

Repérage, géolocalisation et caractérisation des sites de rejets des scories et boues des fonderies (SBF) qui recyclent la mitraille à Kinshasa : RDC

[Identification, geolocation and characterization of slag and sludge discharge sites from foundries (SBF) which recycle scrap metal in Kinshasa : DRC]

Joseph M. Kakundika¹, Dieudonné E. Musibono¹, Virima Mudogo², and Ndongala Lufimpadio³

¹Département de Science de l'environnement, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, RD Congo

²Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, RD Congo

³Département de Chimie-physique, Faculté des Sciences, Université Pédagogique Nationale, RD Congo

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The iron and steel industries generate large quantities of solid waste which is not always easy to manage because of the heavy metals it contains. In most cases, they are used in concrete or bitumen but sometimes as backfill; however, this always requires rigorous control followed by prior treatment. In general, the installation of a foundry requires the creation of a place to store solid waste (slag heap). The scrap metal foundries in Kinshasa do not have appropriate structures for the evacuation or conservation of their waste. They are satisfied with the environmental failure found in the surroundings to liquidate these dangerous wastes in full view of the competent authorities.

During our investigations carried out in a sector which contains the aforementioned foundries and whose measured surface is 523272 ha, seventy-six sites on which were spread the slags and muds of the recycling foundries of the scrap were located. The calculation made on the estimates of the weight of these scraps indicates that on average a site contains 592 tons of slag and sludge of the said foundries. These are spread over an average area of 923 m² and occupy an average volume of 355 m³. In sum, over an average period of 10 years, nearly 45,000 tons of slag and sludge from the scrap metal foundries have been spread on the streets and avenues of our study area over a total surface area of 7,0152 m² and a relative volume of 26,971 m³.

After analysis of the field data, it appears that Block 4 contains a large quantity of slag and sludge from the foundries but also the largest surface area and volume. This is related to the socio-environmental configuration of the area where not only are there several potholes but also the area has no drainage channels for rainwater (hence the recurrent and persistent flooding).

In the principal component analysis (PCA), the seventy-six sites are divided into three different clusters, the first of which has only one site, the second has six sites, and the last has the majority of sites, namely sixty-nine. The sites in classes one and two are distinguished by variables (weight, area and volume) that are higher than their respective averages, while those in class three are distinguished by data that are lower than their averages.

The evaluation of the daily production of slag and sludge of the said foundries indicates a relative volume of 16 tons. This gives a projected total of 60226 tons of slag and sludge since the installation of these foundries in the city of Kinshasa. The calculation of the difference proves that our study area contains at least 75% of this waste, without counting those contained in third party plots. Furthermore, our investigations attest that a part of the slag and sludge from the foundry that was not evaluated was dumped in the districts bordering our study area, which have similar topographic and environmental characteristics.

KEYWORDS: Site, discharge, slag, sludge, foundries, scrap.

RESUME: Les industries sidérurgiques génèrent d'importantes quantités de déchets solides dont la gestion n'est pas toujours aisée à cause des métaux lourds dont ils sont chargés. Pour la plupart de cas, ils sont utilisés dans les bétons ou les bitumes mais parfois comme remblais; cependant cela nécessite toujours un contrôle rigoureux suivi d'un traitement préalable. De manière générale, l'installation d'une fonderie nécessite la création d'un lieu prévu pour entreposer les déchets solides (terril). Les fonderies de la mitraille qui sont installées à Kinshasa n'ont pas ces structures appropriées d'évacuation ou de conservation de leurs rebuts. Elles

se contentent de la défaillance environnementale trouvée dans les environs pour liquider moyennant frais, ces déchets dangereux au vu et au su des autorités compétentes.

Au cours de nos investigations effectuées dans un secteur qui renferment lesdites fonderies et dont la superficie mesurée est de 523272 ha, soixante-seize sites sur lesquels ont été épandues les scories et boues des fonderies recycleuses de la mitraille ont été repérés. Le calcul fait sur les estimations du poids de ces rebuts indique qu'en moyenne un site renferme 592 tonnes de scories et boues desdites fonderies. Celles-ci sont épandues sur une superficie moyenne de 923 m² et occupe un volume moyen de 355 m³. En somme, sur une période moyenne de 10 ans, près de 45000 tonnes de scories et boues des fonderies de la mitraille ont été épandues dans les rues et avenues de notre zone d'étude sur un espace superficiel totale évalué à 70152 m² et un volume relatif de 26971 m³.

Après analyse des données de terrain, il ressort que le bloc 4 renferme une grande quantité des scories et boues des fonderies mais aussi la plus grande superficie et le plus grand volume. Ceci est relatif à la configuration socio environnementale du milieu où non seulement on trouve plusieurs nids de poules mais aussi le milieu n'a pas des voies d'évacuation des eaux de pluie (d'où les inondations récurrentes et persistantes).

En analyse par composantes principales (ACP), les soixante-seize sites se partagent trois classes différentes (clusters) dont le premier compte seulement un site, le second six sites et le dernier en compte la majorité de sites notamment soixante-neuf. Les sites des classes un et deux se distinguent par des variables (poids, superficie et volume) supérieur à leurs moyennes respectives tandis que ceux de la classe trois s'individualisent par des données inférieures à leurs moyennes.

L'évaluation de la production journalière des scories et boues desdites fonderies indique un volume relatif de 16 tonnes. Ce qui donne une projection du total de 60226 tonnes des scories et boues depuis l'installation desdites fonderies dans la ville de Kinshasa. Le calcul de la différence prouve que notre zone d'étude renferme au moins 75% de ces rebuts sans compter ceux contenus dans des tierces parcelles. Par ailleurs, nos investigations attestent qu'une partie des scories et boues de fonderie non évaluée a été déversée dans les quartiers frontaliers à notre zone d'étude présentant les caractéristiques topo-environnementaux similaires que ce dernier.

MOTS-CLEFS: Site, rejet, scories, boues, fonderies, mitraille.

1 INTRODUCTION

Depuis près d'une décennie et demie on a installé à Kinshasa, capitale de la République Démocratique du Congo (RDC), des fonderies qui recyclent la mitraille/ferraille en la transformant généralement en matériaux de construction. Le recyclage en général serait la meilleure solution pour prendre en charge les déchets, celui de la ferraille constitue une industrie propre, écologique et durable [1]. Le recyclage de la ferraille à Kinshasa a apporté des solutions ayant permis de pallier à des problèmes cruciaux qui gangrénéaient, pendant longtemps, non seulement les habitants de ladite ville mais aussi ceux des villes et villages environnants voir même lointains. Parmi ces problèmes, l'on peut citer l'enlaidissement des rues, avenues, routes et autres espaces écotouristiques précieux, les accidents et incidents de circulation routière (automobilistes, motocyclistes, bicyclistes et piétons), la multiplication des bestioles (rats, gecko,...) et des insectes nuisibles (moustiques, cancrelats, mouches,...), le banditisme et la délinquance (juvénile ou sénile) urbains, des blessures avec risque de contamination au tétanos, etc.

Le recyclage est une façon durable de gérer les déchets car permettant d'user un objet pendant une durée relativement longue, celui de la mitraille/ferraille permet en plus de consommer des quantités d'énergie très nettement inférieures à celles nécessaires à l'extraction des métaux à partir de leurs minerais dans les mines. Par exemple, la production d'une tonne d'acier à base de ferraille recyclée réduit de 90 % les émissions de CO₂ par rapport à celles émises par la filière du minerai de fer. Par ailleurs, le recyclage d'une tonne de ferraille d'acier non contaminée permet ainsi de remplacer plus de 1200 kg de minerai de fer, de 7 kg de charbon et de 51 kg de calcaire» [2].

La science apporte des nombreuses solutions à des problèmes cruciaux de société, cependant, la résolution d'un problème ne devra pas générer des situations beaucoup plus amplifiées que celles auxquelles elle a porté solution. Autrement dit, le recyclage de la ferraille doit suivre des pratiques rigoureuses pour ne pas devenir une source de pollution excédentaire, il devra être réellement écologique.

Le système instauré de récupération et de stockage de la ferraille kinoise laisse à désirer, tandis que les résidus de ces fonderies (scories et boues) ne sont pas stockés pour un traitement ultérieur adéquat mais plutôt, plusieurs dizaines de tonnes de ces substances sont épandues dans la nature à travers des opérations de vente/rachat au détriment des populations démunies et victime de l'ignorance scientifique.

C'est autour de ces déchets métallurgiques dits «scories et boues» des fonderies que se fonde l'intérêt de cette étude. S'exprimant à ce sujet, Dimitri écrit: «le devenir des scories métallurgiques est une préoccupation importante. En effet, qu'elles soient entreposées sur un crassier soumis aux intempéries, intégrées à des sols ou sédiments de cours d'eau, ou confinées dans des bétons ou bitumes, elles représentent toujours une source de pollution potentielle pour leur environnement» [3].

Les populations qui les achètent, sans se rendre compte du danger qui les guette en usant pareilles substances à contenus sûrs des métaux ou des métaux lourds en particulier, avec un pouvoir certain de polluer les écosystèmes sur lesquels ils sont jetés et de provoquer des sérieux problèmes de santé à court, moyen et long terme, les utilisent pour essayer de niveler leurs parcelles, rues et avenues à travers des efforts individuels de lutte contre les problèmes cruciaux d'environnement dans leurs milieux respectifs, notamment les inondations récurrentes, les érosions, les nids de poules, etc.

«Tel père, tel fils, a-t-on souvent parlé», la composition des scories, bien qu'ayant d'autres dépendants, reflète celle de la matière première utilisée pour leur production. Les sols où ils sont entreposés, les nappes souterraines et phréatiques, les cours d'eau avoisinants pâtissent de ce manque criant de connaissance, mais aussi l'air est contaminé lorsque souffle le vent et est susceptible de contaminer des paisibles citoyens, même à des longues distances. Ceux qui subissent les conséquences de tout ceci, c'est l'Environnement et l'Homme qui est le consommateur principal de l'Environnement.

Cette première phase de notre étude se propose de (i) repérer et géolocaliser les lieux de rejets de rebuts de fonderies kinoises recycleuses de la mitraille; autrement dit identifier les différents sites où sont déjà rejetés les scories et boues desdites fonderies, (ii) mesurer ou dimensionner les espaces remblayés par lesdits scories et boues des fonderies de la mitraille, (iii) réaliser une évaluation approximative des quantités respectives contenues dans chacun de sites repérés et enfin (iv) élaborer une cartographie des sites de rejets desdits scories et boues.

Pour y arriver, une campagne de repérage a été organisée dans le milieu cible (zone d'étude) en période de 15 jours allant du 18 juin au 02 juillet 2020. Cette dernière a été précédée par une entrevue avec ceux qui sont chargés d'évacuer les scories des fonderies aux fins de nous indiquer les différents lieux où ils orientent leurs cargaisons. Ce qui a orienté le choix de la zone d'étude qui n'est rien autre que le lieu topographique où il a été déclaré plusieurs mouvements.

