

EVOLUTION DES PARAMETRES EPIDEMIQUES ASSOCIES A LA MOSAÏQUE AFRICAINE DU MANIOC AU SUD-KIVU EN REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

J.-C. BULONZA^{1,2*}, S. YASENGE², L. EMPATA^{1,2}, O. LIKITI^{1,2}, H. MUHINDO^{1,2}, B. DOWIYA¹ ET G. MONDE^{1,2}

¹Institut Facultaire des sciences Agronomiques de Yangambi (IFA-Yangambi),
B.P 1232 Kisangani, RD Congo

²WAVE-IFA Yangambi, Laboratoire de Phytopathologie et biotechnologie végétale,
B.P 1232 Kisangani, RD Congo

*Auteur correspondant : mulimbanyajclaud@gmail.com Tél : +243 97 90 94 820

RESUME

Le manioc est une culture vivrière dont les racines et feuilles constituent l'aliment de base en République Démocratique du Congo en générale et au Sud-Kivu en particulier.

Cette étude a été conduite en vue de connaître l'évolution de la mosaïque africaine du manioc (MAM) au Sud-Kivu. Les prospections phytosanitaires ont été réalisées dans 90 champs. Dans le champ, 30 plants de manioc étaient observés suivant les diagonales. Cinq territoires (Kalehe, Idjwi, Kabare, Walungu et Uvira) étaient prospectés entre Novembre 2020 et Mars 2022. Après analyse des données et élaboration des cartes de distribution épidémiologique, Les incidences allant de 46 à 65,5 % et sévérités modérées qui varient de niveau 2 en 2020 au niveau 2,6 en 2022 ont été obtenus. L'utilisation des boutures malades à la plantation serait à la base de la propagation de la MAM. La principale source d'infection de MAM identifiée était l'utilisation des boutures malades (70 %). A l'opposé, les mouches blanches infectent faiblement le manioc (30 %). Les mouches blanches ont été largement distribuées et plus abondantes à Uvira (60,5 %) en basse altitude. Les conditions écologiques qui règnent en basse altitude seraient favorables aux mouches blanches et expliqueraient cette abondance par rapport à la haute altitude. La maladie de la mosaïque africaine du manioc (MAM) est largement répandue dans les territoires enquêtés. La pression épidémique de la MAM a augmenté entre les années 2020 et 2022.

Mots clés : Evolution, Incidence, MAM, Sévérité, Sud-Kivu.

ABSTRACT

EVOLUTION OF EPIDEMIC PARAMETERS ASSOCIATED WITH THE AFRICAN CASSAVA MOSAIC DISEASE IN SOUTH KIVU, DEMOCRATIC REPUBLIC OF CONGO

Cassava is a food crop whose roots and leaves constitute the staple food in the Democratic Republic of Congo in general and in South Kivu in particular.

This study was carried out to understand the evolution of the African cassava mosaic disease (CMD) in South Kivu. Phytosanitary surveys were carried out in 90 fields. In the field, 30 cassava plants were observed diagonally. Five territories (Kalehe, Idjwi, Kabare, Walungu and Uvira) were surveyed between November 2020 and March 2022. After analysis of the data and development of epidemiological distribution maps, the incidences ranging from 46 to 65.5% and moderate severities which vary from level 2 in 2020 to level 2.6 in 2022 have been obtained. The use of diseased cuttings for planting is believed to be the basis for the spread of CMD. The main source of cassava mosaic disease (CMD) infection identified was the use of diseased cuttings (70%). In contrast, whiteflies infect cassava weakly (30%). Whiteflies were widely distributed and most abundant in Uvira (60.5%) at low altitude. The ecological conditions that prevail at low altitude would be favorable to whiteflies and would explain this

abundance compared to high altitude. African cassava mosaic disease (CMD) is widespread in the areas surveyed. The epidemic pressure of CMD increased between the years 2020 and 2022.

Keywords: Evolution, Incidence, CMD, Severity, South Kivu.

INTRODUCTION

La mosaïque africaine du manioc (MAM) est une maladie virale présente dans toutes les zones de culture du manioc. Les pertes de rendement qu'elle occasionne sont très importantes (plus de 70 %) à l'échelle continentale où elle est l'une des maladies la plus dévastatrice (Legg *et al.*, 2006).

En République Démocratique du Congo, la MAM conduit aux pertes de rendement allant de 77,5 % à 97,3 % lorsque les plants de manioc sont infectés par boutures. Elle est la contrainte biotique la plus importante à la production de manioc (Bisimwa *et al.*, 2015).

Dans la Province du Sud-Kivu, environ 85 % de la population consomment le manioc. Selon les récentes statistiques, 905478 familles cultivent le manioc sur une population estimée à plus de quatre millions d'habitants (Ganza *et al.*, 2019). La plante est donc un produit de subsistance majeure dans la province.

Sa production totale est évaluée à 4,077 millions de tonnes sur 323,478 hectares. Toutefois, ce rendement demeure faible. Cette baisse de rendement est due à un virus qui est responsable de la mosaïque africaine du manioc (Bisimwa *et al.*, 2019).

Au Sud-Kivu, des infections précoces durant les trois premiers mois de la culture, induisent les pertes de rendements allant de 77,5 % à 97,3 % et 44,9 % à 80% lorsque l'infection a lieu plus tard (Bisimwa *et al.*, 2015).

