

Prévalence et gravité de la mosaïque africaine du manioc dans la région de kaytna en République Démocratique du Congo

Mukenye KAKULE WAKALIRE^{1*}, Kavira TSONGO REGINE²

¹Assistant à l'ISDR Kanyabayonga, RDC, wakalirekakule2365@gmail.com

²Assistante à l'ISEAVF Kirumba, RDC

*auteur correspondant

Résumé : L'étude sur la prévalence et gravité de la mosaïque africaine du manioc a été conduite dans la zone agricole de KAYNA. Cette étude avait comme objectif d'évaluer la prévalence et la gravité de la MAM dans le milieu d'étude. A l'issue de celle-ci, un taux de prévalence de 10 % de la mosaïque africaine du manioc a été relevé. Ce taux varie significativement avec le milieu, le « cultivar », les conditions culturales et la densité de la plantation. Parlant du niveau de gravité, 39,66 % de plantes affectées sont du niveau 3, 33,53 % du niveau 2 et 26,81 % niveau 4. La gravité de la mosaïque du manioc varie selon le milieu, le cultivar, les conditions culturales et la densité de la plantation.

Mots-clés : Mosaïque africaine du manioc, prévalence, gravité, densité de plantation, conditions culturales, cultivar.

Abstract : The study upon the prevalence and gravity of African mosaic of cassava has been treated at KIRUMBA and its environs. The objective of this study is to evaluate the prevalence and the gravity of African mosaic of cassava in our research area. During the study, the prevalence rate African mosaic of cassava in 10 % has been found. This rate varies meaningfully with the area, variety, the cultivation conditions and the plantation density. About the gravity level, 39.66 % of sick plants are of the level 3, 33.53 % of the level 2 and 26.81 % of level 4. The severity of the cassava mosaic varies according to the area, variety, the cultivation conditions and the plantation density.

Key words: African mosaic of cassava, prevalence, gravity, plantation density, cultivation conditions, variety.

Classification JEL : Q10

1. Introduction

A l'heure où la majeure partie de l'espèce humaine est cruellement menacée par la famine, la recherche de nouvelles ressources, tant vivrières qu'industrielles ou énergétiques, s'impose au monde comme mesure de survie. C'est dans ce contexte que l'intérêt pour le manioc est appelé à se développer. Car sa racine riche en hydrates de carbone s'adapte à un large éventail de milieux et présente une bonne résistance à la sécheresse et à l'acidité des sols. En Afrique, on estime à 70 millions le nombre de personnes dont l'alimentation est constituée en grande partie du manioc, à raison de 500 kcal par jour et par personne (Sofi, 2008).

Dans les régions frappées continuellement par la famine, la culture du manioc a souvent été encouragée comme réserve en cas de disette. Dans les régions tropicales humides et subhumides du globe, le manioc constitue la plante alimentaire par excellence qui renforce la sécurité alimentaire. Parmi toutes les cultures à racines et tubercules en Afrique tropicale, le manioc occupe la superficie la plus importante. Il est cultivé dans les régions à forte densité de population en zones tropicales des forêts et de savane, où il constitue la base de l'alimentation humaine. De par son utilisation, le manioc constitue un élément important dans la lutte contre l'insécurité alimentaire des populations en Afrique subsaharienne car son contenu est très énergétique et de haute digestibilité (Janssens, 2001).

En République Démocratique du Congo (RDC), le manioc sous ses diverses formes de consommation intervient dans l'aliment de base pour environ 70% de la population congolaise (FAO, 2008). Il prend progressivement la place des divers féculents, à tel point qu'actuellement, le manioc constitue, l'aliment hydrocarboné de base de la plupart des peuplades de l'aire forestière et même des régions limitrophes (Janssens, 2001).

Malgré ces multiples avantages, la productivité du manioc demeure toujours faible. Depuis plus d'une décennie, la production de manioc connaît une chute, et la pénurie de ses produits ne fait que s'accroître à cause de la recrudescence des principales maladies et des ravageurs dont l'incidence et la gravité affectent davantage le rendement en racines tuberculeuses. A ces maladies et ravageurs s'ajoutent le faible niveau de fertilité des sols et les pratiques culturelles traditionnelles non performantes (Kabeya, 2004).

En ce qui concerne les maladies, la mosaïque africaine du manioc figure parmi les plus importantes qui menacent la culture du manioc, spécialement en Afrique. C'est l'une des épidémies les plus dangereuses du manioc. Elle attaque tous les cultivars bien que le degré de sensibilité varie d'un cultivar à un autre. Les feuilles atteintes présentent des chloroses ou des rabougrissements qui ralentissent la nutrition nécessaire au développement de la plante. Les racines des plantes malades diminuent de volume et sont moins nombreuses (Neuenschwander et al, 2002).

Le rendement médiocre du manioc en Afrique, estimé de 7 à 8 tonnes de tubercules/ha, a probablement pour cause principale la présence quasi généralisée de la mosaïque africaine du manioc. Les pertes dues à cette maladie sont difficiles à évaluer (Guthrie, 1999, cité par Banganingwa, 2011). Elle est grave et diminue fortement le rendement des variétés qui se révèlent plus sensibles (PRONAM, 1989).

La mosaïque africaine du manioc diminue non seulement le rendement en racines tuberculeuses, mais également celui en feuilles consommables par la déformation des feuilles et la réduction de la surface foliaire et, par-là, aggrave l'insécurité alimentaire et accentue la pauvreté en milieu paysan (MONDE, 2011).

Cette maladie virale, transmise par la mouche blanche (*Bemisia tabaci*) ainsi que par le déplacement du matériel végétal infecté, représente désormais une sérieuse menace pour la culture du manioc dans de nombreuses zones de la région. Selon les chercheurs de l'Organisation nationale de recherche agricole ougandaise (NARO), la densité de population des mouches blanches a significativement augmenté ces dernières années, et ces insectes ravagent doublement les plants de manioc puisqu'elles endommagent elles-mêmes directement les feuilles de manioc et sont des vecteurs de la maladie (FAO, 2010).

