



Université Catholique du Graben

CENTRE DE RECHERCHES
INTERDISCIPLINAIRES DU GRABEN
B.P. 29 BUTEMBO/NORD-KIVU

PARCOURS ET INITIATIVES

Gouvernance, Paix et Développement

Éditorial : La recherche au service de la gouvernance, de la paix et du développement -----5

Incidence du *Banana Xanthomonas Wilt* (BXW) dans les bananeraies intégrant des ligneux en milieu de Butembo, Nord Kivu, RD Congo --7

Analyse de la chaîne de valeur du cacao (*Theobroma cacao*) à Bingo et Beni, République Démocratique du Congo ----- 29

Usage des anti-inflammatoires non stéroïdiens en milieu hospitalier : Cas de l'Hôpital Général de Kayna et des Cliniques Universitaires du Graben du 1er janvier au 1er juin 2019 ----- 53

État de lieux et perspectives de la réforme foncière au Nord-Kivu -- 65

La question de révision de la Constitution en République Démocratique du Congo. Contribution à un débat----- 89

La justice comme levier d'une paix durable en RD Congo : nécessité d'un Tribunal pénal international pour le Congo-----113

Gouvernance fiscale et budgétaire en contexte d'État de siège : dysfonctionnements, défis et stratégies de résilience au Nord-Kivu et Ituri -----133

Penser la logique de la continuité pour un développement durable à la lumière de la vie et des idées de l'abbé Apollinaire Malumalu Muholangu -----153

L'abc d'une technophanie numérique assumée -----177

ISSN : 3008-1211
e-ISSN : 3008-122X

N° 32
Septembre 2025

Incidence du *Banana Xanthomonas Wilt* (BXW) dans les bananeraies intégrant des ligneux en milieu de Butembo, Nord Kivu, RDCongo

Musongora KAMBALE MUYISA^{1*}, VIKANZA KATEMBO Paul¹

Résumé

Alors que les bananiers et plantain constituaient, il y a peu, la pierre angulaire de la petite agriculture à l'Est de la RDC, leur culture décline inexorablement de nos jours. Ces deux dernières décennies ont connu, à l'Est de la République Démocratique du Congo (RDC) et en particulier en province du Nord-Kivu, l'émergence d'une maladie d'origine bactérienne dont les impacts socio-économiques ne sont plus à prouver. Le *Banana Xanthomonas Wilt* (BXW) s'est vite propagé et a ainsi décimé de vastes étendues de bananeraies. Curieusement, il se remarque, par endroits, la persistance des touffes de bananiers et plantain autour des ligneux souvent dans des ensembles presque entièrement décimés par le BXW. Devant cette curiosité, il y a lieu de s'interroger sur le potentiel de l'agroforesterie dans la mitigation du fléau. C'est ainsi que la présente étude a été conduite en milieu de Butembo afin d'évaluer l'incidence du BXW dans les bananeraies possédant à leur sein, des ligneux. Des interviews guidées par un questionnaire ont été conduites avec les agriculteurs, suivies des observations sur le terrain. Neuf essences ligneuses à l'occurrence *Cedrela odorata*, *Erythrina abyssinica*, *Eucalyptus saligna*, *Ficus maderspatana*, *Ficus capensis*, *Ficus valli-choudae*, *Grevillea robusta*, *Markamia lutea* et *Persea americana* ont été inventoriées dans les bananeraies inspectées. À l'intérieur d'un même champ, la distance par rapport aux ligneux n'a aucunement influencé l'incidence du BXW. Néanmoins, une différence s'établit entre espèces, avec *Persea americana* et *Cedrela odorata* qui ont été associées aux bananeraies avec l'incidence du BXW la plus élevée à 23,75% et 22,21% ; respectivement. En ce qui concerne l'excentricité du premier pied malade, *Erythrina abyssinica* a présenté la plus faible excentricité du premier pied malade à moins de 1 m du ligneux alors que *Ficus maderspatana* a enregistré le premier pied malade le plus proche à 5,5 m du ligneux. Pour cerner le mécanisme d'action de ces ligneux sur la propagation du BXW, il convient d'envisager des investigations plus approfondies sur le long terme afin de dénicher l'effet de ces espèces d'arbres sur les insectes vecteurs de cette maladie. Bien plus, il sera nécessaire de comprendre l'effet des exsudats racinaires et la litière de chacune de ces espèces d'arbres sur la survie du *Xanthomonas campestris* pv *musacearum* dans le sol afin d'avoir une compréhension claire du rôle de ces arbres dans la lutte contre le BXW.

Mots clés : Banana Xanthomonas Wilt, bananier et plantain, Butembo, Agroforesterie

* ¹Faculté des Sciences Agronomiques, Université Catholique du Graben, Nord-Kivu, DRC

*Auteur Correspondant : kambalemuyisam@gmail.com , muyisa94@gmail.com

Abstract

Until recently, banana and plantain cultivation served as the cornerstone of small-scale agriculture in eastern Democratic Republic of Congo (DRC). However, this once-thriving sector has entered a steady decline. Over the past two decades, particularly in North Kivu Province, the region has been severely affected by a bacterial disease with significant socio-economic repercussions: *Banana Xanthomonas Wilt (BXW)*. The disease has spread rapidly, decimating large areas of banana plantations. Interestingly, in some locations, banana and plantain clumps have persisted around woody tree species, even in fields that have otherwise been almost entirely destroyed by BXW. This raises an important question: could agroforestry play a role in mitigating the spread of the disease?

To explore this hypothesis, a study was conducted in the Butembo region to assess the incidence of BXW in banana plantations containing woody species. Data were collected through structured interviews with farmers using a standardized questionnaire, supplemented by field observations. Nine woody species were identified across the surveyed fields: *Cedrela odorata*, *Erythrina abyssinica*, *Eucalyptus saligna*, *Ficus maderspatana*, *Ficus capensis*, *Ficus valli-choudae*, *Grevillea robusta*, *Markhamia lutea*, and *Persea Americana*. At the field level, the distance between banana plants and nearby trees did not significantly affect the incidence of BXW. However, notable differences emerged between tree species. *Persea americana* and *Cedrela odorata* were associated with the highest BXW incidence rates, at 23.75% and 22.21% respectively. Regarding the spatial distribution of the first infected plant, *Erythrina abyssinica* showed the shortest distance from the infected banana plant to the tree-less than 1 meter-while *Ficus maderspatana* recorded the furthest distance, at 5.5 meters. To better understand the mechanisms through which these woody species may influence BXW dynamics, long-term research is required. Future studies should examine their effects on the insect vectors responsible for disease transmission, as well as the potential impact of root exudates and leaf litter on the survival of *Xanthomonas campestris* pv. *musacearum* in the soil. These insights will be critical for clarifying the role of agroforestry in managing or containing the spread of BXW.