Le virus est principalement transmis par voie végétative (bouturage) qui conduit au développement des plants rabougris (Adamou *et al.*, 2017). Il est aussi transmis par la mouche blanche (*Bemisia tabaci*), un insecte piqueur-suceur, polyphage qui se pose généralement sur la face inférieure des feuilles de manioc. Les pertes causées par l'attaque de cette mouche sont évaluées à plus d'un milliard de dollars par an (Chavarriaga-aguirre *et al.*, 2016).

La figure (1) illustre les boutures malades et mouches blanches sur la face inférieure de feuille.



Figure 1 : Boutures malades et mouches blanches sur la face inférieure de feuille.

Diseased cuttings and whiteflies on the underside of the leaf.

Dans les plantations, la mosaïque africaine du manioc (MAM) se manifeste par des symptômes chlorotiques, le recroquevillèrent des limbes qui réduisent la feuille à la nervure principale et un arrêt de développement de la plante avec des entre-nœuds courts conduisant au nanisme (WAVE, 2020).

La lutte contre la mosaïque africaine du manioc est essentiellement préventive. Elle consiste en la sélection des boutures, saines, la surveillance régulière des plantations pour détecter et arracher très tôt les plants virosés, la destruction des plantes hôtes-alternatifs et l'utilisation de

variétés résistantes (Mahungu *et al.*, 2004).

Toutes ces mesures ne peuvent être individuellement efficaces. Il faut donc pratiquer la lutte intégrée contre le vecteur (*Bemisia tabaci*) avec une utilisation minimale d'insecticides de synthèse. La première mesure à prendre est de prélever des boutures uniquement sur des plants sains. Il faut éviter de planter des boutures dont on ne connaît pas la provenance (Adamou *et al.*, 2017).

Dans le cas de l'assainissement des boutures, la thermothérapie est bien indiquée. En thermothérapie, la chaleur est appliquée aux

plantes entières pendant 3 à 4 semaines, à 40°C dans la journée et 35°C la nuit avec 80 % d'humidité relative pendant 12 heures par jour. Aussi, la production des plantes saines sans virus par culture *in vitro* peut aussi limiter la propagation de la MAM (Chavarriaga *et al.*, 2016). De même, Il est important de contrôler les échanges des boutures entre les fermiers.

Afin de palier à la propagation de la MAM, cette étude fait suite aux travaux antérieurs de Mahungu *et al.*, (2004) et Tata-Hangy *et al.*, (2003) ; (2007) sur la mosaïque africaine du manioc dans le Sud-Kivu en vue d'établir l'évolution de la maladie de la mosaïque africaine du manioc au Sud-Kivu. Spécifiquement, déterminer les incidences et sévérités, la distribution des mouches blanches et la source d'infection de MAM.

Tableau 1 : Caractéristiques des zones d'étude dans le Sud-Kivu (Bisimwa *et al.*, 2015).

Characteristics of the study areas in South Kivu (Bisimwa et al., 2015).

Zones	Basse altitude	Moyenne altitude	Haute Altitude
Territoires	Uvira	Kalehe, Kabare et Idjwi	Walungu
Altitude (m)	<1000	1000 à 1500	>1500
Pluviométrie (mm/an)	<1300	> 1300	> 1300
Température moyenne annuelle (°C)	> 24	20 à 23	12 à 19

METHODES

Les diagnostics visuels de la maladie ont été réalisés dans 90 champs de manioc et les coordonnées géographiques de chaque champ étaient prises par GPS (Global Positioning System) de marque Garmin 62S.

Les caractéristiques des champs enquêtés ont été définies par les observations liées au système de culture, la superficie emblavée, le statut foncier et les cultures associées au manioc.

Les observations épidémiologiques (incidence, sévérité, source d'infection et abondance des mouches blanches) ont été réalisées selon la méthode de diagonale décrite par Sseruwagi, *et al.*, (2004) Dans chaque territoire, dix champs âgés de 5 à 7 mois distants de 10 km chacun ont été prospectés en utilisant l'application iForm.. Cette application a été mise en place par l'Université de Cambridge pour des surveillances épidémiologiques du Programme

MATERIELS ET METHODES

L'étude a été menée au Sud-Kivu, région située à l'Est de la RD Congo où les champs de manioc âgés de 5 à 7 mois ont été prospectés entre Novembre 2020 et Mars 2022.

MATERIELS

Les plants de manioc et les mouches blanches (*Bemisia tabaci*) comptées sur les cinq feuilles apicales dans la Province du Sud-Kivu ont été utilisés comme matériel de l'étude. Les principales variétés prospectées ont été les suivantes : Mushikuzi, Nambiyombiyo, Mwabailo, Kalimira, Nyamwalirwa, Kabunga, Kamegere, Mwanaburho, Liyayi, Maombi, Nabana, Magurungware Sawasawa, Mulibwa, Nachikara et Kavuye.

West African Virus Epidemiology (WAVE).

