



Potentiel de valorisation des substrats organiques par les larves d'*Hermetia illucens* : caractérisation des ressources et de leur acceptabilité sociale à Boma (Province du Kongo-Central, République Démocratique du Congo)

Aurely Makiese Kanda^{1*}, Alexandre Tona Tona^{1,2}, Gaétan Kalala Bolokango^{1,2}, Alphonse Mabanga Mabanga¹, Martin Solo Matsanga², Patrick Mafwila Kinkela^{1,2}

⁽¹⁾Université Président Joseph Kasa Vubu (UKV). Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement. BP 314 Boma (RDC). E-mail : aurelymakiese781@gmail.com

⁽²⁾Université de Kinshasa (UNIKIN). Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement. Mention Production Animale. BP 117 Kinshasa XI (RDC)

Reçu le 14 juillet 2026, accepté le 2026, publié en ligne le 29 septembre 2026

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v9i3.23>

RESUME

Description du sujet. La gestion des déchets organiques constitue une problématique environnementale majeure dans les villes de la République Démocratique du Congo. Parallèlement, l'accès aux sources locales de protéines pour l'alimentation animale demeure fortement limité. Face à ce double défi, la bioconversion par les larves de la mouche soldat noire (*Hermetia illucens*) offre une solution innovante pour valoriser les biodéchets et produire une biomasse riche en protéines.

Objectifs. Cette étude vise à identifier et caractériser les substrats organiques disponibles dans la ville de Boma, afin d'évaluer leur potentiel de valorisation par les larves d'*Hermetia illucens* ainsi que l'acceptabilité sociale de cette technologie de recyclage.

Méthodes. Une enquête descriptive transversale a été menée auprès de 400 producteurs de biodéchets répartis dans les trois communes de la ville de Boma du 2 au 26 février 2026. Les données ont été collectées par questionnaire structuré, puis traitées par des statistiques descriptives, le test du Khi-deux de Pearson et une Analyse des Correspondances Multiples (ACM).

Résultats. Les résultats indiquent que les ménages constituent la principale source de biodéchets (46,0 %). Cette production est majoritairement quotidienne (61,5 %) et caractérisée par de faibles volumes (61,7 %). Les restes alimentaires représentent le substrat organique prédominant (63,2 %), suivis par les déjections animales (18,7 %). Si la majorité des résidus sont collectés à l'état frais (66,7 %), une forte proportion (65,3 %) contient des impuretés, principalement du sable (45,0 %). Les caractéristiques physiques des biodéchets varient significativement selon le profil des acteurs ($p < 0,01$). Enfin, bien que 71,0 % des répondants ignorent le principe de la bioconversion, 68,2 % se déclarent tout à fait disposés à trier et fournir leurs biodéchets pour alimenter la production larvaire.

Conclusion. La ville de Boma dispose d'un gisement prometteur de substrats organiques favorables à l'émergence d'une filière de bioconversion par *Hermetia illucens*. Néanmoins, la viabilité de cette technologie reste tributaire d'une amélioration du tri à la source pour limiter les impuretés et d'un renforcement des campagnes de sensibilisation auprès des producteurs.

Mots-clés : *Hermetia illucens*, biodéchet, bioconversion, acceptabilité sociale, Boma/RDC.

ABSTRACT

Bioconversion potential of organic substrates by *Hermetia illucens* larvae: resource characterization and social acceptability in Boma (Kongo-Central Province, Democratic Republic of the Congo)

Description of the subject. Organic waste management is a major environmental challenge in cities across the Democratic Republic of the Congo. Simultaneously, access to local protein sources for animal feed remains highly limited. Facing this dual challenge, bioconversion using black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) offers an innovative solution to upcycle biowaste and produce protein-rich biomass.

Objective. This study aims to identify and characterize available organic substrates in the city of Boma to evaluate their upcycling potential using *Hermetia illucens* larvae, as well as the social acceptability of this recycling technology.

Methods. A cross-sectional descriptive survey was conducted among 400 biowaste producers across the three municipalities of Boma from February 2 to 26, 2026. Data were collected via a structured questionnaire and analyzed using descriptive statistics, Pearson's chi-square test, and Multiple Correspondence Analysis (MCA).

Results. The findings indicate that households are the primary source of biowaste (46.0 %). This production is mostly daily (61.5 %) and characterized by low volumes (61.7 %). Food scraps represent the predominant organic substrate (63.2 %), followed by animal manure (18.7 %). While most residues are collected fresh (66.7 %), a high proportion (65.3 %) contains impurities, predominantly sand (45.0 %). Physical characteristics of the biowaste significantly vary according to stakeholder profiles ($p < 0.01$). Finally, although 71.0% of respondents are unfamiliar with the principle of bioconversion, 68.2 % state they are fully willing to sort and provide their biowaste to supply larval production.

Conclusion. The city of Boma features a promising supply of organic substrates favorable to the emergence of an *Hermetia illucens* bioconversion value chain. Nevertheless, the viability of this technology remains dependent on improving source-separation to minimize impurities and strengthening awareness campaigns among waste producers.

Keywords: *Hermetia illucens*, biowaste, social acceptability, Boma/DRC.

1. INTRODUCTION

La production de biodéchets augmente continuellement à l'échelle mondiale sous l'effet combiné de la croissance démographique, de l'urbanisation rapide et de l'évolution structurelle des habitudes de consommation [PNUE, 2024]. Selon le Programme des Nations Unies pour l'environnement, le volume des résidus municipaux connaîtra une trajectoire ascendante soutenue au cours des prochaines décennies si les modes de production actuels se maintiennent. Cette dynamique exercera une pression critique sur des systèmes de gestion des déchets déjà saturés, en particulier au sein des pays à faible revenu [PNUE, 2024]. Dans ces économies en développement, la gestion déficiente des fractions organiques engendre de graves conséquences environnementales et sanitaires, matérialisées par la pollution diffuse des sols et des ressources hydriques, l'émission massive de gaz à effet de serre, la prolifération de vecteurs de maladies et la dégradation globale des écosystèmes périurbains (Kaza *et al.*, 2018 ; Ferronato *et al.*, 2023).

En Afrique subsaharienne, bien que la matière organique représente généralement plus de la moitié de la masse totale des déchets solides ménagers, les infrastructures de collecte, de tri à la source et de valorisation font encore cruellement défaut (Kaza *et al.*, 2018). Par conséquent, un gisement considérable de ressources organiques, qui pourrait être réintroduit de manière efficiente dans les cycles agricoles par le biais d'approches d'économie circulaire, se trouve définitivement perdu. Parallèlement, le secteur de l'élevage fait face à une flambée des coûts des intrants protéiques conventionnels, notamment la farine de poisson et le tourteau de soja. Cette vulnérabilité socio-économique suscite un regain d'intérêt pour le développement de sources alternatives de protéines locales, résilientes et durables (Chaddad *et al.*, 2021 ; Ferronato *et al.*, 2023 ; Régeard, 2025).

Une solution technologique particulièrement prometteuse réside dans la bioconversion des biodéchets à l'aide des larves de la mouche soldat noire (*Hermetia illucens*), dont le potentiel suscite un intérêt scientifique et commercial grandissant. Ces larves possèdent la capacité de métaboliser efficacement divers substrats organiques pour les transformer en une biomasse hautement riche en protéines et en lipides de qualité supérieure, parfaitement adaptée à l'alimentation animale. Ce procédé biologique permet simultanément de réduire drastiquement les volumes de déchets initiaux et de générer un résidu de digestion, le frass, valorisable comme amendement organique de premier choix pour les sols (Diener *et al.*, 2011 ; Gold *et al.*, 2020 ; Beesigamukama *et al.*, 2023 ; Wang & Shelomi, 2024). Cette écotechnologie favorise ainsi une gestion intégrée des déchets urbains tout en renforçant la durabilité des productions zootechniques (Smetana *et al.*, 2019 ; Barragán-Fonseca & Llauro Casares, 2024).

Néanmoins, la performance biotechnologique de ce système reste tributaire des caractéristiques intrinsèques des substrats disponibles, notamment en termes de volumes réguliers, de composition biochimique, d'état de décomposition et de degré de contamination physique ou chimique. La littérature scientifique démontre à cet égard que la qualité nutritionnelle du milieu d'élevage influence directement le taux de croissance larvaire, l'efficacité de conversion alimentaire et le profil nutritionnel de la biomasse finale (Nguyen *et al.*, 2015 ; Rehman *et al.*, 2017 ; Lalander *et al.*, 2019 ; Dzepe *et al.*, 2020). De plus, la viabilité à long terme d'une telle filière dépend de l'adhésion des producteurs de biodéchets, dont les perceptions, les habitudes de tri et la volonté de s'engager détermineront la stabilité spatio-temporelle de l'approvisionnement du cheptel insecte.