Une enquête prospective a été menée de 2010 à 2011 dans des champs de manioc de Kimwenza et de Mitendi, dans des jardins de case de cinq communes de la ville de Kinshasa. L'étude avait montré que la MAM est enregistrée dans presque tous les champs parcellaires et jardins étudiés. Leur incidence moyenne a été de 70,11 %. Cette incidence variait selon le milieu et les cultivars (Kabemba et al, 2017). Une autre étude d'incidence et gravité de cette maladie a trouvé une incidence moyenne de 62 % à Bunia dans la province de l'Ituri (RDC) et la plus grande gravité de la maladie enregistrée, variait entre les niveaux 3 et 4, représentant 49,25 % de taux d'attaque (Banganingwa, 2011).

Considérant l'état de la culture des maniocs en territoire de Lubero et la diminution progressive des cosettes des maniocs dans ce territoire, il est impérieux d'y analyser les causes. A la question de savoir pourquoi cette prévalence et cette gravité en territoire de Lubero, l'hypothèse serait que les conditions culturales posent problème ; mais aussi cela serait lié aux variétés cultivées et au type de plantation. Ainsi, d'une façon générale, ce travail a pour objectif d'évaluer la prévalence et la gravité de la mosaïque africaine du manioc (MAM) dans la région et les facteurs qui les influencent. D'une façon spécifique, ce travail a pour objectifs :

- Evaluer la prévalence de la mosaïque africaine du manioc dans la région agricole de Kayna ;
- Evaluer le niveau de gravité de la mosaïque africaine du manioc dans la région agricole de Kayna ;
- Déterminer les causes de la variation de la prévalence de la MAM dans ce milieu en termes de site ou du lieu de la plantation, des conditions culturales, des cultivars et de la densité de la plantation ;
- Déterminer les causes de la variation de la gravité de la MAM dans zone agricole de Kayna en termes de site ou du lieu de la plantation, des conditions culturales, des cultivars et de la densité de la plantation.

Hormis l'introduction et la conclusion, le présent travail comprend trois parties. La première présente les matériels et les méthodes, la deuxième se focalise sur les résultats de l'étude et la dernière s'intéresse à la discussion des résultats de nos investigations.

1 Matériels et méthodes

Cette étude qui traite de la prévalence et la gravité de la mosaïque africaine du manioc dans la région agricole de Kayna est du type descriptif et transversal. C'est une étude descriptive car elle consiste à faire un état de lieu et à poser le diagnostic du problème dans le milieu naturel. Elle étudie également la distribution de la maladie, la présence d'un ou plusieurs facteurs simultanément (Delvenne, 1999). Elle est du type transversal (Gentilini, 2001) puisque les données ont été récoltées en un seul passage lors d'un sondage unique. Les données ont été prélevées en un moment bien déterminé sur un échantillon choisi, un seul examen de la situation en est fait dans le but de collecter des informations sur les facteurs de risque et/ou certaines données (Wakalire, 2018).

Pour la réalisation de ce travail, nous avons recouru à la méthode descriptive qui permet de rendre compte d'un phénomène, de sa fréquence, de sa transmission et de son évolution au sein d'une population pendant une période donnée (Wakalire, 2016).

Cette étude a été réalisée dans la région agricole de Kayna. Cette région est reconnue grâce à la culture du manioc. Elle se situe au sud du territoire de Lubero, en province du Nord-Kivu en République Démocratique du Congo (RDC) sur la route nationale n° 4. Depuis longtemps, l'agglomération de Kayna, actuellement commune rurale, est pôle de développement, car du point de vue administratif, à l'époque coloniale, cette agglomération a hébergé la maison postale comme moyen de communication de l'époque. Vers les années 1970, cette dernière a été considérée comme chef-lieu de la collectivité de Batangi à place de Bingi. Du point de vue économique, d'autres agglomérations environnantes s'y approvisionnent en produits manufacturés et cette agglomération canalise les produits agricoles de la zone, en grande partie le manioc, vers les grands centres de consommation (la ville de Butembo et Goma). Cette zone agricole de culture de manioc s'étend de Mighobwe à Kanyabayonga.

Notre population d'étude est constituée de tous les champs de culture de manioc dans notre milieu d'étude durant la période qui couvre notre étude. L'observation nous a servi dans la collecte de données. Elle a consisté à examiner les pieds de manioc présentant ou non des symptômes de la MAM sur les feuilles dans le champ. Les travaux du terrain se sont focalisés sur la recherche des plantes malades dans les champs enquêtés et évaluer les niveaux de gravité de la maladie sur les plantes infectées.

L'évaluation de la gravité de la maladie sur les plantes infectées a été effectuée à l'aide de l'échelle de Cours (0-5) (Silvestre et Arraudeau, 1983) :

- Niveau 1 : Pas de symptômes visibles sur les feuilles.
- Niveau 2 : Apparition des légères plages chlorotiques sur les feuilles.
- Niveau 3 : Plages chlorotiques sur presque toutes les feuilles (2/3 de feuilles de la plante), sans déformation de la surface foliaire.
- Niveau 4 : Plaques chlorotiques couvrant la majeure partie de la feuille, accompagnées de déformation et réduction de la surface foliaire.
- Niveau 5 : Mosaïque sévère, feuilles tordues, déformées et pratiquement réduites aux nervures.

Notre échantillon est composé de 35 champs sélectionnés dans les six sites de l'enquête dont Kayna, Kirumba, Mighobwe, Kisimba, Burambya et Buswanga. Dans chaque champ enquêté, 9 fermes de 25 m² (5m de côté) ont été prélevés sur les diagonales et sur les médianes. Le nombre total des pieds, les pieds malades et non malades ont été prélevés pour chaque ferme. De ce fait, les symptômes de la mosaïque africaine du manioc ont été recherchés sur les feuilles de chaque plante du carré et cotation de la gravité sur les pieds infectés suivant l'échelle de la MAM (1 à 5).

Le calcul du taux de prévalence et de gravité selon les niveaux nous a permis de faire l'analyse descriptive ; le test statistique khi-carré (X²) de Pearson a été utilisé pour comparer les proportions selon les caractéristiques considérées, interprété au seuil de 0,05.