Pour l'évaluation de l'incidence de la mosaïque africaine du manioc (MAM), de la sévérité des symptômes et du type d'infection, 30 plants de manioc par champ ont été ciblés selon la méthode de diagonale 'X' en raison de 15 plants par diagonale. Sur chaque plant, l'échelle de notation de 1-5 a été utilisée pour mesurer la gravité des symptômes. Le nombre des mouches blanches a été compté sur les 5 feuilles apicales.

Le type de l'infection par bouture était caractérisée par la présence des symptômes de la mosaïque sur les feuilles apicales et basales. Quand à l'infection par les mouches blanches, les symptômes étaient observés seulement sur les feuilles apicales.

La figure (2) montre le niveau de sévérité des symptômes notés de 1 à 5 ; considérant que 1 indique les plants asymptomatiques et 5 les plants sévèrement malades.



Figure 2 : Niveaux de sévérité de symptômes de la MAM sur les plants de manioc (WAVE, 2022).

Severity levels of CMD symptoms on cassava plants (WAVE, 2022).

1 : Pas de symptômes visibles sur les feuilles ; 2 : Apparition des légères plages chlorotiques sur les feuilles ; 3 : Plages chlorotiques sur presque toutes les feuilles sans déformation de la surface foliaire ; 4 : Plages chlorotiques couvrant la majeure partie de la feuille, accompagnée de déformation, recroquevillement et réduction de la surface foliaire et 5 : Mosaïque sévère, feuilles tordues, déformées et pratiquement réduites aux nervures.

1: No visible symptoms on the leaves; 2: Appearance of slight chlorotic areas on the leaves; 3: Chlorotic areas on almost all leaves without deformation of the leaf surface; 4: Chlorotic areas covering most of the leaf, accompanied by deformation, curling and reduction of the leaf surface and 5: Severe mosaic, leaves twisted, deformed and practically reduced to veins.

Les incidences et sévérités moyennes en champ sont obtenues par les formules suivantes :

$$\text{Incidence} = \frac{\text{Nombre de plants présentant les symptômes de la maladie}}{\text{nombre total de plants observés}} \times 100 \quad (1)$$

Selon (Mouketou *et al.*, 2022) si l'incidence moyenne est entre : 0 - 25 % alors le niveau d'incidence est faible, 25 - 50 % le niveau d'incidence est modéré, 50 - 75 % le niveau d'incidence est élevé et 75 - 100 % le niveau d'incidence est très élevé.

$$\text{Sévérité} = \frac{\text{Somme des sévérités des plants malades}}{\text{nombre de plants malades}} \quad (2)$$

L'abondance des mouches blanches a été calculée par la relation suivante :

$$\text{Abondance} = \frac{\text{Somme des mouches blanches par territoire}}{\text{total des mouches blanches de la province}} \times 100 \quad (3)$$

La formule suivante a permis de déterminer le Taux d'Infection par Bouture (TIB).

$$\text{TIB} = \frac{\text{Somme des plants infectés par bouture}}{\text{Nombre total des plants observés}} \times 100 \quad (4)$$

Enfin, le Taux d'Infection par Mouches Blanches (TIMB) a été calculé par la relation suivante :

$$\text{TIMB} = \frac{\text{Somme des plants infectés par Mouches Blanches}}{\text{Nombre total des plants observés}} \times 100 \quad (5)$$

Les cartes de distribution de la maladie et de mouches blanches ont été élaborées par le logiciel QGIS version 3.24 : (WGS-84). Les tests statistiques ont été faits avec le logiciel R studio version 4.3.0

RESULTATS

Les données liées à la surveillance épidémiologique en champ ont révélé les informations nécessaires à la connaissance des caractéristiques des champs enquêtés notamment l'incidence, la sévérité et la distribution de la mosaïque africaine du manioc, l'abondance et distribution des mouches blanches ainsi que la source d'infection de maladie.

CARACTERISTIQUES DES CHAMPS PROSPECTÉS

Le tableau (2) donne les caractéristiques des champs enquêtés entre 2020 et 2022.

La plupart des champs de manioc enquêtés étaient associés à d'autres cultures. La

superficie des champs de manioc de la Province du Sud-Kivu est relativement faible.

Par ailleurs, plus de 90 % des exploitants dans les territoires de Walungu, Idjwi et Kalehe sont propriétaires des terres utilisées pour la culture de manioc. Ces territoires enregistrent moins des métayers des terres pour la culture de manioc. Par contre, un nombre élevé des métayers pour la culture de manioc a été observé dans les territoires de Uvira et Kabare.

Tenant compte de l'âge des champs, tous les champs prospectés étaient jeunes (environ 7 mois après la plantation).

Dans tous les territoires examinés, d'autres cultures vivrières étaient associées au manioc (ananas, haricot, maïs, patate douce, taro, riz). Le manioc était aussi intercalé aux cultures pérennes (quinquina, caféier, bananier)

Tableau 2 : Caractéristiques des champs prospectés au Sud Kivu de la RD Congo.

Characteristics of the prospected fields in South Kivu of DR Congo.

