Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture
http://www.rafea-congo.com
2026 ; 9(2), 667-678
ISSN (Print) : 2708-7743 **eISSN** : 2708-5422 **Dépôt légal** : JL 3.01807-57259

Pratiques phytosanitaires en maraîchage à Kinshasa : conformité aux normes réglementaires et impacts sanitaires

Aaron Balabo[1,2*], Gurvitch Nsiala O. [1,2], Laurence Mpinga[2], Jémima Consolé Bounkouta[3] Cyprien Bamvingana[1,2], Jean-Paul Nzundu[2], & Thierry Tangou Tabou[1,2].

[(1)]Université de Kinshasa. Faculté des Sciences et Technologies, Mention Sciences et Gestion de l'Environnement. BP 190 XI (RDC). E-mail : aaronbalabo@gmail.com
[(2)] Centre d'Excellence CBRN, Ministère de l'Enseignement Supérieur, Universitaire, Recherche Scientifique et Innovations, République démocratique du Congo
[(3)]Université Marien-Ngouabi. Faculté des sciences et Techniques, Brazzaville, République du Congo

Reçu le 27 mai 2026, **accepté le** 25 juin 2026, **publié en ligne le** 27 juin 2026
DOI : https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v9i2.62

RESUME

Description du sujet. L'agriculture urbaine à Kinshasa repose sur un usage intensif de pesticides pour optimiser les rendements. Cependant, ces pratiques souvent informelles exposent les maraîchers à des risques sanitaires majeurs, notamment des intoxications aiguës, dans un contexte de faible respect des normes d'homologation des produits phytosanitaires.
Objectif. Cette étude vise à évaluer l'adéquation entre les pratiques phytosanitaires des maraîchers de Kinshasa et les normes d'homologation, tout en analysant la corrélation entre les déterminants comportementaux et la morbidité aiguë auto-déclarée.
Méthodes. L'enquête a été réalisée auprès de 80 maraîchers sur les sites de Kimwenza et Bumba. Les données collectées ont été analysées à l'aide d'une régression logistique multivariée et d'une Analyse Factorielle des Correspondances Multiples (AFCM).
Résultats. Le modèle logistique s'est révélé statistiquement robuste et exempt de colinéarité significative. Les variables sociodémographiques n'étaient pas associées à la survenue des symptômes. En revanche, le non-respect du délai avant récolte (lorsqu'il est inférieur à 7 jours) constitue un facteur fortement associé à la morbidité aiguë. Un paradoxe épidémiologique a été observé : la connaissance déclarée du statut d'homologation et l'usage de produits homologués étaient associés à une augmentation du risque symptomatique. Par ailleurs, les molécules homologuées présentaient une force d'association clinique supérieure à celle des substances illicites. Enfin, l'AFCM a mis en évidence une structuration spatio-comportementale des risques, révélant un quadrant de vulnérabilité élevée sur le site de Bumba.
Conclusion. Ces résultats mettent en évidence une discordance entre les normes réglementaires et les pratiques réelles en agriculture urbaine. Ils soulignent la nécessité de renforcer l'encadrement des maraîchers par des interventions éducatives, techniques et de proximité afin de réduire efficacement les risques sanitaires.

Mots clés : Pesticides, maraîchage urbain, homologation, morbidité, Kinshasa**.**

ABSTRACT

Phytosanitary practices in market gardening in Kinshasa: compliance with regulatory standards and health impacts
Description of the subject. Urban agriculture in Kinshasa relies heavily on the intensive use of pesticides to optimize yields. However, these often-informal practices expose market gardeners to major health risks, particularly acute poisoning, in a context of low compliance with plant protection product registration standards.Objective. This study aims to assess the alignment between the phytosanitary practices of market gardeners in Kinshasa and registration standards, while analyzing the correlation between behavioral determinants and self-reported acute morbidity.
Methods. The survey was conducted among 80 market gardeners at the Kimwenza and Bumba sites. The collected data were analyzed using multivariate logistic regression and Multiple Correspondence Analysis (MCA).
Results. The logistic model proved to be statistically robust and free of significant collinearity. Socio-demographic variables were not associated with the occurrence of symptoms. Conversely, non-compliance with

the pre-harvest interval (when it is less than 7 days) was a factor strongly associated with acute morbidity. An epidemiological paradox was observed: self-reported knowledge of registration status and the use of registered products were associated with an increased risk of symptoms. Furthermore, registered molecules showed a stronger clinical association than illicit substances. Finally, the MCA highlighted a spatio-behavioral structuring of risks, revealing a high-vulnerability quadrant at the Bumba site.
Conclusion. These results highlight a discrepancy between regulatory standards and actual practices in urban agriculture. They underscore the need to strengthen support for market gardeners through educational, technical, and local community-based interventions to effectively reduce health risks.Keywords: Pesticides, Urban market gardening, Registration, Morbidity, Kinshasa.

Keywords. Pesticides, urban market gardening, approval, morbidity, Kinshasa

1. INTRODUCTION

L'usage intensif des produits phytosanitaires s'est imposé à l'échelle mondiale comme un levier incontournable pour sécuriser les rendements agricoles face à la pression des bioagresseurs et garantir la sécurité alimentaire. Néanmoins, cette dépendance chimique génère des risques écotoxicologiques et sanitaires majeurs, intrinsèquement liés aux dynamiques d'exposition et à la rémanence des molécules (OMS, 2022). Chaque année, une partie de la production agricole mondiale est perdue à cause des organismes nuisibles et des agents phytopathogènes. Les pesticides ont été conçus pour éviter ces pertes de rendement, mais ils ont parallèlement créé de nouveaux problèmes (Berthold, 2023).

Pour pallier ces externalités négatives, les instances de régulation imposent des processus rigoureux d'homologation visant à évaluer la balance bénéfice-risque des substances actives avant leur mise sur le marché. L'autorité compétente, nationale ou régionale, n'approuve la vente et l'utilisation d'un pesticide qu'après l'évaluation de données scientifiques complètes démontrant que le produit est efficace et ne présente pas de risques inacceptables pour la santé humaine, animale ou pour l'environnement (FAO, 2026).

Ces mécanismes d'évaluation sont rigoureusement codifiés dans les pays du Nord, à l'instar du Règlement (CE) n° 1107/2009 au sein de l'Union européenne, ou de la Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act (FIFRA) gérée par l'Agence de Protection de l'Environnement (EPA) aux États-Unis. Actuellement dans le monde, la Chine, le Brésil, les États-Unis et la France sont les plus grands consommateurs de pesticides (Worldometers, 2026). La consommation mondiale de pesticides s'élève à 4 millions de tonnes par an. Il s'agit pour moitié d'herbicides destinés au contrôle des adventices, d'environ 30 % d'insecticides ciblant les ravageurs de cultures et 17 % de fongicides, utilisés contre les infestations de champignons (Berthold, 2023).