2 ZONE D'ÉTUDE

Notre zone d'étude est circonscrite dans une surface en forme pentagonale, périmétrée entre le pont N'djili (S04°23'224" et E015°21'975") → le pont Matete (S04°22'917" et E015°21'163") → la 14^{ème} rue en passant par l'Echangeur de Limete (S04°21'864" et E015°20'508") → 14^{ème} rue sur l'avenue du Poids Lourd (S04°21'678" et E015°20'994") → le point de croisement du chemin de fer et la route du Poids-Lourd à côté de Kingabwa UZAM (S04°21'450" et E015°20'920") → le pont rail sur la rivière N'djili (S04°21'852" et E015°20'646") → l'allongement de la rivière N'djili jusqu'au point de départ (Pont N'djili) pour boucler la boucle.

Elle s'étend sur une superficie de 523272 ha et comprend les quartiers Salongo et Ndanu en entier et une partie du quartier Industriel, tous dans la commune de Limete tel que présenté dans la carte ci-après:

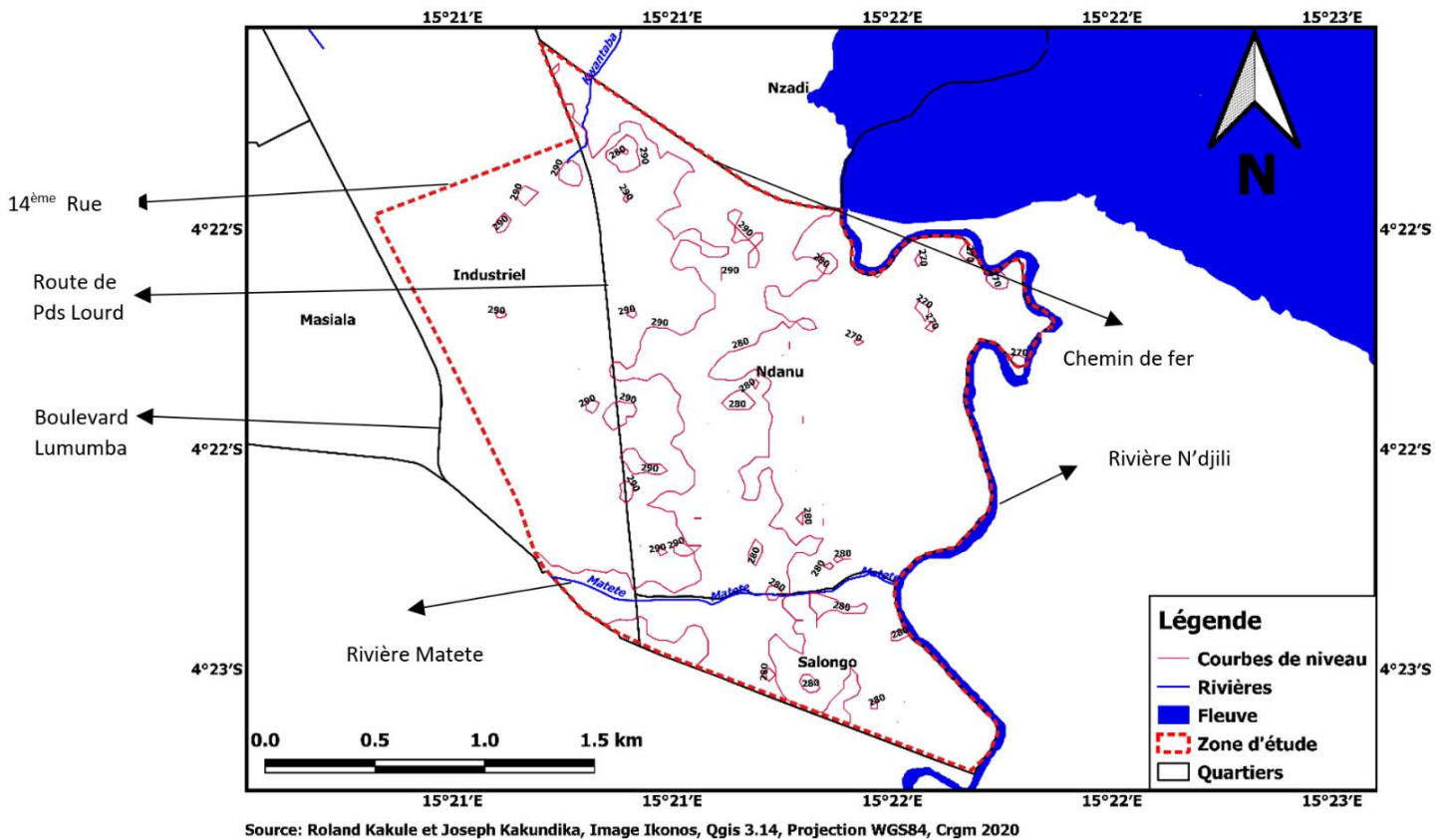


Fig. 1. Zone d'étude

Il s'agit du milieu qui renferme trois fonderies kinoises qui ont pour matières premières les mitrilles (déchets métalliques) et dont elles se servent constamment comme lieu de rejet de leurs rebuts.

QUELQUES ASPECTS CARACTÉRISTIQUES DE LA ZONE D'ÉTUDE

Comme déjà signalé et tel que ça se présente clairement dans la carte ci-après, notre zone d'étude est localisée dans deux espaces topographiques différents à savoir: une zone "haute" épargnée des inondations et donc non marécageuse et une zone basse soumise à des inondations récurrentes causées par des crues des rivières N'djili et Matete. Cette partie est constamment humide.

La zone est occupée par une population pour la plupart infortunée, dépourvue de moyens financiers adéquats pour maîtriser leur milieu de vie. Des nombreuses constructions ne répondent pas aux normes urbanistiques. On y observe l'inexistence des voies d'évacuation des eaux usées. Faute d'un plan cadastral ou d'absence de suivi par des services compétents, certains concessionnaires ont barré, d'autres ont déchiqueté des avenues rendant ainsi difficile la circulation aux usagers. D'autres par contre, se sont taillés des domiciles le long des rivières N'djili et Matete, compliquant d'avantage la libre circulation des eaux lors des crues, motif d'accroissement des inondations.

La zone comprend quelques ruisseaux et ruisselets qui serviraient à l'évacuation des eaux usées; cependant, il est dommage que ces écosystèmes urbains d'aussi grande importance écologique soient sujets à des multiples menaces (mauvaises habitudes de la population riveraine de tout jeter partout) susceptibles de causer leur disparition partielle ou totale. Les deux rivières de la zone (N'djili et Matete) sont de même rembourrées des sédiments (sables issus des érosions des sols en amont et déchets ménagers biodégradables et/ou non biodégradables) qui accentuent, ces derniers temps, le débordement de ces deux rivières.

La partie basse du quartier Ndanu, est une marre si pas un milieu humide et les populations ont choisi d'habiter cet endroit, jadis utilisé comme rizerie par la Coopération Sino-Zairoise. Avant l'avènement des scories, plusieurs occupants à faibles revenus utilisaient des immondices (déchets biodégradables) et déchets plastiques aux fins de chasser l'eau de leurs lotissements pour frayer un espace plus ou moins élevé pouvant recevoir une construction. Ceux qui ont des possibilités financières pouvaient luxueusement se procurer des déchets des bâtiments démolis, provenant des chantiers des quartiers nantis ou des routes en réparation. Le milieu étant déjà favorable au développement du paludisme, la poubellisation devient source de plusieurs nuisances et de multiplication de plusieurs autres germes pathogènes, vecteurs de plusieurs maladies telles que la fièvre typhoïde,

la diarrhée, le paludisme, etc. qui sont des maladies récurrentes dans cette partie de la capitale et causes de plusieurs décès, surtout des enfants de moins de cinq ans (renseignements Centre de Santé Saint Bernard). Bref, le quartier servait ou sert encore (à la demande des occupants et moyennant frais) de lieu de rejet de toute sorte d'ordures.

Avec l'avènement des fonderies de la mitraille vers les années 2008, la population a cru avoir trouvé une solution miracle, un Eureka face aux problèmes de délabrement de leur milieu de vie surtout des rues et avenues ou un moyen efficace de lutte anti humidité dans des parcelles. Ce qui justifie le marché intensif de vente des déchets des fonderies (scories et boues) faisant l'objet de cette étude.

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Pour réaliser cette étude, nous avons procédé par un sondage suivi d'une descente sur terrain. Cette technique avait pour but de visiter de manière méthodique toutes les rues, avenues et ruelles au sein de la zone d'étude en vue de dénicher plus ou moins exhaustivement les lieux où sont rejetés les Scories et Boues des Fonderies (SBF). Pour alléger la tâche du monitoring, la zone d'étude avait été scindée en sept blocs distincts. Bien que cet exercice soit fait aléatoirement dans la seule raison de faciliter le monitoring de terrain, il s'avère néanmoins que les différents blocs présentent des caractéristiques particulières qui les différencient les uns des autres.

Le bloc 1 est localisé dans la partie haute de la zone d'étude et peut être scindé en trois sous blocs dont: (i) la partie située dans la fermeture de l'angle route du poids Lourd (Avenue Bobozo) et le Boulevard Lumumba. Il s'agit d'un secteur nouvellement loti (\pm 15 ans) malheureusement dans le lit de la rivière Matete. Il est caractérisé par un sol très humide durant toute l'année. Une seule avenue viable facilite l'accès à ce coin, tandis que les autres voies d'entrée et sortie sont des ruelles; le côté en face du chemin de fer principal (menant vers la province du Kongo Central) est en bute à des érosions qui menacent ledit secteur; (ii) la partie industrielle du coin qui ne présente presque pas des problèmes sur le plan urbanistique et environnemental. Hormis quelques nids de poules ici et là, la majeure partie des routes et avenues est garnie de bitumes et (iii) les habitats érigés le long du chemin de fer et dans les anciennes voies ferrées qui desservaient jadis certaines sociétés victimes des pillages des années 1991-1993 et dénommées à tort «tunnels». Il s'agit là des quartiers de fait dont le problème d'habitat et d'urbanisation se pose avec acuité. Les eaux ruissellent de partout érodant les sols, tandis que les immondices jonchent dans tous les alentours.

Le bloc 2 représente la bandelette du quartier Ndanu qui longe la rivière Matete au niveau du pont portant le même nom et l'ensemble du quartier Salongo à l'autre bord de la rivière Matete. Les secteurs se trouvant près de deux rives sont très humides durant toute l'année tandis que la partie restante du quartier Salongo est un milieu très sableux et donc favorable à l'absorption des eaux de pluie.

Le bloc 3 est le secteur du quartier Ndanu qui est épargné des problèmes d'inondations. Localisé au nord-ouest de notre zone d'étude, il renferme les secteurs Franck-Ilanga, Sulfo et la 15^{ème} Rue. Dans sa partie est (Franck Ilanga et l'angle de la 15^{ème} rue avec la rivière N'djili), on trouve quelques têtes d'érosion éparpillées, tandis que le débordement des deux canaux d'eau qui se croisent dans ce lieu inonde dangereusement le coin. La zone est très humide dans la partie où se croisent les deux voies principales d'évacuation des eaux usées et le long de ces dernières. Il s'agit aussi d'un secteur se retrouvant à certains endroits à des dénivellations parfois au-delà de 45° qui posent souvent problèmes d'écoulement des sols.