Territoires	Système de culture		Superficie		Age moyen de champs Mois	Statut foncier		Cultures associées
	(%) Culture pure	(%) Association	(%) < 1ha	(%) ≥ 1ha		(%) propriétaire	(%) Métayer	
Kalehe	9,00	91,00	91,40	8,60	5,5	92,00	8,00	Patate douce, haricot, maïs, bananier, caféier, taro
Idjwi	6,60	94,40	94,40	6,60	6,5	97,00	3,00	Ananas, quinquina, Caféier, haricot, patate douce, bananier
Kabare	12,00	88,00	87,50	12,50	6,8	88,10	11,90	Taro, bananier, Patate douce, haricot, maïs, caféier
Walungu	10,00	90,00	95,46	4,54	7,5	96,40	3,60	Bananier, patate douce, taro, haricot, sorgho
Uvira	26,40	73,60	65,30	34,70	6,3	70,10	29,90	Taro, patate douce, haricot, bananier, riz

IMPORTANCE DE LA MALADIE EN CHAMPS

Tous les champs de manioc prospectés ont présenté les symptômes de la mosaïque africaine du manioc (MAM) avec différents niveaux de sévérité.

La figure (3) présente la distribution de l'incidence et sévérité de la maladie dans les zones étudiées

La maladie de la mosaïque africaine de manioc est largement distribuée dans notre zone d'étude avec une incidence moyenne en champ allant de 46 % en 2020 et élevée (65,5 %) en 2022 soit une augmentation de 19,5 %.

Au sein des territoires, cette évolution a été exponentielle à Idjwi avec une incidence de 17 % en 2020 contre 70 % en 2022 (soit une augmentation de 53,4 % d'incidence). La même

situation a été observée à Walungu avec une incidence moyenne de 48 % en 2020 contre 82,5 % en 2022 (soit une augmentation de 34,5 % d'incidence), et enfin le territoire de Kabare qui est passé de 56 % d'incidence moyenne en 2020 à 67,5 % en 2022 (soit une augmentation de 11,5 %). La situation est restée stationnaire à Kalehe dans l'intervalle de 2020 à 2022 avec respectivement 63 % et 62,5 %.

Quant à la sévérité, la moyenne globale observée de 2020 à 2022 est respectivement de 2 et 2,6 (soit une augmentation de 0,6). Au sein de chaque territoire, la moyenne observée était de 2,2 à 3 à Kalehe (une augmentation de 0,8 unité), de 2 à 2,6 à Idjwi (soit une augmentation de 0,6 unité), de 2,1 à 2,4 à Walungu (soit une augmentation de 0,3 unité). Seul le territoire de Kabare a connu une sévérité stationnaire de 2,8 à 2,7.

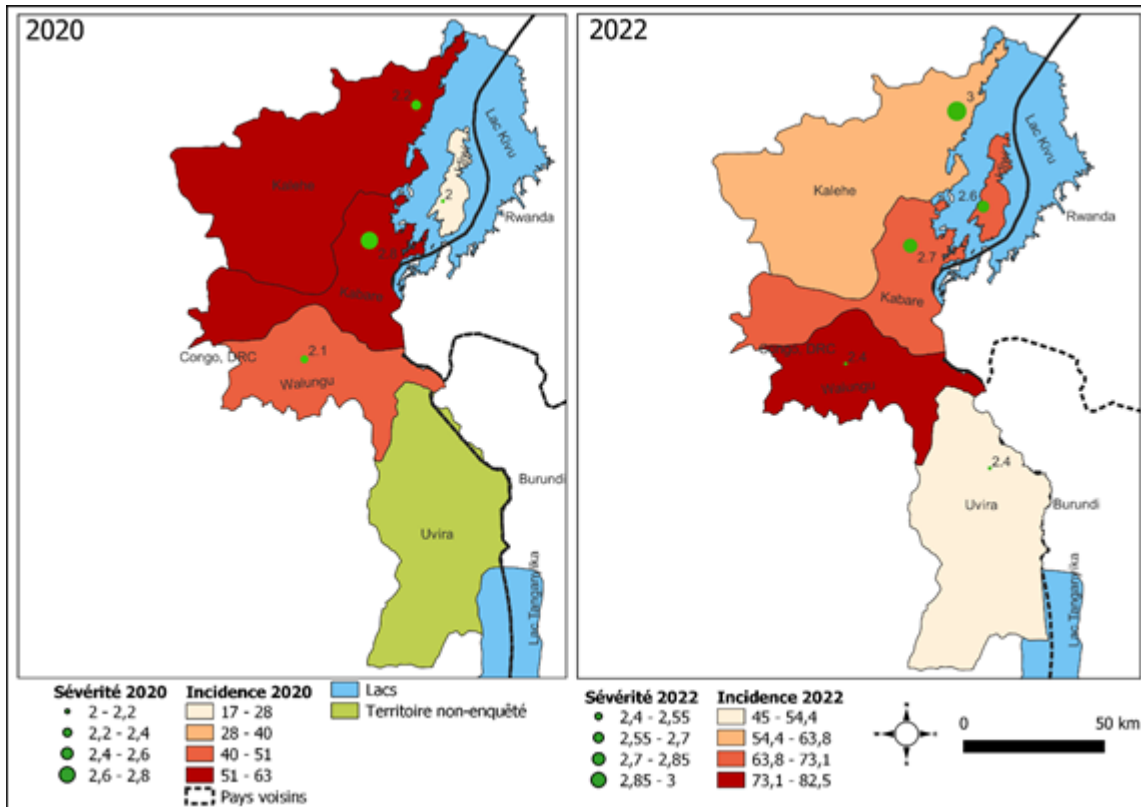


Figure 3 : Ampleur de la maladie de la mosaïque africaine du manioc dans le Sud Kivu.

