*. Thèse de doctorat, Université catholique de Louvain.

- [25] Luginbühl Y. (2001). *La demande sociale de paysage*. Rapport au Conseil national du paysage. Paris : Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement.
- [26] Kilela Mwemba J. (2022). *Amélioration du procédé de phytostabilisation avec des espèces ligneuses sur les technosols contaminés en métaux lourds à Lubumbashi*. Thèse de doctorat, Université de Liège. <https://orbi.uliege.be/handle/2268/295550>.
- [27] Kitobo W. (2009). *Impact des activités minières sur la macrofaune du sol : cas des bassins de rejets miniers de Kipushi et de Musoshi*. Université de Lubumbashi. <https://www.memoireonline.com/09/17/10040/>.
- [28] Langunu S., Shutcha M.N., Colinet G. & Mpundu M.M. (2024). Are ecological risk indices for trace metals relevant for characterizing polluted substrates in the Katangese Copperbelt (DR Congo) and for assessment of the performance of remediation trials? <https://orbi.uliege.be/handle/2268/320588>.
- [29] Le Roux C. & Bourgerie S. (2002). La réhabilitation des mines et carrières à ciel ouvert. *Bois et Forêts des Tropiques*, 272, 5-19.
- [30] Mathieu N. & Guermond Y. (dir.). (2005). *La ville durable : du politique au scientifique*. Paris : INRA Éditions.
- [31] Leitão A.B. & Ahern J. (2002). Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 59(2), 65-93.
- [32] Franke T.M., Ho T. & Christie C.A. (2012). The chi-square test: Often used and more often misinterpreted. *American Journal of Evaluation*, 33(3), 448-458. DOI: 10.1177/1098214011426594.
- [33] De Singly F. (1992). *L'enquête et ses méthodes : Le questionnaire*. Paris : Nathan.
- [34] Lima A.T., Mitchell K., O'Connell D.W., Verhoeven J. & Van C.P. (2016). The legacy of surface mining: Remediation, restoration, reclamation and rehabilitation. *Environmental Science & Policy*, 66, 227-233. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.07.011>.
- [35] Mees F., Ilunga wa Ilunga E., Mujinya B.B., Boeckx P., Van Ranst E. & Tack F.M.G. (2013). Concentrations and forms of heavy metals around two ore processing sites in Katanga, Democratic Republic of Congo. *Applied Geochemistry*, 39, 14-23. <https://www.academia.edu/77095717>.
- [36] Mpinda T.M., Kisimba T., Mwamba T., Lenge Mukonzo E., Kaniki A. & Mujinya B.B. (2022). Baseline Concentrations of 11 Elements as a Function of Land uses in Surface Soils of the Katangese Copperbelt Area (D.R. Congo). *American Journal of Environmental Sciences*, 17(6):125-135 <https://doi.org/10.3844/ajessp.2021.125.135>.
- [37] Mununga K.F., Raulier P., Colinet G., Shutcha M.N., Mpundu M.M. & Jijakli M.H. (2023). Assessment of heavy metal pollution of agricultural soil, irrigation water, and vegetables in and nearby the cupriferous city of Lubumbashi (Democratic Republic of the Congo). *Agronomy*, 13(2), 357. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020357>.
- [38] Mutombo S.M., Colinet G., Langunu S., Shutcha M.N. & Mpundu M.M. (2024). Application of soil amendments to reduce the transfer of trace metal elements from contaminated soils of Lubumbashi (Democratic Republic of the Congo) to vegetables. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(10), 902. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-13029-8>.
- [39] Muyumba D.K. (2019). *Mobilité et biodisponibilité du cuivre et du cobalt dans les écosystèmes métallifères de l'arc cuprifère du Katanga*. Thèse, Université de Liège.
- [40] Mushagalusa Balasha A., Kasanda Mukendi N., Nkulu Mwene Fyama J. & Lebailly P. (2015). Niveau d'instruction et structures socioéconomiques des ménages ruraux de Kipushi : analyse de dynamisme et perspectives. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 11(2), 355-366.
- [41] Raosoft Calculator, s.d. *Raosoft Sample Size Calculator*. <https://raosoftcalculator.net/>.
- [42] Selame M. & Simpson G. (2025). Post-mining land use selection: a framework for long-term value creation. In S. Knutsson, A.B. Fourie & M. Tibbett (Eds.), *Mine Closure 2025: Proceedings of the 18th International Conference on Mine Closure*. Australian Centre for Geomechanics. https://doi.org/10.36487/ACG_repo/2515_35.
- [43] Shi Y., Zang Y., Yang H., Zhang X., Shi J., Zhang J. & Liu B. (2022). Biochar enhanced phytostabilization of heavy metal contaminated mine tailings: A review. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1044921. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1044921>.

- [44] Shutcha M.N., Mubemba M.M., Faucon M.-P., Luhembwe M.N., Visser M., Colinet G. & Meerts P. (2010). Phytostabilisation of copper-contaminated soil in Katanga: an experiment with three native grasses and two amendments. *International Journal of Phytoremediation*, **12**(6), 616-632. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21166285/>.
- [45] Shutcha M.N., Faucon M.-P., Kissi C.K., Colinet G., Mahy G., Luhembwe M.N. & Meerts P. (2015). Three years of phytostabilisation experiment of bare acidic soil extremely contaminated by copper smelting using plant biodiversity of metal-rich soils in tropical Africa. *Ecological Engineering*, **82**, 81-90. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092585741500172X>.
- [46] SNC-Lavalin International (2003). *Étude sur la restauration des mines de cuivre et de cobalt, République Démocratique du Congo : rapport préliminaire*. Banque mondiale. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/851161468243902395/txt/E7390v120Env0Audit0Gecamin.es.txt>.
- [47] Tibbett M. (2024). Post-mining ecosystem reconstruction. *Current Biology*, **34**(9), 387-393. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2024.03.065>.
- [48] Tremblay S. & Tremblay P.-A. (2012). Défis et enjeux de la revitalisation intégrée dans les villes moyennes : le cas des arrondissements de Chicoutimi, Jonquière et Alma. *Cahiers de géographie du Québec*, **56**(157), 207-224. <https://doi.org/10.7202/1012219ar>.
- [49] Useni S.Y., Cabala K.S., Sambieni R.K., Bogaert J. & Munyemba K.F. (2017). Dynamique des écosystèmes forestiers de l'Arc Cuprifère Katangais en République Démocratique du Congo. I. Causes, transformations spatiales et ampleur. *Tropicultura*, **35**(3), 192–202. <https://doi.org/10.25518/2295-8010.1266>
- [50] Useni S.Y., Mpanda M.M., Kipili M.I., Khoji M.H., N'tambwe N.D., Kasanda M.N., Malaisse F., Malonga K.F., Dibwe Dia M.D. & Bogaert J. (2024). Quantifying forest cover loss during the COVID-19 pandemic in the Lubumbashi Charcoal Production Basin (DR Congo) through remote sensing and landscape analysis. **13**(7), 95. <https://doi.org/10.3390/resources13070095>.
- [51] Van Campenhoudt L., Marquet J. & Quivy R. (2017). *Manuel de recherche en sciences sociales*. 5e éd. Malakoff : Dunod.
- [52] van Wyk S.J. & Haagner A.S.H. (2025). A review of mine land rehabilitation outcomes: Culture, procurement and practice. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, **125**(4). <https://doi.org/10.17159/2411-9717/mc13/2025>.
- [53] Webster R. & Oliver M.A. (2007). *Geostatistics for Environmental Scientists*. Second Edition. John Wiley & Sons.