L'agriculture en République démocratique du Congo occupe plus de 70 % de la population active (FAO *et al.,* 2022). Au cœur de cette dynamique, l'agriculture urbaine et périurbaine de la ville-province de Kinshasa constitue une stratégie palliative essentielle de subsistance face au chômage structurel et à la précarité économique (Musibono *et al*., 2011). Dans cet écosystème de maraîchage intensif, les producteurs font face à des exigences de qualité purement visuelle de la part des consommateurs, qui associent la fraîcheur commerciale à l'absence totale de perforations ou de flétrissures biologiques.

Cette pression du marché exacerbe la dépendance aux intrants chimiques, entraînant un recours souvent non maîtrisé aux produits phytosanitaires pour maximiser l'attrait esthétique des légumes (Ngweme *et al*., 2019). Sur le plan normatif, la RDC s'est dotée d'un arsenal juridique visant à encadrer la gestion de ces risques, notamment à travers le Décret n° 05/162 du 18 novembre 2005 et la Loi n° 11/022 de 2011. Cependant, un décalage critique subsiste entre la rigueur théorique de ces textes d'homologation et les pratiques réelles des maraîchers sur le terrain, souvent caractérisées par l'informalité et un déficit d'encadrement technique.

Bien que la littérature documente largement la toxicité générale de ces molécules, les données empiriques concernant le niveau d'appropriation des listes d'homologation officielles par les producteurs locaux demeurent fragmentaires, voire inexistantes pour l'hinterland kinois. C'est précisément dans ce gap scientifique que s'inscrit la présente recherche.

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'adéquation des pratiques phytosanitaires des maraîchers de Kinshasa avec les normes d'homologation, en analysant la corrélation entre les déterminants comportementaux et la morbidité aiguë auto-déclarée. Il s'agit, in fine, de démontrer que la persistance des risques sanitaires ne résulte pas uniquement d'un déficit de connaissances, mais d'une dissonance systémique entre le cadre réglementaire et la réalité des usages sur le terrain.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Zone d'étude et plan d'échantillonnage

La collecte des données s'est déroulée du 2 janvier au 3 mars 2025 dans les deux bassins de production maraîchère : les sites de Kimwenza (250 maraîchers au total) et de Bumba (150 maraîchers) (figure 1). Un échantillon de 80 exploitants agricoles a été constitué respectivement 50 pour Kimwenza et 30 pour Bumba afin de garantir la représentativité de chaque site, choisis par la méthode de l'échantillonnage aléatoire simple. Les critères d'inclusion exigeaient que les participants soient en activité et directement responsables de la gestion ou de l'application des produits phytosanitaires sur leur parcelle.

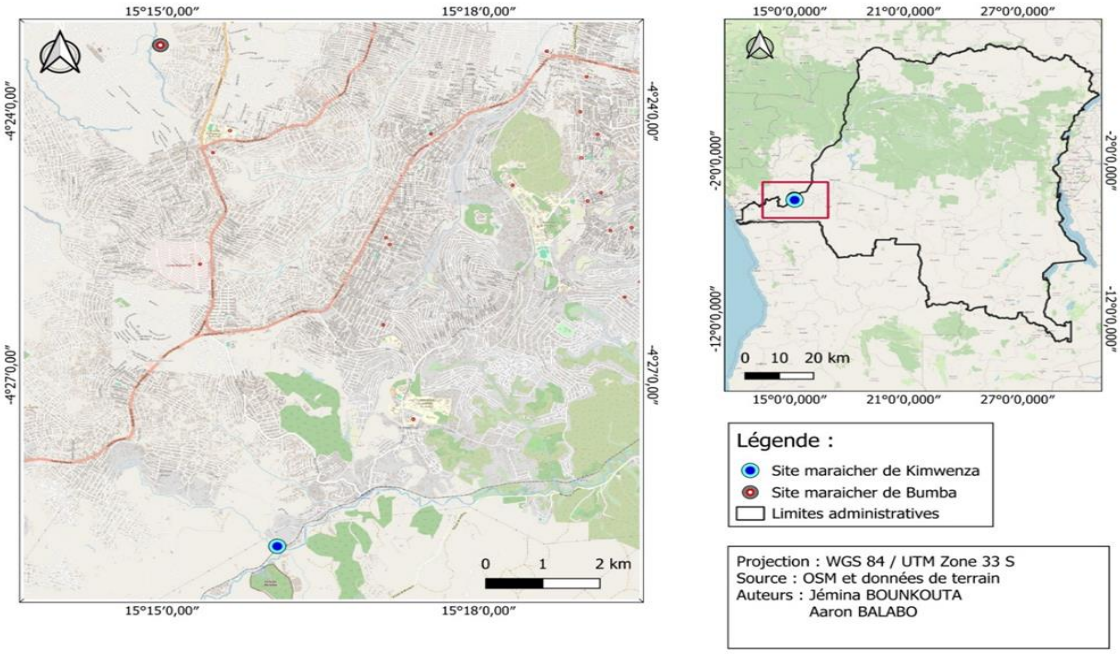

Figure 1. Carte de la zone d'étude des sites de maraîchage (Kimwenza et Bumba)

Cette étude a été conduite dans le strict respect des directives éthiques de la Déclaration d'Helsinki. Préalablement à l'administration du questionnaire, les objectifs et les garanties de confidentialité ont été expliqués aux maraîchers. Un consentement libre et éclairé a été obtenu de chaque participant. L'anonymat des données a été rigoureusement préservé.

2.2. METHODES

Cette étude s'appuie sur le cadre normatif national d'homologation des pesticides. Le rapport officiel de la Direction de la Protection des Végétaux a servi de référentiel pour catégoriser de manière dichotomique les substances actives en formulations homologuées ou illicites. Le cadre d'analyse s'appuie sur les référentiels juridiques nationaux en vigueur en RDC, notamment la Loi n° 11/022 du 24 décembre 2011 portant principes fondamentaux relatifs à l'agriculture, ainsi que le Décret n° 05/162 du 18 novembre 2005 portant réglementation phytosanitaire en RDC. Ces textes régissent l'importation, la distribution et l'application des intrants chimiques sur le territoire national.