Extent of African cassava mosaic disease in South Kivu.

DISTRIBUTION DES MOUCHES BLANCHES (*BEMISIA TABACI*)

La figure (4) montre la distribution spatio-temporelle des mouches blanches dans les territoires étudiés

Tenant compte des deux années d'investigation,

l'année 2020 a enregistré une abondance de mouches blanches de 40,8 % à Idjwi suivi de 38 % à Kabare, de plus 12 % à Kalehe et enfin 9 % à Walungu. Cette abondance des mouches blanches était respectivement observée en 2022 excepté le territoire d'Uvira qui enregistré une abondance de mouches blanches de 60,5 %.

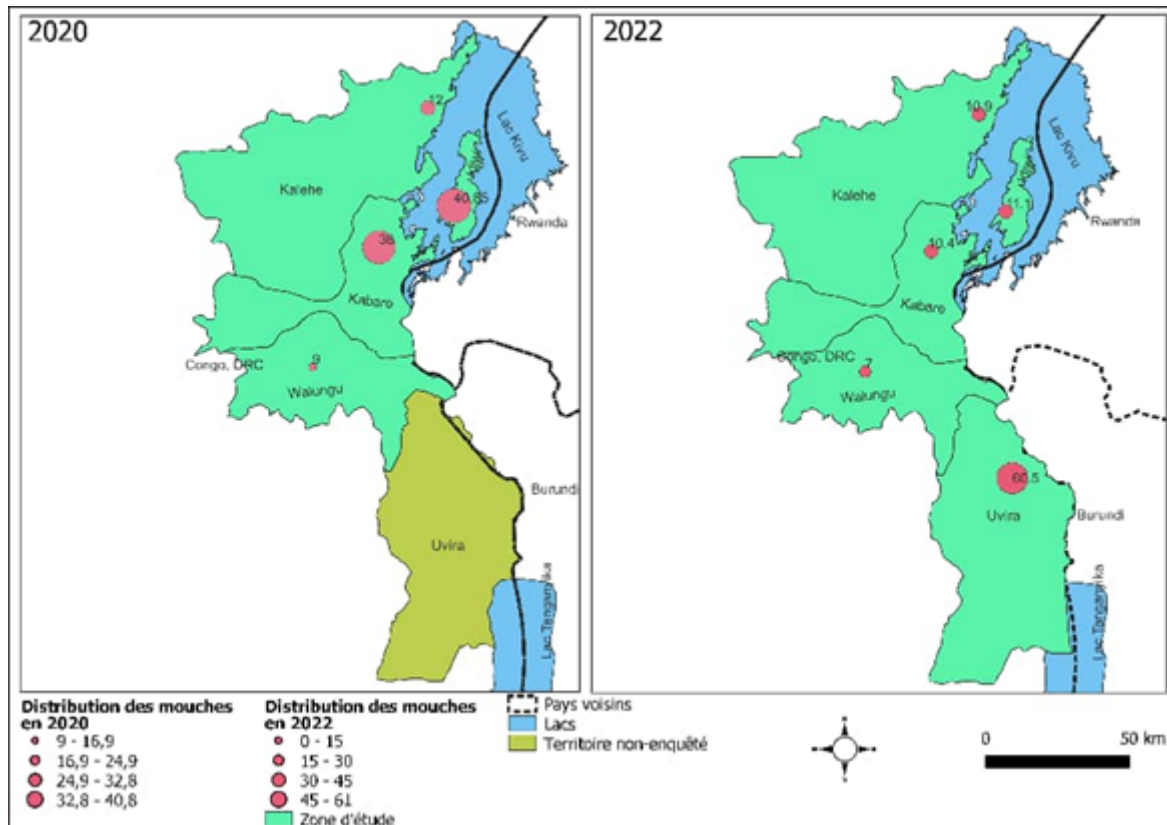


Figure 4 : Abondance des mouches blanches dans le Sud Kivu.

Abundance of white flies in South Kivu.

SOURCES D'INFECTION

La figure (5) présente les sources d'infection de la mosaïque africaine du manioc (MAM) qui sont soit par boutures et/ou par les mouches blanches durant la période de notre étude.

Tous les territoires prospectés dans l'intervalle de 2020 à 2022 ont des champs infectés. Cette infection provient des boutures. Plus de 70% des champs symptomatiques l'ont été par des matériels de plantation infectés et moins de 30% par la mouche blanche.

Le test de proportion a révélé une différence significative entre les sources d'infection, la

source d'infection par bouture était très élevée.

Le test de dépendance de chi-deux a montré que les deux sources d'infection ne dépendent pas des territoires étudiés en 2020.

En 2022 : le test de proportion confirme la différence entre les deux sources d'infection observées. Contrairement à 2020, les sources d'infection dépendent des territoires. Selon le Test de dépendance de chi-deux, la proportion d'infection par bouture évolue avec celle par mouche blanche dans le territoire d'Uvira. Dans tous les autres territoires l'infection par bouture reste élevée que celle du vecteur.