Le bloc 4 est le premier secteur de la zone basse de notre zone d'étude. Il se situe à la limite de la zone 3 et la rivière N'djili. Les avenues sont droites, plus ou moins vastes mais sans aucune voie d'évacuation des eaux usées. Le milieu est très sollicité par des grands camions qui exercent une forte pression sur un sol très humide provoquant ainsi des affaissements des sols et nécessitent de remblayage. Les sols qui tiennent le coût sont de facto emportés lors des grandes crues.

Le bloc 5 est localisé derrière la paroisse Catholique Saint Bernard. Il s'étend le long de celle-ci et prend une partie de l'avenue Mwepu jusqu'à la rivière N'djili. Le milieu est très encombré, tandis que les avenues et rues sont de très petites dimensions. Les sols sont fortement humides tandis que les voies de communication sont inexistantes. Certaines avenues ont été carrément barrées empêchant la fluidité de passage. C'est l'endroit qui recueille les premières eaux dans le quartier Ndanu en cas du débordement de la rivière N'djili voisine avant qu'elles ne se rependent dans toutes les directions.

Le bloc 6 se localise dans le carré dont les côtés sont entre autre l'avenue Mwepu (de sa jonction avec l'avenue Colonel jusqu'à la rivière N'djili), de la rivière N'djili (de sa rencontre avec l'avenue Mwepu) jusqu'à l'embouchure de la rivière Matete), de la rivière Matete au pont dit « pont Gecoco et avenue Bitini. Les sols sont très mouillés tandis qu'il n'existe pas des voies de conduite des eaux usées et les avenues sont désordonnées.

Le bloc 7 est un triangle on dirait isocèle dont la base se situe sur l'avenue Mwepu, l'un des côtés est le mur de l'ancienne usine COBRA tandis que l'autre côté est l'avenue Bitini (porte Saint Bernard) mais qui n'aboutit pas au sommet. Pas de caniveaux et les sols sont mouillés de manière permanente.

Pour parcourir avec quiétude les sept blocs de la zone d'étude, nous avons effectué différentes rotations soit à moto (facilitation), mais plus à pied. La stratégie opérationnelle consistait à «prospector» avenue par avenue. C'est sans prétendre avoir visité littéralement toutes les avenues du milieu d'étude étant donné que l'opération n'était pas préalablement assistée par une cartographie administrative.

Le prélèvement des données métriques a été réalisé au moyen d'un décimètre en ruban pour ce qui est de la largeur et d'une latte en bois de 60 cm s'agissant de la hauteur (profondeur) occupée par les rebuts des fonderies. Pour assurer cette dernière opération, une fouille systématique était de mise en usant une pelle et une pioche afin d'atteindre le niveau réel de sol non contaminé (il y a lieu de signaler qu'à certains endroits, les scories se sont mélangées avec les sols ayant perdues les repères). Quant au prélèvement des coordonnées géographiques (latitude et longitude), il a été fait usage du GPS-72H-GARMIN. Le calcul des différentes moyennes arithmétiques des données métriques et volumiques se faisait in situ en appliquant la formule:

$$M = \sum n_i \cdot N^{-1}$$

Avec M = moyenne arithmétique, n_i = valeur indicative/site et N = nombre de répétitions (fréquence).

Tandis que l'encodage in situ de toutes les données de terrain se faisait moyennant une fiche baptisée «fiche technique de terrain» reprenant les rubriques ci-après: le numéro d'ordre du site, les coordonnées géographiques (altitude et longitude) aux points de départ et d'arrivée, le poids estimé qui est une estimation déclarative des riverains donnée en terme de nombre de contenant (camion, chariot, etc.) des scorie déversé dans un site déterminé, la largeur moyenne occupée par les SBF, la profondeur couverte des SBF et la période géologique qui indique subjectivement, selon les déclarations des riverains, la durée de vie de ces scories dans un site donné.

Ainsi recueillies, les données ont subi un traitement électronique au moyen des logiciels Microsoft Word, Excel 2010 et SPSS statistics 1.0.0.2482. Grâce à ces deux derniers, il a été possible de calculer les sommes, moyennes et écarts types globaux des données métriques et les variances. Nous avons aussi fait recours à l'ACP (analyse par composante principal) pour essayer d'orienter les sites dans des clusters bien définis. Quant aux données géographiques, elles ont été traitées moyennant les logiciels Q-GIS 3.14 WGS, projection 1984 en appui avec Excel 2010. Le calcul des distances des différents segments d'axes ainsi que de la superficie totale de la zone d'étude se sont effectués par AS-QGIS (analyse statistique QGIS).

Des formules typiques ont été utilisées pour effectuer certaines opérations telle que:

1°. La surface occupée par chacun de sites et par ricochet, la surface totale de terrain sur lequel sont déposées les scories et boues des fonderies:

$$S_x = D_x \cdot l_x$$

Avec S_x = surface d'un site x, D_x = distance (longueur) de l'axe qu'occupe le site donné et l_x la largeur sur laquelle est étendue les SBF sur le site x.

$$S_{\text{toc}} = \sum S_x$$

Avec: S_{toc} = Surface totale occupée,

2°. Le volume moyen approximatif des SBF:

$$V_x = S_x \cdot H_x$$

Avec V_x = volume des SBF au site x et H_x = le niveau de pénétration des SBF dans le sol au site x.

$$V_{\text{tco}} = \sum V_x$$

Avec: V_{tco} = Volume total couvert par les SBF.

3°. La somme de poids estimés a été notée par nombre de contenant (camions, chariot, etc) déversés dans divers sites. Le calcul du poids net des scories transportées s'est fait par calcul différentiel des poids selon la formule:

$$PN = PB - T$$

Avec PN = poids net, PB = poids brut et T = tare

Le volume calculé (voir 2°) et le volume estimé (voir 3°) ont été comparés. Les deux ont été mis en balance avec les estimations périodiques de rejet des scories des entreprises en question dans cette étude, ce qui nous a facilité le calcul du volume moyen maximum produit depuis l'implantation desdites fonderies et de le comparer aux deux premiers. S'agissant de l'identification des différents endroits des rejets des scories, il a été fait usage des méthodes de sondage-suivi et de l'observation.

4°. La somme (Σ) de nombres était calculée suivant la formule:

$$\Sigma n_i = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_n$$

Avec Σn_i = la somme des nombres indiqués n_1, n_2 , etc. équivalent à la suite arithmétique des nombre réels donnés.

4 RÉSULTATS ET ANALYSE

L'interprétation des données relatives à cette étude sera articulée autour de deux volets précis à savoir: (i) les données métriques, massiques et volumiques et (ii) les coordonnées géographiques.

Au cours de cette analyse nous allons, en premier lieu, décrire les données recueillies sur terrain, en deuxième lieu réaliser un examen minutieux des données des blocs en tenant compte des différentes variables mises en évidence pour analyser les stockage ou l'éparpillement des SBF dans notre zone d'étude. Deux types d'analyses seront effectuées dans ce cas précis à savoir: une analyse intra-blocs et une autre inter-bloc. Enfin, une typologie appropriée à chaque bloc et site, en prenant comme critère fondamental les différentes variables accordées aux SBF kinoises sera élaborée.

4.1 DESCRIPTION GLOBALISANTE DES DONNÉES

Tableau 1. Synthèse des données paramétriques

	N	Minimum	Maximum	Somme	Moyenne	Ecart type	Variance
Poids estimé (T)	76	50	5500.00	44953	591.50	1038.00	1078036.00
Superficie (m2)	76	8.09	8600.00	70151.87	923.05	1429.51	2043503.07
Volume (m3)	76	12.64	3518.59	26970.48	354.87	596.26	355526.26

Le tableau ci-après représente la synthèse globale des résultats des données recueillies sur terrain. De sa lecture nous constatons que le nombre total de sites repérés, sur lesquels ont été jetées les scories et boues des fonderies kinoises à la date de la clôture du monitoring relatif à cette étude (2 juillet 2020) est de 76; des variables mesurées dans lesdits sites, le poids le plus faible est de 50 tonnes, la superficie de 8,09 m² et le volume de 12,64 m³. S'agissant des valeurs élevées, le tableau indique que le site (les sites) comportant un grand poids des scories et boues de fonderies renferme (nt) 5500 tonnes, la superficie de 8600 m² et le volume de 3519 m³. En somme, le poids total des scories et boues de fonderies kinoises épandues dans des rues et avenues de notre zone d'étude est évalué à 44953 tonnes lesquelles sont entreposées sur un espace superficiel de 70152 m² et occupant un volume global de 26970 m³. Bref, un site est occupé en moyenne par un poids de 623±1060 tonnes de scories et boues de fonderies, étendue sur une superficie moyenne de 923±1430 m² dans un volume moyen de 355±596 m³. Telles que le témoignent les différentes variances, les dispersions autour des moyennes sont très significatives. Nous étudions dans la section qui suit comment la distribution des SBF s'opère à l'intérieur des sites et blocs.

4.2 ANALYSE DESCRIPTIVE ET CARACTÉRIELLE DES DONNÉES MÉTRIQUES ET VOLUMÉTRIQUES

4.2.1 DESCRIPTION INTRA-BLOCS

Tableau 2. Bloc 1

	N	Minimum	Maximum	Somme	Moyenne	Ecart type	Variance
Poids estimé (T)	11	50	760	3503	318.45	184.07	33881.27
Superficie (m2)	11	8.09	1053.85	5113.33	464.84	330.68	109353.43
Volume (m3)	11	31.00	421.54	1818.09	108.72	165.28	10472.88

Le bloc 1 comprend 11 sites, soit 14,5% du total de sites repérés. En moyenne chacun de sites a déjà reçu 318 ± 184 tonnes de SBF reposant sur un espace de superficie moyenne de 465 ± 331 m² et occupant subsidiairement un volume moyen de 109 ± 68 m³ avec encore une fois de plus des dispersions autour des moyennes très significatives.

La somme des poids de SBF dans les 11 sites est de 3503 tonnes dont le poids le plus élevé est de 760 tonnes et le moins élevé de 50 tonnes, tandis que la superficie totale est de 5113 m², la plus élevée étant de 1054 m² et la plus faible de 8 m². S'agissant du volume, la somme calculée dans les 11 sites est de 1118 m³ avec un maximum de 422 m³ et un minimum de 31 m³.

De la variation des données dans chaque site du bloc 1 nous générons le diagramme hiérarchisé des valeurs ci-après:

1°. Poids:

$S6 > S8 > S1 > S4 \equiv S11 > S10 > S5 \equiv S7 \equiv S9 > S3 > S2$

2°. Superficie:

$S6 > S1 > S8 > S7 > S5 > S10 > S11 > S9 > S4 > S2 > S3$

3° Volume:

$S6 > S8 > S11 > S4 > S1 > S10 > S5 > S7 > S9 > S3 > S2$

En lisant ce classement, il se dégage que toutes les variables examinées ont leurs points culminants au S6 qui présente un parallélisme parfait; il en est de même de S10 qui vient en sixième position. Par ailleurs, hormis S1, S11 qui ne présente aucun parallélisme, les sites restants occupent la même position en poids et en volume.