Les données primaires ont été collectées au moyen d'un questionnaire standardisé et structuré, administré en face-à-face. L'outil de collecte a été articulé autour de quatre axes thématiques principaux :

- **Profil socio-démographique :** Identification du site d'exploitation, du genre, de l'âge, de la situation matrimoniale et du niveau d'études du producteur.
- **Pratiques agronomiques et inventaire phytosanitaire :** Recensement des spéculations végétales dominantes (notamment les amarantes, le gombo, l'oseille, les aubergines, les tomates et le céleri) et identification précise des substances actives ou familles de pesticides appliquées. L'inventaire intégrait des molécules à haut risque toxicologique (ex. Endosulfan, Dichlorvos, Chlorothalonil, Diméthoate) ainsi que le recours alternatif aux biopesticides. Le respect du Délai Avant Récolte (DAR : moins de 7 jours, 7 jours, ou plus de 7 jours) a également été documenté.
- **Conformité réglementaire et renforcement des capacités :** Évaluation de la réception d'une formation préalable en gestion phytosanitaire, de l'expression d'un besoin de formation continue et, de manière centrale, du niveau de connaissance de

la législation nationale relative à l'homologation des pesticides en RDC.

- **Perception des risques et impacts sanitaires :** Auto-évaluation de la perception des risques pour la santé et l'environnement, déclaration d'antécédents de symptômes cliniques post-exposition, disposition à porter des Équipements de Protection Individuelle (EPI) et autodéclaration d'une gestion adéquate des stocks et des applications.

2.3. Traitement et analyses statistiques

L'ensemble des analyses statistiques et des modélisations a été exécuté à l'aide du logiciel statistique R version 4.6.0, (R Core Team, 2026). Les analyses d'associations multivariées ont été complétées par une Analyse Factorielle des Correspondances Multiples (AFCM) pour l'exploration des profils typologiques des applicateurs, tandis que les déterminants de la morbidité déclarée ont été modélisés par régression logistique binaire.

- Analyse descriptive bivariée : Les variables qualitatives sont présentées en fréquences absolues et relatives (%). Les associations entre les variables sociodémographiques, agronomiques et le statut de santé ont été évaluées à l'aide du test exact de Fisher, substitué au test de χ^2 de Pearson lorsque les effectifs théoriques dans les cellules des tables de contingence étaient inférieurs à 5. La force des associations bivariées a été quantifiée par le coefficient V de Cramér.
- Modélisation multivariée : Des modèles de régression logistique ont été ajustés pour identifier les déterminants indépendants des symptômes cliniques. L'inclusion des variables dans le modèle final a suivi une méthode ascendante, avec un seuil de sélection préliminaire fixé à $p < 0{,}20$ en analyse bivariée. La qualité de l'ajustement a été validée par le test de Hosmer-Lemeshow, tandis que l'absence de multicolinéarité a été confirmée par le calcul du facteur d'inflation de la variance (VIF < 5). Les résultats sont rapportés sous forme d'Odds Ratios (OR) assortis de leurs intervalles de confiance à 95 % (IC 95 %).
- Analyse factorielle et typologie : Afin de cartographier la structure multidimensionnelle des pratiques, une Analyse Factorielle des Correspondances Multiples (AFCM) a été exécutée. Le choix du nombre de dimensions retenues a été basé sur l'examen des valeurs propres et du taux d'inertie expliquée. Cette approche a permis d'identifier des profils comportementaux distincts, visualisés par la projection des modalités sur le premier plan factoriel.
- Le statut des produits phytosanitaires a été recodé en deux catégories : "Pesticides homologués" (incluant les biopesticides) et "Pesticides issus du trafic illicite". Une analyse comparative de la morbidité entre ces deux groupes a été réalisée, et la contribution de chaque molécule à la prévalence des symptômes a été intégrée dans les modèles logistiques comme variable de contrôle. Le seuil de significativité statistique a été fixé à $\alpha = 0{,}05$ pour l'ensemble des tests.

3. RÉSULTATS

3.1. Validation méthodologique et robustesse des modèles

Préalablement à l'interprétation des données, la fiabilité du modèle de régression logistique multivariable a été éprouvée. L'analyse du Facteur d'Inflation de la Variance (VIF) confirme l'absence totale de multicolinéarité entre les covariables introduites. Toutes les valeurs du VIF sont nettement inférieures au seuil critique de 5 (Sexe : 1,04 ; Tranche d'âge : 1,33 ; Niveau d'étude : 1,18). Cette absence de redondance informationnelle est confirmée par le test de qualité d'ajustement de Hosmer-Lemeshow, qui objective une adéquation hautement significative entre les fréquences symptomatiques empiriques et les probabilités conditionnelles prédites par l'algorithme $(\chi^2 = 1{,}7209\ ;\ df = 8\ ;\ p = 0{,}9884)$. La distribution non significative de ce test $(p > 0{,}05)$ valide la trajectoire des résidus et autorise l'inférence des coefficients de régression.

3.2. Profil sociodémographique des enquêtés

L'étude a inclus 80 maraîchers répartis entre deux bassins de production majeurs : 50 exploitants du site de Kimwenza (62,5 %) et 30 du site de Bumba (37,5 %).

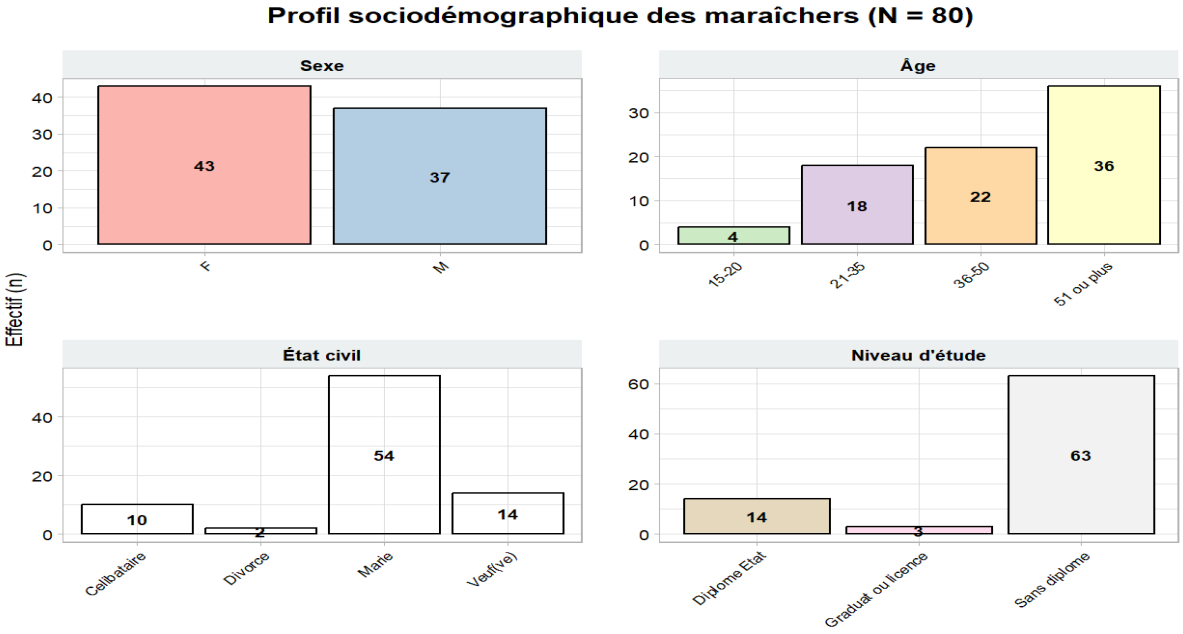

Figure 2. Profil sociodémographique

La répartition par genre, âge, état civil et niveau d'instruction illustre la représentativité de la cohorte vis-à-vis des dynamiques agraires périurbaines. Contrairement aux hypothèses initiales, les analyses bivariées indiquent que ces variables sociodémographiques classiques n'exercent pas d'influence statistiquement significative sur la survenue des symptômes cliniques, suggérant que le risque sanitaire dépasse les clivages démographiques traditionnels.