Ainsi, les formules ci- après ont été utilisées :

1. Taux prévalence = $\frac{\text{nombre de plantes malades} \times 100}{\text{total de plantes enquêtés}}$
2. Taux de gravité = $\frac{\text{nombre de plantes malades selon le niveau} \times 100}{\text{total de plantes malades}}$
3. khi-carré de Pearson (X²) = $\sum [(fo-ft)^2/ft]$

Avec *ft*=fréquence théorique ; *fo*= fréquence observée

2. Présentation des résultats

2.1. Répartitions de l'échantillon selon les sites

Les enquêtes ont été menées dans six sites et nos résultats du tableau 1, indiquent que 9 champs, soit 25,71 % de notre échantillon, ont été enquêtés à Kirumba, suivi de Kayna avec 8 champs enquêtés, soit 22,86 % et de Mighobwe, avec 6 champs soit 17,14 %. Dans les sites Kisimba, Buswanga et Burambya, 4 champs ont été visités pour chaque site, représentant 11,43 % des champs enquêtés.

Tableau 1 : Répartitions l'échantillon selon les sites

Sites	Nombre champ	%	Nombre de carré
KAYNA	8	22,86%	72
KIRUMBA	9	25,71%	81
BURAMBYA	4	11,43%	36
BUSWANGA	4	11,43%	36
KISIMBA	4	11,43%	36
MIGHOBWE	6	17,14%	54
Total	35	100,00%	315

Source : Nos enquêtes

2.2. Répartitions de l'échantillon selon les variétés

Dans cette étude, nous avons considéré les variétés Kanware (en langue locale), RAV, Nigéria, MM86/96, Sukisa et Pesa. Les variétés RAV, MM96, Kanware et Sukisa sont nouvelles dans le milieu (moins d'une décennie) alors que Pesa et Nigéria y sont cultivées depuis plus d'une décennie. Les résultats du tableau 2 montrent que la variété Rav est la plus représentée avec 9 champs, soit 25,71 %, suivie de la variété Nigéria avec 8 champs, soit 22,86 %, et de la variété Kanware avec 6 champs, soit 17,14 %. La variété la moins représentée est MM96 avec 3 champs, soit 8,57 %. Les détails sont dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Répartitions l'échantillon selon les variétés

Variétés	Nombre de champs	%
KANWARE	6	17,14%
RAV	9	25,71%
NIGERIA	8	22,86%
MM96	3	8,57%
SUKISA	4	11,43%
PESA	5	14,29%
TOTAL	35	100,00%

Source : Nos enquêtes

2.3. Répartitions l'échantillon selon les conditions culturelles

Comme on peut le comprendre, la prévalence et la gravité de la MAM peuvent varier selon que la culture est associée à d'autres cultures ou non. Dans le tableau 3, les résultats relèvent que la majorité des champs enquêtés, 22 champs, soit 62,86 %, était de monoculture du manioc. La polyculture ne représente que 37,14 % de champs enquêtés, soit 13 champs. Les agriculteurs du milieu associent le manioc au haricot, au maïs, à la patate douce, à la pomme de terre et parfois les tous à la fois, mais rarement à la canne à sucre.

Tableau 3 : Répartitions l'échantillon selon les conditions culturelles

Conditions culturelles	Nombre de champs	%
Culture associée	13	37,14%
Culture pure	22	62,86%
Total	35	100%

Source : Nos enquêtes

2.4 Répartition de l'échantillon selon la densité de plantation

La densité de la plantation désigne ici le nombre de plantes retrouvées par mètre carré et cela nous donne une idée sur l'écartement et l'espacement utilisés dans la plantation.

La répartition de l'échantillon selon la densité de plantation, telle que reprise dans le tableau 4, montre que 15 champs enquêtés, soit 42,86 %, était de plantation très serrée et celle de 12 champs, soit 34,29 %, était serrée. 8 champs enquêtés, soit 22,86 %, étaient de plantation normale.

Tableau 4 : Répartitions de l'échantillon selon la densité de la plantation

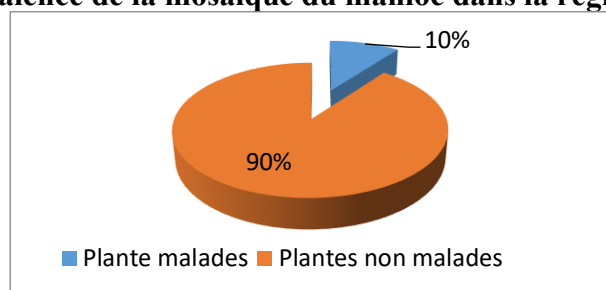
Type de plantation	Nombre de champs	%
Très serrée	15	42,86%
Serrée	12	34,29%
Normale	8	22,86%
Total	35	100%

Source : Nos enquêtes

2.5. Prévalence de la mosaïque Africaine du manioc dans la région agricole de Kayna

La prévalence de la mosaïque Africaine du manioc dans la région agricole de Kayna est la proportion des plantes malades par rapport à l'ensemble de plantes enquêtées. Nos résultats de la figure 1 montrent que sur 20 454 plantes enquêtées, 2085, soit 10 %, étaient atteintes de la mosaïque africaine du manioc. Autrement dit, le taux de la prévalence de la MAM est de 10 % dans la région agricole de Kayna.

Graphique 1 : Prévalence de la mosaïque du manioc dans la région agricole de Kayna



Source : Nos enquêtes

2.6. Prévalence de la mosaïque du manioc selon les sites

Le site est un facteur qui caractérise la vulnérabilité ou non de la mosaïque africaine du manioc. Pour ce qui est de la prévalence de la mosaïque, les résultats du tableau 5 montrent que la prévalence varie selon de milieu. La prévalence la plus élevée s'observe à Kayna avec 13,9 %, suivi de Buswanga avec 12,87 % et de Mighobwe avec 11,8 %. La prévalence la plus basse a été observée à Kirumba avec 170 plantes malades, soit 4,52 % du total des plantes enquêtées dans ces sites. Le test statistique khi-carré de Pearson confirme cette variation selon le milieu, avec $X^2=297$, $p=0,000 < 0,05$ comme seuil de signification.