Il y a lieu de noter que S6 qui prend, aussi bien en poids, superficie ou volume, la tête de ce bloc n'est rien autre qu'un tronçon d'axe localisé vers la 17^{ème} rue le long du chemin de fer. Comme il est déjà dit, le tronçon est très occupé par plusieurs terrasses (bars) dont chacun de tenant voudrait aplanir son lieu de négoce en évitant bien sûr les eaux qui coulent abondamment en provenance des «tunnels» et de la 17^{ème} rue où la voie d'évacuation des eaux usées est complètement bouchée; c'est aussi la voie principale où coulent abondamment les eaux de pluie ruisselantes vers la conduite de la 16^{ème} Rue. D'où la sollicitation des SBF en multiples reprises pour tenter de lutter contre les érosions des sols observées régulièrement à cet endroit et dont la voie ferrée est menacée.

Tableau 3. Bloc 2

	N	Minimum	Maximum	Somme	Moyenne	Ecart type	Variance
Poids estimé (T)	3	100	150	400	133.33	28.86	833.33
Superficie (m2)	3	162.96	291.62	618.15	206.05	74.10	5491.89
Volume (m3)	3	65.18	67.07	197.68	65.89	1.03	1.06

En terme du nombre de sites, le bloc 2, avec uniquement 3 sites y repérés représente 4% de sites contenus dans la zone d'étude. La somme de poids de SBF jetées sur ces sites est de 400 tonnes avec une moyenne de 133 ± 29 tonnes dont le plus grand poids est estimé à 150 tonnes et le plus petit à 100 tonnes. Aussi, l'espace total occupé par les SBF mesure 618 m² de surface dont la moyenne est de 206 ± 74 m² tandis que les extrémités sont circonscrits dans l'intervalle $163 \text{ m}^2 < X < 292 \text{ m}^2$. Quant au volume, le tableau indique une occupation totale de 198 m³ avec une moyenne de 66 ± 1 m³ comprenant 67 m³ comme le plus grand volume et 65 m³ comme volume le plus faible.

La variation par site de ces variables est caractérisée par le diagramme des données hiérarchisées ci-après:

1°. Poids:

$S12 \equiv S13 > S14$

2°. Superficie:

$S14 > S13 > S12$

3° Volume:

$S14 > S12 > S13$

Il ressort clairement de ce diagramme que S12 et S13 ont les mêmes poids tandis que la marche est talonnée par S14 qui a le plus faible poids des SBF déversées dans ce bloc. En outre, s'agissant de la superficie occupée par ces déchets de la métallurgie, S14 vient en premier lieu alors que S12 et S13 occupe la même surface à 6 centième près. S'agissant du volume, l'évolution est identique à celui du poids car on observe pratiquement les mêmes volumes à des différences infiniment petites entre S12 et S13

et même S14. Ce qui confirme la règle du parallélisme énoncée ci-haut. En effet, S12 localisé le long de la rivière Matete est un milieu très humidifié. Un flat hôtel est érigé à cet endroit. Pourtant l'approvisionnement en SBF est une affaire des moyens (des finances) car le faible coût d'un camion de 25 tonnes est de quatre-vingt dollars (80 USD) tandis que ce prix varie en rapport avec la distance. S13 qui contient le poids identique que S12 est une avenue au sein du quartier Salongo qui fut grandement sollicitée par des véhicules aux fins d'éviter les embouteillages récurrents provoqués suite à l'érection du saut de mouton de Debonhomme. Ce qui veut dire qu'en ces lieux, les SBF ont été sollicitées uniquement pour remblayer ou niveler l'avenue/route délabrée suite à cette sollicitation temporaire des véhicules.

Tableau 4. Bloc 3

	N	Minimum	Maximum	Somme	Moyenne	Ecart type	Variance
Poids estimé (T)	19	50	1000	5100	268.42	280.97	78947.36
Superficie (m2)	19	67.30	8600.00	20627.47	1085.65	1903.11	3621859.79
Volume (m3)	19	37.84	2580.00	5715.00	300.78	567.78	322379.71

Avec ses 19 sites, le secteur occupé par le bloc 3 couvre le ¼ de sites de notre zone d'étude. 5100 tonnes des SBF y sont déjà jetés sur une couverture surfacique totale de 20627 m² et une occupation volumique de 5715 m³. Les moyennes de 268±281 tonnes, 1086±1903 m² et 301±568 m³ s'agissant respectivement du poids, de la superficie et du volume ont été trouvées. Il en est de même des valeurs les plus élevées qui sont de 1000 tonnes, 8600 m² et 3986 m³, tandis que les moins élevées sont 50 tonnes, 67 m² et 13 m³ pour les indicateurs selon leurs unités respectives.

De la synthèse du tableau ci-haut nous tirons le diagramme classificatoire suivant:

1°. Poids:

S15 ≡ S23 > S21 > S28 > S25 > S18 ≡ S31 > S20 ≡ S32 > S24 ≡ S22 ≡ S27 ≡ S29 > Cbia ≡ S17 ≡ S30 ≡ S32 > S19 ≡ S26

2°. Superficie:

S15 > S23 > S31 > S29 > S24 > Cbia > S30 > S22 > S27 > S18 > S28 > S26 > S19 > 33 > 17 > S21 > S32 > S20

3°Volume:

S15 > S23 > S31 > S29 > S24 > Cbia > S30 > S22 > S27 > S25 > S18 > S28 > S26 > S19 > S33 > S17 > S21 > S32 > S20

Dans l'établissement du parallélisme des variables au bloc 3, nous constatons que S15 est en première position aussi bien en poids, superficie qu'en volume, il en est de même que S23 qui occupe la seconde position. En effet, S15 et S23 sont des sites où les pentes sont surélevées, aux prises aux érosions des sols dont les SBF sont sollicitées pour freiner les importations des sols et garder l'équilibre spatial entre deux voies qui s'emboîtent.

Tableau 5. Bloc 4

	N	Minimum	Maximum	Somme	Moyenne	Ecart type	Variance
Poids estimé (T)	17	100	5500	28800	1694.12	1792.16	3211838.23
Superficie (m2)	17	183.01	7037.18	30162.62	1774.27	1988.95	3955936.30
Volume (m3)	17	82.35	3518.59	149958.01	880.00	939.00	881543.87

17 sites, soit 22,4% du nombre total de sites ont été identifiés au sein du bloc 4. Le total du poids des SBF deversés dans cette partie est évalué à 28800 tonnes pour une moyenne arithmétique de 1694±1792 tonnes. Le poids estimé le plus faible est de 100 tonnes tandis que le poids le plus grand est de 5500 tonnes. Les SBF sont épendues sur une superficie globale de 30163 m² dont la moyenne vaut 1774±1989 m² avec la plus petite superficie de 183 m² et la plus grande de 7037 m². Aussi, le tableau renseigne que le volume total renfermant les SBF est de 12976 m³ avec une moyenne/site de 763±914 m³, un volume minimum de 33 m³ et le maximum de 3518 m³.

Le diagramme de classement hiérarchisé ci-après détermine comment les variables ont évolué dans chaque site.

1°. Poids:

S37 ≡ S34 > S36 > S40 > S41 > S43 > S45 > S46 > S50 > S35 ≡ S39 ≡ S42 ≡ S44 > S49 > S47 > S48 ≡ S38

2° Superficie:

S37 > S40 > S36 > S45 > S50 > S48 > S41 > S42 > S39 > S43 > S34 > S46 > S38 > S49 > S35 > S44 > S47

3°Volume:

S37 > S40 > S36 > S45 > S46 > S41 > S42 > S48 > S35 > S38 > S50 > S34 > S43 > S39 > S49 > S44 > S47

Le constant tiré de ce diagramme prouve que S37 est le site qui comporte les paramètres les plus élevés de tous les autres sites du bloc 4. Il s'agit de la plus vaste et longue avenue du quartier Ndanu qui coupe le quartier en deux parties équidistantes. La grande sollicitation de cette voie, qui paraît comme la principale, par des motocyclistes et surtout par des camions à fort tonnage sur un sol fragilisé par l'humidité permanente serait la cause des multiples nids de poules et trous sur la voie et donc de la forte demande des SBF sur le lieu. Il en est de même des autres sites du bloc qui présentent des caractéristiques presque similaires.

Tableau 6. Bloc 5

	N	Minimum	Maximum	Somme	Moyenne	Ecart type	Variance
Poids estimé (T)	8	100	500	2150	268.75	155.69	24241.07
Superficie (m2)	8	94.97	1026.86	3974.19	496.77	336.40	113171.48
Volume (m3)	8	43.55	318.33	1248.30	156.04	100.66	10131.89

Huit sites de rejet des SBF ont été repérés au sein du bloc 5; le poids total est estimé à 2150 tonnes dont la moyenne est de 269 ± 156 , le plus petit poids de 100 tonnes et le plus grand de 500 tonnes. Aussi, la superficie totale sur laquelle repose ces SBF est de 3974 m^2 couvrant la moyenne de $497 \pm 336 \text{ m}^2$ dont la valeur minimum est de 95 m^2 et maximum de 1027 m^2 ; s'agissant du volume, le tableau indique qu'en somme il est de 1151 m^3 dont la moyenne est de $144 \pm 110 \text{ m}^3$, les valeurs minimum de 23 m^3 et maximum de 318 m^3 .

Nous présentons ci-dessous le diagramme de l'état d'évolution des variables dans les sites au sein du bloc.

L'examen du tableau ci-dessus génère le diagramme de classification hiérarchisée ci-après:

1° Poids:

S53 \equiv S54 > S52 \equiv S57 \equiv S58 > S51 > S55 \equiv S56

2° Superficie:

S57 > S54 > S55 > S53 > S52 > S58 > S56 > S51

3°Volume:

S57 > S53 > S54 > S55 > S56 > S58 > S51 > S52

De la lecture de ce diagramme ressort que S53 renferme un plus grand poids que les autres sites du bloc 5. Il s'agit d'une avenue localisée vers le bureau administratif du Quartier Ndanu et à côté de la rivière N'djili qui connaît d'intenses mouvements d'automobiles et motocyclistes dont les nids de poules et des pertes des quantités importantes des sols en découlent. C'est sans oublier les menaces dues aux eaux d'inondations. D'où la recherche des solutions idoines pour garder la voie en état de praticabilité et donc une forte sollicitation des SBF.

Tableau 7. Bloc 6

	N	Minimum	Maximum	Somme	Moyenne	Ecart type	Variance
Poids estimé (T)	4	50	500	1000	250.00	187.08	35000.00
Superficie (m2)	4	282.96	644.42	1904.98	476.24	179.59	32253.35
Volume (m3)	4	96.66	245.16	626.00	156.48	63.48	4030.05

Quatre sites de rejet des SBF ont été repérés au sein du bloc 6. La somme des poids des SBF rejetées dans ce secteur est estimée à 1000 tonnes avec une moyenne de 250 ± 187 tonnes dont le plus petit poids est de 50 et le plus grand dix fois le dernier. Par ailleurs, la lecture du tableau montre qu'une superficie d'au moins 1905 m^2 est occupée par les SBF avec une moyenne par site de $476 \pm 180 \text{ m}^2$ dont le site le moins étendu couvre 283 m^2 tandis que le plus étendu est couvert à 644 m^2 . Dans l'entre temps,

le volume total contenant les SBF est de 509 m³ avec un volume moyen par site de 127±23 m³, le volume le plus petit de 97 m³ et le plus grand de 153 m³.