En République Démocratique du Congo, si l'intérêt pour l'entomoculture appliquée à la nutrition animale est en nette progression, la majorité des recherches se sont jusqu'à présent focalisées sur la valeur nutritionnelle des larves et leurs performances zootechniques en station. En revanche, les données relatives à la disponibilité réelle des substrats, aux modes locaux de gestion des déchets et à l'acceptabilité sociale de cette innovation demeurent embryonnaires, en particulier dans les villes secondaires. Ce déficit de connaissances entrave la structuration de filières locales de bioconversion qui soient parfaitement alignées sur les réalités socio-économiques du pays (Dzepe *et al.*, 2021).

La présente étude s'inscrit dans cette perspective avec pour objectif de caractériser les substrats organiques disponibles dans la ville de Boma, d'évaluer leur potentiel de valorisation par les larves d'*Hermetia illucens* et de déterminer l'acceptabilité sociale de cette technologie auprès des principaux producteurs de biodéchets. En comblant ce manque de données factuelles, cette recherche fournit aux autorités locales, aux chercheurs, aux investisseurs et aux partenaires au développement des évidences empiriques rigoureuses. Les résultats obtenus permettront d'éclairer les choix stratégiques pour le déploiement de systèmes durables de gestion des biodéchets, la production locale de protéines de substitution et l'opérationnalisation de l'économie circulaire en République Démocratique du Congo.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Localisation de la zone d'étude

Cette recherche a été menée dans la ville de Boma, située dans la province du Kongo-Central, dans le sud-ouest de la République Démocratique du Congo. En tant qu'ancienne capitale nationale, Boma constitue un pôle urbain, commercial et agroalimentaire de premier plan. Les activités domestiques, agricoles, marchandes et de transformation artisanale y génèrent quotidiennement des volumes substantiels de déchets biodégradables aptes à être réintégrés dans un cycle d'économie circulaire (INS, 2022 ; Ville de Boma, 2023).

Sur le plan géographique, la ville est localisée à environ 467 km au sud-ouest de Kinshasa, à l'intersection du parallèle 5°51' de latitude Sud et du méridien 13°03' de longitude Est. D'après la classification bioclimatique de Köppen-Geiger, le territoire de Boma est soumis à un climat tropical de type Aw. Ce régime se caractérise par une alternance marquée entre une saison humide et une saison sèche, avec le maintien de températures élevées tout au long de l'année (Kottek *et al.*, 2006 ; Peel *et al.*, 2007).

Administrativement, la ville de Boma est subdivisée en trois communes, à savoir Kabondo, Kalamu et Nzadi, elles-mêmes composées de plusieurs quartiers. Selon l'Institut National de la Statistique, sa population est estimée à environ 328 710 habitants, avec un taux de croissance démographique annuel d'environ 3 % (INS, 2022). Cette expansion démographique rapide induit une augmentation corrélative de la production de déchets solides municipaux. Une part prépondérante de ces rebuts est constituée de matières fermentescibles issues des ménages, des marchés centraux, des établissements de restauration, des exploitations d'élevage périurbaines et des unités de transformation agroalimentaire (INS, 2022 ; PNUE, 2024).

Le choix de concentrer cette étude sur l'espace urbain de Boma repose sur des motivations scientifiques et opérationnelles complémentaires. D'une part, la ville présente une grande diversité d'acteurs générateurs de biodéchets, formant un réseau de fournisseurs potentiels de matières premières pour une unité pilote de bioconversion larvaire. D'autre part, la littérature scientifique locale souffre d'un manque criant de données quantitatives et qualitatives sur la nature exacte de ces gisements organiques et sur leur aptitude à nourrir des larves d'*Hermetia illucens*. Cette étude ambitionne ainsi de combler ce déficit de connaissances, tout en posant les bases de stratégies innovantes pour la gestion et la valorisation des fractions organiques en milieu urbain secondaire en République Démocratique du Congo. La localisation de la zone d'étude ainsi que la répartition spatiale des sites d'enquête sont illustrées dans la figure 1.

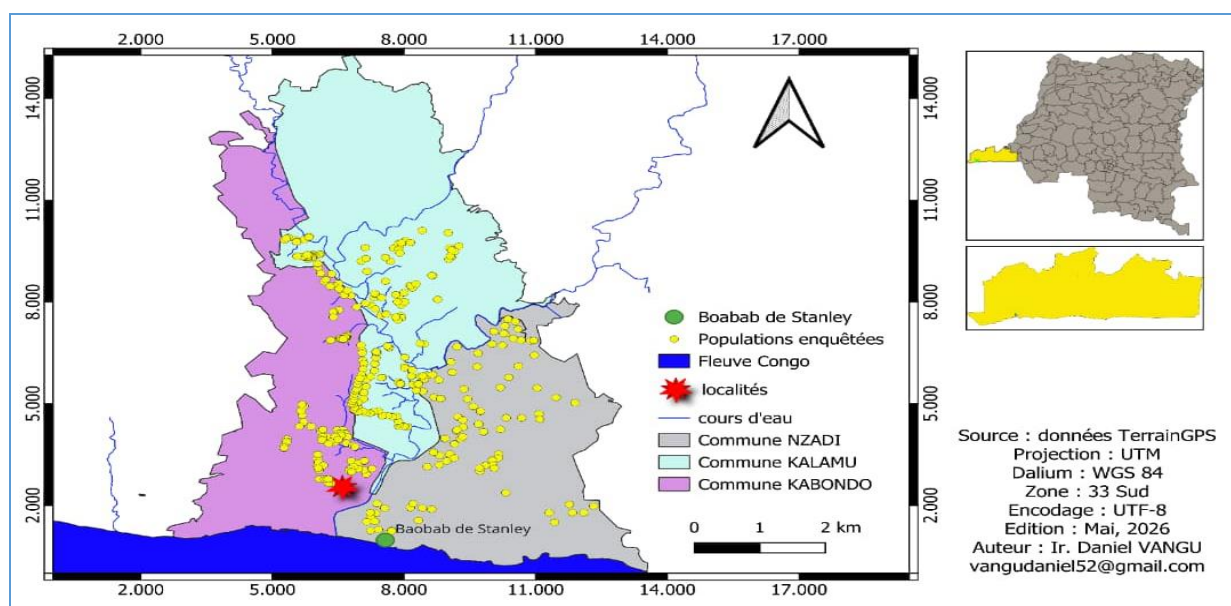


Figure 1. Carte de la ville de Boma montrant les zones d'enquête en points jaunes à travers les communes de la ville.

2.2. Type d'étude et période d'étude

La présente recherche consiste en une enquête observationnelle, descriptive et analytique s'appuyant sur un devis d'étude transversal. Cette approche permet de caractériser précisément la nature des biodéchets produits, d'analyser les modes de gestion adoptés par les différents acteurs et d'évaluer la perception ainsi que l'acceptabilité de la valorisation de ces substrats organiques par les larves d'*Hermetia illucens*. La collecte des données s'est déroulée entre le 2 et le 26 février 2026 au sein des trois communes de la ville de Boma. Cette fenêtre temporelle a été définie afin de couvrir simultanément les différents profils de producteurs de biodéchets et de collecter des informations représentatives sur les pratiques de génération et de gestion en vigueur au moment des investigations.

Cette étude s'inscrit dans une démarche de diagnostic préliminaire visant à évaluer la faisabilité technique et socio-économique de la mise en place d'une filière locale de bioconversion par les larves d'*Hermetia illucens*. À cet effet, des informations quantitatives et qualitatives ont été collectées sur les volumes, les caractéristiques physiques des substrats organiques disponibles, les habitudes d'élimination, ainsi que sur le niveau de connaissances, les perceptions et l'engagement potentiel des acteurs au sein de cette future filière de recyclage. Le recours à un devis transversal est motivé par sa capacité à fournir une vision holistique, à un instant donné, des dynamiques de gestion des résidus et des facteurs critiques susceptibles d'influencer l'adoption de cette écotechnologie. Ce type de schéma est d'ailleurs largement validé par la littérature internationale pour l'étude de l'acceptabilité sociale des

innovations dans les domaines de l'agriculture, de l'environnement et de l'économie circulaire.

La population cible de cette recherche englobe les ménages, les restaurants, les marchés, les fermes d'élevage, les unités agroalimentaires et d'autres établissements commerciaux qui génèrent régulièrement des fractions organiques et constituent les principaux fournisseurs de biodéchets à Boma. Ces catégories d'acteurs ont été sélectionnées en raison de leur capacité à alimenter de manière continue une potentielle filière de bioconversion larvaire. Les critères d'inclusion définis imposaient aux répondants d'être âgés d'au moins 18 ans, d'être présents lors du passage des enquêteurs et d'avoir exprimé un consentement libre et éclairé. À l'inverse, les acteurs refusant de participer ou ne générant pas de flux organiques réguliers ont été systématiquement exclus de l'analyse.