3.3. Analyse socio-spatiale et forces directes d'association (Régression logistique & V de Cramér)

L'ajustement multivariable par régression logistique (Tableau 1) montre qu'aucune variable sociodémographique (âge, genre, niveau d'instruction) n'exerce d'effet statistiquement significatif sur la survenue de symptômes de morbidité autodéclarés ($p > 0,10$). En revanche, les facteurs opérationnels s'avèrent déterminants. Le non-respect du Délai Avant Récolte (DAR < 7 jours) présente une association positive hautement significative avec la survenue de manifestations cliniques (OR = 38,3 ; $p = 0,037$). Il convient toutefois de souligner que l'amplitude extrême de l'intervalle de confiance à 95 % [2,04 ; 2350,00] traduit un phénomène de quasi-séparation complète des données induit par le faible effectif de certaines sous-catégories (N = 80). Ce résultat confirme la direction positive de l'association, mais n'ordonne pas une interprétation stricte de la magnitude de l'Odds Ratio. Par ailleurs, la connaissance déclarée du statut d'homologation du produit est significativement associée à une probabilité accrue de déclarer des symptômes (OR = 3,67 ; IC 95 % : [1,17 - 12,90] ; $p = 0,031$).

Tableau 1. Déterminants sociodémographiques et comportementaux des symptômes cliniques post-exposition : Modélisation par régression logistique multivariable $(N = 80)$.

Characteristic	Event N	OR	95% CI	$p - value$
Site d'étude (Bumba / Kimwenza)	36			
Bumba		—	—	
Kimwenza		0.37	0.11, 1.15	0.094
Genre du maraîcher	36			
F		—	—	
M		0.48	0.16, 1.39	0.2
Tranche d'âge	36			
15-20		—	—	
21-35		5.84	0.40, 216	0.2
36-50		11.0	0.74, 427	0.11
51 ou plus		5.49	0.45, 190	0.2
Niveau d'instruction	36			
Diplôme Etat		—	—	
Graduat ou licence		0.30	0.00, 7.07	0.5

Sans diplôme		1.47	0.40, 5.74	0.6
Connaissance du statut d'homologation	36			
Non		—	—	
Oui		3.67	1.17, 12.9	**0.031**
Respect du délai avant récolte (DAR)	36			
7 jours		—	—	
Moins de 7 jours		38.3	2.04, 2,350	**0.037**
Plus de 7 jours		2.54	0.75, 9.65	0.15

Note : OR = Odds Ratio ; IC 95% = Intervalle de Confiance à 95 %. L'intervalle de confiance très large observé pour le DAR < 7 jours reflète la force extrême de l'association couplée à la taille modeste de l'échantillon. La figure 3 l'échelle logarithmique associée aux facteurs d'implantation spatiale et sociodémographiques des maraîchers ?

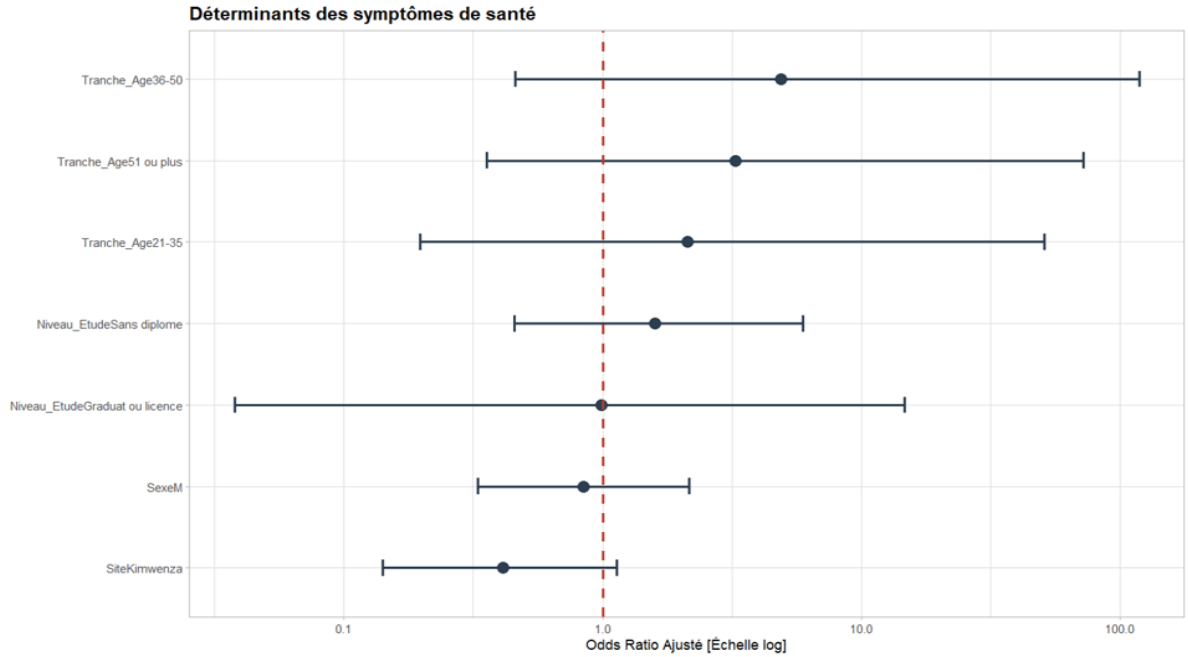

Figure 3. Forest plot des Odds Ratios ajustés (échelle logarithmique) associés aux facteurs d'implantation spatiale et sociodémographiques des maraîchers (N = 80).