D’où ce diagramme hiérarchisé pour faciliter le classement des données.

1°. Poids:

S62 > S59 > S61 > S60

2°. Superficie:

S61 > S60 > S59 > S62

3°Volume:

S60 > S62 > S59 > S61

La lecture de cet histogramme indique que: (i) en rapport avec le poids estimé des SBF au sein du bloc 6, un classement de sites en 3 groupes peut être opéré notamment deux groupes de singletons l’un constitué du pic le plus élevé (S62), l’autre du pic le plus bas (S60) et enfin le groupe des S59 et S60 dont les moyennes rayonnent autour de 225±25 tonnes, (ii) concernant la superficie couverte par les SBF dans ce bloc, deux groupes se dégagent à savoir le groupe de S59 et S60 avec des moyennes autour de 324±58 m² et enfin, (iii) le groupe de S61 et S67 avec les moyennes oscillant autour de 629±22 m². S62 qui vient en tête, s’agissant du poids, est une avenue coincée le long de la rivière N’djili dans le flanc de la digue érigée à ce lieu. La déposition accrue des SBF en ce lieu est une tentative de remonter le niveau de l’avenue pour faciliter l’accès dans le coin.

Tableau 8. Bloc 7

	N	Minimum	Maximum	Somme	Moyenne	Ecart type	Variance
Poids estimé (T)	14	100	1000	4000	285.71	234.87	55164.83
Superficie (m2)	14	52.67	1566.09	7751.15	553.65	386.92	149714.64
Volume (m3)	14	12.64	455.80	2218.67	158.48	119.87	14361.87

Le bloc 7 comprend 14 sites où sont déjà rejetées les SBF. Le poids total estimé est de 4000 tonnes posées sur un espace surfacique total de 7751 m² et occupant un volume global de 1744 m³. Les moyennes du poids de 286±235 tonnes ont été calculées, de la superficies de 554±387 m² et du volume de 125±89 m³. Les valeurs minima et maxima sont respectivement de 100 tonnes et 1000 tonnes pour le poids, 53 m² et 1566 m² pour la surface et 13 m³ et 346 m³ pour le volume.

De ce tableau découle le diagramme hiérarchisé ci-après:

1°. Poids:

S73>S66>S76>S63≡S72>S67>S65≡S68≡S69>S64≡S70≡S74>S71≡S75

2°. Superficie:

S63>S75>S69>S70>S67>S65>S66>S64>S76>S72>S73>S68>S74>S71

3°Volume:

S70>S69>S63>S75>S73>S64>S65>S66>S67>S72>S76>S74>S68>S71

En lisant ce diagramme, nous constatons en première vue que le plus grand poids se localise au S73, suivi des S66 et S76 qui présentent des poids similaires dont le pic se situerait au même niveau que la moyenne (450±50 tonnes), vient ensuite S63, S72, S67, S65, S68 et S69 avec des moyennes autour de 242±49 tonnes puis les autres sites, c’est-à-dire S64, S70, S74, S71 et S75 dont les moyennes oscillent autour de 130±27 tonnes.

En considérant la superficie, le constat est que le pic est localisé au S66, viennent ensuite S71, S73, et S66 avec des moyennes autour de 806±40 m², puis les sites S68, S69 et S64 dont les moyennes oscillent autour de 586±60 m², ensuite S67, S63, S65 et S72 avec comme moyenne 431±87 m² et enfin, S70, S74 et S75 se regroupant autour de la moyenne 95±46 m². S’agissant du volume, S71 se distingue avec le pic le plus élevé (345 m³). Vient ensuite une série de quatre groupes dont le premier ayant pour moyenne 217±24 m³ comprend les sites S71, S66 et S76, le second dont le pic oscille autour de 128±11 m³ a pour sites S64, S68, S69, S72 et S73, le troisième composé des sites S63, S65, S67 et S70 pointe au pic de moyenne 74±24 m³ et enfin, les sites S74 et S75 avec le plus bas pic pivotant autour de 13±1 m³.

S73 qui porte la plus grande charge du bloc est une avenue parallèle à Mwepu et localisée juste derrière la paroisse Saint Bernard. Le site est longé d'une rigole qui ne coule presque plus à cause du bourrage sédimentaire. Les eaux de ladite rigole étant dans la rue, les riverains n'ont pas de choix que de chercher à rouvrir une passerelle pour leurs permettre d'accéder à leurs toits respectifs et/ou à l'église. D'où d'importantes masses des SBF sont sollicitées pour la cause.

4.2.2 DESCRIPTION INTER-BLOCS

Dans cette section nous faisons une tentative de comparer les résultats à l'intérieur des blocs pour élucider des variations à l'intérieur de ceux-ci.

Tableau 9. Analyse des sommes

	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3	Bloc 4	Bloc 5	Bloc 6	Bloc 7
Poids estimé (T)	3503	400	5100	28800	2150	1000	4000
Superficie (m ²)	5113	618	20627	30162	3974	1905	7751
Volume (m ³)	1818	198	5715	14998	1248	626	2219

Lu dans le tableau ci-dessus, la somme des poids des SBF la plus importante se trouve dans le bloc 4 avec 28800 tonnes déversées sur une surface totale de 30162 m² dans un volume de 14998 m³, viennent ensuite le bloc 3 dont le poids est de 5100 tonnes, la surface de 20627 m² et le volume 5715 m³, le bloc 7 avec un poids estimé à 4000 tonnes, étendue sur une superficie de 7751 m² et occupant un volume sommé à 2219 m³; le bloc 1 avec un poids estimé à 3503 tonnes épanchées sur un espace de superficie égale à 5113 m² dans un contenant de volume 1818 m³, du bloc 5 ayant comme poids massique des SBF 2150 tonnes reposant sur une superficie de 3974 m² dans un volume de 1248 m³, le bloc 6 avec le poids estimé sommé à 1000 tonnes couchées sur un espace superficiel qui mesure 1909 m² et enfoncées dans un volume de 626 m³ et enfin, le bloc 2 dont le poids estimé est de 400 tonnes étalées sur un espace superficiel de 618 m² et contenu dans un volume sommé à 198 m³.

Il s'avère donc que le bloc 4 est le bloc qui a reçu, à la date de clôture de l'investigation en rapport avec cette thèse, un fort tonnage des SBF. La description dudit bloc est rendue dans les paragraphes précédents. Son encombrement serait donc justifié par le fait que les avenues qui sont très humides, sont plus ou moins étendues et larges qui occasionnent une forte circulation des moto, voitures et surtout des camions bennes qui exercent une forte pression sur ces avenues déjà fragilisées par une forte humidité.

Tableau 10. Analyse des moyennes

	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3	Bloc 4	Bloc 5	Bloc 6	Bloc 7
Poids estimé (T)	318	133	268	1694	269	250	286
Superficie (m ²)	465	206	1086	1774	497	476	554
Volume (m ³)	165	66	301	880	156	156	158

Pour bien comprendre le tableau ci-dessus, nous dressons un classement des indicateurs en ordre hiérarchisé.

Tableau 11. Classement des blocs en ordre croissant selon la variabilité des indicateurs

	Position1	Position2	Position3	Position4	Position5	Position6	Position7
Poids estimé (T)	Bloc 4	Bloc 1	Bloc 7	Bloc 5	Bloc 3	Bloc 6	Bloc 2
Superficie (m ²)	Bloc 4	Bloc 3	Bloc 7	Bloc 5	Bloc 6	Bloc 1	Bloc 2
Volume (m ³)	Bloc 4	Bloc 3	Bloc 1	Bloc 7	Bloc 5	Bloc 6	Bloc 2

Il ressort de ce dernier tableau que:

1. Le bloc 4 vient en tête en termes de poids, superficie et en volume; la même similitude est observée avec le bloc 2 dont toutes les variables occupent la dernière position.
2. Le bloc 1 occupe la seconde position en termes de poids, la sixième s'agissant de la superficie et la troisième concernant le cubage (volume);
3. Le bloc 7 occupe la troisième position en poids et en superficie et la quatrième en volume;

4. Le bloc 5 occupe la quatrième position en termes de poids et superficie, et la cinquième position en cubage;
5. Le bloc 3 vient en 5^{ème} position s'agissant du poids et en deuxième position concernant la superficie et le volume et;
6. Le bloc 6 dont le poids et le cubage occupent tous la sixième position tandis que sa surface est à un pas en arrière.

En tout état de cause, nous voulons approuver à travers ces différentes comparaisons la véracité de nos données, surtout de nos mesures prises in ou out situ en vérifiant l'hypothèse de la relation existante entre le volume et le poids rendu dans la formule:

$$\sigma_r = \frac{m}{V}$$

σ_r est la masse volumique relative;

m est la masse (assimilée au poids); et

V est le volume des SBF.

Pour ce faire, nous constatons que les blocs 4, 6 et 2 ont répondu favorablement à cette règle; les blocs 1, 5 et 7 affichent chacun un décalage d'un pas en avant tandis que le bloc 3 seul présente un décalage de deux pas. Tous ces décalages étant plus ou moins plus proches du résultat, nous considérons que la règle a été observée avec certaines exceptions près.

Les scories d'aciérie ont une densité en vrac élevé généralement de 1900 kgm⁻³ [4]. En appliquant la formule ci-haut à notre expérience, les densités ci-après ont été relevées:

Tableau 12. Densité des SBF par bloc

Bloc	1	2	3	4	5	6	7	Médiane
Densité (kg/m ³)	1927,27	2015,15	890,37	1925,00	1724,36	1602,56	1810,13	1810,13

Du tableau précédent se dégage la lecture selon laquelle la densité varie par bloc de 890 kg/m³ ≤ x ≤ 2015 kg/m³ et dont la médiane qui se dégage est de 1810 kg/m³. Ce qui ressemble pratiquement au résultat ci-haut trouvé [4] et confirme par l'effet notre procédé.

Néanmoins, les différents décalages observés seraient dus d'une ou d'autre part au fait que:

- La prise de la mesure du poids est faite en prenant en compte des estimations aléatoires rendues par les riverains (propriétaires des parcelles);
- Les unités de mesure déclarées par les uns ou les autres ne sont pas les mêmes étant donné que certains ont acheté par camions de 25 tonnes (plus ou moins sûr), d'autres ont utilisé des moyens de transports non quantifiés tels que les bus ou taxi bus, la brouette ou la charrette, etc.;
- Les SBF sont des matériaux à diverses formes qui ne peuvent pas forcément s'emboîter; des vides d'espaces seraient alors difficilement décelables et mesurables;
- La prise de la hauteur à plusieurs endroits pour en tirer une moyenne arithmétique ne pouvait pas donner des mesures cohérentes ou exactes à cause de plusieurs dénivellations constatées sur la plupart de segments et dont la correction n'était pas aisée;
- Lorsque l'unité de mesure est un contenant, les contenus n'ont pas toujours les mêmes poids.

