



Distribution géographique du virus de la mosaïque du gombo (OkMV) et du virus de la mosaïque du concombre (CMV) infectant la culture de gombo en Côte d'Ivoire

Bertrand N'Doua GUINAGUI^{1,4*}, Marie Serge Békanvié KOUAKOU¹, Nahoua KONE², Antoine Bolou Bi BOLOU¹, Patrick Jonas DAO¹, Afouda LEONARD³, Daouda KONE^{1,4} et Sorho FATOGOMA^{1,4}

¹UFR Biosciences, Unité Pédagogique et de Recherche de Physiologie et Pathologie Végétales, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

²UFR des Sciences Biologiques, Université Peleforo Gon Coulibaly- Korhogo.

³Université de Parakou, Benin. Unité de Virologie, Laboratoire de Phytopathologie.

⁴Wascal / Centre d'Excellence Africain sur le Changement Climatique, la Biodiversité et l'Agriculture Durable (Wascal / CEA-CCBAD), 22 BP 463 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

*Corresponding author; E-mail: guinaguibertrand@gmail.com / guinagui.bertrand@ufhb.edu.ci

Received: 26-08-2024

Accepted: 26-10-2024

Published: 31-10-2024

RÉSUMÉ

En Côte d'Ivoire le gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) est largement cultivé avec une production nationale en 2022 estimée à plus de 183 000 tonnes. Cette culture est sujette à plusieurs contraintes biotiques dont les virus de la mosaïque du gombo (OkMV) et de la mosaïque du concombre (CMV). Cette étude a été conduite pour évaluer la distribution du CMV et de l'OkMV en Côte d'Ivoire. Une prospection a été réalisée dans 26 localités couvrant six zones agroécologiques (ZAE). Dans chaque localité, trois parcelles ont été visitées. L'incidence et la sévérité des maladies ont été évaluées par parcelle sur 31 plantes selon les deux diagonales avec l'échelle de notation de la sévérité. Les échantillons collectés ont été analysés par la technique sérologique de DAS ELISA utilisant des anticorps polyclonaux. Les résultats ont montré la présence de l'OkMV et du CMV avec une incidence variant de 4,5 à 69,26% et un indice de sévérité qui a varié de 2,50 à 71,70%. L'analyse sérologique a permis de détecter la présence de l'OkMV et du CMV dans les localités visitées. L'étude a montré que l'OkMV et le CMV sont présents dans les parcelles de gombo visitées avec des incidences et sévérités qui ont varié en fonctions des ZAE. L'OkMV a été identifié dans les ZAE I et IV alors que le CMV a été présent dans les ZAE II, III, IV, V et VII.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Incidence, sévérité, CMV, OkMV, Gombo, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) is widely grown in Côte d'Ivoire, with a national production of over 183,000 tons in 2022. This crop is subject to several biotic constraints, including okra mosaic virus (OkMV) and cucumber mosaic virus (CMV). This study assessed the distribution of CMV and OkMV in Côte d'Ivoire. A survey was carried out in 26 localities covering six agro-ecological zones (AEZs). In each locality, three plots were visited. Disease incidence and severity were assessed per plot on 31 plants along the two diagonals using a severity rating scale. The samples collected were analyzed by DAS ELISA using polyclonal antibodies. The

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

9782-IJBCS

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v18i5.26>

results showed that OkMV and CMV, had an incidence ranging from 4.5 to 69.26%, and a severity index ranging from 2.50 to 71.70%. Serological analysis detected OkMV and CMV in the localities visited. The study showed that OkMV and CMV were present in the okra plots visited, with incidences and severities that varied according to the AEZs. OkMV was detected in AEZ I and IV, while CMV was present in AEZs II, III, IV, V and VII.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Incidence, Severity, CMV, OkMV, Okra, Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