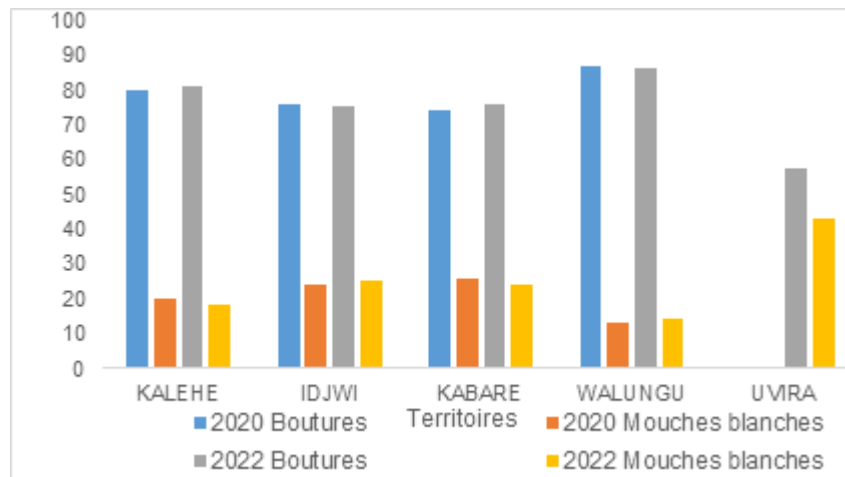


Figure 5 : Source d'infection de MAM entre 2020 et 2022 dans le Sud-Kivu.

Source of CMD infection between 2020 and 2022 in South Kivu.

DISCUSSION

La maladie de la mosaïque africaine du manioc (MAM) a été observée dans tous les 5 territoires prospectés dans la Province du Sud-Kivu au cours des années 2020 et 2022. Aussi, d'autres cultures vivrières étaient associées au manioc (ananas, haricot, maïs, patate douce, taro, riz). Le manioc était aussi intercalé aux cultures pérennes (quinquina, caféier, bananier).

Cette étude a montré les incidences moyennes (46 %) en 2020 et élevées à 65,5 % en 2022 avec des sévérités modérées de 2 en 2020 et 2,6 en 2022. Se basant aux résultats des recherches antérieures, entre 2003 et 2022, nous observons une diminution d'incidence et sévérité de la MAM au Sud-Kivu.

Cette diminution est le résultat de la vulgarisation des stratégies de lutte contre les maladies virales de manioc. La formation des producteurs sur les pratiques agronomiques visant à limiter la propagation de la mosaïque africaine du manioc (utilisation des boutures saines à la plantation et phytosanitation) contribue à cette diminution. La distribution des variétés résistantes à la MAM par les organisations et institutions de recherche (IITA, INERA MULUNGU, FAO, SENASEM, WAVE) œuvrant dans le Sud-Kivu influence également.

Les études antérieures ont révélé la présence de cette maladie dans tous les territoires de production de manioc au Sud-Kivu (Kabare, Kalehe, Walungu, Idjwi, Uvira, Fizi) (Mahungu *et al.*, 2004 ; Tata-Hangy *et al.*, 2007 ; Tata-

Hangy *et al.*, 2009 ; Bisimwa *et al.*, 2012 ; Bisimwa *et al.*, 2015 ; Bisimwa *et al.*, 2019 et Mouketou *et al.*, 2022). Les résultats de (Mahungu *et al.*, 2004) ont confirmé l'incidence de la MAM élevée de 50 à 70 % dans les territoires du Sud-Kivu.

Les résultats des recherches antérieures sur l'incidence de la MAM en champ de manioc au Sud-Kivu ont confirmé l'incidence élevée à 50 % en 2003 ; 78 % en 2004 et 60 % en 2006 associées aux sévérités élevées de 3 à 3,5 entre 2003 et 2006 (Tata-Hangy *et al.*, 2007). Les études menées par Bisimwa *et al.* (2012) ont obtenu les sévérités moyennes de 2 dans les hautes altitudes du Sud-Kivu et élevées (niveau 3) en basse altitude.

Ces résultats sont similaires à ceux de Mouketou *et al.* (2022) trouvés au Gabon. En effet, au Gabon, les incidences de la MAM étaient élevées jusqu'à 64,29 % associées aux sévérités élevées au niveau de 3,6.

En examinant les données collectées dans les territoires de basse et haute altitude sur la source d'infection de la mosaïque africaine du manioc (MAM), la source principale d'infection de la MAM était les boutures malades utilisées à la plantation, soit 70 à 80 % pour l'infection par boutures et 20 à 30 % pour l'infection par mouches blanches.

En basse altitude l'infection par boutures était de 57,14 % contre 42,85 % d'infection par mouches blanches.

L'évolution de cette situation par laquelle la maladie se propage beaucoup plus par l'utilisation de boutures malades à la plantation montre la même tendance en 2022.

Au Sud-Kivu, Bisimwa *et al.*, (2012) ont montré 75 à 80 % d'infection par boutures et 20 à 25 % par mouches en haute altitude. Contrairement aux basses altitudes de Kamanyola où 67,4 % était l'infection par bouture et 32,6 % d'infection par mouches blanches. Au Gabon, Mouketou *et al.*, 2022 ont aussi confirmé la supériorité du taux d'infection par bouture (62,67 %) que par mouches blanches (47,4 %) proche du taux d'infection d'Uvira dans notre étude.