La figure ci-dessous représente le panorama de tout ce scénario.

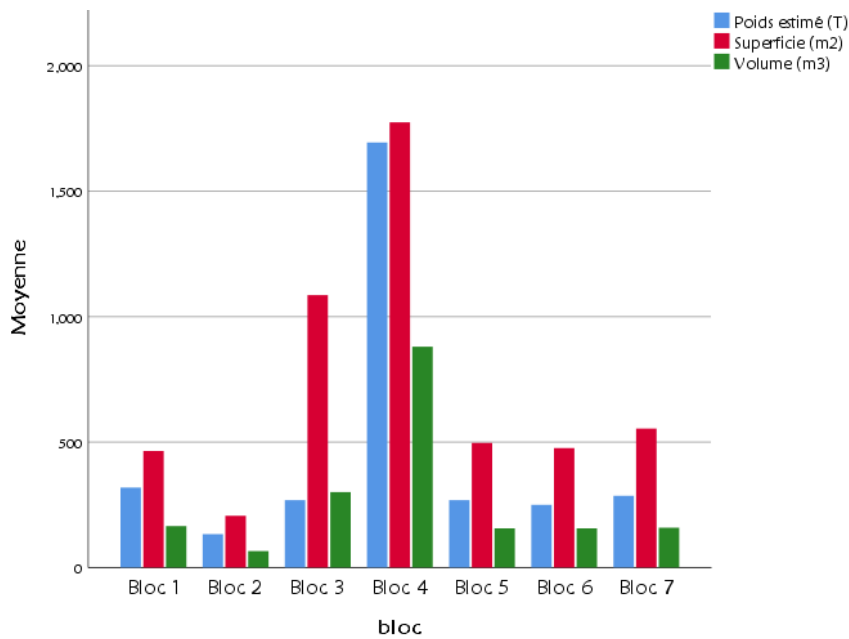


Fig. 2. Variation des moyennes paramétriques

SYNTHÈSE

La lecture de cet histogramme permet de saisir la partition des moyennes des données paramétriques au sein des blocs constitutifs de notre zone d'étude. Nous pouvons y lire que les pics de toutes les variables examinées (poids, superficie et volume) sont localisés au bloc 4. Néanmoins, ces variables n'ont pas évoluées de la même manière dans les autres blocs; ce qui nous oblige de les y interpréter singulièrement tout en mettant en évidence le bloc 4 dont les caractéristiques sortent du commun de mortel.

Ce qui veut dire subsidiairement parlant que le bloc 4 incarne la plus grande concentration des SBF et demeure donc le bloc le plus sollicité pour servir de lieu de rejet des déchets en général et des SBF en particulier. En effet, comme cela est déjà dit au cours de cette dissertation, le bloc 4 est le vaste milieu de Ndanu bas. Il représente la zone la plus humectée du milieu d'étude aussi bien en saison sèche et accentuée lors des grandes pluies qui provoquent des inondations de grande envergure. Ce graphique montre aussi l'interrelation existante entre les 3 variables tels que démontrer un peu plus loin.

4.2.3 TYPOLOGIE DES SITES SELON LES SIMILARITÉS DES VARIABLES

L'analyse typologique, connue sous le nom de «cluster analysis», est un terme générique utilisé pour désigner une variété de techniques d'analyses statistiques [5]. Ces méthodes sont généralement utilisées pour grouper des objets, des personnes, des concepts ou des stimuli dans des groupes homogènes sur la base de leur similarité. Ces techniques de classification sont particulièrement utiles dans le cadre d'investigations exploratoires afin de dégager des tendances générales au sein des données et de suggérer des pistes d'analyses futures [6]. L'objectif global des analyses de classification est d'identifier des classes à l'intérieur d'un ensemble d'entités mélangées que l'on croit appartenir à des populations différentes.

Il est ici question d'identifier les sites dans lesquels les variables en examen sont élevées, moyennes et moins élevées, définir leurs caractéristiques intrinsèques et détecter les blocs dans lesquelles elles appartiennent au sein de la zone d'étude.

Les indicateurs qui constituent les variables internes sur lesquelles est basée la classification des sites sont des scores factoriels issus d'une analyse à composantes principales (ACP) menée au préalable avec comme variables; le poids (en tonne), la superficie (en m²) ainsi que le volume (en m³). Etant donné qu'elles ont été mesurées avec des échelles de mesures différentes, ces valeurs ont été standardisées via l'utilisation de la matrice de corrélation lors de l'ACP. Une classification hiérarchique a été menée ensuite. La méthode d'agrégation utilisée est celle de Ward et la mesure de distance est le carré de la distance euclidienne.

Les différents clusters (classes) obtenus figurent dans le dendrogramme et le tableau ci-après. L'on notera qu'un cluster est une distribution des individus (sites) selon un nombre de groupes donnés. Il y a autant de clusters que de partitions demandées lors de l'analyse en classification. Dans notre cas, une solution finale à 3 classes a été retenue.

(1) Le programme pour l'Analyse en Composantes Principales (ACP) a été établi en appliquant les scripts ci-après :

```
          FACTOR
/VARIABLES PoidsestiméT Superficiem2 Volumem3
          /MISSING LISTWISE
/ANALYSIS PoidsestiméT Superficiem2 Volumem3
/PRINT INITIAL KMO EXTRACTION ROTATION
          /FORMAT SORT
          /PLOT ROTATION
/CRITERIA FACTORS (2) ITERATE (25)
          /EXTRACTION PC
          /CRITERIA ITERATE (25)
          /ROTATION VARIMAX
/METHOD=CORRELATION.
```

(2) Le programme pour "le cluster analysis" (Analyse classificatoire) ont connu le concours des scripts ci-après :

```
CLUSTER FAC1_1 FAC2_1
          /METHOD WARD
          /MEASURE=SEUCLID
          /ID=Site
          /PRINT SCHEDULE
/PLOT DENDROGRAM VICICLE.
```

D'où le dendrogramme ci-après généré pour essayer de mettre en évidence une classification des données centrées sur des paramètres possédant les caractéristiques similaires ou presque similaires.

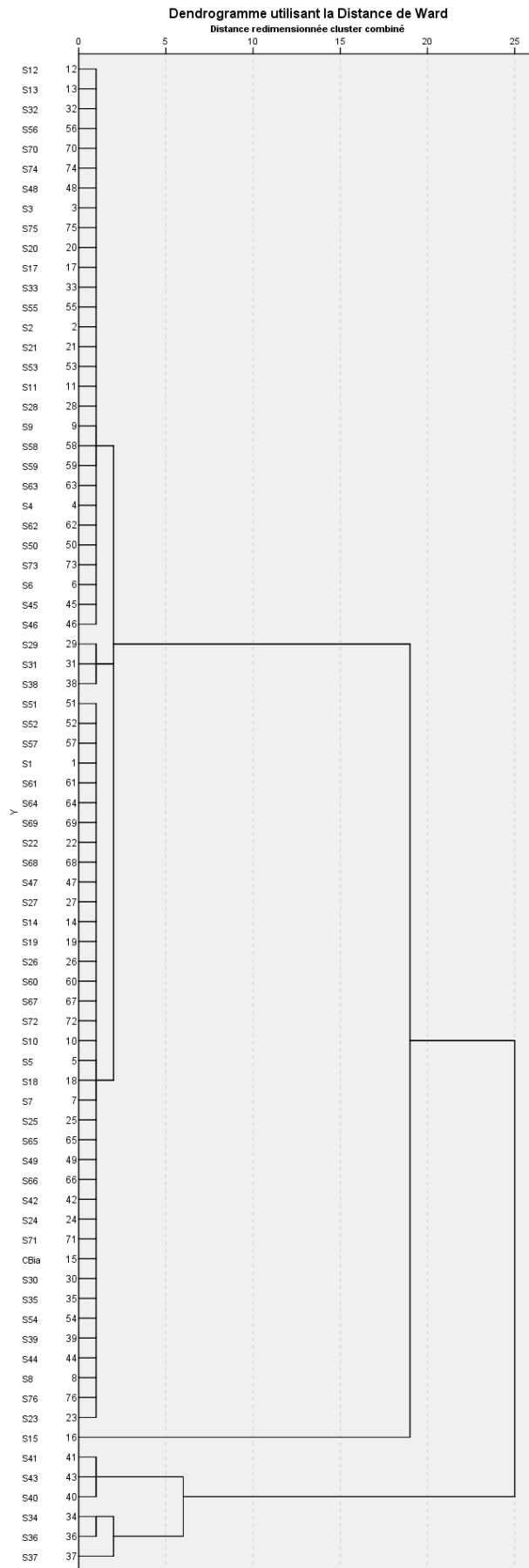


Fig. 3. Dendrogramme de classement des paramètres

De ce dendrogramme un classement des sites en trois Classes distinctes a été généré; il s'agit d'une classification assez cohérente au regard du dendrogramme. Elle permet d'observer 3 clusters homogènes dont le premier est composé de 6 sites, le second 1 site tandis que le troisième est le plus étendu et renferme 69 sites.

Néanmoins, c'est au sein des classes 1 et 2 qu'on retrouve des niveaux élevés de variables examinées, c'est-à-dire, où l'on trouve les sites avec des poids des SBF plus grands, des grandes étendues occupées par les SBF et même des grands volumes renfermant ces substances. Ces 2 classes permettent de conserver à elles seules 98.01% de la variance totale initiale. Nous pouvons déjà remarquer qu'elles sont exclusivement composées des sites des blocs 3 et 4. Ce qui indique que ce sont ces blocs qui posent plus de problèmes au sein de la zone d'étude.

Le plan factoriel ci-après donne l'image du classement en clusters de sites.