La taille minimale de l'échantillon a été déterminée à l'aide de la formule classique de Cochran et Daniel Schwartz pour l'estimation d'une proportion dans le cadre d'une étude transversale, définie par la relation $n = [Z^2 \times p \times (1 - p)] / d^2$. Dans cette équation, n représente la taille minimale de l'échantillon, tandis que Z correspond à la valeur de la distribution normale pour un niveau de confiance de 95 %, soit 1,96. La variable p désigne la proportion attendue de producteurs de biodéchets, fixée ici par prudence à 50 % en l'absence de données antérieures pour la ville de Boma, maximisant ainsi la taille théorique de l'échantillon. Enfin, d représente la précision souhaitée, arrêtée à 5 %. L'application de ce protocole mathématique fournit une taille minimale de 384 individus. Afin de renforcer la représentativité de l'étude, de pallier les éventuels biais de non-réponse et de faciliter la

robustesse des analyses statistiques par catégorie d'acteurs, la taille finale de l'échantillon a été portée à 400 producteurs de biodéchets. Ce collectif a été réparti entre les communes de Kabondo, Kalamu et Nzadi. La sélection s'est opérée par une stratification par catégorie de producteurs, suivie d'un échantillonnage raisonné en fonction de la disponibilité des acteurs et de l'intensité de leur activité de production de biodéchets, garantissant ainsi la couverture de l'ensemble des gisements de substrats de la ville.

2.3. Outils de collecte de données, assurance qualité et éthique

Le questionnaire d'enquête a été élaboré sur la base des objectifs spécifiques de la recherche et d'une revue systématique de la littérature portant sur la gestion des déchets organiques, la biologie d'*Hermetia illucens* et la sociologie de l'acceptabilité des écotechnologies. L'outil comprenait une majorité de questions fermées, complétée par quelques questions ouvertes destinées à capter des nuances qualitatives auprès des répondants. L'arborescence analytique de la grille d'enquête était structurée de manière continue autour de six dimensions thématiques principales. Le premier bloc traitait des caractéristiques socio-économiques des répondants et de la nature de leurs unités de production. Le deuxième volet documentait la disponibilité temporelle et les caractéristiques physiques des biodéchets. Le troisième axe analysait les modes de stockage, de collecte et de gestion courante. Le quatrième segment qualifiait la pureté des substrats organiques en évaluant leur état de fraîcheur, la présence de contaminants physiques comme le sable et leur origine exacte. Le cinquième volet mesurait le niveau de connaissance et la perception de la bioconversion par les insectes. Enfin, la dernière section évaluait la volonté des producteurs à céder ou vendre leurs biodéchets ainsi que leur acceptabilité des sous-produits issus de cette technologie, tels que le frass ou les farines larvaires.

Avant le déploiement de la collecte de données sur le terrain, le questionnaire a fait l'objet d'un pré-test rigoureux auprès d'un échantillon restreint de producteurs, ces derniers ayant été définitivement exclus de la base de données finale. Cette phase pilote a permis de vérifier la clarté sémantique des énoncés, la bonne appropriation des concepts par les enquêtés et la cohérence structurelle de l'outil. Les ajustements issus de ce pré-test ont permis d'optimiser la qualité globale de la collecte. Les entretiens ont été menés en face-à-face par les chercheurs après obtention du consentement des participants. Les questions ont été explicitées en français ou traduites en langue locale si la situation l'exigeait, afin de garantir une parfaite compréhension des enjeux. En complément, des

grilles d'observation directe ont été complétées in situ sur les sites d'enquête afin de croiser et de valider les déclarations des acteurs concernant l'état sanitaire, le degré de tri et la nature réelle des résidus stockés.

Sur le plan éthique, la participation à cette étude était strictement volontaire. Tous les répondants ont été clairement informés des objectifs scientifiques de la recherche et de l'utilisation exclusive des données à des fins de publication universitaire. L'anonymat des participants et la confidentialité absolue des données individuelles ont été rigoureusement garantis tout au long du traitement des fichiers, conformément aux standards nationaux et internationaux régissant les enquêtes auprès des personnes humaines.

2.4. Variables de l'étude

Les variables indépendantes retenues comprenaient les caractéristiques socio-professionnelles et géographiques des producteurs de biodéchets, à savoir le type d'acteur, segmenté en ménages, restaurants, marchés, fermes, industries ou autres entités, ainsi que la commune de résidence et la durée d'activité. En parallèle, les variables dépendantes se structuraient autour de cinq dimensions analytiques majeures.

La première dimension concernait la disponibilité des biodéchets, appréhendée à travers le type de substrats produits, leur origine, la fréquence de génération, le volume quantitatif et la période de production.

La deuxième dimension qualifiait les caractéristiques intrinsèques des substrats organiques, incluant leur état physique, distingué entre frais, en début de fermentation, décomposé ou séché, ainsi que la présence et la nature des impuretés, et la méthode de stockage transitoire avant élimination ou valorisation.

La troisième dimension évaluait les pratiques de gestion courantes, englobant les méthodes d'élimination définitive, la durée de rétention des déchets, les difficultés opérationnelles rencontrées et la propension à utiliser un service de collecte dédié.

La quatrième dimension mesurait le potentiel de valorisation à travers la volonté déclarée de fournir ces biodéchets pour la production de larves d'*Hermetia illucens*, les conditions économiques de cession, déclinées en gratuité, cession payante ou partenariat, et le mode de fourniture souhaité.

Enfin, la cinquième dimension abordait l'acceptabilité sociale en quantifiant le degré de connaissance préalable de la technologie, la perception globale de la bioconversion par les insectes et la volonté de consommer des produits

issus d'animaux nourris avec des farines de larves d'*Hermetia illucens*. L'articulation de ces différentes variables a permis de caractériser rigoureusement le gisement de biodéchets disponibles dans la ville de Boma, d'identifier les facteurs critiques susceptibles d'affecter leur valorisation biotechnologique et d'évaluer la faisabilité sociale du développement d'une filière locale de bioconversion.

Pour garantir la robustesse des résultats, les données collectées ont fait l'objet d'une double vérification systématique, avant d'être codées et saisies dans le tableur Microsoft Excel 2021 pour un contrôle approfondi de leur cohérence interne. Les traitements informatiques et les analyses statistiques avancées ont ensuite été exécutés à l'aide des logiciels IBM SPSS Statistics version 21 et R version 4.5.3. Les variables qualitatives ont été synthétisées sous forme de fréquences absolues et de proportions relatives exprimées en pourcentages. Les associations entre les variables catégorielles ont été validées au moyen du test du Khi-deux de Pearson (χ^2). Dans les cas où les conditions d'application de ce test asymptotique n'étaient pas satisfaites, notamment lorsqu'un effectif théorique

inférieur à 5 était enregistré dans les cellules du tableau de contingence, une procédure de simulation de Monte-Carlo a été déployée afin d'obtenir des estimations robustes et fiables des probabilités exactes.

De plus, une Analyse des Correspondances Multiples (ACM) a été réalisée pour explorer les structures relationnelles et les interdépendances cachées entre les profils des producteurs, les caractéristiques physiques des biodéchets et leurs modes de gestion. Cette approche d'analyse multivariée offre l'avantage de projeter simultanément sur un même espace factoriel les modalités de plusieurs variables qualitatives, mettant ainsi en exergue les profils d'association spécifiques à chaque groupe d'acteurs. Les deux premiers axes factoriels ont été retenus pour l'interprétation géométrique des résultats, ces derniers capturant la part la plus significative de l'inertie totale des données. L'ensemble des tests statistiques a été configuré à un seuil de signification de 5 %, de sorte que les différences ont été déclarées statistiquement significatives pour toute valeur de p inférieure à 0,05 ($p < 0,05$).

3. RÉSULTATS

3.1. Disponibilité des biodéchets

Cette section analyse la répartition spatiale et sectorielle des producteurs de biodéchets enquêtés, tout en quantifiant leurs volumes de production, leur fréquence de génération ainsi que leurs fluctuations saisonnières au sein de la ville de Boma. L'examen de ces paramètres permet d'identifier précisément les gisements et les sources majeures de substrats organiques susceptibles d'être mobilisés de manière stable pour alimenter la bioconversion par les larves d'*Hermetia illucens* (Figure 2).