Le gombo (*Abelmoschus esculentus*) se cultive dans les régions tropicales, subtropicales et les régions à climat tempéré chaud du monde entier (Mekuria et al., 2023). La production en Afrique de l'Ouest est de plus de 3 millions de tonnes en 2022 (FAOSTAT, 2023). En Côte d'Ivoire, le gombo est cultivé dans toutes les régions avec une production nationale en 2022 estimée à plus de 183000 tonnes (FAOSTAT, 2023) avec une prépondérance de l'association culturale (Fondio et al., 2011). Le gombo tolère de nombreux types de sols. Avec un cycle de développement relativement court (2 à 3 mois selon les variétés), plusieurs récoltes peuvent être effectuées par cycle cultural. Ce qui accroît sa rentabilité économique pour les ménages. Il procure des revenus susceptibles de satisfaire de nombreux besoins tant industriels, familiaux que collectifs (Konaté et al., 2016). Cependant, malgré son importance, cette culture est confrontée à de nombreuses contraintes biotiques au nombre desquelles figurent les maladies virales (Amiteye et al., 2021) dont les plus préoccupantes sont le virus de la mosaïque du gombo (OkMV), le virus de l'enroulement du gombo (OLCV) et le virus de la mosaïque du concombre (CMV). L'OkMV transmis par l'altise *Podagrica* spp. est un virus redouté dans les parcelles de gombo (Osundare et al., 2023) car il peut causer des pertes énormes. Ces pertes ont varié de 30 à 89% en Tanzanie et jusqu'à 100% au Nigéria (Ndunguru et Rajabu, 2004 ; Osundare et al., 2023). Contrairement aux autres virus, la gamme d'hôtes du CMV est extrêmement large et distribuée mondialement avec plus de 1200 espèces végétales, représentant 100 familles botaniques (Kouadio et al., 2017) incluant les Malvaceae. La transmission du CMV par les semences a été rapportée avec des taux de

transmission variables allant de 0 à 100% chez certaines plantes incluant les adventices (O'Keefe et al., 2007). En Côte d'Ivoire, les travaux de Givord et Hirth (1973) et ceux de Fauquet et Thouvenel (1987) avaient permis d'identifier respectivement de l'OkMV et le CMV. Toutefois, leur incidence en culture de gombo n'a pas encore été clairement définie sur tout le territoire ivoirien. Cette étude a été réalisée afin de rechercher la distribution de l'OkMV et du CMV en Côte d'Ivoire et d'en évaluer l'incidence et la sévérité.

MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans 26 localités réparties dans les zones agroécologiques I, II, III, IV, V et VII de la Côte d'Ivoire (Koné et al., 2017) comme indiqué à la Figure 1.

Matériel

Le matériel végétal utilisé au cours de cette étude a été constitué d'échantillons de feuilles de gombo de différentes variétés. La détermination des deux virus au laboratoire a été effectuée à l'aide de Kits ELISA composés d'anticorps anti-OkMV, anti-CMV et de leurs conjugués fournis par la compagnie allemande DSMZ.

Méthodes

Collecte d'échantillons de feuilles de gombo

Au cours de cette étude une prospection a été réalisée d'avril à mai de l'année 2020 et a permis de collecter des échantillons de feuilles de gombo symptomatiques et asymptomatiques dans 62 parcelles visitées. Ainsi, une fois dans la parcelle, les coordonnées ont été enregistrées à l'aide d'un GPS de marque Garmin, des informations sur les cultures précédentes et l'itinéraire technique ont été fournies par les producteurs.

L'échantillonnage a été effectué selon la méthode de Zerbo et al. (2022). Cette méthode utilisant un schéma en « X » a permis de collecter au moins trois (3) échantillons de feuilles sur les deux diagonales de la parcelle. Toutefois, le nombre d'échantillons collecté a varié en fonction de la taille des parcelles. Pour des parcelles de grande taille, le nombre d'échantillons a été supérieur à trois (3). Au champ, la collecte des feuilles symptomatiques a été soigneusement effectuée à l'aide de sachets plastiques pour éviter tout contact direct avec l'échantillon. L'échantillon collecté a été immédiatement étiqueté et stocké dans une glacière réfrigérée. Les échantillons ont été ensuite acheminés au laboratoire pour y être découpés finement et conservés dans du chlorure de calcium selon la technique de Bos puis conservés au réfrigérateur à 4°C (Horváth et Besada, 1980)

Evaluation de l'incidence et de la sévérité du CMV et du OkMV

L'incidence du CMV et de l'OkMV a été évaluée en suivant les deux diagonales du

schéma en « X » de la parcelle définie lors de l'échantillonnage. Ainsi, sur les deux diagonales de chaque parcelle, le nombre total de plants et celui des plants présentant des mosaïques, des jaunissements foliaires, des anneaux nécrosés, des rabougrissements de plants ont été dénombrés. L'incidence a été calculée selon la relation d'Osundare et al. (2023) :

$$\text{Incidence} = \frac{\text{Nombre de plants malade}}{\text{Nombre total de plants}} \times 100$$