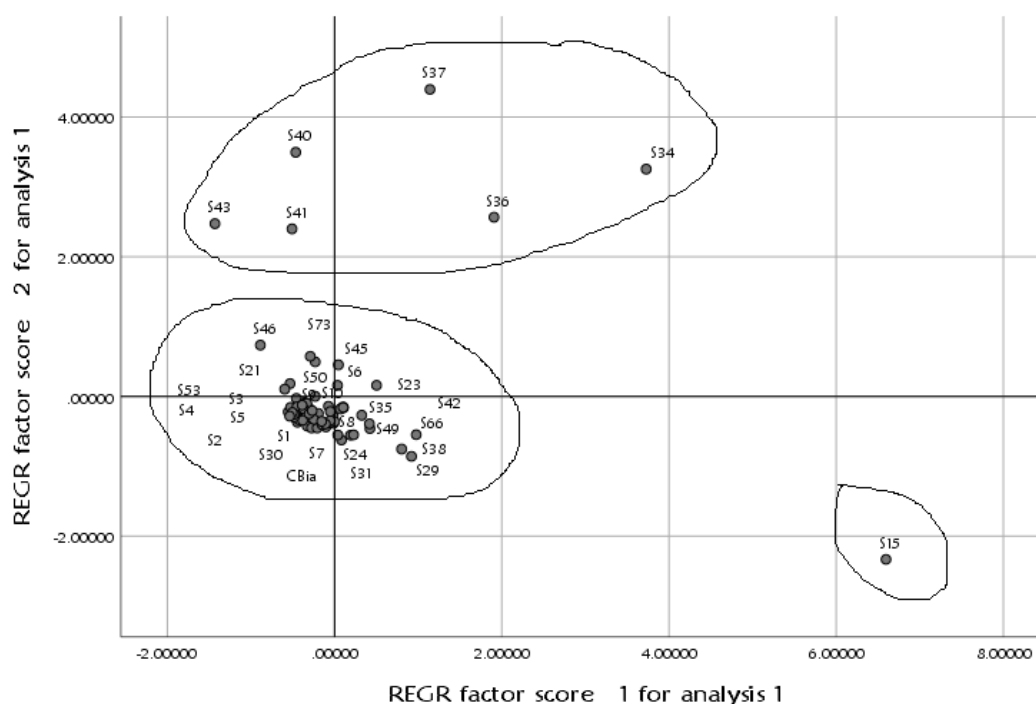


Fig. 4. Représentation des 3 classes sur un plan factoriel 1x2

Sur ce plan factoriel issu de l'ACP, nous pouvons aisément distinguer la classification des sites en 3 classes distinctes à travers lesquelles on peut aussi observer la concentration de 69 sites dans la classe 3 tandis que les deux premières classes n'en renferment que 7 sites.

A ce stade nous ne pouvons pas encore prédire les caractéristiques spécifiques de chacune de classes constituées. Pour remédier à cela, nous allons chercher les centres des groupes, c'est-à-dire les centres de gravité des classes constituées. Il est question de représenter les moyennes des scores des variables pour tous les sites appartenant à une classe. La description des classes sera faite en observant les scores moyens de chaque variable et en les comparant au score moyen de l'ensemble de sites. D'où le tableau classificatoire ci-après:

Tableau 13. Classification centripète des clusters

Variable	Score moyen générale	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Poids (T)	591.48	3833.33	1000	303.66
Superficie (m ²)	923.05	3386.22	8600	597.60
Volume (m ³)	352.38	1804.71	2580	193.81

Au regard du tableau précédent, nous constatons effectivement que les composantes des classes 1 et 2 appartiennent sans doute à celles des sites dont les poids des SBF sont plus grands, les superficies sur lesquelles les SBF sont les plus étendues et les volumes qui les contiennent sont importants. En effet, les valeurs de trois indicateurs dans ces 2 classes sont largement au-dessus des valeurs moyennes.

L'hétérogénéité entre les deux classes consiste en ce que la classe 1 est caractérisé par des scores de poids très élevés, l'Analyse à composantes principales confirme cela vu que 99.5% de la variance total du poids est expliqué dans cette classe. Quant à la classe 2 qui ne comprend que le site 15, elle se distingue par des scores d'un volume important étendus sur de très grandes superficies. L'ACP confirme également cela étant donné que 98,4% de la variance total de la superficie et 96.5% de la variance total du volume sont expliqués dans cette classe. Quant à la classe 3, avec ses 69 sites, elle est la classe où les valeurs de toutes les variables examinées sont faibles et dont aucun des indicateurs n'atteint le niveau de la moyenne.

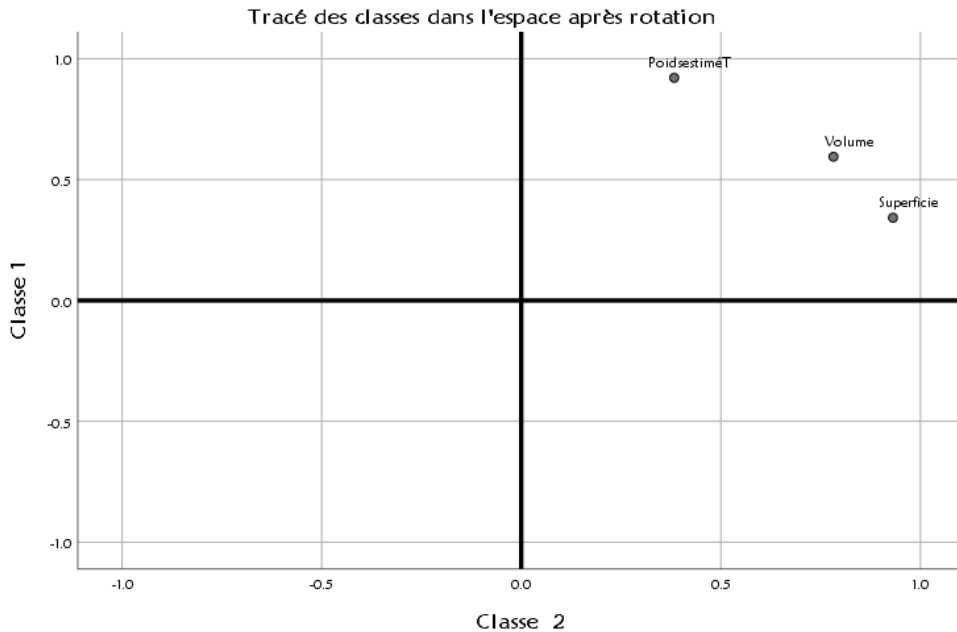


Fig. 5. Tracé des classes dans l'espace après rotation

En nous basant sur cette description, nous nommons les classes comme suit:

Classe 1: Classe des sites caractérisés par des SBF aux poids très élevés;

Classe 2: Classe des sites caractérisés par des SBF occupant des volumes très importants étendus sur des grandes surfaces.

Classe 3: Classe des sites aux valeurs paramétriques en dessous des moyennes.

D'où le graphique d'illustration du niveau de comportement des variables dans les 3 classes.

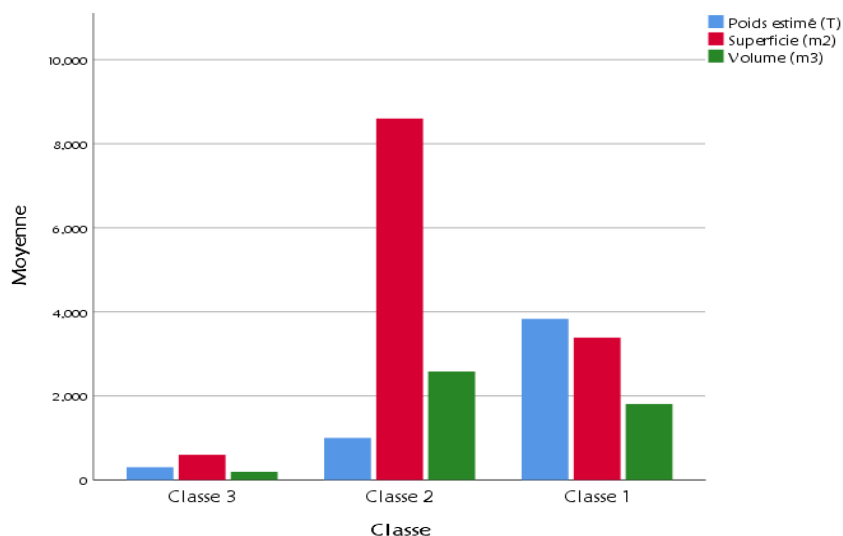


Fig. 6. Représentation des moyennes des paramètres selon les clusters

De la figure ci-dessus, l'on peut constater que 6 de 7 sites qui constituent les 2 classes des sites les plus problématiques sont des sites du bloc 4. Ce dernier représente dorénavant le bloc contenant des SBF en quantités significatives (comme on a eu déjà à le démontrer plus d'une fois). Vient ensuite le bloc 3 qui aligne 1 site (S15). Tous les autres blocs se retrouvent dans la classe 3 car elles affichent des niveaux de contamination très bas.

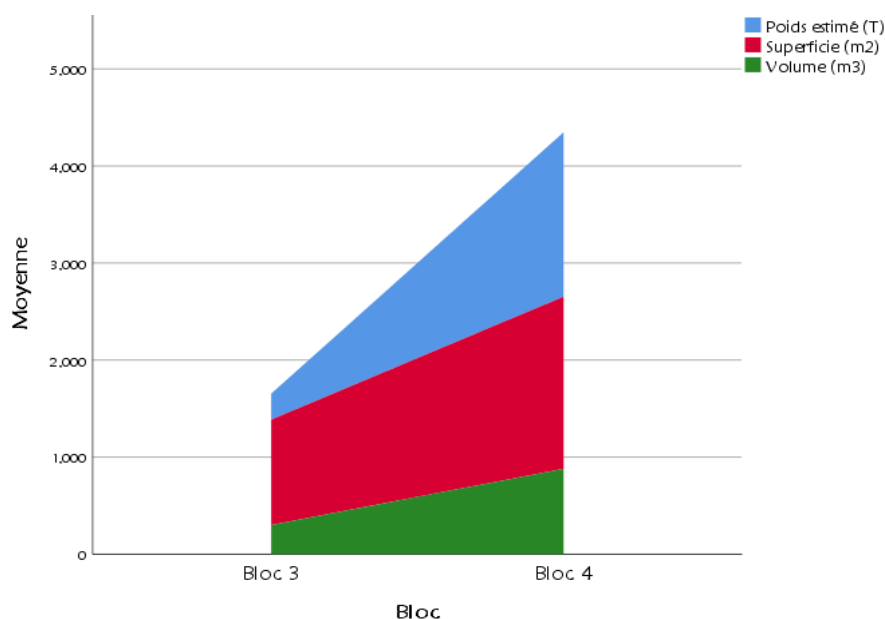


Fig. 7. Concentration plus grande des SBF (En ordre décroissant)

5 PRODUCTION DES SCORIES PAR LES FONDERIES DE LA MITRAILLE DE KINSHASA

La vérification des données ci-haut interprétées a été faite en utilisant certaines méthodes et techniques simples. En effet, vu que toutes les fonderies dont question dans cette étude nous ont refusé l'accès à leurs structures respectives, l'observation, le sondage ainsi que les essais techniques différentiels ont été mis en œuvre pour mettre en évidence la véracité de nos données.

Tableau 14. Estimation de la production des scories et boues des fonderies kinoises

Fonderie	Mise en Service	Age au 2/7/2020	Production journalière SBF	Production Totale
FAMECO	2008	4380 jours	9,25 tonnes	40515 tonnes
BENIPROS	2010	3650 jours	4,05 tonnes	14783 tonnes
WAN SHENG	2014	2190 jours	2,25 tonne	4928 tonnes
Total		10220 jours	15,55 tonnes	60226 tonnes

Production totale des SBF = Age x Production Journalière

Il ressort de ce tableau que les trois fonderies concernées par cette étude produisent environ 15,55 tonnes de scories et boues chaque jour et qu'en conséquence, depuis leurs mis en service, elles auraient produit 60226 tonnes.