Tableau 5 Prévalence de la mosaïque du manioc selon les sites

Sites	Total des plantes	Plante malade	%
KAYNA	4409	613	13,90
KIRUMBA	3759	170	4,52
BURAMBYA	2532	138	5,45
BUSWANGA	2712	349	12,87
KISIMBA	2890	325	11,25
MIGHOBWE	4152	490	11,80
TOTAL	20454	2085	10,19
GENERAL			

Source : Nos enquêtes

2.7. Prévalence de la mosaïque du manioc selon les cultivars

Certaines variétés sont plus résistantes à la MAM que d'autres. D'où, il fallait apprécier la prévalence de cette maladie selon les variétés en considérant celles qui sont cultivées dans le milieu d'étude.

Il ressort du tableau 6 que la variété Pesa est la plus attaquée par la MAM, avec un taux de prévalence de 13,84%, suivi de KANWARE, avec un taux de 12,48% et NIGERIA avec un taux 12,33%. S'agissant de variété à faible taux de prévalence, SUKISA et MM96 représentent les taux de prévalence respectifs de 0,26% et 3,41%. Les variétés SUKISA, MM96, RAV et KANWARE sont

nouvellement installées dans le milieu alors que les variétés PESA et NIGERIA y sont cultivées depuis longtemps. Ces mêmes résultats montrent que parmi les nouvelles variétés, KANWARE (12,48%) et RAV (6,66%) sont plus atteintes par cette maladie. Donc, la prévalence de la MAM varie avec la variété. ($X^2= 338,172$, $p=000$) au seuil de signification de 0,05.

Tableau 6 : Prévalence de la mosaïque du manioc selon les cultivars

CULTUVARS	Nombre de champs	Nombre de carrés	Total plantes	Plantes malades	%
KANWARE	6	54	4 704	587	12,48 %
RAV	9	81	5 041	333	6,61 %
NIGERIA	8	72	5 354	660	12,33 %
MM96	3	27	733	25	3,41 %
SUKISA	4	36	1 176	3	0,26 %
PESA	5	45	3 446	477	13,84 %
TOTAL	35	315	20 454	2 085	10,19 %

Source : Nos enquêtes

2.8. Prévalence de la mosaïque du manioc selon le type de plantation

La densité de la plantation est un facteur important associé au risque des maladies chez les plantes. Cet élément intervient dans les investigations pour vérifier si cela pouvait influencer la prévalence de la MAM dans le milieu d'étude.

Il ressort du tableau 7 que la plantation serrée est la plus attaquée par la MAM, avec un taux de prévalence de 12,46 %, suivi de la plantation très serrée avec 9,97 %. La prévalence la plus basse a été observée dans les champs à plantation normale. En testant cette différence des proportions à l'aide d'un test statistique non paramétrique, on a trouvé ces proportions significativement différentes ($\chi^2=137,3126$, $p=0,000 < 0,05$). Donc, la prévalence de la mosaïque africaine du manioc change significativement avec la densité de la plantation ; la plantation serrée avec une grande vulnérabilité.

Tableau 7 Prévalence de la mosaïque du manioc selon la densité de plantation

Type de plantation	Nombre de champs	Nombre de carrés	Total plantes	Plantes Maladies	%
Très serré	15	135	11 560	1 152	9,97 %
Serré	12	108	6 969	868	12,46 %
Normale	8	72	1 925	65	3,38 %
TOTAL	35	315	20 454	2 085	10,19 %

Source : Nos enquêtes

2.9. Prévalence de la mosaïque du manioc selon les conditions culturales

Par conditions culturales, il faut entendre le fait d'associer ou non la culture du manioc avec une ou plusieurs autres cultures. De ce fait, nous avons considéré la monoculture et la polyculture en générale.

Ainsi, les résultats du tableau 8 relèvent un taux de prévalence élevé dans les polycultures, évalué à 13,61%, contre une prévalence de 7,59% pour les monocultures. Avec le calcul de Khi-carré de Pearson, nous avons trouvé que cette prévalence est statistiquement élevée dans les polycultures

que dans les monocultures avec $X^2=198,332$, $p=0,000 < 0,05$, interprété comme une différence significative.

Tableau 8 : Prévalence de la mosaïque du manioc selon les conditions culturelles

Conditions culturale	Nombre de champs	Nombre de carrés	Total plantes	Plantes maladies	%
Polyculture	13	117	8840	1203	13,61%
Monoculture	22	198	11614	882	7,59%
Total	35	315	20454	2085	10,19%

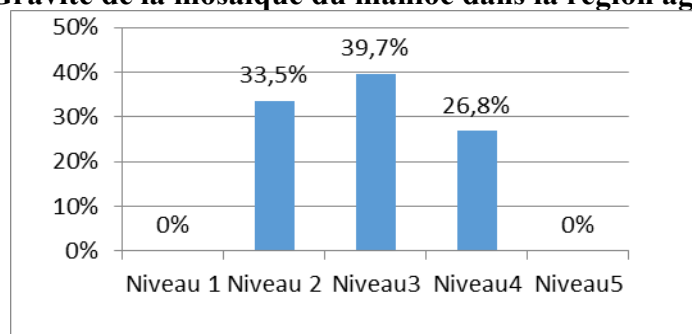
Source : Nos enquêtes

2.10. Gravité de la mosaïque du manioc dans la région agricole de Kayna

La gravité indique le niveau d'atteinte de la plante par la maladie. Ainsi, nous avons classé les plantes malades selon leurs niveaux de gravité.

Les résultats du graphique 2 montrent que, sur 2 085 plantes malades enquêtées, 699 sont du niveau 2, soit 33,5 %, 827 du niveau 3, soit 39,7 %, et 559 du niveau 4, soit 26,8 %. En général, le niveau 3 est le plus représenté, suivi du niveau 2 et du niveau 4. Les niveaux de gravité 1 et 5 ne sont pas représentés.

Graphique 2 : Gravité de la mosaïque du manioc dans la région agricole de Kayna



Source : Nos enquêtes

2.11. Gravité de la mosaïque du manioc dans la région agricole de Kayna selon les sites

En raison de conditions climatique et pédologiques du milieu, le niveau d'expansion de la mosaïque peut varier d'un milieu à un autre. Nous présentons ici la gravité de la MAM dans la région agricole de Kayna selon les sites.