La sévérité des symptômes a été évaluée selon l'échelle de notation de Koné et al. (2017) qui varie de 0 à 5, où ; 0 : aucun symptôme, 1 : aucun symptôme visible, 2 : mosaïque légère des feuilles de l'apex, 3 : mosaïque légère et enroulement des feuilles, 4 : mosaïque légère sans déformation des feuilles, 5 : mosaïque sévère et enroulement des feuilles. Le pourcentage de l'indice de sévérité (IS) a ensuite été déterminé pour chaque parcelle selon la formule de Koné et al. (2017) :

$$\text{IS} = \frac{0 \times P_0 + 1 \times P_1 + 2 \times P_2 + 3 \times P_3 + 4 \times P_4 + 5 \times P_5}{N(G - 1)} \times 100$$

Où P₀-P₅ représentait le nombre total de plantes observées dans chaque catégorie de symptômes par exploitation dans chaque parcelle au sein de la zone agroécologique. Dans chaque zone agroécologique étudiée, G : Nombre de score, N : Nombre total de plantes observées dans chaque classe de symptômes

Détection du CMV et de l'OkMV par la technique immunologique

La recherche et la quantification du taux des virus dans les feuilles infectées ont été effectuées selon la technique immuno-enzymatique afin de s'assurer que les symptômes observés sont dus aux deux virus recherchés. Plusieurs protocoles de la technique immuno-enzymatique ont été mis en place. Cependant, le plus connu est l'ELISA (Enzyme-Linked Immuno-Sorbent Assay) dont le principe est de révéler, par une coloration, l'interaction antigène-anticorps provenant du marquage des immunoglobulines à l'aide d'enzymes (Clark et Adams, 1977). Au

cours de cette étude les échantillons de feuilles de gombo collectés ont été broyés dans du tampon phosphate, les broyats obtenus ont par la suite été testés par la technique de "Double Anticorps Sandwich" ELISA (DAS ELISA). Cette technique utilise deux anticorps spécifiques du virus. L'antigène (extrait du broyat) est placé entre les deux couches d'anticorps spécifiques au virus. Le deuxième anticorps, identique au premier, est conjugué à la phosphatase alcaline. L'activité de la phosphatase alcaline est révélée par la transformation du substrat, la p-nitrophényl phosphate (incolore) en p-nitrophénol (jaune). L'intensité de cette coloration est mesurée au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 405 nm. La densité optique mesurée est proportionnelle à la concentration virale dans l'échantillon testé. Au cours de cette étude, les anticorps anti-OkMV et anti-CMV, leurs conjugués et les témoins positifs fournis par la compagnie Allemande DSMZ ont été mis à disposition par le laboratoire de

Phytopathologie de l'Université de Parakou du Benin. Ainsi, un échantillon a été considéré comme positif lorsque les absorbances des extraits de feuilles testées ont été supérieures à la moyenne des absorbances du témoin négatif plus trois fois l'écart-type (Guinagui et al., 2022). Le témoin négatif a été obtenu à partir de l'absorbance de l'eau stérile.

Analyse statistique des données

Les données exprimées en pourcentage ont été transformées par la méthode de l'*Arcsinus* avant d'être soumises à l'analyse de variance (ANOVA) au seuil de 5% à l'aide du logiciel STATISTICA version 7.1 qui a été utilisé pour le traitement statistique des données. Le test de Turkey a été utilisé pour la comparaison des moyennes en cas de rejet de l'hypothèse H_0 .