Pourtant, se référant au tableau 1, notre zone d'étude à lui seul contient 44953 tonnes, soit près de 75% de la production globale des scories et boues des fonderies kinoises. D'après le sondage, nonobstant notre zone d'étude, une partie des SBF est jetée à Kingabwa et à Debonhomme (les quartiers Maziba, Malemba et Desmarais), deux régions périphériques et frontalières de notre zone d'étude présentant les mêmes caractéristiques topo-environnementales; aussi, les scories utilisées comme remblais de certaines concessions n'ont pas fait l'objet de cette étude. Ce qui nous fait comprendre que le 25% de SBF sont donc jeté dans ces deux régions ci-haut citées y compris dans certaines parcelles au sein de notre zone d'étude. Un autre site vient de s'ouvrir à côté de l'échangeur de Limete le long du Boulevard Lumuba où au moins l'équivalent de 150 tonnes des SBF viennent d'y être jeté sur demande d'une tierce personne qui voudrait y installer un service garage et lavage auto. De ce qui précède, il s'avère donc que notre zone d'étude est le milieu récepteur le plus important des SBF.

6 CARTOGRAPHIE DES REJETS DES SCORIES ET BOUES DES FONDERIES DE LA MITRAILLE

Ce résultat est rendu dans la carte établie sur base des données géographiques (altitude et longitude) mesurées sur le terrain.

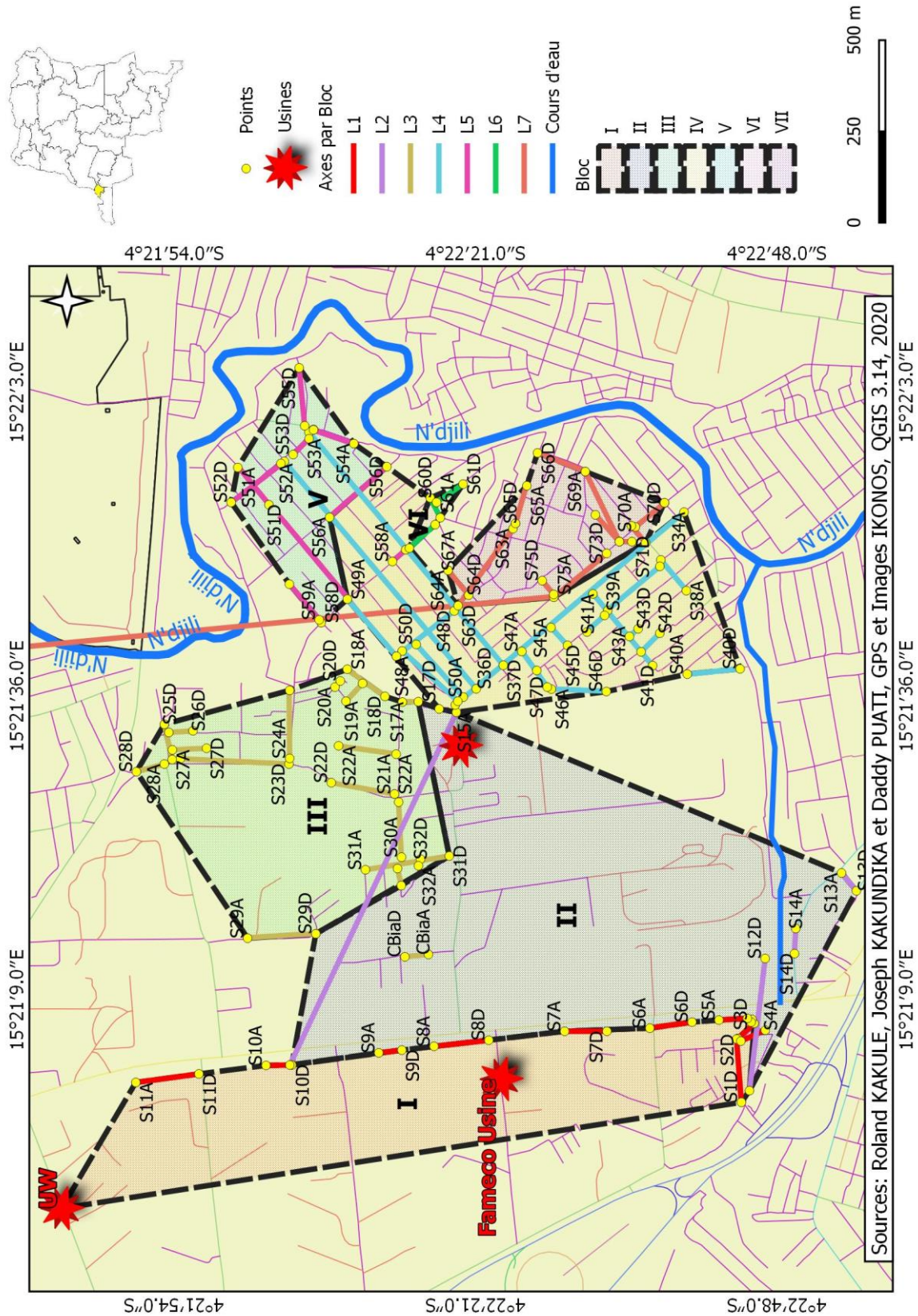


Fig. 8. Géolocalisation des sites de rejet des SBF

En lisant attentivement cette carte, il se dégage que la concentration des SBF est localisée au centre et à l'est de la zone d'étude. Il s'agit effectivement de la zone arrosée par les rivières N'djili et Matete lors des grandes crues.

Comme cela a été dit, cette zone a la forme d'un bassin ou mieux d'une cuvette qui recueille non seulement les eaux des deux rivières bien identifiées dans la carte mais aussi accumule les eaux de pluie dont l'évacuation n'est pas aisée.

En effet, il est connu que les eaux pluvieuses sont évacuées par un système tridimensionnel comportant le ruissellement, la percolation (infiltration) et la volatilisation ou l'évapotranspiration.

Il y a lieu de noter que d'importantes quantités d'eau sont évacuées par ruissellement, puis percolation (infiltration). Les deux phénomènes sont liés à la dynamique des fluides. Le ruissellement est facilité par la présence des voies significatives d'évacuation des eaux (ruisseaux, ruisseau, caniveaux, égouts, etc.), tandis que la percolation est fonction de la qualité des sols. Pourtant, s'agissant du ruissellement, notre zone d'étude ne dispose presque pas de voies d'évacuation des eaux usées tandis que les rares canalisations qui existaient sont bourrées des sédiments (comme on a eu à le démontrer un peu plus en avant); quant à la percolation, la superposition de plusieurs sortes de déchets surtout la présence de déchets plastiques a rendu les sols quasi imperméables.

Par ailleurs, des grosses particules des scories se disloquent à longueur des temps sous l'effet aqueux doublé par la pression continue exercée sur elles par des camions de tonnages fort élevés apportant soit les matériaux de construction, soit encore d'autres déchets. Il sied de souligner en effet que les déchets ont un marché florissant au quartier Ndanu. Des riverains s'en procurent chacun à son tour pour élever le niveau de l'avenue créant ou provoquant une dénivellation avec les voisins qui à leurs tour font de même, chacun à son tour voulant suivre l'autre et personne n'atteint l'autre. Le niveau de l'avenue gonfle dans un désordre progressif, tandis que les maisons érigées sans étude préalable restent dans une fosse dont il est difficile d'échapper aux inondations en temps de fortes pluies comme en temps de faibles pluies.

Aussi, les boues des fonderies qui sont des particules plus ou moins fines, sédimentent dans l'unique voie d'évacuation des eaux usées qui y existe et qui restant très bas en rapport avec le niveau d'avenue, recueille plus les particules solides sédimentables que les eaux. Les grosses particules ayant résisté à la dislocation exercent une forme de pression sur les parois de cette voie d'évacuation des eaux provoquant systématiquement le rétrécissement de son lit et donc de sa capacité d'accueillir les eaux.

Il se crée donc un phénomène double de rétrécissement de la surface et de la sédimentation qui s'ajoute au problème fréquent à Kinshasa de «tout jeter partout» [7], qui fait que les ouvrages d'assainissement soient pris comme des poubelles à ciel ouvert. Ce qui justifie en conséquence que Ndanu demeure un quartier inondé même suite à une faible pluie. Cette situation risque de perdurer ou de s'aggraver aussi longtemps que des travaux de grande envergure ne seraient pas entrepris pour soulager un tant soit peu la population de ce coin.

7 CONCLUSION

Cet article a permis d'examiner profondément la problématique de rejet des déchets industriels solides mais particulièrement des scories et boues des fonderies. Après sondage et observation qui nous ont permis de recueillir d'une part des données géographiques et d'autre part des données métriques (in et out situ), deux types de résultats ont été dégagés.

Les analyses des données métriques montrent que sur une période moyenne de 10 ans, ± 45000 tonnes des SBF ont été déversées dans les avenues de notre zone d'étude (la quantité contenue dans des parcelles n'a pas été évaluée). Ces déchets s'étalent sur une superficie de 70150 m^2 occupant un volume relatif de 26822 m^3 . Ce volume continuera à croître au rythme de production des scories et boues des dites fonderies estimée à ± 16 tonnes/jour tant que des mesures idoines de gestion de ces rebuts ne seront pas prises.

Les données rendues dans cet article sont utiles au cas où il serait établi une pollution quelconque aux SBF et que des mesures de remédiation pourraient être envisagées. L'analyse des données géographiques a reproduit une carte qui montre comment les SBF se répartissent l'occupation spatiale du milieu. Après sa lecture nette et claire, nous avons établi que la concentration de celles-ci se localise dans des lieux où se posent avec acuité des problèmes sérieux environnementaux (naturels ou anthropiques). Il s'agit de manière particulière des inondations, éboulements des sols, nids de poules causés par une forte sollicitation d'avenues par des camions à fort tonnage et autres matériels roulants, etc.

REFERENCES

- [1] Mahé-Le Carlier C., 1997. Caractérisation pétrographique et chimique d'analogues de déchets vitrifiés actuels: les scories de la métallurgie ancienne, Etude de l'altération naturelle et expérimentale, Thèse de doctorat, Université de Lille, 337 p.
- [2] Gaudin J.P., 2009. Furnace slag, *Materials and Structures/Matériaux et Constructions*, volume 36, p17-38.
- [3] Deneele D., 2002. Caractérisation, Simulations expérimentales et thermodynamiques de l'altération de déchets vitreux, Thèse de doctorat, Université de Lille I, 168 p.
- [4] G. H. Thomas, 1978. Expériences britanniques d'utilisation des scories LD comme revêtements routiers, *Rev. Met. Paris*, Vol. 75, N°5 (Mai 1978), pp. 329–334.
- [5] Scheibler, D & Schneider, W. (1985). Monte Carlo tests of the accuracy of cluster analysis algorithms. *Multivariate Behavioral Research*, 20, 283-304.
- [6] Kos, A.J.& Psenicka, C., 2000. Measuring similarity across methods. *Psychological reports*, 86, 858-862.
- [7] Joseph M. Kakundika, Dieudonné E. Musibono, K. Binzangi et Thierry T. Tangou, 2018. Analyse environnementale des sites de captage d'eau de la REGIDESO à Kinshasa, *International Journal of Invention and Applied Studies*, ISSN 2028-9324 vol.25 n° 1. Dec. 2018, pp 313-321.