Cette transversalité du risque est corroborée par l'analyse des associations binaires par le calcul des coefficients V de Cramér. La matrice d'association (Figure 4) met en évidence une déconnexion stricte entre les variables de structure et le statut clinique. Les liaisons entre la morbidité et le niveau d'étude $(V = 0{,}05)$ ou le genre $(V = 0{,}06)$ s'avèrent négligeables. À l'inverse, le modèle objective bascule vers des déterminants d'ordre cognitif et praxéologique : le non-respect du délai avant récolte (DAR) affiche l'intensité d'association directe la plus prononcée vis-à-vis de la survenue des symptômes $(V = 0{,}25)$, suivi de près par le déficit de connaissances relatives aux listes nationales d'homologation officielle $(V = 0{,}20)$.

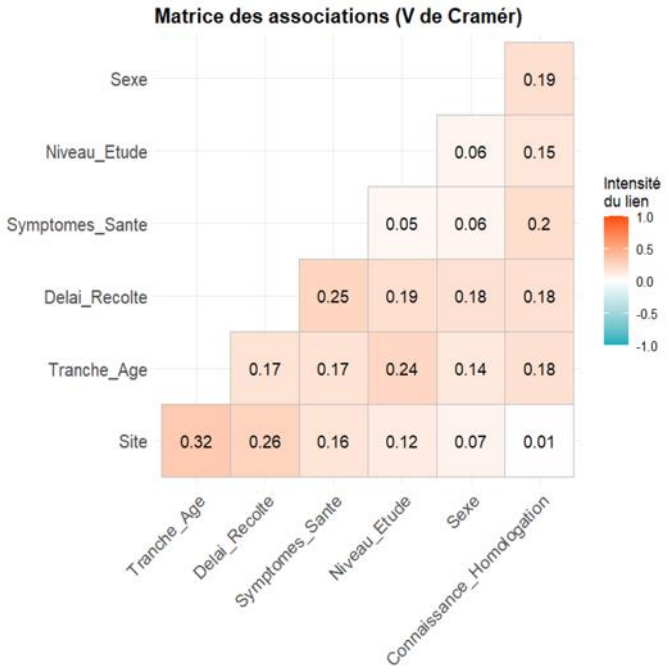

Figure 4. Matrice thermique (Heatmap) des forces d'association quantifiées par le coefficient V de Cramér entre variables cognitives, agronomiques, sociodémographiques et sanitaires.

3.4. Performance prédictive globale et caractérisation systémique du risque (Analyse ROC)

Pour discriminer la part d'influence des facteurs fixes par rapport aux dynamiques d'exposition, une analyse de la courbe ROC (*Receiver Operating Characteristic*) a été exécutée sur la fonction logistique issue des variables socio-spatiales.

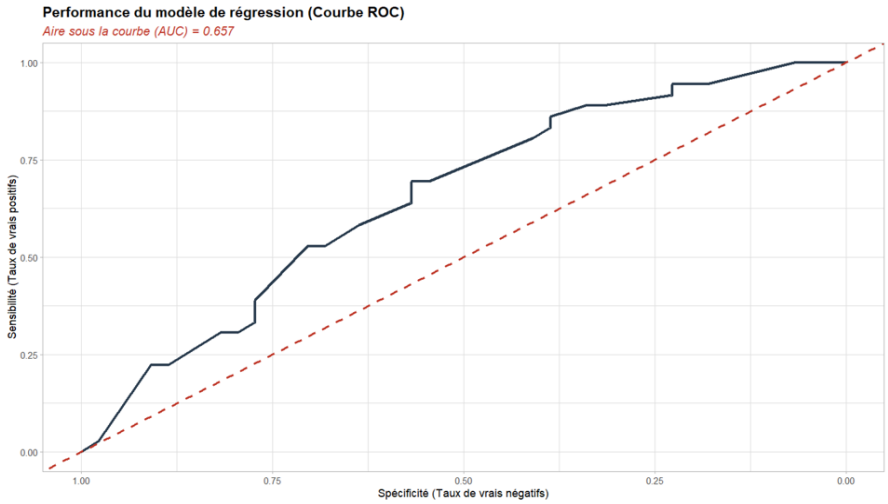

Figure 5. Courbe ROC (Receiver Operating Characteristic) mesurant l'efficacité diagnostique des déterminants fixes sociodémographiques vis-à-vis de la morbidité. Aire sous la courbe (AUC) = 0,657.

La performance prédictive du modèle initial, évaluée par l'analyse de la courbe ROC (Figure 5), affiche une aire sous la courbe (AUC) de 0,657 (IC 95 % : 0,53 - 0,78). Cette valeur indique une capacité discriminante faible à modérée des seules variables structurelles. Cette performance modeste justifie l'intégration des variables comportementales et techniques (telles que le DAR et le mode de gestion des intrants) pour capturer de manière exhaustive la variance de la morbidité déclarée au sein de la population d'étude.

3.5. Paradoxe épidémiologique de l'homologation et profils par matières actives

L'examen désagrégé de l'incidence clinique selon le statut réglementaire officiel des intrants appliqués met en exergue un paradoxe toxicologique majeur. Conformément à notre méthodologie, la présence d'effectifs cellulaires inférieurs à 5 a justifié le recours au test exact de Fisher. La distribution des prévalences

symptomatiques par matière active ne révèle aucun écart statistiquement significatif au sein du circuit illicite ($p = 0{,}800$) ni au sein des produits homologués ($p = 0{,}500$).

Tableau 2. Distribution des fréquences de morbidité et répartition clinique par matière active selon leur statut réglementaire en RDC $(N = 80)$

Classes et Substances Actives	Symptômes : Non (n=44)	Symptômes : Oui (n=36)	$p - value$*
Pesticides illicites (Non homologués)			0,8
Carbendazime	5 (83 %)	1 (17 %)	
Chlorothalonil	4 (50 %)	4 (50 %)	
Dichlorvos	16 (57 %)	12 (43 %)	
Diméthoate	5 (63 %)	3 (38 %)	
Endosulfan	12 (52 %)	11 (48 %)	
Inconnu	2	5	
Pesticides homologués en RDC			0,5
Abamectine	0 (0 %)	3 (100 %)	
Acétamipride	3 (75 %)	1 (25 %)	
Biopesticides	2 (29 %)	5 (71 %)	
Bispyribac	3 (100 %)	0 (0 %)	
Bromadiolone	1 (50 %)	1 (50 %)	
Chlorpyrifos-méthyl	4 (67 %)	2 (33 %)	
Chlorpyrifos	9 (47 %)	10 (53 %)	
Cyperméthrine	8 (73 %)	3 (27 %)	
Cyphénothrine	1 (33 %)	2 (67 %)	
Deltaméthrine	3 (75 %)	1 (25 %)	
Émamectine	2 (50 %)	2 (50 %)	
Glyphosate	2 (67 %)	1 (33 %)	
Mancozèbe	6 (55 %)	5 (45 %)	

Test exact de Fisher au seuil $\alpha = 0{,}05$.