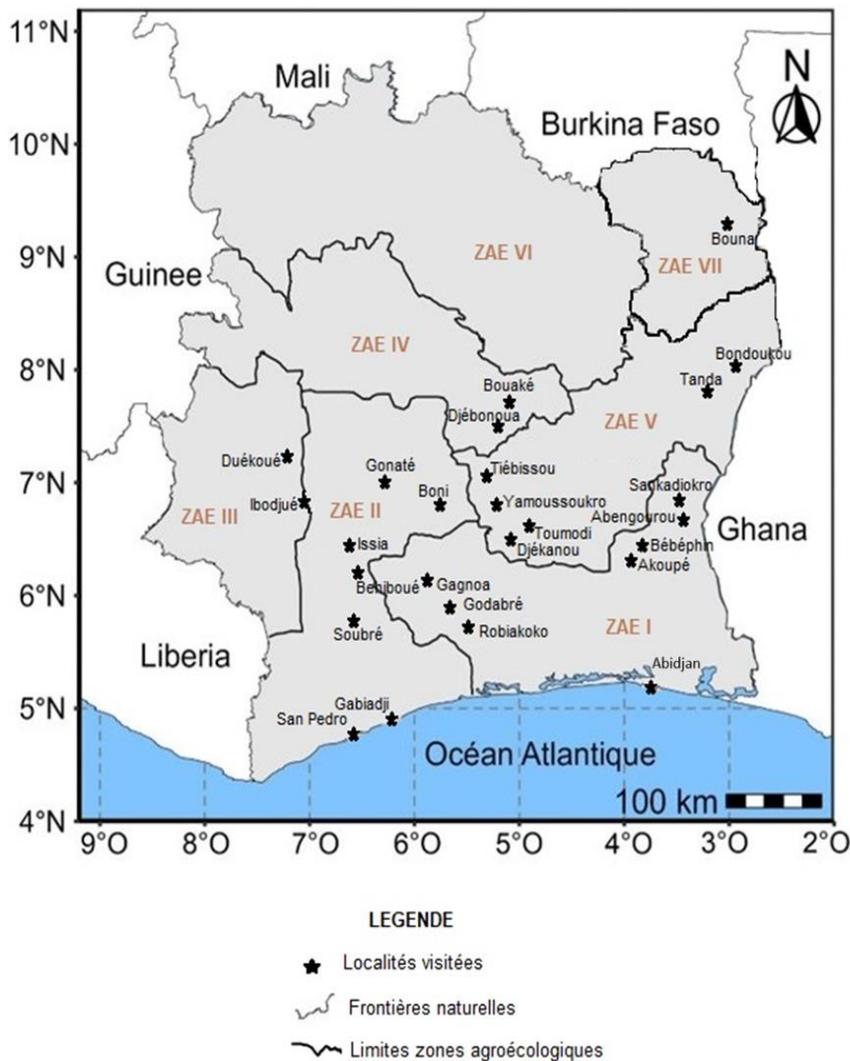


Figure 1 : Carte de la Côte d'Ivoire indiquant les localités visitées.

RESULTATS

Repartition des échantillons en fonction des zones agroécologiques

Un total de 250 échantillons de feuilles de gombo dont 225 symptomatiques et 25 asymptomatiques ont été collectés dans 62 parcelles visitées au cours de la prospection. Le nombre d'échantillons collecté a varié en fonction des ZAE et est indiqué dans le Tableau 1. Les symptômes observés dans les parcelles ont été essentiellement des mosaïques, des gaufrages, des jaunissements de feuilles, des enroulements et déformations des feuilles.

Incidence et sévérité

L'analyse des données a mis en évidence une différence significative entre les zones agroécologiques pour l'incidence des viroses du gombo. L'incidence a varié de 4,5 à 69,26%. Les incidences les plus élevées ont été observées dans les ZAE I, II, IV, V et VII avec des moyennes respectives 51,01 ; 61,04 ; 69,26 ; 51,8 et 61,25% contrairement à la ZAE III qui a présenté une incidence moyenne de 4,5% (Figure 2).

Le pourcentage de l'indice de sévérité des virus a varié de 2,5 à 71,5% avec une différence significative entre les ZAE visitées.

Les pourcentages d'indice de sévérité les plus élevés ont été observés dans les ZAE I, II, IV, V et VII avec des moyennes respectives de 55,78 ; 63,5 ; 70,48 ; 66,11 et 71,5% comparativement à la ZAE III qui a obtenu un pourcentage d'indice de sévérité moyen de 2,5% (Tableau 2).

Cartographie du CMV et de l'OkMV en Côte d'Ivoire

L'analyse sérologique a permis de détecter l'OkMV et le CMV dans respectivement 1,6 et 2,66% des échantillons collectés. Les absorbances à 405 nm reflétant la concentration virale dans les échantillons de feuilles de gombo infectées ont varié de 0,8 à 1,7 pour un seuil de positivité de 0,23. Les échantillons testés positifs à l'OkMV ont été collectés dans les ZAE I et IV (Figure 3), ces isolats proviennent précisément des localités de Bingerville (Figure 4) dans la ZAE I et d'Assoikro dans le district de Yamoussoukro (ZAE IV). Quant aux échantillons testés positifs au CMV, ils sont originaires des ZAE II, III, IV, V et VII (Figure 2) notamment des localités de Soubré (ZAE II), Duékoué (ZAE III), Djékanou et Tanda (ZAE IV), Djébonoua (ZAE V) et Bouna (ZAE VII) tels qu'indiqués aux Figures 5 et 6.

Tableau 1 : Répartition des échantillons en fonction des zones agroécologiques (ZAE).