Keywords: Banana Xanthomonas Wilt, banana and plantain, Butembo, Agroforestry

Introduction

Le bananier constitue le quatrième produit agricole en termes de production mondiale après le riz, le blé et le maïs. Il occupe le premier rang de la production fruitière avec un peu plus de 117 millions de tonnes produites annuellement à l'échelle mondiale (Ganry et al., 2012). La banane est majoritairement produite dans les pays en développement et constitue, ensemble avec le manioc, une importante source d'amidon pour ses consommateurs de ces régions. En Afrique subsaharienne et dans les zones favorables à la production de la banane et du plantain, cette denrée fait objet

d'échanges commerciaux tant sur les marchés locaux, nationaux que transnationaux (Van Damme, 2013). Plus de 70 millions de personnes à travers la région des Grand-Lacs comptent sur la banane et le plantain pour fournir au moins 25 % de leur consommation journalière en hydrates de carbone (Frison & Sharrock, 1998). La culture du bananier et du bananier plantain constituait, il y a peu, une des composantes majeures des systèmes agraires en régions tropicales et plus particulièrement celles d'Afrique Centrale et Orientale. Dans l'ensemble de cette région, la banane et le plantain occupaient 25 % de la surface des terres cultivées mais pour l'Est de la RDC (Nord-Kivu, Sud-Kivu et Province orientale), les terres occupées par ces cultures excédaient 43 % des terres agricoles (Fenton et al., 2010). Suite aux multiples attaques des maladies et ravageurs, cette culture tend à être remplacée par des cultures vivrières de première nécessité ainsi que celles industrielles (Nkuba et al., 2015 ; Kikulwe et al., 2019 ; Ocimati et al., 2020)..

La résurgence de certaines formes bactériennes, virales, fongiques, phytoplasmiques, ainsi que les pestes et ravageurs jadis inconnus est une menace imminente pour la santé des végétaux, alors que les conditions climatiques deviennent de plus en plus hostiles à la suite des changements climatiques liés au réchauffement planétaire. À titre illustratif, le *Banana Xanthomonas Wilt* (BXW) dont les premières occurrences en Afrique (Éthiopie) remontent aux années dix-neuf cent soixante-cinq (Mwebaze et al., 2009) est une menace grandissante pour les agriculteurs dont le bananier et bananier plantain sont la base de la subsistance (Nkuba et al., 2015). Le *Banana Xanthomonas Wilt* est une maladie d'origine bactérienne causée par *Xanthomonas campestris* *pv musacearum*. Les symptômes de cette maladie incluent le jaunissement suivi du flétrissement des feuilles, l'excrétion d'un suintement bactérien jaunâtre, le murissement prémature des fruits et la pourriture des fruits (Biruma et al., 2007).

La menace que constitue le BXW pour la production de la banane dans les zones sinistrées résulte de l'inadéquation des pratiques culturales appliquées dans ces systèmes de production et l'inexistence de cultivars de bananier naturellement résistants (Ndungo, 2008). Il s'en suit des pertes importantes en termes de production à l'hectare et l'augmentation exponentielle des prix de la banane sur les marchés locaux qui résultent en

une faible disponibilité des vivres et une baisse des revenus des producteurs de la banane (Nkuba et al., 2015).

Depuis la déclaration de cette épidémie dans le territoire de Mukono en Uganda en 2001, et au vu de son caractère dévastateur, plusieurs moyens tant matériels, financiers qu'humains ont été déployés afin d'endiguer ce fléau (Mwebaze et al., 2009). Bien que ces moyens mis en œuvre aient été efficaces, la menace n'a pas tardé à faire incursion dans la partie orientale de la République Démocratique du Congo (Ndungo, 2008; Ndungo et al., 2008). L'Est de la RDC compte, en effet, parmi les zones qui ont expérimenté les conséquences socio-économiques liées à la perte de production des bananeraies causée par l'extermination des plantations de bananier et bananier plantain (Rutakayingabo et al., 2016). Certaines provinces de la région ont été et demeurent jusqu'aujourd'hui des régions les plus sinistrées et dont les impacts économiques se comptent en termes de millions de dollars annuellement perdus à la suite de la perte de productivité ainsi qu'à la réduction des superficies des plantations de bananiers (Nkuba et al., 2015; Ocimati et al., 2020).

Pour prévenir une potentielle résistance antimicrobienne le long de la chaîne alimentaire, la lutte chimique contre les maladies d'origine bactérienne en production végétale reste proscrite et seules des mesures prophylactiques semblent adaptées et d'application facile (Blomme et al., 2014). Néanmoins, une faible pérennisation de ces mesures s'est beaucoup observée chez certains producteurs suite à un faible accompagnement par les services appropriés, au caractère fastidieux de ces pratiques mais aussi la réinfestation des champs jadis entretenus et où la maladie était déjà éradiquée (Kikulwe et al., 2019; Muhiwa & Vigheri, 2023). Par ailleurs, des résultats de recherches récentes ont suggéré que le BXW ne colonise pas toute la souche du bananier et du bananier plantain (Ocimati et al., 2013). De ce fait, la coupe du seul pied malade au niveau du sol quand le bourgeon mâle est déjà infecté, peut minimiser les chances de la bactérie d'infecter toute la souche (Blomme et al., 2017).

En milieu de Butembo, il est curieux d'observer des touffes de bananiers qui persistent autour de certains ligneux aléatoirement maintenus dans les bananeraies sur des ensembles largement décimés par le BXW. Il est possible que cette situation résulte de l'influence que ces arbres ont sur le microclimat, les cycles de la matière et de l'énergie ainsi que les processus biologiques

(Schroth, 2010). Dans les endroits où les arbres sont beaucoup plus disséminés dans le champ, l'influence de l'arbre sur la population des agresseurs ne peut concerner que les plantes sous sa canopée (Sileshi et al., 2007) ; dont l'importance est bien entendu fonction des espèces. Ainsi, il s'observe qu'en fonction des espèces d'arbres utilisées, l'agroforesterie peut jouer un rôle important dans la lutte intégrée contre les pestes et ravageurs des cultures. Néanmoins, ces ligneux peuvent favoriser un microclimat propice pour la prolifération de certaines pestes. Bien que l'agroforesterie ait déjà prouvé sa pertinence et son efficacité dans bon nombre de situations similaires en matière de lutte antiparasitaire (Makiso, 2015), elle est toutefois à prendre avec réserve. Dans ce contexte, il y a lieu de s'interroger sur les potentiels de l'agroforesterie dans la mitigation du BXW. C'est ainsi que la présente étude a été conduite afin d'évaluer l'incidence du BXW dans les bananeraies ayant des ligneux à leur sein suivant un gradient d'éloignement de l'arbre.

1. Méthodologie

1.1. Milieu d'étude

La présente étude a été conduite en ville de Butembo et ses villages environnants entre janvier et juin 2018. L'agglomération urbaine de Butembo est située entre 0°05' et 0°10' de latitude nord et 29° 17' et 29°18' de longitude Est, en République Démocratique du Congo, en province du Nord-Kivu à proximité de la dorsale occidentale du *Rift Albertin* au Nord-Ouest du lac Edouard (Sahani, 2011). En milieu de Butembo, le bananier constitue une des principales composantes des systèmes de production agricole où il est majoritairement cultivé en association avec d'autres cultures vivrières et rarement dans les systèmes agroforestiers (Sivirihauma et al., 2017). Entendu comme la ville et ses villages environnants, la part du milieu de Butembo qui a servi de cadre pour la présente étude a été subdivisé en 4 axes, déterminés selon la renommée dans l'approvisionnement en banane et en banane plantain à la ville de Butembo. L'axe Sud a été centré sur Munoli et tous les autres villages qui sont en interconnexion avec lui pour l'approvisionnement de Butembo en banane. La zone Ouest a pris en compte deux axes principaux. L'Axe Nord-Ouest qui avait pour point de référence Butuhe et ses villages proches dont les ventes de banane s'orientent préférentiellement vers la ville de Butembo. L'axe Ouest était quant à lui centré sur Malende. Enfin, l'axe Nord avait Kisalala comme centre et

s'étendait sur tous les villages sous l'influence de cette zone et dont la production bananière est orientée vers le marché de Butembo.