En ce qui concerne les substances actives spécifiques, des disparités de prévalence symptomatique ont été observées, bien que les effectifs par sous-groupe limitent la puissance statistique des tests d'association. À titre exploratoire, la totalité des applicateurs ayant eu recours à l'Abamectine (n = 3/3) a signalé des troubles cliniques concomitants ou post-exposition. Pour le Chlorpyrifos, la prévalence des manifestations cliniques s'élève à 52,6 % (n = 10/19). Ces fréquences, bien qu'indicatives d'un signal toxicologique en milieu réel, doivent être interprétées avec prudence en raison des effectifs restreints et de l'omniprésence des co-expositions à plusieurs principes actifs au cours d'un même cycle cultural.

Bien que les distributions de morbidité par matière active n'atteignent pas la significativité statistique $(p > 0{,}05)$, l'analyse exploratoire des forces d'association met en lumière un paradoxe apparent : au sein de cet échantillon, les molécules homologuées affichent une liaison plus marquée avec la survenue des symptômes ($V = 0{,}393$) que les produits du circuit illicite ($V = 0{,}173$). Bien que ces résultats doivent être interprétés avec prudence compte tenu de la taille de la cohorte, ils suggèrent que le bénéfice théorique de l'homologation institutionnelle pourrait être compromis par des pratiques d'application inadéquates sur le terrain, transformant les molécules légales en agents effectifs de toxicité.

3.6. Cartographie factorielle et typologies comportementales à risque (AFCM)

Afin de synthétiser les interactions multidimensionnelles entre l'identité des sites, les connaissances normatives, le choix des matières actives et les conséquences sanitaires, une Analyse Factorielle des Correspondances Multiples (AFCM) a été réalisée. Les deux premières dimensions de l'espace euclidien concentrent respectivement 18,60 % (Axe 1) et 17,91 % (Axe 2) de l'inertie totale, restituant un taux cumulé de 36,50 % de la variance globale du modèle.

Figure 6. Premier plan factoriel de l'AFCM : Nuage des profils individuels des maraîchers discriminés par ellipses de confiance à 95 % selon leur statut clinique (Symptômes : Oui vs Non)

La projection géométrique des profils individuels (Figure 6) met en évidence une structuration bipolaire nette le long de l'Axe 1. Les ellipses de confiance calculées au seuil de 95 % pour les groupes symptomatiques (« Oui ») et asymptomatiques (« Non ») s'individualisent de manière orthogonale, matérialisant visuellement une signature comportementale du risque.

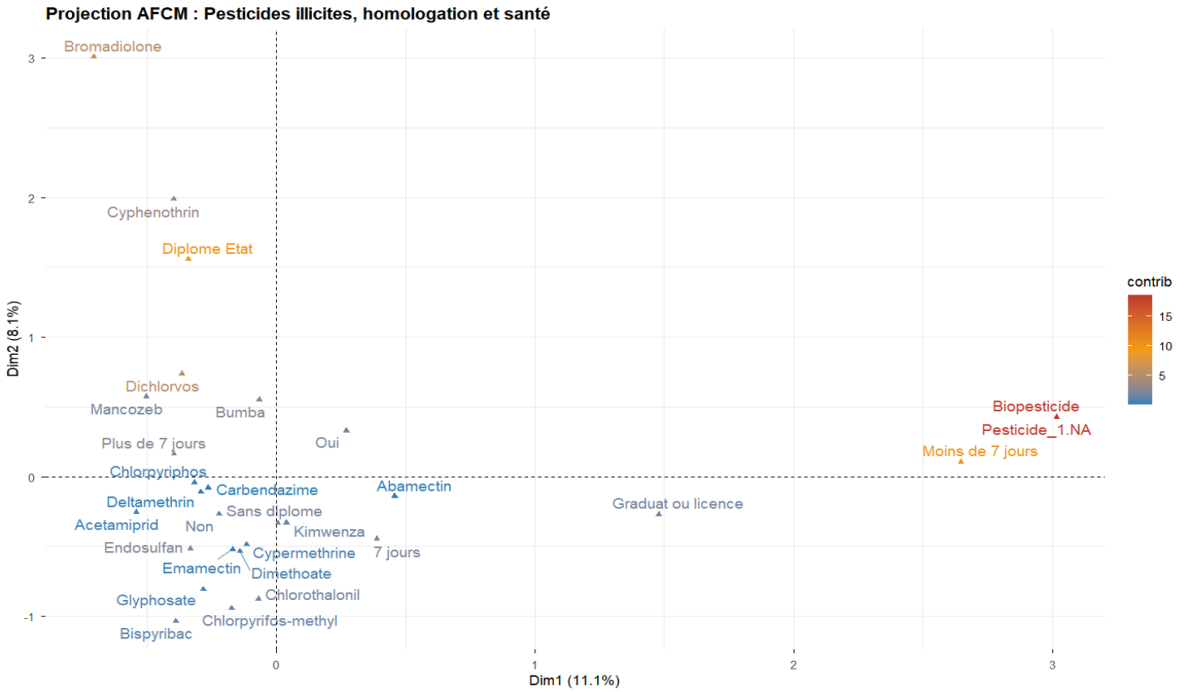

Figure 7. Graphique des variables de l'AFCM : Cartographie des projections des modalités agronomiques, des niveaux d'homologation et des matières actives phytosanitaires.

L'examen du positionnement des variables (Figure 7) permet d'élucider les facteurs de cette ségrégation spatiale. Le pôle associé à la survenue des pathologies (« Symptômes_Sante : Oui ») gravite à proximité immédiate du site d'exploitation de Bumba, des modalités caractérisées par le non-respect des délais de carence (« moins de 7 jours ») et de la méconnaissance des réglementations nationales. Géométriquement, ce quadrant de vulnérabilité maximale coïncide avec le recours préférentiel à des composés chimiques hautement rémanents et toxiques, incluant des substances prohibées ou obsolètes telles que l'Endosulfan, le Dichlorvos, le Mancozèbe et le Chlorpyrifos.

À l'opposé, le quadrant asymptomatique (« Symptômes_Sante : Non ») s'associe au site de Kimwenza, au respect rigoureux de délais de

récolte protecteurs (« plus de 7 jours ») et à l'utilisation de molécules alternatives ou non déterminées, consolidant l'hypothèse d'une médiation comportementale et systémique de l'exposition environnementale.