Zone agroécologique	Nombre d'échantillons symptomatiques	Nombre d'échantillons asymptomatiques
I	31	4
II	31	4
III	31	4
IV	70	5
V	31	4
VII	31	4

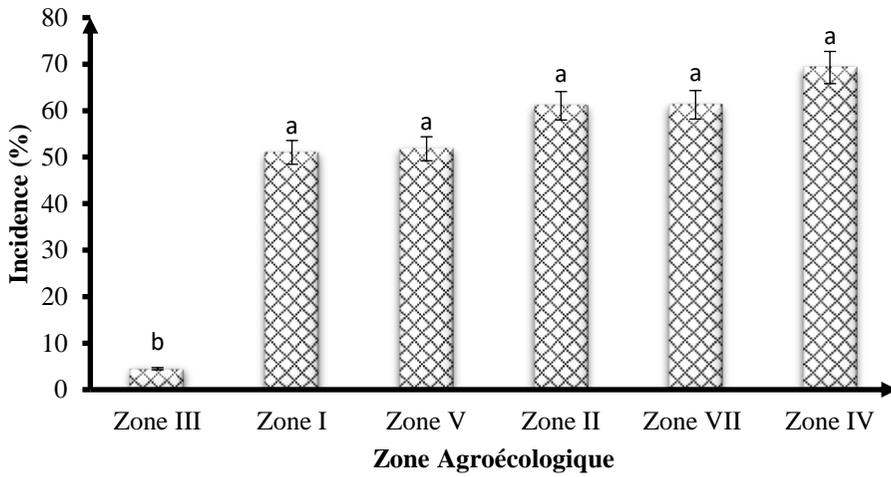


Figure 2 : Incidence des viroses en fonction des zones agroécologiques.

Tableau 2 : Indice de sévérité des viroses en fonction des zones agroécologiques (ZAE).

Zone agroécologique	Indice de sévérité (%)
I	55,78 ^a
II	63,50 ^a
III	2,50 ^b
IV	70,48 ^a
V	66,11 ^a
VII	71,70 ^a
Moyenne	55,01
Probabilité	< 0,0001
Coefficient de variation (%)	5,04

Les valeurs suivies de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test de Turkey .

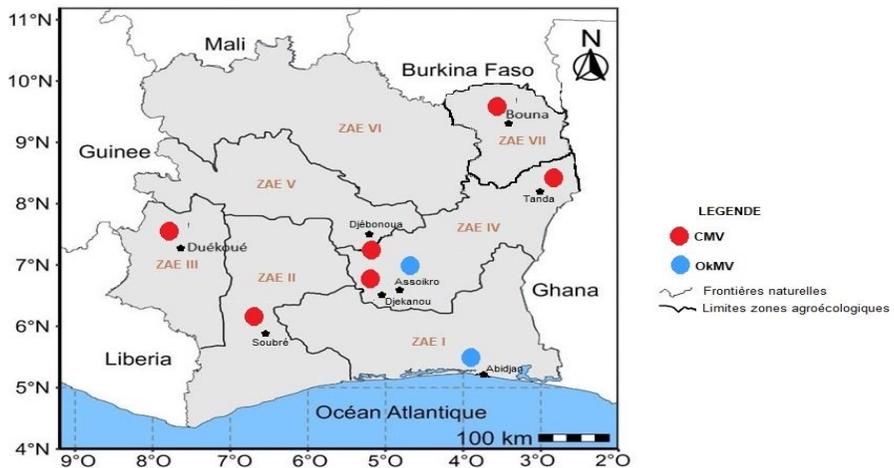


Figure 3 : Cartographie de l'OkMV et du CMV infectant la culture du gombo en Côte d'Ivoire.



Figure 4 : Mosaïques induites par l'OkMV observées à Bingerville.



Figure 5 : Mosaïques induites par le CMV à Djèbonoua.



Figure 6 : Jaunissement induit par le CMV observé à Tanda.

DISCUSSION

La collecte d'échantillons de feuilles de gombo réalisée dans les régions productrices en Côte d'Ivoire a permis de déterminer la présence du virus de la mosaïque du gombo et du virus de la mosaïque du concombre. Ces maladies ont été identifiées sur la base des symptômes qui étaient assez caractéristiques. En effet, les symptômes ont constitué l'un des premiers critères de distinction entre les plantes saines et celles qui étaient malades.