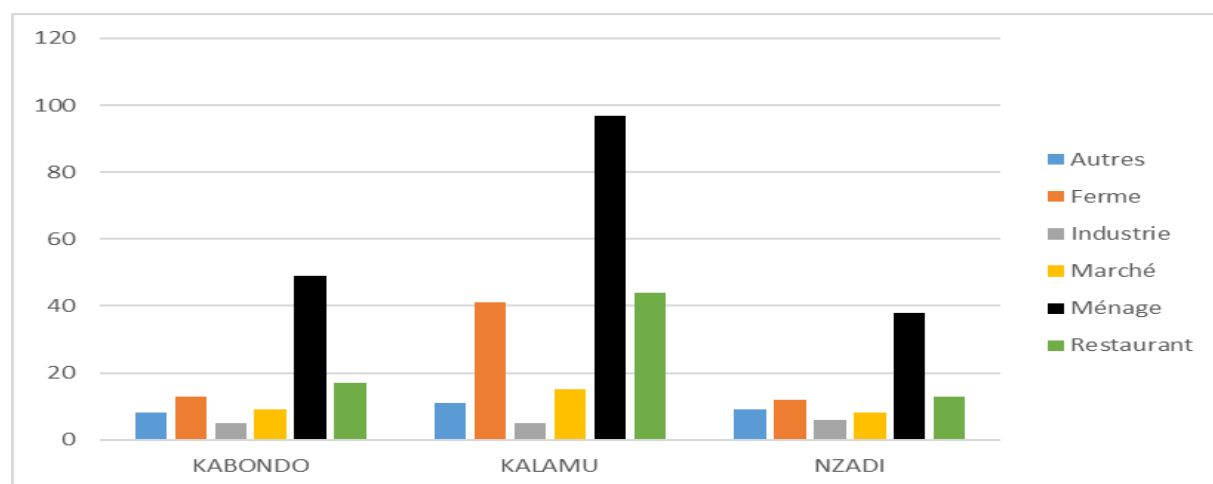


Figure 2. Répartition des producteurs de biodéchets enquêtés par catégories d'acteurs et communes de la ville de Boma.

Les résultats mettent en évidence que la principale catégorie de producteurs de biodéchets est constituée par les ménages, qui regroupent 184 répondants, soit 46,0 % de l'échantillon. Cette source majeure est suivie par les restaurants avec 74 répondants (18,5 %), les fermes d'élevage avec 66 répondants (16,5 %) et les marchés avec 32 répondants (8,0 %). Les structures alternatives représentent 28 répondants (7,0 %), tandis que les industries agroalimentaires ferment la marche avec seulement 16 répondants, soit 4,0 % du collectif enquêté.

Concernant la répartition spatiale par entités administratives, la commune de Kalamu enregistre la plus forte concentration d'acteurs avec 213 répondants (53,2 %). Elle est suivie par la commune de Kabondo qui compte 101 répondants (25,2 %) et par celle de Nzadi avec 86 répondants (21,5 %). Cette distribution spatiale confirme que les gisements et les activités génératrices de fractions organiques sont préférentiellement agglomérés au sein de la commune de Kalamu.

De manière globale, ces données indiquent que le paysage de la production de biodéchets à Boma est structurellement dominé par le secteur domestique, la restauration et les exploitations zootechniques. Ce triptyque d'acteurs s'impose ainsi comme le fournisseur stratégique et incontournable des substrats organiques destinés à servir d'intrants pour le développement d'une filière locale de bioconversion par les larves d'*Hermetia illucens*.

3.2. Production de déchets

Le tableau 1 ci-dessous présente la production de déchets à Boma au Kongo Central.

Tableau 1. Période de production, de fréquence et de collecte des biodéchets par catégories de producteurs dans la ville de Boma.

	Autres	Ferme	Industrie	Marché	Ménage	Restaurant	Total	p-valeur	
N (nombre d'unités)	28	66	16	32	184	74	400		
Niveau de Production des déchets (%)									
Elevée	0	1,5	0	2	1,5	1,5	6,5	$\chi^2_{p<0,01}$	
Faible	4,5	3	0,5	4	36,7	13	61,7		
Moyenne	1,5	9	0,5	2	6,2	4	23,2		
Très élevée	1	3	3	0	1,5	0	8,5		
Fréquence de production (%)									$\chi^2_{p<0,01}$
Hebdomadaire	3,5	1,5	1	3,5	13	2,5	25		
Mensuelle	0,5	0,5	1,5	1	1,5	1	6		
Quotidienne	1,5	14	1	2	28,5	14,5	61,5		
Saisonnière	1,5	0,5	0,5	1,5	3	0,5	7,5		
Période de collecte (%)									$\chi^2_{p<0,01}$
Saison pluvieuse	3	13	1,5	4,5	32	16,5	70,5		
Indépendance de la saison	4	3,5	2,5	3,5	14	2	29,5		

L'analyse croisée met en évidence que le volume quantitatif de biodéchets générés dépend de manière hautement significative du profil du producteur ($p < 0,01$). De manière globale, 61,7 % des unités enquêtées affichent un faible niveau de production unitaire, une catégorie structurellement dominée par les ménages (36,7 %) et les établissements de restauration (13,0 %). À l'inverse, les flux qualifiés d'importants (23,2 %), de moyens (6,5 %) et de très importants (8,5 %) proviennent majoritairement des exploitations agricoles et des unités industrielles, confirmant la capacité intrinsèque de ces acteurs agro-zootechniques à concentrer de grands volumes de biomasse organique.

Le rythme de génération de ces matières s'avère préférentiellement quotidien pour 61,5 % de l'échantillon, une dynamique portée de concert par le secteur domestique (28,5 %), la restauration (14,5 %) et les fermes d'élevage (14,0 %). Le reste du gisement est évacué selon une fréquence hebdomadaire pour 25,0 % des structures, tandis que les rythmes mensuels (6,0 %) et saisonniers (7,5 %) demeurent marginaux. Cette variabilité temporelle des flux selon la typologie des producteurs est validée sur le plan statistique ($p < 0,01$).

Sur le plan de la saisonnalité, une large majorité de répondants (70,5 %) souligne que la production et la collecte de ces fractions fermentescibles s'intensifient de manière critique durant la saison des pluies, alors que 29,5 % des acteurs estiment que le gisement s'avère indépendant des fluctuations climatiques. Ce constat est particulièrement partagé par les ménages (32,0 %), les restaurateurs (16,5 %) et les exploitants agricoles (13,0 %). Les dynamiques hydro-climatiques régionales exercent ainsi une influence directe sur les rythmes de génération et les modes de gestion des biodéchets dans l'espace urbain de Boma.

En synthèse, ces investigations démontrent que si le secteur résidentiel constitue le pilier de la filière en raison de sa représentativité numérique et de la régularité quotidienne de ses rejets, les fermes et les industries se démarquent par la forte densité pondérale de leurs gisements. Cette prédominance des flux quotidiens, couplée à

une amplification pluviométrique, représente un paramètre opérationnel crucial à intégrer lors du dimensionnement logistique d'un système de collecte et de bioconversion larvaire par *Hermetia illucens*.

3.3. Typologie et caractéristiques des biodéchets

Le tableau 2 indique le type de biodéchets produits, l'origine des biodéchets, leur forme physique et les méthodes de stockage des biodéchets utilisées par les différentes catégories de producteurs dans la ville de Boma.

Tableau 2. Typologie, origine, état physique et pratiques de stockage des biodéchets selon les catégories de producteurs dans la ville de Boma

	Autres	Ferme	Industrie	Marché	Ménage	Restaurant	Total	p-valeur
N (nombre d'unités)	28	66	16	32	184	74	400	
Produisez-vous des Bio déchets (oui)	6,0	14,5	3,0	6,0	40,0	15,5	85,0	$\chi^2_{p<0,01}$
Types des déchets (%)								$\chi^2_{p<0,01}$
Reste alimentaire	3,2	2,0	0,5	2,0	40,2	15,2	63,2	
Déjections animales	7,1	74,2	31,2	3,1	4,3	13,5	18,7	
Reste des fruits	2,5	2	0,25	3,5	10	1,5	19,7	
Légume	3,0	4,0	0,5	5,2	9,0	1,7	23,5	
Epluchure de manioc	0,5	0,5	0	1,7	5,2	1,2	9,2	
Pulpe de manioc	0,2	1,7	0,5	2,5	3,7	0,5	9,2	
Drèche	0,0	2,2	1,0	0,0	0,5			
Mélange	2,0	0,7	1,2	1,0	2,0	0,5	7,5	
Silure de bois	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	
Son	0 ;0	4,2	0,5	0,0	1,0	0,0	5,7	
Stockage avant utilisation								$\chi^2_{p<0,01}$
Oui	4,0	7,3	2,5	6,02	28,0	15	62,9	
Non	3,0	9,2	1,5	2,0	17,7	3,5	37,9	
Origine des déchets								$\chi^2_{p<0,01}$
Agricoles	1,0	12,5	0,5	4,0	3,0	1,5	22,2	
Agroalimentaire	0,5	2,5	2,0	1,5	2	0,5	9	
Domestique	2,5	0,7	0,0	1,0	38,5	0,5	43,2	
Restauration	0,5	0,5	1,0	1,0	2,0	15,0	20	
Autres	2,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	5,5	
Etat des déchets ramassés								$\chi^2_{p<0,01}$
Début fermentation	1,0	9,5	0,5	0,5	7,0	2,7	21,2	
Décomposé	1,0	1,5	1,0	0,5	1,5	0,5	6,0	
Frais	4,0	4,5	1,0	6,5	36	14,7	66,7	
Séché	1,0	1,0	1,5	0,5	1,5	0,5	6,0	