1.2. Récolte des données

Les données de cette étude ont été obtenues par des entretiens orientés par un questionnaire préalablement établi et des observations directes sur le terrain des paramètres fixés. Les entretiens ont essentiellement porté sur l'appréciation comparative, par les agriculteurs, de la contribution de la culture du bananier à la subsistance et aux revenus de leur ménage aussi bien avant que pendant l'infestation du BXW. Ces entretiens se sont étendus aux mécanismes qui ont été mis en place pour contrôler le BXW. Les observations directes quant à elles, se rapportaient à l'ensemble d'essences ligneuses associées aux bananiers, les cultivars de bananier et bananier plantain cultivés ainsi que les autres cultures qui y sont associées. Aux termes de la présente étude, le concept banane fait référence aux cultivars à cuire, à vin (génome AAA-EA) et dessert (génome AAA) à la fois alors que la banane plantain prend en compte les cultivars du type AAB (Sivirihauma, et al., 2017). À part ces données portant sur l'aménagement de la bananeraie, les données sur le BXW ont été collectées par la même occasion. Il s'est agi de l'évaluation de l'incidence du BXW par le dénombrement des pieds malades ainsi que la sévérité du BXW (par l'observation de l'ampleur des symptômes) en fonction de leur excentricité par rapport au ligneux.

La sévérité et l'incidence BXW ont été obtenues grâce à l'observation des symptômes de cette maladie, d'abord sur les pieds malades (sévérité), ensuite par comparaison du nombre des pieds malades à celui des pieds sains sur la superficie sous observation (incidence). Le pied de bananier/plantain a été choisi comme unité d'observation au détriment de la touffe toute entière étant donné que les bananiers autour des ligneux étaient rarement constitués en touffe. Bien plus, le BXW est une maladie vasculaire systémique incomplète pour laquelle des pieds malades et des pieds sains peuvent coexister sur la même touffe pendant de longues périodes (Ocimati et al., 2015). Les données symptomatiques ont été successivement collectées sur une surface des cercles concentriques (centré sur le ligneux) et dont le rayon évolue de 5 m, 10 m et 15 m. L'appréciation de la sévérité du BXW dans les champs infectés a été réalisée sur un minimum de trois pieds de bananiers choisis aléatoirement dans les zones concentriques délimitées au tour du ligneux. Une échelle des valeurs allant de 1 à 7, telle qu'adaptée par Fenton *et al.*

(2010) et Ibrahim (2013), a permis d'appréhender la sévérité du BXW sur les pieds malades en fonction des symptômes observés. Sur cette échelle, la valeur 1 correspond à l'absence de tout symptôme, 2 aux symptômes de jaunissement et flétrissement des jeunes plants, 3 au flétrissement des plantes en floraison, 4 au bourgeon mal desséché sans symptôme de flétrissement sur la plante, 5 au flétrissement des feuilles sur n'importe quel pied de la touffe, 6 à un flétrissement grave, l'assèchement du bourgeon mâle et murissement prématuré des fruits alors que la valeur 7 correspond aux symptômes des plantes pour lesquelles les feuilles infectées sont jaunes/nécrotiques et ne développent pas de régime (Fenton et al., 2010; Ibrahim, 2013)

Les espèces ligneuses rencontrées en association avec les bananiers ont été inventoriées. Cet inventaire des espèces ligneuses a été effectué à l'échelle du champ. Pour tenir compte des variabilités liées à la différence des modes de gestion des bananeraies par les producteurs à petite échelle, la présente étude a considéré que le champ comme une étendue de terre contiguë et exploitée par un et un seul ménage. Tous les champs explorés n'avaient donc pas les mêmes dimensions, lesquelles dépendaient de l'étendue de terre détenue par les agriculteurs sélectionnés.

Les données qualitatives ont été présentées sous forme des fréquences relatives alors que les données quantitatives relatives à l'incidence du BXW ont été soumises à l'analyse de la variance afin d'en évaluer l'influence des espèces d'arbres ainsi que l'excentricité par rapport au ligneux.

2. Résultats et discussion

2.1. Productivité des bananeraies ayant survécu au BXW

Parmi les ménages de producteurs de la banane en milieu de Butembo, seuls 6 % continuent à cultiver le bananier uniquement pour la vente contre 65 % des ménages qui ne continuent d'entretenir leurs bananeraies que pour l'autoconsommation. Néanmoins, 29 % des ménages vendent encore une part de leur production en cas d'endettement et de besoin pressant en liquidité. Les variétés à vin et dessert sont les seules cultivées par ceux qui entretiennent leurs bananeraies exclusivement pour la vente. Bien qu'eux-mêmes disposent des compétences et maîtrisent les techniques de production du vin de banane, l'infime quantité de banane qu'ils produisent ne leur permet pas d'en amasser une grande quantité susceptible de rentabiliser ces opérations. La part de la production de la banane affectée à l'autoconsommation se révèle insignifiante et ne suffit même plus pour

combler les besoins alimentaires des ménages des producteurs. Il ressort de cette observation que, au-delà de tous les impacts socio-économiques liés au BXW, ce dernier a déjà créé un déséquilibre social et a aggravé l'insécurité alimentaire au sein de la région. En milieu de Butembo comme dans nombreuses autres régions sinistrées par le BXW, cette maladie a dévasté de grandes étendues de bananeraies au point d'en consumer certaines. Alors que la banane constituait une source importante des revenus pour les ménages de la région (plus de 1 600\$/an/ha) (Ndungo et al., 2008), les quelques régimes récoltés ne suffisent plus pour l'autoconsommation des ménages.

2.2. Lutte contre le BXW et gestion des systèmes agro-bananiens

En milieu de Butembo, les méthodes de lutte contre le BXW (élimination des pieds malades, élimination du bourgeon mâle, la désinfection des outils aratoires par flambage et l'utilisation des rejets sains) sont connues des paysans mais souffrent d'une faible application. Cette faible application de ces méthodes de lutte est due au faible accompagnement technique par un service habilité ainsi que les travaux supplémentaires que ces méthodes imposent au système de production. À part ces méthodes vulgarisées par les ONG et chercheurs du milieu, les producteurs de banane du milieu de Butembo font aussi usage des urines humaines, des purins d'animaux et les cendres de cuisines pour traiter les pieds de bananier atteints de BXW. Ces méthodes ont contribué à limiter la propagation de la maladie dans les entités où elles ont été collectivement appliquées. Néanmoins, leur application n'a été qu'éphémère et de ce fait, a annihilé les efforts de ceux qui s'acharnaient à les appliquer. Ainsi, de vastes étendues de bananeraies ont été décimées par le BXW. Une situation similaire a été observée en Uganda où, l'élimination du seul pied malade a substantiellement réduit les cas d'infestation du BXW lorsque pratiquée hebdomadairement et de manière collective. Néanmoins, les producteurs de la banane à petite échelle étaient souvent découragés suite à la réapparition des quelques pieds malades après plusieurs mois d'application de cette technique qui du reste, requerrait une main d'œuvre permanente hors de leur portée (Blomme et al., 2017, 2019).