Au cours de cette étude, plusieurs échantillons symptomatiques des viroses étudiés, ont cependant été testés négatifs aux différents anticorps utilisés. Ces résultats indiquent que le diagnostic des maladies virales uniquement à partir des symptômes exprimés n'est pas toujours fiable. En effet, les symptômes causés par un virus particulier peuvent se confondre à un autre (Jiang et Zhou, 2023). Dans le cadre de cette étude, les symptômes du CMV auraient été confondus à ceux de l'OkMV. Toutefois, le test sérologique utilisant l'anticorps anti-CMV a permis de détecter des échantillons positifs. La confirmation des observations visuelles par des tests au laboratoire s'avère de ce fait nécessaire. Ainsi, grâce au test sérologique, le virus de la mosaïque du gombo et celui de la mosaïque du concombre ont été diagnostiqués dans les ZAE I, II, III, IV, V et VII. Ces ZAE regorgent de grandes localités de production de gombo en Côte d'Ivoire. Ce résultat est en accord avec les travaux de Givord et Hirth (1973) qui ont détecté la présence de l'OkMV à Bouaké au Centre de la Côte d'Ivoire et aux alentours d'Abidjan au Sud. Quant au virus de la mosaïque du concombre, il a été diagnostiqué dans les zones du Centre, du Sud-Est et du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Contrairement à l'OkMV, le CMV est la maladie virale la plus répandue en culture de gombo en Côte d'Ivoire. L'étude a permis de mettre en évidence sa présence dans les six zones agroécologiques visitées tandis que l'OkMV n'a été présent que dans deux zones. Ce résultat pourrait s'expliquer par la large gamme d'hôte de plus de 1200 espèces végétales du CMV comme indiqué par Soumya et al. (2021). L'appartenance de ces espèces

aussi bien aux Monocotylédones qu'aux Dicotylédones, permettrait ainsi la dissémination facile de la maladie. De même, sa capacité à infecter seule des plantes, ou en association avec d'autres virus pourrait justifier sa forte présence dans toutes les zones de production du gombo. L'analyse des résultats de l'échantillonnage a montré que la zone agroécologique III serait une zone à moindre risque. En effet, dans cette zone, l'incidence de la maladie était très faible avec une moyenne de 4,5%. La petite taille des parcelles prospectées et la non significativité de l'échantillonnage dans cette zone pourraient expliquer son faible niveau d'infection. De même, le bon entretien de ces parcelles pourrait avoir joué un rôle fondamental dans la réduction des infections. L'ensemble de ces résultats montre aussi que l'incidence de la maladie était plus élevée dans les zones agroécologiques I, II, IV, V, VII comparativement à la zone agroécologique III. Cette variabilité de l'incidence et de la sévérité des symptômes du CMV et de l'OkMV dans les différentes localités visitées s'expliquerait, selon Honjo et al. (2019) par l'influence des facteurs environnementaux sur l'expression des symptômes. Ainsi, dans les zones à forte pluviométrie, le taux d'humidité élevé favoriserait la mise en place d'un microclimat favorable à la pullulation des insectes parmi lesquels se trouveraient des vecteurs de ces maladies comme l'ont signifié Fingu-Mabola et al. (2021) et Trebicki, (2020). La forte incidence des maladies observée dans certaines ZAE serait également due à l'abondance de vecteurs du CMV et de l'OkMV. En effet, Romain et al. (2018) ont montré l'existence d'une corrélation positive entre l'abondance des populations de vecteurs et la propagation de virus. Ces résultats suggèrent qu'une forte incidence d'une maladie virale dans une zone donnée serait due à l'abondance de vecteurs du pathogène. Les observations faites dans les parcelles visitées confirment les résultats de ces auteurs. En effet, dans la majorité des parcelles prospectées où les maladies étaient présentes, subsistaient des plantes susceptibles d'abriter des vecteurs de ces maladies.

La sévérité élevée des symptômes dans certaines zones pourrait aussi être due non seulement à la virulence et à l'agressivité des souches ou au phénomène de co-infection de souches virales selon Tamborindéguy et al. (2023). Ce résultat pourrait également être dû aux caractéristiques intrinsèques des différentes variétés cultivées.

La technique sérologique a permis de détecter l'OkMV et le CMV dans respectivement 1,6 et 2,66 % des échantillons collectés. La faible sensibilité du test ELISA pourrait expliquer ce résultat. Cependant, bien que peu fiable, le test sérologique est moins coûteux et permet de détecter la présence de virus chez les plantes comme l'a réalisé Kéita et al. (2024) sur les échantillons de feuilles de gombo collectés dans la localité Kalebougou au Mali. Aussi, pour qu'un échantillon présentant des symptômes d'un virus recherché soit testé positif par la technique immunologique, il faudrait que la quantité du virus dans l'extrait de feuille symptomatique soit élevée comme l'a indiqué Silva et al. (2018). Cependant, lorsque cette quantité virale dans l'échantillon à tester est faible, alors la présence du virus pourrait ne pas être révélée. Cette situation pourrait générer de faux résultats négatifs qui pourrait être détectables avec d'autres tests plus fiables tel que la réaction de polymérase en chaîne ou PCR (Polymerase Chain Reaction). Toutefois, contrairement à la sérologie, la PCR reste très onéreuse.