Les résultats du tableau 9, répartis selon les sites d'enquêtes, indiquent un taux de gravité élevée à Mighobwe (niveau 4) avec un taux de 38,57 %, suivi de Burambya avec 34,78 % et de Kayna avec un taux de 26,92 %. Le niveau de gravité modérée (niveau 3) a été observé à Kirumba avec un taux de gravité de 59,41 %, suivi de Mighobwe avec un taux de 50,41 % et de Buswanga, avec 39,83 %. Le niveau de gravité faible (niveau 2) a été observé à Kisimba et à Kayna avec des taux respectifs de 46,77 % et de 42,09 %. Le test de signification khi-carré indique une différence significative au seuil de 0,05 des niveaux de gravité selon la variable site ($X^2 = 212,468$, $p = 0,000 < 0,05$).

Tableau 9 : Gravité de la mosaïque du manioc selon les sites

SITES	Gravité			TOTAL
	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	

KAYNA	258 (42,09 %)	190 (31,00 %)	165 (26,92 %)	613 (100 %)
KIRUMBA	51 (30,00 %)	101 (59,41%)	18 (10,59 %)	170 (100 %)
BURAMBYA	46 (33,33 %)	44 (31,88%)	48 (34,78 %)	138 (100 %)
BUSWANGA	138 (39,54 %)	139 (39,83%)	72 (20,63 %)	349 (100 %)
KISIMBA	152 (46,77 %)	106 (32,62 %)	67 (20,62 %)	325 (100) %
MIGHOBWE	54 (11,02 %)	247 (50,41 %)	189 (38,57 %)	490 (100 %)
TOTAL	699 (33,53 %)	827 (39,66 %)	559 (26,81 %)	2085 (100 %)

Source : Nos enquêtes

2.12. Gravité de la mosaïque du manioc selon les variétés cultivées

Certaines variétés, une fois atteintes de la MAM, passent au niveau de gravité le plus élevé alors que d'autres gardent le niveau le plus bas de la maladie.

Les résultats du tableau 10 révèlent un taux de gravité élevée (niveau 4) pour la variété Kanware avec un taux de 34,75 %, suivi de Nigéria avec 30,3 % et de Pesa avec un taux de 20,75 %. Le niveau de gravité modérée (niveau 3) a été observé chez la variété Sukisa avec un taux de gravité de 100 %, suivi de Nigéria, avec un taux de 48,33 % et de Pesa avec 44,03 %). Le niveau de gravité faible (niveau 2) a été observé chez les variétés MM96 et Rav, avec des taux respectifs de 100 % et de 63,96 %. Le test statistique khi-deux trouve une différence significative de niveaux de gravité selon les cultivars ; avec $X^2=271,529$, $p=0,000 < 0,05$ notre seuil de signification.

Tableau 10 : Gravité de la mosaïque du manioc selon les variétés cultivées

Cultivars	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Total
KANWARE	152 (25,89 %)	231 (39,35 %)	204 (34,75 %)	587 (100,00 %)
RAV	213 (63,96 %)	64 (19,22 %)	56 (16,82 %)	333 (100,00 %)
NIGERIA	141 (21,36 %)	319 (48,33 %)	200 (30,30 %)	660 (100,00 %)
MM96	25 (100,00 %)	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	25 (100,00 %)
SUKISA	0 (0,00 %)	3 (100,00 %)	0 (0,00 %)	3 (100,00 %)
PESA	168 (35,22 %)	210 (44,03 %)	99 (20,75 %)	477 (100,00 %)
TOTAL	699 (33,53 %)	827 (39,66 %)	559 (26,81 %)	2 085 (100,00 %)

Source : Nos enquêtes

2.13. Gravité de la mosaïque du manioc selon les conditions culturelles

Il ressort du tableau 11 que le taux de gravité élevée (niveau 4) pour la polyculture est de 33,25 %, contre 18,03 % pour la monoculture. Le niveau de gravité modérée (niveau 3) a été observé dans de 43,76 % des cas chez les monocultures contre 36,66 % des polycultures. En testant cette différence des niveaux de gravité, le teste khi-carrés traduit une différence significative avec $X^2=123,613$, $p=0,000$. En d'autres termes, le manioc associé à d'autres cultures est gravement attaqué une fois atteint par la MAM.

Tableau 11 : Gravité de la mosaïque du manioc selon les conditions culturelles

Conditions culturelles	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Total
Culture associée	362 (30,09 %)	441 (36,66 %)	400 (33,25 %)	1 203 (100 %)
Culture pure	337 (38,21 %)	386 (43,76 %)	159 (18,03 %)	882 (100 %)
TOTAL	699 (33,53 %)	827 (39,66 %)	559 (26,81 %)	2 085 (100 %)

Source : Nos enquêtes

2.14. Gravité de la mosaïque du manioc selon les types de plantation

Le tableau 12, présente les résultats du taux de gravité selon la densité de plantation. Ces résultats montrent la gravité élevée (niveau 4) de la plantation moyennement serrée avec un taux de 29,03 % et de 26,65 % pour la plantation très serrée. La gravité du niveau 4 pour les plantations normales est nulle. Le niveau de gravité modérée (niveau 3) a été observé dans les plantations très serrée et serrée, avec un taux de gravité respectivement de 41,49 % et 39,40 %. Le niveau de gravité faible (niveau 2) a été observé dans les plantations normales. X^2 de 95,818, avec $p=0,000$, permet de confirmer que la densité élevée est un facteur d'aggravation de la mosaïque chez les plantes malades. En d'autres termes, lorsque le manioc est normalement planté selon des écartements requis, cela permet de réduire la gravité de la MAM chez les plantes atteintes.

Tableau 12 : Gravité de la mosaïque du manioc selon la densité de plantation.