De suite de cette dévastation spectaculaire des bananeraies en milieu de Butembo par le BXW, les lambeaux qui ont persisté sont maintenant entretenus en association avec des cultures vivrières (haricot, patate douce, choux, maïs, manioc, taros, etc.) et industrielles (canne à sucre et caféier) à des proportions différentes. Le haricot, le taro et le maïs sont les cultures

vivrières les plus couramment associées aux lambeaux de bananeraie dont ils bénéficient des soins cultureux (labour et sarclage). Cette pratique ne fait que fragiliser la productivité et la longévité des bananeraies et les expose aux attaques parasitaires de suite des blessures causées aux racines pendant les travaux cultureux mal conduits (labour, sarclage, etc.) (Muhiwa & Vigheri, 2023; Sivirihauma et al., 2017). Là où le bananier a été fortement décimé par le BXW, il tend à céder place à ces dernières cultures. Cette situation est similaire à celle observée dans d'autres zones affectées par la même maladie comme à l'ouest du Rwanda, dans le bassin du Kagera en Tanzania et Burundi (Nkuba et al., 2015) ; en Uganda (Kikulwe et al., 2019) ou sur l'axe Masisi-Minova (Ocimati et al., 2020) où le paysage jadis dominé par le bananier cède progressivement place à d'autres cultures vivrières et industrielles.

2.3. Caractérisation des ligneux associés aux bananiers

Mis à part les avantages agronomiques liés à l'association culturale, il est de plus en plus reconnu que les cultures pures semblent plus sensibles aux maladies et vagues de ravageurs que les cultures associées. Il s'agit ainsi d'une variante des systèmes intégrés de gestion des pestes et maladies. De ce fait, l'arbre peut valablement jouer un rôle important comme composante de cette association culturale dans un contexte d'extermination des surfaces forestières liée à l'accroissement simultané des besoins en bois énergie d'une part et ceux en terre cultivables d'autre part. Cette dernière situation peut être directement associée à une croissance démographique généralisée à l'Est de la RDC et particulièrement la prééminence de l'agriculture en tant que principale activité de subsistance des habitants de la zone urbaine et périurbaine de la ville de Butembo. Dans ce milieu, le système de culture du bananier est un exemple éloquent pour ce qui est de l'association arbre-bananier et où des effets des ligneux sur les cultures peuvent s'appréhender.

2.3.1. Raisons de rétention des ligneux dans les bananeraies

En milieu de Butembo, neuf essences ligneuses ont été retrouvées en association avec le bananier suivant diverses dispositions sur l'étendue du champ. Ces essences sont, entre autres, *Cedrela odorata*, *Erythrina abyssinica*, *Eucalyptus saligna*, *Ficus maderspatana*, *Ficus capensis*, *Ficus valli-choudae*, *Grevillea robusta*, *Markhamia lutea* et *Persea americana* (Figure 1).

Dans 64,7 % de cas, les agriculteurs reconnaissent que ces arbres ont été plantés alors que les 35,3 % restant n'en connaissent pas l'origine. Ce dernier groupe est constitué d'une part de ceux qui cultivent des champs pris en location et d'autre part ceux qui ont hérité des champs familiaux dont ils ne maîtrisent pas l'histoire. Les principales raisons de plantation ou rétention de ces arbres au sein de la bananeraie englobent le marquage des sépulcres, le soutien des lianes fruitières et d'ombrage, le marquage des limites des champs et les besoins en bois de construction.

Pour les bananeraies associées à des ligneux plantés par les actuels propriétaires, la plantation d'arbres est généralement (79,4 %) postérieure à celle des bananiers alors que les champs où l'installation des ligneux a précédé celle des bananiers ne représentent que 17,6 %. Les raisons de maintien des ligneux dans les bananeraies dont les propriétaires actuels n'ont pas su remonter les origines dans les champs (35,3 %), comprennent le marquage ou caractérisation des zones coutumièrement conservées (sépulcres d'anciens chefs de famille ou de la lignée royale) (52,9 %), support des lianes fruitières et ombrage dans le champ (35,3 %) ainsi que la fertilisation et le marquage des limites des terrains (17,6 %).

2.3.2. Dénombrement des ligneux dans les bananeraies

L'occurrence des espèces ligneuses ainsi que le nombre moyen d'arbres inventoriés pour chaque espèce par champ ont varié d'une espèce à une autre ; deux ou plusieurs espèces différentes pouvant être rencontrées dans un même champ. Aux termes de la présente étude, l'occurrence d'une espèce d'arbre fait référence au pourcentage des champs dans lesquels l'espèce d'arbre a été observée. Il a été observé que l'*Erythrina abissinica* est l'espèce la plus fréquemment rencontrée dans les bananeraies de Butembo (plus de 40% des champs), suivi des *Ficus* sp et *Persea americana* (avocatier) (Figure 1a). De même, en termes de nombre moyen d'arbres par champ, l'*Erythrina* a été l'espèce avec le plus grand nombre moyen de spécimens, suivi des *Ficus*, *Eucalyptus* et *Grevillea* (Figure 1b).

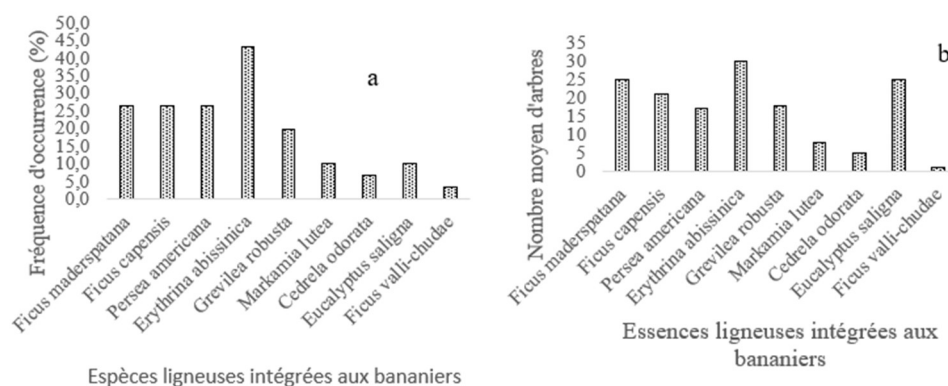


Figure 1: (a) Fréquence d'occurrence des espèces ligneuses (b) Nombre moyen d'arbres inventoriés par espèce