Les analyses statistiques montrent que la production de biodéchets, atteignant 85,0 % des unités, varie selon le producteur ($p < 0,01$), avec une prédominance des ménages (40,0 %), restaurants (15,5 %) et fermes (14,5 %). Le substrat majeur est constitué des restes alimentaires (63,2 %), suivis du fumier (18,7 %), indiquant un fort potentiel pour la bioconversion par *Hermetia illucens* en raison de la disponibilité de substrats frais (66,7 %) et diversifiés, bien que leur origine nécessite des stratégies de collecte adaptées. Pour la suite de l'analyse, la section sur le taux d'impuretés ou celle sur la perception des producteurs est disponible.

3.4. Qualité des biodéchets et pratiques de gestion

Le tableau 3 présente la qualité des biodéchets, notamment la nature et la présence d'impuretés, les méthodes de gestion utilisées par les producteurs, le coût de la collecte, la durabilité des biodéchets et les principales contraintes associées à leur gestion.

Tableau 3. Qualité des biodéchets et pratiques de gestion par catégorie de producteur dans la ville de Boma

	Autres	Ferme	Industrie	Marché	Ménage	Restaurant	Total	p-valeur
--	--------	-------	-----------	--------	--------	------------	-------	----------

N (nombre d'unités)	28	66	16	32	184	74	400	
Présence d'impureté								$\chi^2 p < 0,01$
Oui(%)	3,2	12,8	2,01	4,02	32,4	11,6	65,3	
Non(%)	3,8	3,7	2,0	4,0	13,6	6,9	34,7	
Type d'impureté retrouvée dans les déchets								$\chi^2 p < 0,01$
Aucune	2,5	3,5	1,0	1,50	12,7	5,0	26,2	
Autres	0,5	5,0	0,5	1,00	1,25	0,5	8,7	
Métaux	0,0	1,0	1,0	1,50	1,50	1,5	6,5	
Plastiques	1,5	0,0	0,5	2,50	7,5	1,5	13,5	
Sable	2,5	7,0	1,0	1,50	23,0	10,0	45,0	
Usages des déchets								$\chi^2 p < 0,01$
Abandon dans l'environnement	1,5	7,5	2,0	1,00	13,0	1,50	26,5	
Alimentation animale	1,0	0,5	0,50	2,0	7,0	5,50	16,5	
Compostage	1,0	4,0	1,0	0,50	2,50	0,0	9,0	
Mise en décharge	2,5	2,0	0,0	3,0	22,0	6,5	36,0	
Vente	0,0	1,0	0,50	1,50	1,50	4,0	8,50	
Autre	1,0	1,5	0,0	0,0	0,0	1,0	3,5	
Paiement aux collecteurs des déchets								$\chi^2 p < 0,01$
Oui	1,5	7,2	1,5	3,5	16,7	6,5	37,0	
Non	5,5	9,2	2,5	4,5	29,2	12,0	63,0	
Problèmes liés à la gestion des déchets								$\chi^2 p < 0,01$
Aucun problème	3,0	4,0	0,0	3,5	21,0	12,5	44,0	
Mauvaise odeurs	0,5	9,5	0,0	2,0	10,5	3,0	25,5	
Pollution	1,5	2,0	2,0	1,0	3,5	1,0	11,0	
Prolifération d'insectes	1,5	1,0	1,0	1,0	8,0	1,5	14,0	
Autres	0,5	0,0	1,0	0,5	3,0	0,5	5,5	
Durée de conservation des déchets								
1jour	0,5	5,5	0,5	1,5	6,5	2,5	17,0	
1-3jours	0,5	1,50	1,50	0,5	9,2	2,5	15,7	
Plus de 3 jours	3,0	4,00	0,50	2,5	8,5	2,5	21,0	
Indéterminé	3,0	5,50	1,50	3,5	21,7	11,0	46,2	
Problème lié à la gestion des déchets								$\chi^2 p < 0,01$
Aucun problème	3,0	4,0	0,0	3,5	21,0	12,5	44,0	
	0,5	9,5	0,0	2,0	10,5	3,0	25,5	
Mauvaise odeurs								
Pollution	1,5	2,0	2,0	1,0	3,5	1,0	11,0	
Prolifération d'insectes	1,5	1,0	1,0	1,0	8,0	1,5	14,0	
Autres	0,5	0,0	1,0	0,5	3,0	0,5	5,5	

Les analyses statistiques confirment l'existence d'une disparité hautement significative entre les différentes catégories de producteurs en matière de qualité et de modes de gestion des biodéchets ($p < 0,01$). À l'échelle de l'espace urbain d'étude, 65,3 % des acteurs estiment que les fractions organiques générées intègrent des impuretés physiques, un phénomène principalement imputable aux flux issus des ménages (32,4 %) et des exploitations agricoles (12,8 %). Le sable constitue le contaminant le plus récurrent (45,0 %), suivi par les débris plastiques (13,5 %) et les résidus métalliques (6,5 %), tandis que seuls 26,2 % des enquêtés font état d'un gisement totalement exempt d'impuretés.

Sur le plan opérationnel, l'élimination par enfouissement traditionnel prédomine et concerne 36,0 % du gisement, complétée par l'abandon direct dans le milieu récepteur pour 26,5 % des cas. À l'inverse, les filières circulaires telles que la valorisation directe en alimentation animale (16,5 %), le compostage (9,0 %) ou la commercialisation formalisée (8,5 %) demeurent marginales. Par ailleurs, les mécanismes de financement du

secteur restent fragiles, dans la mesure où 63,0 % des producteurs ne s'acquittent d'aucune taxe de collecte, contre 37,0 % qui recourent à un service payant.

L'analyse des contraintes associées à cette gestion quotidienne révèle que si 44,0 % des répondants déclarent ne subir aucun désagrément majeur, les autres acteurs se heurtent à des nuisances olfactives critiques (25,5 %), à la prolifération de vecteurs biologiques et d'insectes (14,0 %) ainsi qu'à des pollutions environnementales multi-formes (11,0 %). Ces dysfonctionnements sont exacerbés par des ruptures de rétroaction temporelle, puisque 46,2 % des producteurs ignorent la durée exacte de rétention de leurs résidus, alors que 21,0 % les stockent in situ pendant plus de trois jours, 17,0 % durant une seule journée et 15,7 % sur une plage d'un à trois jours.

En somme, ces données démontrent que le gisement organique de la ville de Boma souffre d'une forte contamination par des sédiments physiques et fait l'objet de pratiques d'élimination rudimentaires peu compatibles avec les exigences industrielles. Cette situation critique met en exergue l'impérieuse nécessité d'institutionnaliser le tri sélectif à la source, de moderniser la logistique de ramassage urbain et de structurer des chaînes de valeur axées sur le recyclage biologique, au sein desquelles la bioconversion par les larves d'*Hermetia illucens* s'impose comme une alternative technologique prioritaire.

3.5. Potentiel de valorisation des biodéchets et acceptabilité sociale

Le tableau 4 illustre le niveau de connaissance des producteurs sur la valorisation des biodéchets par les larves d'*Hermetia illucens*, leur volonté de fournir les biodéchets qu'ils produisent, les conditions de cette collaboration et leur acceptabilité des produits issus de cette technologie.