Densité de plantation	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Total
Très serré	367 (31,86 %)	478 (41,49 %)	307 (26,65 %)	1 152 (100 %)
Serré	274 (31,57 %)	342 (39,40 %)	252 (29,03 %)	868 (100 %)
Normale	58 (89,23 %)	7 (10,77 %)	0 (0,00 %)	65 (100 %)
TOTAL	699 (33,53 %)	827 (39,66 %)	559 (26,81 %)	2 085 (100 %)

Source : Nos enquêtes

3. Discussion de résultats

Nos résultats de la figure 1 ont montré que le taux de la prévalence de la MAM dans la région agricole de Kayna est de 10 % en général. Les résultats de l'étude de Banganingwa (2011) sur l'incidence et la gravité de la mosaïque africaine du manioc à Bunia (RDC) et ses environs ont trouvé le taux de l'incidence de 62 %. De même, Kalonji et al. (2008) dans les études épidémiologiques réalisées sur la culture de manioc à Kinshasa et dans le Bas-Congo, en vue de faire un état de lieu de la mosaïque africaine du manioc dans les champs des paysans, ont révélé que l'incidence variait de 42,5 à 84,6 % à Kinshasa et entre 45,5 et 100 % au Bas-Congo. Bien que le taux de prévalence de la mosaïque de 10 % soit élevé dans notre milieu d'étude, ces taux sont supérieurs à celui trouvé dans la région agricole de Kayna.

Pour ce qui est de la variation de la prévalence de la mosaïque selon les sites, nos résultats du tableau 5 trouvent une prévalence la plus élevée à Kayna avec un taux de 13,9 %, suivi de Buswanga avec 12,87 % et de Mighobwe avec 11,8 %. La prévalence la plus basse a été observée à Kirumba avec 4,52 % du total des plantes enquêtées dans ces sites. Le test statistique khi-carré de Pearson confirme cette variation selon le milieu, avec $X^2=297$, $p=0,000 < 0,05$ comme seuil de signification. En d'autres termes, la prévalence varie selon le milieu. Des résultats presque similaires ont été trouvés à Bunia et ses environs par Banganingwa(2011). Ceux-ci ont montré que le pourcentage des plants présentant le symptôme de la MAM est relativement élevé à Kindia (70 %) et Simbilyabo (55 %) suivi de Bankoko (55 %) et Mudzipela (53 %).

S'agissant de la variation de la prévalence de la maladie selon les cultivars, la variété Pesa est la plus attaquée par la MAM, avec un taux de prévalence de 13,84%, suivi de Kanware (12,48 %) et de Nigéria (12,33 %), alors que les variétés Sukisa et MM96 ont des taux nettement plus faibles, ceux-ci étant respectivement de 0,26 % et 3,41 %. Les variétés Susika, MM96, Rav et Kanware sont nouvelles dans le milieu alors que les variétés Pesa et Nigéria datent de longtemps dans ce milieu. Ces mêmes résultats attestent que, parmi les nouvelles variétés, Kanware (12,48 %) et Rav (6,66 %) sont plus atteintes par cette maladie. Avec le calcul du test non paramétrique ($X^2= 338,172$, $p=0,000$),

il a été remarqué que la prévalence de la MAM varie significativement avec les cultivars au seuil de signification de 0,05 (voir tableau 6).

Ces résultats rejoignent ceux trouvés à Bunia témoignant aussi d'une variation de l'incidence selon les cultivars, bien que les variétés expérimentées diffèrent les unes des autres. Les résultats de Banganingwa (2011) montrent que le cultivar Pamitu présente un pourcentage élevé de symptôme (22 %) de la MAM, suivi de Bumbafu (14,50 %), Mukalasa (8,25 %), Abude (4,75 %) et Sawasawa (4,50 %). Les autres cultivars (Mayaya, Caterina, Rava, ...) présentent un pourcentage moins élevé de symptômes de la MAM. Bien plus, une autre étude menée en territoire de Gandajika sur le comportement des variétés de manioc prouve que le niveau d'infection des variétés du manioc nouvellement introduites est d'autant plus faible que celui de la variété localement cultivée dans le milieu (Kalonji, 2008b).

Quant à l'influence de la densité de la plantation à la prévalence, il a été constaté que la plantation serrée est la plus attaquée par la MAM, avec un taux de prévalence de 12,46 %, suivi de la plantation très serrée avec 9,97 %, contrairement à la plantation normale qui se caractérise par une faible prévalence. Revenant sur cette différence des proportions à l'aide d'un test statistique non paramétrique, ces proportions diffèrent significativement ($\chi^2=137,3126$, $p=0,000 < 0,05$). Donc, la prévalence de la mosaïque africaine du manioc (MAM) change significativement avec la densité de la plantation, sachant tout de même que la plantation serrée enregistre une grande vulnérabilité. D'où, le respect de l'écartement des plants, tel que recommandé, qui réduit la possibilité d'être atteinte par la MAM (voir tableau 7).

Des résultats similaires trouvés en Côte d'Ivoire ont montré de même que l'incidence de la maladie est plus élevée aux faibles densités (plantation très serrée et serrée, avec le taux respectivement 18,7 et 17,1 %) et faible dans la plantation normale (11,8 %). Le nombre total de pieds malades est plus élevé aux fortes densités (Fagette, 1987).

S'agissant des conditions culturales, les résultats du tableau 8 montrent que le taux de prévalence est plus élevé chez les polycultures (13,61 %). C'est ce qui ressort du test Khi-carré de Pearson, avec $X^2=198,332$, $p=0,000 < 0,05$, interprété comme une différence significative. En d'autres termes, le manioc associé avec d'autres cultures est plus exposé à la MAM.

En plus, il a été observé dans cette étude un taux de gravité élevée au niveau 4 pour les polycultures, avec un taux de 33,25 %, contre 18,03 % pour la monoculture. Le niveau de gravité modéré (niveau 3) de 43,76 % revient chez les monocultures, contre 36,66 % des polycultures (tableau 11). En d'autres termes, le manioc associé aux autres cultures est sévèrement attaqué une fois atteint par la MAM.

Au regard de ce qui précède, les résultats des tableaux 5, 6, 7 et 8 établissent un lien entre la prévalence de la MAM et les sites (milieu), les cultivars, les conditions culturales et la densité de la plantation de la plantation.

Quant à la gravité de la maladie, sur les 20 454 plantes expérimentées, 2 085 sont atteintes de la MAM. Ce qui représente 10,19 % de gravité. De même, sur 2 085 plantes malades, 699 sont au niveau 2 ; 827 sont au niveau 3 et 559 au niveau 4. Visiblement, le niveau 3 est le plus touché, suivi du niveau 2 et du niveau 4. Les niveaux de gravité 1 et 5 ne sont pas concernés.