La situation observée dans ces champs en ce qui concerne l'occurrence des espèces ligneuses associées aux bananiers est similaire à celle décrite par Mpiira *et al.* (2013) dans la région centrale de l'Uganda en districts de Kiboga, Sembabule et Nakaseke où les *Ficus spp* ont été qualifiés d'espèces compagnes du bananier en raison d'une cohabitation harmonieuse entre ces espèces et le bananier dans nombreux champs de la région. En région de Butembo, l'*Erythrina abyssinica* a été l'espèce la plus représentée tant en nombre moyen d'arbres inventoriés par champ qu'en nombre de champs dans lesquels il a été rencontré. Une telle situation peut d'une part être liée au fait que cette essence est plantée pour plusieurs raisons, en l'occurrence sur les sépulcres, aux limites des champs, à l'intérieur des champs pour soutenir les lianes fruitières, l'ombrage, la fertilisation des champs, etc. Comparativement aux autres espèces d'arbres, l'*Erythrina abyssinica* aurait été adoptée par des agriculteurs de la région suite aux campagnes de sensibilisation sur ses vertus en ce qui concerne la restauration de la fertilité du sol. La faible hauteur de cet arbre permet aux agriculteurs d'y exploiter des fruits pendant le plus longtemps possible. Bien plus, cette espèce n'a jusque-là manifesté aucun effet négatif (effets allélopathiques sur les cultures) depuis son installation dans les champs des agriculteurs. Malheureusement, l'exigüité des parcelles exploitées limite considérablement l'extension de cette essence dans les terroirs.

Contrairement à *Erythrina abyssinica*, les trois espèces du genre *Ficus* (*Ficus maderspatana*, *Ficus capensis*, *Ficus vallis-choudae*) ont été toutes

rencontrées à côté de nouvelles tombes ou encore sur des anciennes tombes déjà méconnaissables (« *Mahero* »). Cette information concorde avec les révélations fournies par les quelques agriculteurs propriétaires des champs contenant l'une ou l'autre de ces trois essences. En effet, pour ces agriculteurs, ces trois essences (« *Muhumo* ») ont un caractère symbolique et marque le sépulcre du chef de la famille ou d'un roi. De ce fait, elles bénéficient d'une protection particulière et l'abattre est considéré comme un sacrilège, un péché contre la coutume et une offense à l'endroit des ancêtres. Bien qu'elles aient une très faible valeur économique, elles restent maintenues dans les champs, mais ne peuvent être plantées que pour un motif d'ordre coutumier. Ainsi, les rencontre-t-on en îlots dans des champs contigus ayant jadis été occupés par des familles différentes ou au contraire en raison de la présence de plusieurs tombes familiales dans un même champ.

Toutes les essences rencontrées pouvaient répondre à quatre principaux modes de répartition sur l'étendue des champs pris en considération. Par endroits, les ligneux de même essence étaient parsemés de façon irrégulière dans le champ, ou alors rapprochés les uns des autres voire alignés, tandis que dans d'autres cas, certaines espèces étaient complètement isolés de l'ensemble d'autres ligneux qui environnent le champ où ils sont localisés. La prédominance des dispositions « isolée en îlot » et « dispersée », peut se justifier pour les espèces à « vocation culturelle » (*Ficus spp* et *Erythrina abyssinica*), par l'existence de certains champs de grande étendue appartenant à une même famille dont les sépulcres sont bien localisés à un même endroit. Par ailleurs, la disposition « alignée » n'a été rencontrée que pour des arbres disposés au contour des champs pour marquer les limites entre des champs contigus.

2.4. Incidence du BXW dans les bananeraies associées aux ligneux

Dans ce paragraphe, il est surtout question de présenter l'état actuel de la culture du bananier tel qu'il est vécu autour des ligneux. Le tableau 1 reprend, dans sa première partie (les trois premières colonnes) l'évolution du nombre moyen des pieds de bananier inventoriés successivement dans un cercle de 5 m, 10 et 15 m de rayon et centré sur le tronc de l'arbre. La seconde partie du même tableau reprend quant à lui le nombre des seuls pieds malades rencontrés dans les mêmes cercles décrits précédemment.

Tableau 1 : Évolution du nombre moyen des pieds de bananiers et des bananiers malades autour des ligneux

	Nbre moyen des bananiers à 5m du ligneux	Nbre moyen des bananiers à 10 m du ligneux	Nbre moyen des bananiers à 15m du ligneux	Nbre moyen des bananiers malades à 5m du ligneux	Nbre moyen des bananiers malades à 10 m du ligneux	Nbre moyen des bananiers malades à 15m du ligneux
<i>Ficus maderspatana</i>	8	17	26	1	2	3
<i>Ficus capensis</i>	6	13	19	0	1	2
<i>Persea americana</i>	11	19	28	1	2	3
<i>Erythrina abyssinica</i>	15	26	35	1	2	3
<i>Grevillea robusta</i>	7	15	20	1	1	1
<i>Markhamia lutea</i>	5	12	17	0	0	0
<i>Cedrela odorata</i>	10	18	29	3	4	4
<i>Eucalyptus saligna</i>	23	35	47	1	2	2
<i>Ficus vallis-choudae</i>	6	19	27	0	0	1

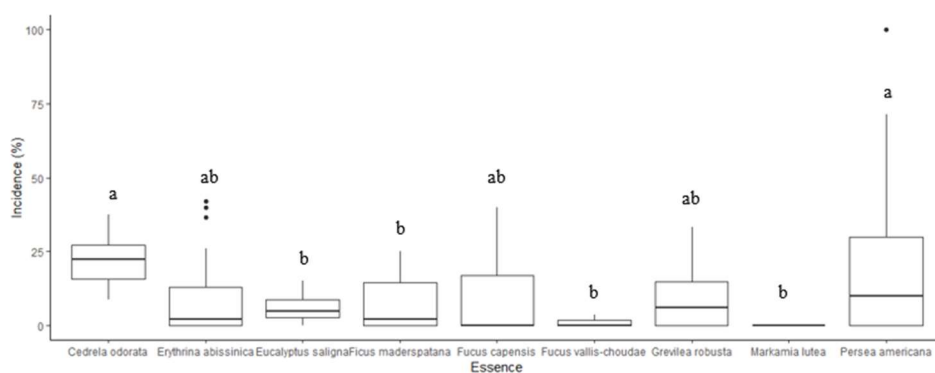
Source : Nos observations

Il ressort de ce tableau qu'il y a une évolution croissante tant du nombre de pieds de bananier dans sa globalité que celui des pieds malades en passant d'un cercle de rayon inférieur à celui de rayon supérieur. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Mpiira *et al.* (2013) dans la région centrale de l'Uganda où il fut observé qu'il y a moins des ligneux associés aux bananiers et en retour moins de bananiers sous le couvert de ces ligneux. Cette évolution croissante du nombre de pieds de bananier peut en partie s'expliquer par le développement assez important du diamètre du houppier de certaines espèces dont le *Ficus maderspatana* et le *Ficus capensis*. En effet, ces espèces à vocation culturelle ont une frondaison relativement dense, plus étendue et crée des conditions d'ombrage qui limitent le développement des autres plantes dans leur environnement immédiat. Les autres espèces, en plus de bénéficier de temps à temps des travaux sylvicoles dont l'élagage, ont un houppier peu dense qui favorise le développement des cultures associées. Néanmoins, l'analyse de la variance de l'incidence du BXW n'a révélé de différences significatives qu'entre les espèces d'arbres ($p < 0,05$) (Tableau 2).