Aussi, Tata-Hangy *et al.*, 2009 ; Bisimwa, *et al.*, 2015 ont révélés que la principale source d'infection de la MAM était les boutures non saines et qu'elles impactaient négativement la production de manioc jusqu'à 70 % en haute altitude et 90 % en basse altitude.

Tenant compte de la distribution des mouches blanches (vecteurs de la MAM) dans les territoires surveillés, l'étude a montré que les mouches blanches étaient largement distribuées et plus abondantes en basse altitude d'Uvira (60,5 %) qu'en haute altitude de Walungu, Kabare Kalehe et Idjwi (7 à 38 %) où les conditions de basse température seraient défavorables à la fécondité du vecteur. Par contre, L'effet de température serait associé à la fécondité et abondance des mouches blanches en basse altitude d'Uvira, il est noté une augmentation significative des mouches blanches à 24°C qu'à 15°C, 18°C et 21°C (Xie *et al.*, 2011).

Les résultats de (Bisimwa *et al.*, 2012) ont confirmé que les mouches blanches étaient plus abondantes dans les basses altitudes d'Uvira et Bunyanyiri au Sud-Kivu. Il a été observé que le vecteur de la MAM et la pression épidémiologique étaient élevés aux températures élevées en basse altitude et diminués aux basses températures en haute altitude.

Les résultats obtenus dans cette étude ont montré une distribution large des mouches blanches. Elles sont présentes dans tous les territoires. Les observations basées sur les symptômes ont révélé une faible infection due aux aleurodes et des incidences et sévérités variables entre territoires dans l'intervalle de temps allant de 2003 à 2022.

Ces résultats corroborent à ceux de Harimalala et de Zinga respectivement à Madagascar et en

République Centrafricaine. La MAM est plutôt due à l'utilisation de boutures déjà infectées par les virus (Harimalala, 2012 ; Zinga, 2012). Les résultats des recherches menées à Madagascar (plus de 95%) (Harimalala, 2012), en Ouganda (78%) et en République Centre africaine (78%) (Sseruwagi, *et al.*, 2004 ; Zinga, 2012). L'homme est donc le principal acteur dans la dissémination de la MAM. Cependant, même si l'aleurode n'est pas beaucoup impliqué dans l'infection des plantes ici, il favoriserait la propagation de la maladie à courte échelle par son abondance et aussi le risque de coinfections dans les régions où plusieurs espèces virales sont présentes. (Harimalala, 2012).

CONCLUSION

Cette étude a porté sur l'évolution des paramètres épidémiologiques associés à la mosaïque Africaine du manioc au Sud-Kivu en République Démocratique du Congo. En vue de connaître l'évolution de la mosaïque africaine du manioc au Sud-Kivu, des surveillances épidémiologiques ont été menés dans les champs de manioc suivant la méthode de diagonale. L'incidence et la sévérité, la source d'infection et la distribution des mouches blanches ont été déterminés. Les principaux résultats obtenus ont permis de retenir que :

La distribution d'incidence et sévérité en champs est large dans la Province du Sud-Kivu. Tous les territoires prospectés présentent les incidences élevées et de sévérités modérées qui varient entre les années 2020 et 2022.

Les mouches blanches sont largement distribuées et abondantes dans le territoire de basse altitude.

Les boutures infectées sont les principales causes de la propagation de la mosaïque africaine du manioc (MAM) ou Cassava mosaic disease (CMD).

Au regard de résultats obtenus nous suggérons de :

Déterminer la dynamique des mouches blanches pendant les saisons sèches et pluvieuses en haute et basse altitude, pour mettre en évidence le moment propice au développement des populations des aleurodes dans les deux écologies au cours de l'année.

Prospecter régulièrement les champs et utiliser les boutures saines à la plantation.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été soutenu par la Fondation Bill & Melinda Gates et le Bureau des Affaires étrangères, du Commonwealth et du Développement du Royaume-Uni (FCDO) sous le numéro de subvention OPP1082413 au Programme d'épidémiologie virale d'Afrique centrale et occidentale (WAVE) pour les cultures à racines et tubercules grâce à une subvention de l'Université Félix Houphouët-Boigny (UFHB) à l'Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi. Les auteurs remercient tous les chercheurs du laboratoire WAVE-IFA YANGAMBI et les agriculteurs du Sud-Kivu.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported, in whole or in part, by the Bill & Melinda Gates Foundation and The United Kingdom Foreign, Commonwealth & Development Office (FCDO) under grant number OPP1082413 to the Central and West African Virus Epidemiology (WAVE) Program for root and tuber crops through a sub grant from Université Félix Houphouët-Boigny (UFHB) to the Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi (IFA-YANGAMBI).

The authors thank all WAVE IFA-Yangambi researchs team and Cassava famers around in the South-Kivu Province.