Conclusion

Cette étude sur la mosaïque du gombo et la mosaïque du concombre a permis de déterminer les zones de prévalence de ces deux viroses en Côte d'Ivoire. L'étude a montré une faible incidence d'une moyenne de 4,5% de ces viroses dans la zone agroécologique III contrairement aux zones agroécologiques I, II, IV, V et VII qui ont présenté les incidences les plus élevées. L'étude a aussi montré que le CMV est l'une des maladies virales du gombo les plus répandues en Côte d'Ivoire. Le test sérologique DAS-ELISA a été utilisé pour la mise en évidence de ces deux viroses. Il conviendrait de poursuivre ces travaux en

explorant la détection par la technique de la biologie moléculaire, jugée plus fiable afin de proposer des méthodes de contrôle adéquats et fiables à long terme de ces maladies, permettant ainsi d'optimiser la production du gombo en Côte d'Ivoire.

CONFLITS D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

GNB a réalisé les analyses statistiques et rédigé l'article, KBSM a effectué les prospections et réalisé les analyses sérologiques. BBBa a supervisé les travaux de terrain. KN et DJP ont révisé l'article. AL a supervisé les travaux au laboratoire. KD et FS ont donné l'orientation des travaux à réaliser sur le terrain puis a contribué à l'amélioration et à la validation du manuscrit. Tous les auteurs ont lu et approuvé la version finale de ce manuscrit.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient tous les producteurs des localités visitées ayant accepté des prospections dans leurs parcelles incluant des prélèvements d'échantillons. En outre, nous remercions le Centre d'Excellence Africain sur le Changement Climatique, la Biodiversité et l'Agriculture Durable (CEA-CCBAD) et le laboratoire de phytopathologie de l'Université de Parakou du Bénin.

RÉFÉRENCES

- Amiteye S, Appiah AS, Boateng F, Kutufam JT, Amoatey HM. 2021. Physiological Changes associated with Okra Mosaic Virus Infection in Field Grown Okra Plants. *Asian J. Agric. Biol.*, **4**: 202102097. DOI: <https://doi.org/10.35495/ajab.2021.02.097>
- Clark MF, Adams AN. 1977. Characteristics of The Microplate Method of Enzyme-Linked Immunosorbent Assay for the Detection of Plant Viruses. *Journal of General Virology*, **34**: 475-483. DOI : 10.1099/0022-1317-34-3-475