Tableau 2: Analyse de la variance de l'incidence du BXW en fonction des espèces d'arbres et l'excentricité par rapport à l'arbre

Sources de variation	ddl	SCE	CM	F value	p-value
Espèces	8	4683	585,3	2,214	0,0338*
Eloignement	2	15	7,6	0,029	0,9715
Espèces*Eloignement	16	1406	87,8	0,332	0,9921
Erreur résiduelle	87	23001	264,4		

Les plus fortes valeurs de l'incidence du BXW de l'ordre de 23,75 % et 22,21 % ont été respectivement enregistrées dans les bananeraies associées au *Persea americana* et *Cedrela odorata*. Les bananeraies associées au *Ficus maderspatana*, *Eucalyptus saligna*, *Ficus vallis-chudae* et *Markamia lutea* ont enregistré les plus faibles valeurs de l'incidence du BXW allant jusqu'à l'incidence nulle dans le cas du *Markamia lutea* (Figure 2).


Figure 2: Incidence du BXW dans les bananeraies intégrant des ligneux à leur sein

La plus forte incidence moyenne de 23,75 % enregistrée dans la présente étude demeure légèrement inférieure aux valeurs rapportées dans d'autres études (plus de 30 %) au sein de la même région (Muhiwa & Vigheri, 2023). La plus ou moins forte incidence du BXW dans les bananeraies associées à certains ligneux comme le *Persea americana* et *Cedrela odorata* serait d'une part liée à la capacité de leur inflorescence abondante à attirer des insectes vecteurs du pathogène comme les abeilles domestiques, les guêpes et les drosophiles (Tinzaara et al., 2007). D'autre part, il y a lieu de considérer les résultats des études de Mwebaze *et al.* (2009) afin d'expliquer ce phénomène. En effet, à l'issue de leurs analyses sur la persistance des cellules vivantes de *Xanthomonas campestris* pv *musacearum* d'une part dans des sols stériles et

d'autre part dans ceux non-stériles, il a été démontré que tant en conditions de laboratoire que naturelles, ces bactéries vivent longtemps dans les milieux stériles avec une légère différence pouvant s'établir selon que l'humidité du substrat (sol) est élevée ou faible. Elles présentent donc un faible pouvoir compétitif. Partant de cette acception et tenant compte du fait que les feuilles mortes des arbres alimentent continuellement les zones proximales de l'arbre en matière organique, induisant ainsi une intensification de l'activité microbienne du sol, les bactéries responsables du BXW y subsisteraient en faible proportion et pour une courte durée faute de pouvoir compétitif. Ce qui, dans ce contexte, constituerait un argument de plus pouvant justifier cette relative faible incidence du BXW sur les bananiers sous le couvert de ces ligneux. Si cette hypothèse se révèle positive, cet effet différerait alors d'une espèce d'arbre à une autre en fonction de la quantité et qualité de matière organique pouvant être produite, de la vitesse de décomposition de cette matière organique, du nombre et de la nature d'organismes impliqués dans cette décomposition, etc.

Il a aussi été observé que certaines essences ou groupes d'essences pouvaient figurer dans des sites ne présentant pas de pieds malades. Sans que ceci ne soit directement attribué aux essences ligneuses de manière spécifique, il est curieux de constater que les trois essences à vocation « culturelle » y figurent à larges proportions (Figure 3).

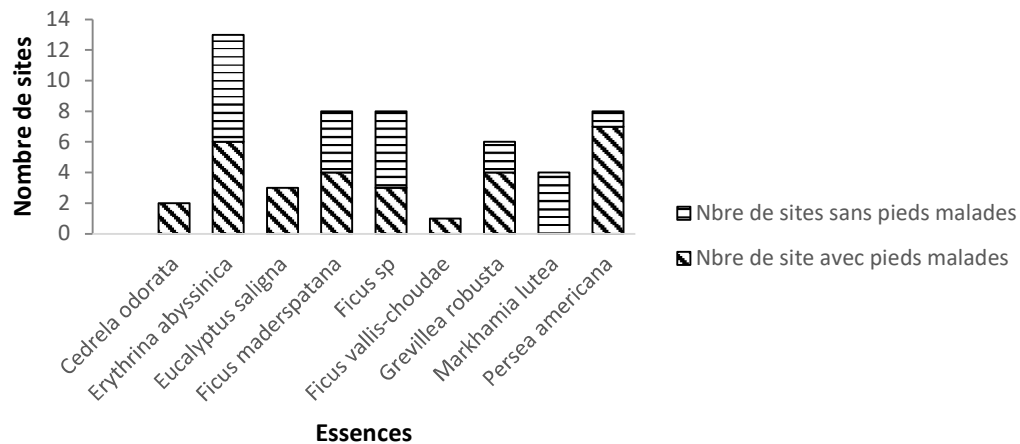


Figure 3: Répartition des sites en fonction de la présence ou absence des bananiers malades

La confrontation de ces données à celles du tableau 1 relatif à l'évolution du nombre des bananiers et bananiers malades en fonction de leur éloignement du pied de l'arbre renseigne sur le possible effet et interaction entre les ligneux et les bananiers. En effet, l'existence de certains sites avec des ligneux mais sans bananiers malades peut permettre d'envisager une probable interaction négative entre la présence de ces ligneux et la prolifération du BXW. En guise d'illustration, certains champs quasiment dévastés par le BXW ont été déniché à Kitowa (axe Malende), mais à l'intérieur desquels certains pieds de bananiers persistent encore sous le couvert d'un géant *Ficus maderspatana*. Un autre cas similaire est celui d'une bananeraie luxuriante sous une plantation d'*Eucalyptus saligna* à Bungwe (axe Butuhe). Alors que cette plantation partage ses limites Ouest et Sud avec deux champs où figurent des pieds des bananiers présentant des symptômes du BXW à respectivement 12 et 17 m de cette plantation. À en croire les riverains de cette plantation, les Eucalyptus y auraient été installés depuis près de six ans en remplacement d'une vieille bananeraie qui venait d'être décimée par le BXW. Alors que ces bananiers sont issus de vieilles souches malades du BXW et ne bénéficiant d'aucun soin cultural, la surprise est de se rendre compte qu'aucun pied sous cette plantation d'*Eucalyptus saligna* ne présente de symptômes du BXW. Reste à savoir depuis quand cet état est présent sous cette plantation et les récoltes susceptibles d'y réaliser.

2.5. Excentricité du premier pied malade

En ce qui concerne la distance moyenne à laquelle est situé le premier pied de bananier malade par rapport à l'arbre, il convient de dire que cette dernière a été trouvée en fonction des sites ayant présenté des pieds malades dans des champs où les ligneux sont présents. Ainsi, le tableau 3 suivant présente les données relatives à la distance moyenne ainsi que celle minimale qui séparent le premier pied de bananier malade du BXW du ligneux qui lui est le plus proche.