Ces résultats rejoignent ceux de l'étude Banganingwa (2011), qui avait trouvé que le niveau 3 est plus élevé par rapport aux autres niveaux de gravité. Le niveau 4 arrive en deuxième position suivi du niveau 2, 1 et 5. Bien plus, Kalonji et al (2008a), de même, ont constaté les cotes de gravité varient entre 3 et 4 à Kinshasa, tout comme au Bas-Congo où cette même plage de niveaux (3 et 4) concerne toutes les plantations.

Quant au rapport entre la gravité et les sites, les résultats du tableau 9 présentent un taux de gravité élevée à Mighobwe (niveau 4 avec un taux de 38,57 %), suivi de Burambya (avec 34,78 %) et de Kayna (avec un taux de 26,92 %). Le niveau de gravité modéré (niveau 3) a été observé à Kirumba (avec un taux de gravité de 59,41 %), puis à Mighobwe (avec un taux de 50,41 %) et à Buswanga (avec 39,83 %). Par contre, le niveau de gravité faible (niveau 2) a été observé à Kisimba

et à Kayna, avec des taux respectifs de 46,77 % et de 42,09 %. Le test de signification khi-carré indique une différence significative au seuil de 0,05 des niveaux de gravité selon la variable site ($X^2=212,468$, $p=0,000 < 0,05$).

Ainsi, l'influence du milieu (site) sur le niveau de gravité de la mosaïque africaine du manioc est alors confirmée dans le milieu d'étude.

Dans le même angle, Kabemba avait déjà prouvé que 70,23 % des plantes infectées dans les 19 champs de Kimwenza et Mitendi affichaient des indices de gravité qui variaient entre 2 et 5, contre 52,50 % enregistrés sur les plants cultivés dans les jardins de case de quelques communes de la ville de Kinshasa. L'incidence la plus élevée a été enregistrée dans les jardins de case de la commune de Lemba (88 %) et la plus faible dans les jardins de case de la commune de Ngaliema (72 %) (Kabemba et al 2017)

Concernant la variation de la gravité selon les cultivars, les résultats du tableau 10 démontrent un taux de gravité élevée (niveau 4) pour la variété Kanware, avec un taux de 34,75 %, suivi de Rav (30,3 %) et de Pesa (20,75 %). Le niveau de gravité modéré (niveau 3) a été observé chez la variété Sukisa, avec un taux de gravité de 100 %, suivi de Nigéria (48,33 %) et de Pesa (44,03 %). Le niveau de gravité faible (niveau 2) a été observé chez la variété MM96 et Rav, avec un taux respectif de 100 % et de 63,96 %. En d'autres termes, excepté la variété Kanware avec sa forte prévalence, toutes les nouvelles variétés ont un faible niveau de gravité. Cela prouve leur degré de résistance contre cette maladie. Le test statistique khi-deux trouve une différence significative ($X^2=271,529$, $p=0,000 < 0,05$).

Ce constat rejoint celui de Banganingwa (2011) selon lequel le cultivar Pamitu est plus vulnérable à la MAM que les autres cultivars. Le cultivar Bumbafu vient en deuxième position, suivi des cultivars Mukalasa, Abude, Sawasawa, Mayayi, Caterina, Rava, Waliba, Boxe et MM96. Les trois premiers cultivars sont plus attaqués par la MAM. L'on comprend que le niveau de gravité varie selon la variété cultivée.

Selon la densité de plantation, les résultats du tableau 12 témoignent d'un taux de gravité élevée (niveau 4) pour la plantation serrée avec un taux de 29,03 % et de 26,65 % pour la plantation très serrée. La gravité du niveau 4 pour les plantations normales est nulle. Le niveau de gravité modérée (niveau 3) a été observé encore dans les plantations très serrées et serrées, avec des taux de gravité respectivement de 41,49 % et 39,40 %. Le niveau de gravité faible (niveau 2) a été observé dans les plantations normales. Le test non paramétrique de Khi-deux (X^2) de 95,818, $p=0,000$, nous permet de confirmer que la densité élevée est un facteur d'aggravation de la mosaïque chez les plantes malades. En d'autres termes, lorsqu'on respecte l'écartement exigé pour la culture de manioc, on réduit la gravité de la MAM chez les plantes atteintes.

De ce fait, les résultats du tableau 9, 10, 11 et 12 corroborent le quatrième objectif de cette étude en confirmant la relation entre les causes relevées et la gravité de la MAM dans le milieu d'étude. La gravité de la MAM varie selon les sites (milieu), les cultivars, les conditions culturales et la densité de la plantation.

Dans l'ensemble, il apparaît clairement que la mosaïque africaine du manioc est durcie par les conditions culturales, les variétés cultivées et le type de plantation. Ce qui confirme en même temps l'hypothèse de départ.

Abordant les stratégies de lutte, comme les ont proposées Fauquet et Massala (1988, p.28), il faut penser à la mise en place de programmes de recherche prenant en compte l'étude de l'étiologie et de l'épidémiologie de la virose, complétée nécessairement par l'installation des variétés résistantes.

Certes, l'introduction de cultivars tolérants ou résistants provenant des programmes de sélection réalisés dans d'autres pays n'est pas toujours satisfaisante. En effet, ces variétés sont peu acceptées par les paysans congolais (forte ramification, feuilles peu intéressantes pour la consommation). Des actions doivent être menées afin d'améliorer le matériel végétal local : sélection des cultivars, éducation des paysans pour le choix des boutures, amélioration des techniques culturales et maîtrise des différents paramètres agronomiques, enfin, développement de la production

de plants sains pour la multiplication à grande échelle grâce à la technique de la culture in vitro et de la thérapie. Il restera à connaître la vitesse de ré-contamination en champ.

4. Conclusion

Connaissant les valeurs alimentaires du manioc et sa productivité dans une zone écologiquement adaptée à sa culture, il a été impérieux de s'appesantir sur la mosaïque africaine de manioc pour en comprendre les causes et la conséquence. Etant menée dans une zone potentiellement agricole, cette étude est revenue sur la prévalence et la gravité de la mosaïque africaine du manioc (MAM) dans la région agricole de Kayna, avec comme objectif de les évaluer et d'en déterminer les facteurs sous-jacents.