- FAOSTAT 2023, FAO database. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Geneva. URL : <https://www.fao.org/faostat/fr/#data/QCL>
- Fingu-Mabola JC, Francis F. 2021. Aphid-Plant-Phytovirus Pathosystems: Influencing Factors from Vector Behaviour to Virus Spread. *Agriculture*, **11**: 502. DOI :10.3390/agriculture11060502
- Givord L, Hirth L. 1973. Identification, Purification and Some Properties of a Mosaic Virus of Okra (*Hibiscus esculentus*). *Annals of Applied Biology*, **74**(3): 359-370. DOI : 10.1111/j.1744-7348.1973.tb07756.x
- Guinagui NB, Yeo G, Tuo S, Kouda AG, Lehi MI, Danon ASD, Fatogoma S. 2022. Identification of Resistance-Breaking RYMV Isolates in four Agro-ecological Zones of Côte d'Ivoire. *Journal of Plant Sciences*, **10**(6): 235-240. DOI: 10.11648/j.jps.20221006.16
- Honjo MN, Emura N, Kawagoe T, Sugisaka J, Kamitani M, Nagano AJ, Kudoh H. 2020. Seasonality of Interactions Between a Plant Virus and its Host During Persistent Infection in a Natural Environment. *The ISME Journal*, **14**(2): 506-518. DOI : 10.1038/s41396-019-0519-4.
- Horváth J, Besada WH. 1980. Preservation of Some Plant Viruses by Dehydration over Anhydrous Calcium Chloride (CaCl₂) / Konservierung Einiger Pflanzenviren Durch Dehydrierung Mit Wasserfreiem Calciumchlorid (CaCl₂). *Journal of Plant Diseases and Protection*, **87**(8): 463-472. *JSTOR*, URL : <http://www.jstor.org/stable/43214717>
- Jiang T, Zhou T. 2023. Unraveling the Mechanisms of Virus-Induced Symptom Development in Plants. *Plants*, **12**: 2830. DOI : 10.3390/plants12152830
- Keita GK, Kansaye L, Doumbia L, Macalou B, Keita I, Sangare M, Maiga MN, Sanogo NP, Koita O. 2024. Evaluation of the Seroprevalence of Okra Mosaic virus in Koulikoro, Mali. *African Journal of Biotechnology*, **23**(4): 147-151. DOI : 0.5897/AJB2024.17664
- Konate B, Nana R, Nanema SI, Badiel B, Sawadogo M, Tamini Z. 2016. Réponse Morphophysiolgique du Gombo [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench] soumis à la Biofertilisation et à des Stress Hydriques. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **10**(5): 2108-2122. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i5.14>
- Kouadio KT, Agneroh AT, Soro K, Gone A. 2017. Identification et Distribution Géographique des Virus Responsables des Mosaïques chez les Cucurbitacées en Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11**(3): 1113-1123. DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i3.15>
- Fauquet C, Thouvenel JC. 1987. Maladies Virales des Plantes en Côte d'Ivoire/Plant viral Diseases in the Ivory Coast. Ed ORSTOM: Paris; 183-184.
- Fondio L, Christophe K, Andé HD, Dossahoua T. 2011. Caractérisation des Systèmes de Culture intégrant le Gombo dans le Maraîchage Urbain et Périurbain de Bouaké dans le Centre de la Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **5**: 3. DOI :10.4314/ijbcs.v5i3.72251
- Mekuria BS, Wasu MA, Kebede WW, Edosa AB. 2023. Fruit Yield and Yield-related Traits of Okra [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench] Genotypes as Influenced by Different Seed Priming Techniques in Dire Dawa, Ethiopia, *Heliyon*, **9**: 7. DOI : 10.1016/j.heliyon.2023.e17830
- Koné N, Asare-Bediako E, Ousmane K, Daouda K, Stephan W. 2017. Seasonal and Spatial Variation in the Prevalence of Viral Diseases and Associated Aphid-Borne Viruses in Cucurbits in Côte d'Ivoire, *Annals of Agricultural Sciences*, **62**(2): 227-234. DOI : 10.1016/j.aos.2017.12.005
- O'Keefe DC, Berryman DI, Coutts BA, Jones RAC. 2007. Lack of Seed Coat Contamination with Cucumber Mosaic Virus in Lupin permits Reliable, Largescale Detection of Seed Transmission in Seed Samples. *Plant*

- Dis., **91**: 504-508. DOI : 10.1094/PDIS-91-5-0504.
- Ndunguru J et Rajabu AC. 2004. Effect of Okra Mosaic Virus Disease on the Above-Ground Morphological Yield Components of Okra in Tanzania. *Scientia Horticulturae*, **99**: 225-235. DOI: 10.1016/S0304-4238(03)00108
- Osundare OT, Oyebamiji K, Okonji C, Fayemiro OS, Fajinmi AA. 2024. Incidence and Severity of Okra Mosaic Virus on Field-grown Three Cultivars of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, **20**(1): 41-47. DOI: 10.35516/jjas.v20i1.201
- Trebicki P. 2020. Climate Change and Plant Virus Epidemiology, *Virus Research*, **286**: 198059. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2020.198059>.
- Romain G, Yannis M, Stéphane Blanc. 2018. Vector-transmission of Plant Viruses and Constraints imposed by Virus-Vector Interactions. *Current Opinion in Virology*, **33**: 144-150. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.coviro.2018.08.005>.
- Silva G, Oyekanmi J, Nkere CK, Bömer M, Kumar PL, Seal SE. 2018. Rapid Detection of Potyviruses from Crude Plant Extracts. *Anal. Biochem.*, **1**(546): 17-22. DOI : 10.1016/j.ab.2018.01.019.
- Soumya S, Karmveer KG, Abdul S. 2021. Emergence of Potential Threats by Cucumber Mosaic Virus on Medicinal and Aromatic Plants : Detection, Characterization and their Management Strategies. *Medicinal Plants - International Journal of Phytomedicines and Related Industries*, **13**(3): 409-426. DOI : 10.5958/0975-6892.2021.00047.2
- Tamborindeguy C, Hata FT, Molina RDO, Nunes WMDC. 2023. A New Perspective on the Co-Transmission of Plant Pathogens by Hemipterans. *Microorganisms*, **11**: 156. DOI : <https://doi.org/10.3390/microorganisms11010156>
- Zerbo KBF, Wonni I, Yameogo F, Somda I. 2022. Etude de la Distribution Géographique, de la Prévalence et de l'Effet du Chancre Bactérien des Agrumes causés par *Xanthomonas citri* pv. citri au Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **16**(5): 1958-1973. DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i5.12>