Tableau 4. Connaissances, perceptions et acceptabilité de la valorisation des biodéchets par les larves d'*Hermetia illucens* selon les catégories de producteurs dans la ville de Boma

	Autres	Ferme	Industrie	Marché	Ménage	Restauration	Total	p-valeur
N (nombre d'unités)	28	66	16	32	184	74	400	
Possibilités de valoriser les déchets par la production insectes								$\chi^2 p < 0,01$
Non	1,5	1,5	1,0	1,5	1,0	3,0	9,5	
Oui	0,5	6,0	0,5	0,5	8,5	3,5	19,5	
Sans avis	5,0	9,0	2,5	6,0	36,5	12,0	71,0	
Consentement à fournir les déchets pour la production de LMSH								$\chi^2 p < 0,01$
Non	1,0	1,0	0,0	1,7	4,0	0,5	8,2	
Oui	4,5	10,2	2,2	5,0	33,5	12,7	68,2	
Sous conditions	1,5	5,2	1,7	1,2	8,5	5,2	23,5	
Conditions pour fournir les déchets								$\chi^2 p < 0,01$
Gratuit	5,0	7,0	1,0	4,2	32,7	9,5	59,5	
Partenariat	0,5	2,5	2,0	1,5	4,2	0,7	11,5	
Rémunération	1,0	7,0	0,5	1,7	7,2	7,0	24,5	
Autres	0,5	0,0	0,5	0,5	1,7	1,2	4,5	
consentement à consommer les produits issus de l'élevage de la MSH								$\chi^2 p < 0,01$
Oui	2,5	3,0	2,0	1,7	5,0	3,5	17,7	
Non	4,5	13,5	2,0	6,2	41,0	15,0	82,2	

L'analyse statistique révèle une disparité hautement significative entre les différentes catégories d'acteurs quant au niveau de connaissance, à la perception et à l'acceptabilité sociale de la bioconversion par les larves d'*Hermetia illucens* ($p < 0,01$). À l'échelle globale de la ville de Boma, 71,0 % des répondants ne formulent aucune opinion préalable quant à la possibilité de valoriser les biodéchets par la production de larves, tandis que 19,5 % la jugent pertinente et 9,5 % l'estiment inacceptable. Cette absence d'opinion, particulièrement prégnante au sein des ménages (36,5 %) et des établissements de restauration (12,0 %), met en évidence un important déficit d'information technique concernant cette innovation biotechnologique.

Malgré ce manque de familiarité, une dynamique d'engagement favorable s'exprime sur le plan logistique. En effet, 68,2 % des producteurs se déclarent d'ores et déjà disposés à fournir activement leurs biodéchets pour alimenter la production larvaire, alors que 23,5 % conditionnent leur participation à des clauses spécifiques et seuls 8,2 % s'opposent fermement à cette démarche. Cette propension à approvisionner la filière est portée en premier lieu par le secteur domestique (33,5 %), la restauration (12,7 %) et les exploitations agricoles (10,2 %). Les conditions de cession de ces intrants biomasse varient également de manière significative selon la typologie

des acteurs ($p < 0,01$). La gratuité s'impose comme la modalité prédominante, revendiquée par 59,5 % de l'échantillon, suivie par l'exigence d'un paiement direct (24,5 %) et la mise en place d'un partenariat structuré (11,5 %). La recherche d'une compensation financière émane prioritairement des exploitants agricoles et des restaurateurs, traduisant une rationalité économique qui appréhende les biodéchets non plus comme des rebuts, mais comme une ressource commercialisable.

À l'inverse de cette forte adhésion en amont pour la fourniture des substrats, l'acceptabilité commerciale des produits issus d'animaux nourris avec des farines de larves d'*Hermetia illucens* demeure encore très restreinte. Les données indiquent que 82,2 % des répondants manifestent une forte réticence à consommer ces produits d'élevage, contre seulement 17,7 % qui se déclarent favorables. Cette barrière psychologique et de consommation met en lumière l'existence de freins socioculturels profonds, potentiellement liés à des phénomènes d'entomophobie ou de dégoût, susceptibles de ralentir les débouchés commerciaux de la filière.

En somme, ces investigations démontrent une asymétrie majeure dans le profil d'acceptabilité de l'innovation à Boma. Si le gisement organique bénéficie d'une excellente dynamique de mobilisation en amont grâce à la volonté de participation des producteurs, le marché de consommation des produits zootechniques finaux se heurte à des verrous socioculturels rigides. Ce contraste critique souligne l'importance stratégique de concevoir des campagnes de sensibilisation ciblées, des programmes de communication nutritionnelle et des démonstrations empiriques pour rassurer les consommateurs et stabiliser l'ensemble de cette chaîne de valeur circulaire.

3.6. Pratiques de gestion des biodéchets

Les pratiques de gestion des biodéchets sont présentées au tableau 5.

Tableau 5. Influence de la durée d'activité sur les pratiques de gestion des biodéchets, leur stockage et la volonté de les fournir pour la production de larves de *Hermetia illucens*

	1-3 ans	3-5 ans	< un an	> 5 ans	Total général	P-valeur
Prêt à fournir des déchets						
Non	1,7	2,5	0,5	3,5	8,2	
Oui	7,0	24,0	2,5	34,7	68,2	$\chi^2 p < 0,01$
Sous conditions	3,2	7,5	1,5	11,2	23,5	
Stockage avant utilisation						
Non	9,0	22,8	3,0	28,0	62,9	$\chi^2 p < 0,01$
Oui	3,0	11,2	1,5	21,3	37,0	

L'analyse des données met en évidence que la durée d'activité des acteurs exerce une influence hautement significative sur les modes de gestion des biodéchets, leurs modalités de stockage ainsi que sur la volonté des producteurs à approvisionner une unité de production de larves d'*Hermetia illucens* ($p < 0,01$).

La propension à céder les fractions organiques s'accroît de manière proportionnelle avec l'expérience accumulée dans l'activité. Si 68,2 % de l'ensemble des producteurs se déclarent favorables à la fourniture de leurs résidus pour l'élevage larvaire, cette dynamique d'adhésion est nettement plus marquée chez les opérateurs totalisant plus de cinq ans d'exercice (34,7 %), suivis par ceux affichant une ancienneté de trois à cinq ans (24,0 %). À l'inverse, les refus catégoriques demeurent marginaux et ne concernent que 8,2 % des répondants, tandis que 23,5 % des acteurs subordonnent leur engagement à des clauses spécifiques.

Sur le plan de la logistique interne, 62,9 % des structures ne réalisent aucun stockage transitoire avant l'évacuation ou la valorisation de leurs rebuts. Cette absence de rétention in situ caractérise prioritairement les professionnels les plus expérimentés, notamment les producteurs ayant plus de cinq ans d'activité (28,0 %) et ceux comptabilisant trois à cinq ans d'expérience (22,8 %). À l'opposé, un stockage préalable est pratiqué par 37,0 % des enquêtés, une habitude technique qui s'avère particulièrement ancrée au sein des exploitations agricoles et des fermes les plus anciennes de la zone (21,3 %).

En effet, ces corrélations statistiques démontrent que le niveau d'expérience et l'ancienneté sectorielle structurent fortement les comportements de gestion des biodéchets et l'ouverture psychologique face aux innovations technologiques. Les producteurs les plus ancrés dans leur activité manifestent une plus grande maturité opérationnelle et une réactivité accrue pour intégrer une chaîne de valeur circulaire. Ce segment d'acteurs expérimentés constitue ainsi le levier stratégique et le noyau dur sur lequel s'appuyer pour stabiliser l'approvisionnement et sécuriser le développement d'une filière locale de bioconversion basée sur *Hermetia illucens*.

3.7. Analyse en correspondances multiples

Cette analyse vise à mettre en évidence les relations structurelles entre les catégories de producteurs de biodéchets, les caractéristiques physiques des substrats organiques et les pratiques de gestion observées dans la ville de Boma. L'examen de ces interdépendances permet d'identifier des profils d'association spécifiques, indispensables pour concevoir et structurer une filière locale de bioconversion performante basée sur les larves d'*Hermetia illucens* (Figure 2).

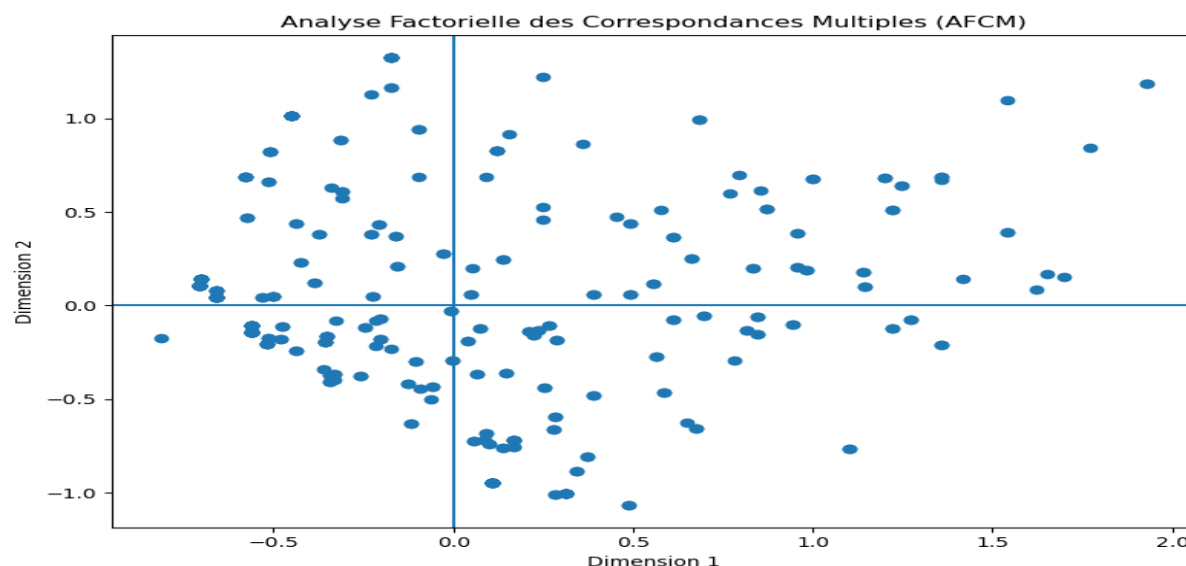


Figure 2. Analyse factorielle des correspondances multiples des typologies de producteurs, des caractéristiques des biodéchets et des pratiques de gestion dans la ville de Boma