Tableau 3: Excentricité du premier pied de bananier malade par rapport au ligneux

Noms des essences	Excentricité du premier pied malade		Variété	Stade de développement et symptômes
	Moyenne (en m)	Minimum (en m)		
<i>Ficus maderspatana</i>	11,1	5,5	À cuire	Juvénile 2
<i>Ficus capensis</i>	4,7	2	À cuire	Juvénile 2
<i>Persea americana</i>	5,1	1,7	À cuire	Juvénile 2
<i>Erythrina abyssinica</i>	5,0	0,7	Dessert	Juvénile 2
<i>Grevilea robusta</i>	11,2	4	Dessert	Juvénile 2
<i>Cedrela odorata</i>	1,8	1,5	À cuire	Juvénile 2
<i>Eucalyptus saligna</i>	7,3	5	Dessert	Juvénile 2
<i>Ficus vallis-choudae</i>	15,0	15	Dessert	Juvénile 2

Source : Nos observations

Légende : *Juvénile : bananier présentant des symptômes de BXW avant le débourrement du bourgeon floral

*2 : Le symptôme observé est le jaunissement suivi du flétrissement des feuilles

En soi, la moyenne telle que présentée dans le tableau 3 occulte d'énormes disparités et reste moins éloquente en ce qui concerne une analyse des influences telle que celle envisagée dans ce paragraphe. Pour preuve, dans le cas d'*Erythrina abyssinica*, à une excentricité moyenne de 5 m correspond une valeur minimale de 0,7 m. Ainsi, l'excentricité minimale nous paraît plus utile afin de guider notre réflexion.

La prédominance de la variété banane à cuire dans le rang de celles qui apparaissent comme premier pied malade le plus proche des ligneux peut être liée au fait que cette variété est la plus cultivée dans le milieu de Butembo. Le symptôme du flétrissement des feuilles qui se généralise augurerait une contamination des pieds sains par des outils aratoires ou alors le matériel de plantation infecté (Fenton et al., 2010).

Conclusion et perspectives

La préoccupation au centre de cette étude était d'évaluer l'incidence du *Banana Xanthomonas Wilt* (BXW) dans les bananeraies qui intègrent des ligneux à leur sein. Alors que les premières occurrences du BXW dans la région ont désarmé les agriculteurs face à ce fléau majeur, les recherches qui y ont été consacrées en région de Butembo se sont limitées à la phase d'expérimentation pendant que les agriculteurs attendaient impatiemment

une solution miraculeuse. De ce fait, tous les efforts que ces agriculteurs pouvaient fournir afin de faire face au BXW sont restés fragilisés par des « échecs » auxquels les multiples champs expérimentaux installés dans la région ont abouti. Faut-il vraiment parler d'échecs ? Alors qu'on était encore dans une phase expérimentale, dont les résultats ne pouvaient à priori pas être prédits ; les « pauvres » paysans quant à eux pensaient déjà à l'avènement des variétés « immunisées » contre le BXW (à en croire leurs mots). Le cas des essais installés dans ces régions, qui, après obtention des résultats ont été abandonnés et ainsi réinfectés par le BXW, serait à l'origine du découragement d'un grand nombre de paysans quant à l'application des méthodes de lutte et celles préventives contre le BXW bien qu'elles aient été vulgarisées. Bien que de faible valeur économique, certaines essences ligneuses font objet d'une conservation intégrale en raison de leur fonction culturelle.

Au-delà de leur perception monumentale, ces ligneux sont toujours en interaction avec les autres éléments du système de production où ils sont implantés, à la productivité des cultures qui les environnent, à la prolifération des pestes et ravageurs dans tout le système, à l'amplification ou restriction des effets des certaines maladies, etc. Positives ou négatives, ces influences doivent être maîtrisées afin de tirer profits de celles qui se révèlent positives et minimiser celles négatives. Même si une influence positive de certaines espèces ligneuses sur la mitigation du BXW semble ressortir des observations de la présente étude, nous sommes encore loin de conclure à une telle affirmation et beaucoup reste encore à vérifier et à approfondir.

Ainsi, une compréhension nette des interactions entre les différentes espèces ligneuses et la transmission du *Xanthomonas campestris* *pv musacearum* reste en perspective. Au nombre des faiblesses que cette étude porte, il y a lieu de souligner le fait que l'interprétation de ses résultats n'a pas fait ressortir les effets d'interaction entre différentes essences ligneuses qui peuvent coexister sur un même site d'observation et le BXW. Cette dernière situation a constitué la grande difficulté rencontrée au cours de cette étude. Poursuivre une telle étude en considérant, non les bananeraies associées à plusieurs essences ligneuses à la fois, mais particulièrement à une seule, paraît un moyen pertinent afin de creuser en fond le contenu de ce chantier.

Ainsi, des investigations sur le long terme devaient se focaliser sur la compréhension de l'effet de chacune de ces espèces d'arbres sur les insectes vecteurs de cette maladie. A un deuxième niveau, ces investigations devront chercher à comprendre l'effet des exsudats racinaires et la litière de ces espèces d'arbres sur la survie du *Xanthomonas campestris* pv *musacearum* dans le sol afin d'avoir une compréhension claire du rôle de ces arbres dans la lutte contre le BXW.

Références bibliographiques

- Biruma, M., Pillay, M., Tripathi, L., Blomme, G., Abele, S., Bandyopadhyay, R., Muchunguzi, P., Kassim, S., Nyine, M., & Eden-Green, S. (2007). Banana Xanthomonas wilt: A review of the disease, management strategies and future research directions. *African Journal of Biotechnology*, 6(8), 953-962.
- Blomme, G., Jacobsen, K., Ocimati, W., Beed, F., Ntamwira, J., Sivirihauma, C., Ssekiwoko, F., Nakato, G., Kubiriba, J., Tripathi, L., Tinzaara, W., Mbolela, F., Lutete, L., & Karamura, E. (2014). Fine-tuning banana Xanthomonas wilt control options over the past decade in East and Central Africa. *European Journal of Plant Pathology*, 139, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s10658-014-0402-0>
- Blomme, G., Ocimati, W., Sivirihauma, C., Lusenge, V., Bumba, M., & Ntamwira, J. (2019). Controlling Xanthomonas wilt of banana: Influence of collective application, frequency of application, and social factors on the effectiveness of the Single Diseased Stem Removal technique in eastern Democratic Republic of Congo. *Crop Protection*, 118, 79-88. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.12.015>
- Blomme, G., Ocimati, W., Sivirihauma, C., Vutseme, L., Mariamu, B., Kamira, M., van Schagen, B., Ekboir, J., & Ntamwira, J. (2017). A control package revolving around the removal of single diseased banana stems is effective for the restoration of Xanthomonas wilt infected fields. *European Journal of Plant Pathology*, 149(2), 385-400. <https://doi.org/10.1007/s10658-017-1189-6>
- Fenton, B., Komi, F., Ouma, E., Ndungo, V., & Tinzaara, W. (2010). *Scale and scope of the problems due to BXW in Eastern DRC (North and South Kivu and Province Oriental) : An expert evaluation of existing*

information commissioned by USAID office of Economic Growth and Livelihoods, Kinshasa, DRC.