Cette étude, du type descriptif et transversal, a recouru à une enquête ciblée dans 6 sites dont Kirumba, Kayna, Kisimba, Mighobwe, Burambya et Buswanga en territoire de Lubero (RDC) où 35 champs étaient concernés. Dans chaque champ, l'on a prélevé 9 carrés de 25 m² en comptant les plantes malades, classifiées selon l'échelle de gravité (1-5). Ces données ont été analysées avec le calcul de taux de prévalence et de gravité, test non paramétrique, le khi-carré de Pearson, utilisé pour tester la différence entre les proportions.

A l'issue des analyses menées, les résultats ont montré que le taux de la prévalence de la MAM dans la région agricole de Kayna est de 10 % en général. Cette prévalence varie significativement avec le milieu (sites) de la plantation, les cultivars, les conditions culturales et la densité de la plantation.

Quant à la gravité de la maladie, les résultats ont prouvé qu'en général le niveau 3 est le plus représenté, suivi du niveau 2 et du niveau 4. Les niveaux de gravité 1 et 5 sont exclus. La gravité change significativement selon les causes étudiées, telles que le milieu (sites) de la plantation, les cultivars, les conditions culturales et la densité de la plantation. Les nouveaux cultivars, à l'exception de la variété Kanware qui enregistre aussi une forte prévalence, ont un faible niveau de gravité.

Au regard des résultats obtenus et de l'importance que représente la culture de manioc dans la zone d'étude, quelques orientations méritent d'être formulées à tous ceux qui ont la possibilité d'intervenir dans la lutte contre la MAM et relever la productivité du manioc. Ainsi, les autorités congolaises tant nationales, provinciales que locales et les autres intervenants dans les secteurs agricoles pourraient :

- Réserver un encadrement efficace aux paysans producteurs ;
- Intervenir dans la lutte préventive contre les maladies qui attaquent cette culture en général, en particulier la mosaïque africaine du manioc, en formant les agriculteurs sur la gestion des maladies des plantes, facteurs clés de la baisse de rendement à nos jours ;
- Rendre disponible de variétés de manioc qui résistent à la mosaïque africaine du manioc et adaptées à l'écologie du milieu cultural ;
- Promouvoir la recherche agronomique pour une amélioration de l'agriculture par des techniques culturales adéquates.

Etant circonscrite dans un milieu précis du territoire de Lubero, elle mérite d'être étendue dans les autres zones culturales pour bien dégager une prévalence générale et les mécanismes de lutte contre la mosaïque. Ainsi, au-delà d'une étude descriptive et transversale, une étude expérimentale doit être la bienvenue pour une complémentarité scientifique. C'est donc une ouverture aux recherches ultérieures.

Bibliographie

1. BANGANINGWA, A. A. (2011), Etude sur l'incidence et gravité de la mosaïque africaine du manioc à Bunia (RDC) et ses environs. Université de Bunia RDC - grade d'ingénieur agronome. Disponible sur :

- <https://www.memoireonline.com/11/13/7815/Etude-sur-l-incidence-et-severite-de-la-mosaïque-africaine-du-manioc--Bunia--RDC-et-ses-envi.html>. Consulté le 15 mars 2018
2. Delvenne, L. (1999). Définition des différents types d'études. Consulté le 25 Mars 2018 sur <http://www.ebm.lib.ulg.ac.be/prostae/typ-etud.htm>.
 3. FAGETTE, D. (1987), Epidémiologie de la mosaïque africaine en Côte d'Ivoire, Ed ORSTON, Paris, Collection d'études et thèse.
 4. FAO. (2008), « Commission du code alimentaire » in la voix du Congo profond, vol.3, No 2, p3-15.
 5. FAO. (2010), Maladies du manioc en Afrique, une menace majeure pour la sécurité alimentaire. Rome, Cadre de Programme stratégique pour l'Afrique centrale, orientale et australe.
 6. Gentilini, M. (2001). Médecine tropicale. 6 éd. Paris : Flammarion, Médecine-science.
 7. FAUQUET, C., La mosaïque africaine du manioc et son contrôle. Actes du Séminaire proceedings, Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération, Paris, Edition de l'ORSTOM, 1988.
 8. JANSSENS. (2011), Le manioc in agriculture en Afrique tropicale, DGCI, Bruxelles, P198-218.
 9. KABEYA, M. (2004), La culture du manioc in tropique et culture de tropique. CAVTK, Kinshasa, DRC, P4-7.
 10. KALONJI, A et al. (2008a), Etat sanitaire de la culture du manioc dans le champ parcellaire rencontres à KINSHASA et dans la zone agricole du bas Congo, Consulté le 1er juillet 2018. Disponible sur : <Http://www.greenstone.org>
 11. KALONJI, A et al. (2008b), Comportement de manioc vis-à-vis de la mosaïque Africaine du manioc dans les conditions d'infestation naturelle à Gandajika, consulté le 01/07/2018. Disponible sur : <http://w.w.w.greenstone.org>.
 12. Kabemba, N. K et al. (2017), Incidence et gravité de la mosaïque africaine du manioc dans les champs et les jardins de case à Kinshasa (République Démocratique du Congo) in TROPICULTURA, 35, 3, 1 73-179
 13. LUKOMBE, A. (2004), Etude de droit et développement agricole. PUF, Paris, P992.
 14. MONDE, G. (2011), Phytopathologie spéciale. Cours inédit, FSA, UNIBU, P23-30.
 15. NDUNGO, (2016), Méthode de recherche scientifique, cours inédit, ISTM KAYNA
 16. Ntawuruhunga, P et al. (2002). Situation de la maladie pandémique virale de la mosaïque du manioc en République du Congo, Rapport diagnostique d'enquête sur les maladies et les pestes de la culture du manioc en République du Congo
 17. PRONAM. (1983), Rapport annuel du programme national du manioc. Département de l'agriculture N'Vuazi, R4DC P9-15.
 18. SILVESTRE P., ARRAUDEAU M, (1983), Le manioc. Maisonneuve et Larose.
 19. SOFI. (2008), L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde
 20. Saoul NDUNGO M. (2016), Initiation à la recherche scientifique, cours inédit, ISTM KAYNA
 21. WAKALIRE, K.M. (2018), Initiation à la recherche scientifique, cours inédit, ISDR KITSOMBIRO