L'analyse factorielle révèle une structuration des producteurs de biodéchets en trois profils d'association distincts. Les ménages et les marchés forment un premier pôle étroitement corrélé à des modes d'élimination rudimentaires, matérialisés par l'enfouissement traditionnel ou l'abandon direct dans le milieu récepteur. Ce groupe se caractérise par la génération de flux majoritairement composés de restes alimentaires frais, présentant un fort taux d'humidité mais une forte dispersion spatiale.

À l'inverse, les fermes d'élevage et les unités agroalimentaires structurent un deuxième profil défini par la production de volumes unitaires beaucoup plus importants de biomasse. Ces acteurs concentrent des substrats organiques homogènes et hautement valorisables, tels que les déjections animales et les résidus de cultures de contre-saison, tout en manifestant des comportements déjà orientés vers des logiques de recyclage ou de valorisation agronomique.

La typologie liée aux exploitations agricoles se démarque quant à elle par la manipulation de substrats à des stades de décomposition ou de fermentation plus avancés. Ce profil s'oppose géométriquement sur l'espace factoriel au pôle constitué par les restaurants et les ménages, dont les rejets sont quasi exclusivement constitués de matières organiques de première fraîcheur.

En somme, cette approche multivariée démontre que les gisements organiques de la ville de Boma

répondent à des logiques de production et de gestion profondément asymétriques selon la nature des acteurs. Les fermes et les industries agroalimentaires s'imposent comme les partenaires logistiques les plus prometteurs pour sécuriser l'approvisionnement initial d'une unité de bioconversion par *Hermetia illucens*. Parallèlement, l'intégration des ménages et des marchés dans cette économie circulaire reste tributaire de la mise en œuvre de campagnes de sensibilisation ciblées, de l'institutionnalisation du tri sélectif à la source et d'une modernisation des circuits de collecte municipaux.

4. DISCUSSION

4.1. Disponibilité et potentiel de production des biodéchets

La présente étude révèle que les ménages (46,0 %) constituent la source la plus importante de biodéchets dans la ville de Boma, suivis par les restaurants (18,5 %) et les exploitations agricoles (16,5 %). Bien que ces résidus soient essentiellement générés au quotidien (61,5 %) et en petites quantités (61,7 %), des volumes massifs et ponctuels caractérisent les secteurs agricoles et industriels. Ces constatations suggèrent une disponibilité régulière de substrats organiques aptes à alimenter un processus de bioconversion par les larves d'*Hermetia illucens*.

La prédominance des gisements domestiques s'accorde avec les observations documentées dans

plusieurs pays africains, où les déchets de cuisine représentent la plus grande proportion des déchets solides municipaux (Kaza *et al.*, 2018 ; Ferronato *et al.*, 2023 ; UNEP, 2024). Cette situation découle directement de la croissance démographique, de l'urbanisation rapide et des modes de consommation actuels. Dans les villes africaines, ces biodéchets sont malheureusement mal triés et sous-utilisés, ce qui limite leur retour constructif au secteur agricole.

La fréquence de production quotidienne mise en évidence constitue un atout majeur pour le développement d'une unité d'élevage d'*Hermetia illucens*. En effet, un approvisionnement continu en substrats frais s'avère crucial pour garantir une croissance larvaire optimale, une bioconversion efficace et une stabilité de la production (Gold *et al.*, 2020 ; Diener *et al.*, 2011). Cette régularité d'approvisionnement permet d'éviter toute rupture trophique, améliorant ainsi les performances biologiques et économiques des élevages (Surendra *et al.*, 2020 ; Salomone *et al.*, 2024).

Par ailleurs, la dispersion des flux en petites quantités chez la majorité des producteurs souligne la nécessité d'implanter des systèmes de collecte décentralisés et optimisés afin de regrouper efficacement la matière. À l'inverse, les volumes plus importants générés par les exploitations agricoles et les agro-industries bien que ces catégories soient numériquement sous-représentées, représentent des gisements stratégiques majeurs. Ces acteurs fournissent des ressources plus homogènes, facilitant la logistique et réduisant les coûts de transport. Ce constat rejoint les conclusions de Nguyen *et al.* (2015) et Rehman *et al.* (2017), qui qualifient les résidus agroalimentaires de substrats hautement performants pour l'*Hermetia illucens*, sous réserve d'un équilibre nutritionnel et d'une exemption de contaminants.

Enfin, l'impact négatif marqué de la saison des pluies sur la logistique met en exergue l'influence des facteurs climatiques sur la disponibilité réelle des substrats. Cette saisonnalité impose la mise en place de stratégies d'atténuation lors de la planification de l'unité de bioconversion. Des solutions telles que des plateformes d'agrégation, des systèmes de pré-collecte abrités ou des contrats d'approvisionnement sécurisés avec les grands producteurs industriels devront être envisagées pour stabiliser les flux annuels. En somme, ces dynamiques contrastées valident le potentiel technique et logistique de la ville de Boma pour l'ancrage d'une filière de bioconversion durable.

4.2. Qualité des substrats organiques et aptitude à la bioconversion

Dans ce travail, les déchets alimentaires (63,2 %) apparaissent comme la principale fraction

organique produite à Boma, suivis par les excréments animaux (18,7 %) et divers résidus végétaux. Cette prédominance des restes de cuisine s'accorde avec les travaux de Diener *et al.* (2011) et de Lalander *et al.* (2019), qui démontrent que ces ressources, issues des ménages, des marchés et de la restauration, sont les plus abondantes et les mieux adaptées à l'élevage d'*Hermetia illucens* en raison de leur haute teneur en matière organique biodégradable. Récemment, Surendra *et al.* (2020) ont réaffirmé que ces biodéchets urbains forment une ressource stratégique pour la production de protéines larvaires, à condition d'être correctement triés.

La forte proportion de biodéchets collectés à l'état frais (66,7 %) représente un second avantage comparatif pour la bioconversion à Boma. La littérature scientifique confirme que la fraîcheur des substrats préserve la disponibilité des nutriments, stimule le taux de réduction des déchets et optimise l'indice de conversion en biomasse par rapport à des matières fortement dégradées ou putréfiées (Lalander *et al.*, 2019 ; Surendra *et al.*, 2020).

À l'inverse, la présence d'impuretés physiques dans 65,3 % des gisements évalués, principalement du sable (45,0 %) et des plastiques (13,5 %), constitue une contrainte opérationnelle majeure. Ces contaminants réduisent l'accessibilité nutritionnelle, altèrent l'efficacité mécanique de la bioconversion et compromettent la qualité hygiénique du résidu final (Surendra *et al.*, 2020). Face à ce défi, Macwan *et al.* (2024) insistent sur l'obligation d'un tri rigoureux en amont afin de prémunir l'élevage contre les risques sanitaires et d'assurer la sécurité sanitaire des larves destinées à l'alimentation animale.

Actuellement, les pratiques de gestion des déchets à Boma restent rudimentaires, dominées par la mise en décharge (36,0 %) et l'abandon sauvage dans l'environnement (26,5 %), reléguant la valorisation à un niveau marginal. Ce déficit de gestion reflète les conclusions de Ferronato *et al.* (2023) sur les défis structurels majeurs des villes en développement. Pourtant, l'introduction de la technologie des larves d'*Hermetia illucens* offre une double opportunité : réduire drastiquement la masse des déchets municipaux tout en générant une biomasse protéique locale et un frass organique valorisable en agriculture (Diener *et al.*, 2011). Pour pérenniser cette filière, Siddiqui *et al.* (2025) rappellent que l'optimisation des performances dépend intrinsèquement de l'amélioration du tri, du contrôle qualité des intrants et du maintien de conditions d'élevage standardisées.