4. DISCUSSION

La présente étude visait à évaluer les déterminants de l'exposition aux pesticides chez les maraîchers des sites de Bumba et Kimwenza dans la ville province de Kinshasa. L'intégration d'une modélisation par régression logistique multivariable permet de dépasser les simples observations descriptives pour isoler les véritables facteurs de risque clinique. Les résultats mettent en exergue une déconnexion entre le profil sociodémographique des applicateurs et la morbidité, au profit d'une vulnérabilité dictée par les comportements agronomiques et un biais cognitif majeur face au cadre réglementaire.

4.1. Effacement des facteurs sociodémographiques face au risque systémique

Les résultats de la modélisation multivariée mettent en évidence que la morbidité déclarée au sein de l'hinterland agricole de Kinshasa n'est pas corrélée de manière significative aux facteurs sociodémographiques structurels, mais s'avère fortement associée aux comportements d'exposition directe. Cela suggère que les barrières socioéconomiques classiques s'effacent devant l'impact direct des pratiques de manipulation à haut risque, telles que l'absence de protection corporelle étanche et le non-respect systématique des délais techniques précédant la récolte.

Ce constat s'aligne sur les travaux de Fuhrimann *et al.* (2022), qui soulignent que dans les pays d'Afrique subsaharienne, l'instruction classique ne suffit pas à protéger les applicateurs. Ces derniers font face à des centaines de formulations commerciales complexes et à des mélanges de pesticides (effet cocktail) induisant des effets cumulatifs sur la santé, rendant le risque transversal. L'éducation formelle ne pallie donc pas l'absence d'interventions de proximité et de formations techniques spécifiquement dédiées à la toxicologie agricole.

4.2. Pression agronomique et non-respect du Délai Avant Récolte (DAR)

Le modèle identifie les paramètres praxéologiques comme les déterminants prédominants de la morbidité. Le non-respect du DAR est le déterminant principal de la morbidité aiguë. L'Odd Ratio élevé (OR = 38,3 ; $p = 0{,}037$) met en évidence l'arbitrage périlleux entre contraintes économiques et santé publique. Cette rémanence de produits hautement dangereux sur des cultures à cycle court expose les applicateurs à des concentrations dépassant les seuils de tolérance toxicologique. À Kinshasa, la demande constante des marchés pousse les exploitants à court-circuiter les calendriers de rémanence, récoltant et manipulant des cultures (amarantes, épinards) parfois couvertes de dépôts chimiques frais (Ngweme *et al.*, 2019). Ce constat est également documenté par Njiru *et al*. (2025), ils soulignent que l'utilisation irrégulière de pesticides dans les fruits et légumes en Afrique constitue un enjeu majeur de santé publique, avec des agriculteurs et commerçants malhonnêtes pulvérisant les cultures et les récoltant sans respecter les délais d'élimination des résidus.

Cette situation fait écho aux dynamiques observées dans d'autres pays en développement, où la nécessité de sécuriser les rendements face aux ravageurs prime sur la sécurité sanitaire des travailleurs et des consommateurs. L'absence quasi totale de port d'Équipements de Protection Individuelle (EPI) adéquats aggrave ce phénomène, transformant l'acte de récolte précoce en une voie d'exposition cutanée et respiratoire directe aux principes actifs hautement toxiques.

4.3. Paradoxe de l'homologation : biais de fausse sécurité

L'association positive entre la connaissance théorique du statut d'homologation et la prévalence des symptômes (OR = 3,67) constitue un résultat contre-intuitif qui mérite une analyse approfondie. Nous formulons l'hypothèse épidémiologique d'un mécanisme de compensation du risque, s'apparentant à un biais d'optimisme opérationnel. La perception du caractère légal ou officiel d'une substance chimique pourrait paradoxalement atténuer la vigilance des applicateurs. Se croyant prémunis contre les dangers par l'approbation institutionnelle du produit, ces derniers pourraient négliger les mesures de protection individuelles et collectives ou s'autoriser des écarts méthodologiques majeurs lors de la préparation des bouillies. Ce phénomène met en lumière le fait que l'encadrement réglementaire s'avère inefficace s'il n'est pas structurellement couplé à des programmes d'éducation technique axés sur la manipulation sécurisée et la toxicité intrinsèque des molécules homologuées.

Ce résultat illustre également les dérives du double standard dans le commerce international des pesticides, comme le rappelle Berthold (2023) et les enquêtes de Public Eye (2018), de nombreuses substances actives interdites dans l'Union européenne (UE) en raison de leur extrême toxicité (*HHP* : *Highly Hazardous Pesticides*) continuent

d'être exportées et homologuées légalement dans les pays du Sud. Ainsi, un produit perçu comme « sûr » car homologué localement peut en réalité exposer les travailleurs à des neurotoxines ou des perturbateurs endocriniens sévères. Car l'utilisateur se méfiera moins d'une matière active qui présente un faible risque de toxicité aiguë, alors qu'elle pourra présenter un risque élevé de toxicité chronique (Le Bars *et al*. 2020).

4.4. Carence du contrôle post-homologation et dynamique des marchés informels

L'inventaire a identifié plusieurs substances actives circulant sur les sites de Bumba et Kimwenza. Conformément aux observations d'Olamiti (2026) en Afrique subsaharienne, l'homologation institutionnelle seule ne garantit pas la sécurité réelle en conditions d'utilisation défaillante. Le paradoxe kinois (homologuées = plus morbides que illicites) reflète une dissonance systémique où le cadre réglementaire formel ne protège pas face aux pratiques d'exposition réelles.

Dans la littérature internationale, l'homologation est traditionnellement perçue comme un bouclier sanitaire par les instances réglementaires (FAO & OMS 2010). Toutefois, l'expertise collective de l'Inserm (2021) démontre que les évaluations officielles restent insuffisantes pour anticiper les effets des expositions diffuses et simultanées, communément appelés "effets-cocktails" (Inserm, 2021). Or, dans le contexte kinois, cette distinction institutionnelle est neutralisée par des pratiques d'application défaillantes. Le manque d'encadrement technique pousse la quasi-totalité des producteurs (92,8 %) à s'échanger les consignes d'application par le « bouche-à-oreille » (Ngweme *et al*., 2019).

Parmi les molécules recensées, la présence préoccupante de Dichlorvos et d'Endosulfan (Thiodan) révèle la porosité des frontières et l'inefficacité du contrôle post-importation. Minengu *et al*. (2021) ont déjà souligné que, bien que ces molécules soient officiellement interdites d'importation en RDC, la multiplicité des services intervenant aux frontières (OCC, DGDA, etc.) et le manque de synergies favorisent un vaste réseau d'approvisionnement informel. Ahiabor & Donkor (2025) au Ghana identifie un profil de contamination similaire : chlorpyrifos (56 %), diméthoate (48 %), et les organochlorés demeurent prédominants, suggérant une utilisation régionale ubiquitaire de ces molécules à haut risque en Afrique subsaharienne (Ahiabor & Donkor, 2025). Le contrôle en RDC se limitant souvent aux frontières, les molécules hautement toxiques ou les herbicides spécifiques comme l'atrazine ou le paraquat circulent librement sur les marchés locaux informels sans connaissances appropriées, exacerbant les risques d'usage inapproprié.