REFERENCES

- Adamou H., M. M Illiassou. et B Adamou . 2017. La mosaïque africaine du manioc, une maladie ignorée des producteurs au Niger. (Département Cultures Irriguées, INRAN), Daouda Reki Nouhou (Promap) et Patrick Delmas (RECA) - Octobre 2017. reca-niger.org.
- Bisimwa E., D. R Birindwa., M. O Yomeni., N Rudahaba., K Byamungu., S Winter. and C Bragard. 2019. Multiple Cassava Viruses' Co-Infections and Resurgence of Pests Are Leading to Severe Symptoms and Yield Losses on Cassava in the South-Kivu Region, Democratic Republic of Congo. *American Journal of Plant Science*, 2019 (10). 1969-1988.
- Bisimwa E., J Walangululu. and C Bragard. 2015. Cassava Mosaic Disease Yield Loss Assessment under various altitude Agroecosystems in the Sud-Kivu Region, Democratic Republic of Congo. *Tropicicultura*,33(2015), 101-110.
- Bisimwa E., J Walangululu . and C Bragard. 2012. Occurrence and Distribution of cassava Mosaic Begomovirus related to Agroecosystems in the Sud-Kivu province, Democratic Republic of Congo. *Asian journal of plant pathology* (1),2012. 1-12.
- Chavarriaga A. P., A Brand., A Medina., M Prias., R Escobar., J Martinez., P Diaz., C Lopez., M.W Roca. and J Tohme. 2016. The potential of using biotechnology to improve cassava: a review, *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, (45), doi: 10.1007/s11627-016-9776-3. 461 478.
- FAOSTAT, 2022. Cassava, Food and Agriculture organization, United Nations. Rome, Italy <https://www.fao.org> .consulté le 15 Août 2022
- Ganza D., N Cirezi ., A Huat ., P Baraka ., J Birali ., M Kazamwali ., I Diansambu ., I Mubalama., J Sève. et M Baudouin. 2019. Influence des caractéristiques des exploitants sur l'adoption des variétés améliorées de manioc à Kabare, province du Sud-Kivu dans l'Est de la RD Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. <http://www.ijias.issr-journals.org> 43-53.
- Hahn S. K., E.R Terry. and K Leuschner.1980. Breeding cassava for resistance to cassava mosaic disease. *International institute of tropical agriculture (IITA)*, P.M.B.5320, Ibadan, Nigeria. *Euphytica* 29 (1980). 673-683.
- Harimalala M, 2012. Epidémiologie moléculaire, diversité génétique et phylogeographie des Begomovirus responsables de la maladie de la mosaïque du manioc à Madagascar. Thèse de doctorat d'Etat, Université de La Réunion (France) 232 p.
- Mahungu N. M., K. W Tata Hangy., S. M Bidiaka. et A Frangoie. 2004. Multiplication de matériel de plantation de manioc et de gestion des maladies et ravageurs. Manuel de formation destiné aux agents de terrain. IITA/RDC,17p.
- Mouketou A., A. A Koumba., C Gnacadja ., C. R Zinga., C. M Abessolo., A. P Ovono., S. L Sevidzem ., R Mintsas ., A. N Lepengue. and J. F Mavoungou. 2022. Cassava mosaic disease incidence and severity and whitefly vector distribution in Gabon. *African Crop Science Journal*, Vol. 30, No. 2, ISSN 1021-9730/2022. Printed in Uganda. doi: <https://>

- dx.doi.org/10.4314/acsj.v30i2.5 167 - 183.
- Mugerwa H., E.M Rey., T Alicai ., E Ateka ., H Atuncha ., J Ndunguru. and P Sseruwagi. 2012. Genetic diversity and geographic distribution of Bemisia tabaci (Gennadius) (Hemiptera : Aleyrodidae) genotypes associated with cassava in East Africa. Ecology and Evolution, 1, doi: 10.1002/ece3.379. 2749 2762.
- Sseruwagi P., W. S Sserubombwe ., J. P Legg., J Ndunguru. and J. M Thresh. 2004. Methods of surveying the incidence and severity of cassava mosaic disease and whitefly vector populations on cassava in Africa?: A review " Virus Research, 100, doi: 10.1016/j.virusres.2003.12.021. 129 142.
- Tata-Hangy K., J. P Legg., K Lema. et N Luyindula. 2009. L'incidence de la mosaïque du manioc en relation avec la source de matériels de plantation et son impact sur la production. Présentation faite à la Conférence Internationale sur la culture et l'utilisation de manioc en Afrique Centrale à Kisan-gani. pp7-14.
- Tata-Hangy W. K., M Koffi-Tete., R Obonyo ., G Okao-Okuja ., P Asimwe. and J Legg. 2007. Monitoring and diagnostic survey of cassava mosaic virus disease (CMD) in eastern Democratic Republic of Congo (part1). A report to IITA/CRS Crop Crisis Control Project. IITA.Ibadan, Nigeria.9p.
- WAVE. Rapport sur les surveillances épidémiologiques de la mosaïque africaine du manioc au Sud-Kivu. Novembre 2020. www.wave-center.org
- WAVE. Rapport sur les surveillances épidémiologiques de la mosaïque africaine du manioc au Sud-Kivu. Mars 2022. www.wave-Center.org
- Zinga I. 2012. Epidémiologie de la maladie de la mosaïque du manioc en République Centrafricaine, résistance variétale et assainissement par thérapie thermique. Thèse de Doctorat, sciences technologies et santé, Université de la Réunion/Université de Bangui (France).169p.