La ville de Boma recèle un potentiel de biodéchets significatif et qualitatif pour soutenir l'élevage d'*Hermetia illucens*. Toutefois, la viabilité d'une telle initiative reste tributaire de la mise en œuvre

d'un système robuste de tri à la source, d'une collecte sélective structurée et d'un protocole strict de contrôle qualité (Lalander *et al.*, 2019 ; Surendra *et al.*, 2020 ; Macwan *et al.*, 2024).

5. CONCLUSION

L'étude a permis de caractériser les gisements de biodéchets de la ville de Boma, d'évaluer leur potentiel de valorisation par les larves d'*Hermetia illucens*, et d'analyser leur acceptabilité sociale auprès des principaux producteurs.

Les résultats révèlent que la ville dispose d'une ressource organique abondante, dominée par les déchets alimentaires, les déjections animales et les résidus de cultures, tous générés selon un flux quotidien soutenu. Si la fraîcheur globale des matières collectées (66,7 %) représente un atout biologique indéniable pour la croissance larvaire, la présence endémique d'impuretés physiques (sable, plastiques) et la prédominance de pratiques rudimentaires comme le déversement sauvage ou l'enfouissement à ciel ouvert freinent encore une valorisation optimale. Sur le plan sociologique, l'étude met en évidence une contradiction majeure : une forte volonté des producteurs locaux de céder gratuitement ou de vendre leurs biodéchets coexiste avec une méconnaissance technique profonde et une acceptabilité encore très faible (17,7 %) des aliments issus d'animaux nourris aux insectes.

Le principal frein à l'émergence d'une filière de bioconversion en République Démocratique du Congo ne réside pas dans la disponibilité quantitative des substrats, mais bien dans la mise aux normes de leur qualité, la sensibilisation des consommateurs et la structuration logistique de la chaîne de valeur. Bien orchestrée, cette technologie offre une trajectoire viable pour rationaliser la gestion des déchets municipaux, sécuriser des sources de protéines alternatives pour l'élevage local et ancrer concrètement l'économie circulaire sur le territoire national.

Les études ultérieures peuvent aider à évaluer l'impact biologique (taux de réduction, indice de conversion) et biochimique (profil en acides aminés et lipides des larves) de différents co-substrats combinant déchets de cuisine locaux, fumier animal et résidus de cultures afin de concevoir un régime d'élevage équilibré.

Références

Barragán-Fonseca K. B. & Llauroad-Casares M., 2024. Insect farming for food and feed: Opportunities and challenges for sustainable food systems. *Animal Frontiers*, 14(6), 45–56.

Beesigamukama D., Mochoge B., Korir N. K. *et al.*, 2022. Farmer perception and willingness to adopt

black soldier fly bioconversion in Uganda. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(3), 301–312.

Beesigamukama D., Mochoge B., Korir N. K., Fiaboe K. M., Nakimbugwe D., Khamis F. M. & Ekesi S., 2023. Frass fertilizer from black soldier fly larvae enhances soil fertility, crop growth, and nitrogen use efficiency. *Agronomy for Sustainable Development*, 43, 24. <https://doi.org/10.1007/s13593-023-00882-8>

Chaddad A. *et al.*, 2021. Biowaste management using black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*): A review of circular economy concepts. *Journal of Cleaner Production*, 315, 128160. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128160>

Diener S., Zurbrugg C. & Tockner K., 2011. Conversion of organic material by black soldier fly larvae: Establishing optimal feeding rates. *Waste Management & Research*, 29(6), 604–610. <https://doi.org/10.1177/0734242X11413335>

Dzepe D., Kuietche H. M., Magatsing O., Meutchieye F., Nana P., Tchuinkam T. & Djouaka R., 2023. From agricultural waste to chicken feed using insect-based technology. *The Journal of Basic and Applied Zoology*, 84(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s41936-023-00338-6>

Dzepe D., Nana P., Mube H. K. *et al.*, 2021. Black soldier fly larvae bioconversion of agro-industrial by-products in Cameroon: Opportunities and challenges. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(6), 857–869.

Ferronato N., Paoli R., Romagnoli F., Tettamanti G., Bruno D. & Torretta V., 2024. Environmental impact scenarios of organic fraction municipal solid waste treatment with black soldier fly larvae based on a life cycle assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(12), 17651–17669. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27140-9>

Gold M., Cassar C. M., Zurbrugg C., Kreuzer M., Boulos S., Diener S. & Mathys, A., 2020. Biowaste treatment with black soldier fly larvae: Increasing performance through the formulation of biowastes based on protein and carbohydrates. *Waste Management*, 102, 319–329. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.10.036>

Institut National de la Statistique (INS), 2022. *Annuaire statistique de la République Démocratique du Congo 2022*. Kinshasa, République Démocratique du Congo, 587 p.

Kaza S., Yao L. C., Bhada-Tata P. & Van Woerden F., 2018. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>

- Kottek M., Grieser J., Beck C., Rudolf B. & Rubel F., 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3), 259–263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- Lalander C., Diener S., Magri M. E., Zurbrugg C., Lindström A., & Vinnerås B., 2019. Faecal sludge management with the larvae of the black soldier fly (*Hermetia illucens*): From a hygiene aspect. *Science of the Total Environment*, 458–460, 312–318. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.04.033>
- Macwan S. *et al.*, 2024. Black soldier fly bioconversion of organic waste: Recent advances, challenges and future perspectives. *Journal of Environmental Management*, 358, 120876.
- Nguezet P. M. *et al.*, 2024. Consumer perception and acceptance of animal products derived from insect-based feed: A systematic review. *Current Research in Food Science*, 9, 100900.
- Nguyen T.T.X., Tomberlin J.K. & Vanlaerhoven S., 2015. Influence of substrate moisture on growth and development of black soldier fly larvae. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(1), 45–52.
- Peel M. C., Finlayson B. L. & McMahon T. A., 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(5), 1633–1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
- Pinotti L., Giromini C., Ottoboni M., Tretola M. & Marchis D., 2019. Insects and former foodstuffs for upgrading food waste biomasses/streams to feed ingredients for farm animals. *Animal*, 13(7), 1365–1375. <https://doi.org/10.1017/S1751731118003622>
- Régeard N., 2025. De la gestion des déchets à l'agriculture urbaine : Circularités et tensions des filières de matières organiques à Nkayi. *L'Espace Politique*, 52(2).
- Rehman K.U., Cai M., Xiao X., Zheng L., Wang H., Soomro A.A., Zhou Y., Li W., Yu Z. & Zhang J., 2017. Cellulose decomposition and larval biomass production from the co-digestion of dairy manure and chicken manure by mini-livestock (*Hermetia illucens* L.). *Journal of Environmental Management*, 196, 458–465. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.047>
- Roccatello R., Endrizzi I., Aprea E. & Dabbou S., 2024. Insect-based feed in aquaculture: A consumer attitudes study. *Aquaculture*, 2024, 740512. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.740512>
- Shelomi M., 2024. Mitigation strategies against food safety contaminant transmission from black soldier fly larva bioconversion. *Animals*, 14(11), 1590. <https://doi.org/10.3390/ani14111590>
- Siddiqui S.A., Süfer Ö., Çalışkan Koç G., Lutuf H., Rahayu T., Castro-Muñoz R. & Fernando I., 2025. Enhancing the bioconversion rate and end products of black soldier fly (BSF) treatment – A comprehensive review. *Environment, Development and Sustainability*, 27(5), 9673–9741. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-04306-6>
- Smetana S., Schmitt E. & Mathys A., 2019. Sustainable use of *Hermetia illucens* insect biomass for feed and food: Attributional and consequential life cycle assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, 144, 285–296. <https://doi.org/10.3390/foods11142228>
- Sogari G., Menozzi D. & Mora C., 2022. Factors influencing the acceptance of insects as food and feed: A systematic review. *Foods*, 11(14), 2228. <https://doi.org/10.3390/foods11142228>
- Surendra K. C., Olivier R., Tomberlin J. K., Jha R. & Khanal S. K., 2020. Bioconversion of organic wastes into biodiesel and animal feed via insect farming. *Renewable Energy*, 98, 197–202. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.03.022>
- United Nations Environment Programme (UNEP), 2024. *Global Waste Management Outlook 2024: Beyond an Age of Waste – Turning Rubbish into a Resource*. United Nations Environment Programme. 456 p.
- van Huis A., 2020. Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: A review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(1), 27–44. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
- Ville de Boma, Ministère de l'Intérieur, Province du Kongo Central, 2023. *Rapport annuel des services urbains et données administratives*. Boma, République Démocratique du Congo. 112 p.
- Wang Y. & Shelomi M., 2024. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae as a bioconversion agent: Advances and future directions. *Waste Management*, 175, 1–12.