4.5. Limites de l'étude et perspectives

Sur le plan méthodologique, l'erreur standard exceptionnellement élevée et l'intervalle de confiance étalé observés pour la variable "DAR < 7 jours" (IC 95 % : 2,04 – 2350) découlent directement d'un phénomène de quasi-séparation complète des données (quasi-complète séparation). Cette contrainte mathématique est inhérente à la taille modeste de l'échantillon (N = 80) confrontée à un effet biologique de forte intensité, où la quasi-totalité des individus exposés à un DAR court présentent des manifestations cliniques. Bien que la significativité statistique de l'association soit préservée, l'estimation ponctuelle de cet Odds Ratio présente une instabilité structurelle. Afin de surmonter cette limite lors de futures modélisations, l'application d'une régression logistique pénalisée selon la méthode de Firth est fortement recommandée. Par conséquent, de futures recherches épidémiologiques prospectives s'appuyant sur des cohortes de plus grande envergure et intégrant des dosages biologiques rigoureux (tels que l'activité des cholinestérases plasmatiques et érythrocytaires) s'avèrent indispensables pour quantifier avec précision la magnitude de ce risque sanitaire en milieu périurbain.

5. CONCLUSION

Cette étude démontre que la morbidité aiguë liée à l'usage des pesticides dans l'agriculture urbaine kinoise n'est pas déterminée par des vulnérabilités sociodémographiques, mais par des pratiques d'exposition directe, particulièrement le non-respect des délais avant récolte. Son apport central réside dans la mise en évidence d'un paradoxe épidémiologique : la connaissance et l'utilisation de produits officiellement homologués sont associées à un sur-risque d'intoxication, traduisant un biais cognitif de fausse sécurité chez les applicateurs. Ces résultats soulèvent une controverse majeure quant à l'efficacité de l'homologation institutionnelle, traditionnellement perçue comme un bouclier sanitaire, lorsqu'elle n'est pas assortie d'un encadrement technique rigoureux sur le terrain.

Bien que la significativité et l'orientation de ces facteurs de risque soient mathématiquement robustes, ces constats doivent être nuancés par certaines limites méthodologiques. La taille de l'échantillon génère une forte amplitude des intervalles de confiance (phénomène de quasi-séparation des données), et le recours à la morbidité autodéclarée n'exclut pas un biais de mémorisation. La précision exacte de la magnitude de ce risque demeure ainsi une question ouverte. Ces éléments appellent de futures études épidémiologiques prospectives, s'appuyant

sur des cohortes élargies, des modèles statistiques pénalisés et des biomarqueurs d'exposition, pour objectiver définitivement l'imprégnation toxicologique réelle des exploitants agricoles.

Références

Ahiabor W. K. & Donkor E. S., 2025. Pesticide residues in foods in Ghana: A systematic review. *Health Sci. Rep.*, 8(12), e71559. https://doi.org/10.1002/hsr2.71559

Berthold M. (Ed.), 2023. *Atlas des pesticides : Faits et chiffres sur les substances chimiques toxiques dans l'agriculture.* Heinrich-Böll-Stiftung & La Fabrique Écologique. https://fr.boell.org/fr/atlas-des-pesticides

FAO, 2026. *Registration strategies*. Pesticide Registration Toolkit, https://www.fao.org/pesticide-registration-toolkit/registration-tools/registration-strategies/fr/ (24/06/2026).

FAO, Union européenne & Cirad, 2022. *Profil des systèmes alimentaires – République Démocratique du Congo. Activer la transformation durable et inclusive de nos systèmes alimentaires*. Rome, Bruxelles et Montpellier, France.

FAO & OMS, 2010. *Code international de conduite pour la distribution et l'utilisation des pesticides : Directives pour l'homologation des pesticides*. FAO/WHO.

Fuhrimann S., Wan C., Blouzard E., Veludo A., Holtman Z., Chetty-Mhlanga S., Dalvie M. A., Atuhaire A., Kromhout H., Röösli M., & Rother H.-A., 2022. Pesticide Research on Environmental and Human Exposure and Risks in Sub-Saharan Africa: A Systematic Literature Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(1), 259. MDPI.

Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm), 2021. *Pesticides et effets sur la santé : Nouvelles données*. Collection Expertise collective. EDP Sciences.

Le Bars M., Sidibe F., Mandart E., Fabre J., Le Grusse P. & Diakite C. H., 2020. Évaluation des risques liés à l'utilisation de pesticides en culture cotonnière au Mali. *Cah. Agric.*, 29, 4.

Minengu J.D.D., Pangu S., Mobula Meta V. & Mbumba bandi M., 2021. Système de contrôle et de distribution des intrants chimiques (pesticides et engrais) en République Démocratique du Congo. *Rev. Afr. Environ. Agric.*, 2(Numéro Spécial), 2-13.

Musibono D. E., Biey E. M., Kisangala M., Nsimanda C. I., Munzundu B. A., Kekolemba V. & Palus J. J., 2011. Agriculture urbaine comme réponse au chômage à Kinshasa, République Démocratique du Congo. *VertigO*, 11-1 , https://doi.org/10.4000/vertigo.10818

Ngweme G. N., Kiyombo G. M., Mulaji C. K. & Aloni J. K., 2019. Facteurs influençant les comportements des maraîchers de Kinshasa pour l'utilisation des pesticides. *Sci. Environ.*, 35, 14-19.

Njiru J. M., Njeru E., Kang'iri J., Lunani I., Rotich H., Muriira G. et al., 2025. Food fraud in selected sub-Saharan Africa countries: a wake-up call to national regulatory bodies to support enforcement and food safety. *Front. Food Sci. Technol.*, 5, 1499271. https://doi.org/10.3389/frfst.2025.1499271

Olamiti G., 2026. Agrochemical implications for cereal production, processing, public health, and food security in sub-Saharan Africa. *Nat. Environ. Pollut. Technol.*, 25(2), D1835. https://doi.org/10.46488/NEPT.2026.v25i02.D1835

Eye Ollbrunner T., 2018. Un cocktail fatal de pesticides. *Public Eye – Le Magazine*, (13), 4-16.

OMS, 2022. Pesticide residues in food. Fiche d'information, https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/pesticide-residues-in-food (24/06/2026).

R Core Team, 2026. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/

Worldometers, 2026. Pesticides par pays. Base de données, https://www.worldometers.info/fr/alimentation-agriculture/pesticides-par-pays/ (24/06/2026).