- Frison, E., & Sharrock, S. (1998). *The economic, social and nutritional importance of banana in the world*. 1014, 21-35.
- Ganry, J., Foure, E., Bellaire, L., & Lescot, T. (2012). *An integrated approach to control the black leaf streak disease (BLSD) of bananas, while reducing fungicide use and environmental impact* (A. Dhanasek, N. Thajuddin, & A. Panneerselvam, Éd.; p. 193-226). <https://doi.org/10.5772/29794>
- Ibrahim, H. (2013). *Banana xanthomonas wilt : Incidence, transmission, pathogen characterization and management options in Kagera, Mwanza and Mara regions* [MSc thesis, Sokoine University of Agriculture]. <https://www.suaire.sua.ac.tz/handle/123456789/535>
- Kikulwe, E. M., Kyanjo, J. L., Kato, E., Ssali, R. T., Erima, R., Mpiira, S., Ocimati, W., Tinzaara, W., Kubiriba, J., Gotor, E., Stoian, D., & Karamura, E. (2019). Management of banana xanthomonas wilt : Evidence from impact of adoption of cultural control practices in Uganda. *Sustainability*, 11(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/su11092610>
- Makiso, L. (2015). *Systèmes de culture et ravageurs des bananiers en milieu forestier de la région de kisangani (RDC) : Prévalence et diversité* [These de Master]. Université de Kisangani.
- Mpiira, S., Staver, C., Kagezi, G. H., Wesiga, J., Nakyeyune, C., Ssebulime, G., Kabirizi, J., Nowakunda, K., Karamura, E., & Tushemereirwe, W. K. (2013). The use of trees and shrubs to improve banana productivity and production in central Uganda : An analysis of the current situation. In *Banana systems in the humid highlands of sub-Saharan Africa : Enhancing resilience and productivity* (p. 150-157). <https://doi.org/10.1079/9781780642314.0150>
- Muhiwa, J. D. D. K., & Vigheri, L. N. (2023). Contribution à l'étude épidémiologique du Banana Xanthomonas Wilt (BXW) en Territoire de Beni, province du Nord-Kivu, République Démocratique du Congo. *Parcours et Initiatives : Revue interdisciplinaire du Graben (PIRIG)*, Article 24. <https://doi.org/10.57988/crig-2380>
- Mwebaze, J. M., Tusiime, G., Tushemereirwe, W. K., & Kubiriba, J. (2009). The survival of *Xanthomonas campestris* pv. *Musacearum* in soil and

- plant debris. *African Crop Science Journal* (ISSN: 1021-9730) Vol 14 Num 2, 14, 121-127. <https://doi.org/10.4314/acsj.v14i2.46166>
- Ndungo, V. (2008). *La situation du wilt bactérien du bananier dans la région de Minova ; cartographie, impact sur la sécurité alimentaire et recommandations pour le contrôle durable* (p. 60) [Rapport de consultance]. ACF.
- Ndungo, V., Fiaboe, K. K. M., & Mwangi, M. (2008). Banana Xanthomonas wilt in the DR Congo : Impact, spread and management. *Journal of Applied Biosciences*, 1(1), 1-7.
- Nkuba, J., Tinzaara, W., Night, G., Nicolas, N., Jogo, W., Ndyetabula, I., Leonard, M., Ndayihanzamaso, P., Niyongere, C., Gaidashova, S., Rwomushana, I., Opio, F., & Eldad, K. (2015). Adverse impact of Banana Xanthomonas Wilt on farmers livelihoods in Eastern and Central Africa. *African Journal of Plant Science*, 9, 279-286. <https://doi.org/10.5897/AJPS2015.1292>
- Ocimati, W., Groot, J. J. C., Tittonell, P., Taulya, G., Ntamwira, J., Amato, S., & Blomme, G. (2020). Xanthomonas wilt of banana drives changes in land-use and ecosystem services across infected landscapes. *Sustainability*, 12(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/su12083178>
- Ocimati, W., Nakato, G. V., Fiaboe, K. M., Beed, F., & Blomme, G. (2015). Incomplete systemic movement of *Xanthomonas campestris* pv. *Musacearum* and the occurrence of latent infections in xanthomonas wilt-infected banana mats. *Plant Pathology*, 64(1), 81-90. <https://doi.org/10.1111/ppa.12233>
- Ocimati, W., Ssekiwoko, F., Karamura, E., Tinzaara, W., Eden-Green, S., & Blomme, G. (2013). Systemicity of *Xanthomonas campestris* pv. *Musacearum* and time to disease expression after inflorescence infection in East African highland and Pisang Awak bananas in Uganda. *Plant Pathology*, 62(4), 777-785. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2012.02697.x>
- Rutakayingabo, M. D., Muhigwa, B. J.-B., Lwaboshi, R., Chihire, B., & Amato, S. (2016). Analyse de l'impact socioéconomique du flétrissement bactérien du bananier et réponses paysannes dans la région du Bushi Kivu à l'Est de la République Démocratique du Congo/Impact of socio economic analysis of bacterial banana wilt

- and peasant responses in Bushi Kivu region in eastern Democratic Republic of Congo. *International journal of innovation and applied studies*, 18(1), 66-75.
- Sahani, W. M. (2011). *Contexte urbain et climatique des risques hydrologiques en ville de Butembo (Nord-Kivu)* [Thèse de doctorat]. Université de Liège.
- Schroth, G. (Éd.). (2010). *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Island Press.
- Sileshi, W., Schroth, G., Rao, M. R., & Girma, H. (2007, juin 29). Weeds, diseases, insect pests, and tri-tropic interactions in tropical agroforestry. *CIFOR-ICRAF*. <https://www.cifor-icraf.org/knowledge/publication/30308/>
- Sivirihauma, C., Ocimati, W., Valimuzigha, K., Karamura, D., Adheka, J., Ibanda, B., Dheda, B., Kamira, M., & Blomme, G. (2017). Diversity and morphological characterization of *Musa* spp. In North Kivu and Ituri provinces, Eastern Democratic Republic of Congo. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 9(10), 292-305. <https://doi.org/10.5897/IJBC2016.1101>
- Sivirihauma, C., Walter, O., Kambale, V., Muller, K., Lusenge, V., Jules, N., Mariamu, B., & Guy, B. (2017). Diversity of cultural practices used in banana plantations and possibilities for fine-tuning : Case of North Kivu and Ituri provinces, eastern Democratic Republic of Congo. *African Journal of Agricultural Research*, 12(25), 2163-2177. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11861>
- Tinzaara, W., Gold, C. S., Ssekiwoko, F., Bandyopadhyay, R., Abera, A., & Eden-Green, S. J. (2007). Role of insects in the transmission of banana bacterial wilt. *African Crop Science Journal*, 14(2), 105-110. <https://doi.org/10.4314/acsj.v14i2.27916>
- Van Damme, J. (2013). *Analyse systémique des processus d'innovation dans les systèmes agraires de la région des Grands Lacs basés sur la culture de la banane* [These de doctorat]. Université Louvain-La-Neuve.