



ISSN NO. 2320-5407

Journal Homepage: - [www.journalijar.com](http://www.journalijar.com)

**INTERNATIONAL JOURNAL OF  
ADVANCED RESEARCH (IJAR)**

Article DOI: 10.21474/IJAR01/21937  
DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/21937>



## RESEARCH ARTICLE

### REVUE ANALYTIQUE SUR LA DIVERSITE ET LA VALORISATION DU MANIOC (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) EN AFRIQUE

#### REVIEW OF CASSAVA (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) DIVERSITY AND DEVELOPMENT IN AFRICA

Abessolo Meye Clotilde<sup>1,2,4</sup>, Ndiade Bourobou Dyana<sup>1,2</sup>, Gnacadja Kouassi Claude<sup>1,5</sup>, Koumba Aubin Armel<sup>1,3</sup>,  
Iba-Ba Davy Jacques<sup>1,2</sup>, Zinga Koumba Christophe Roland<sup>1,2,3</sup>, Mintsu Mi Nguema Rodrigue<sup>1,3,6</sup>, Mavoungou  
Jacques François<sup>1,3,5</sup> and Medza Mve Samson Daudet<sup>1,4</sup>

1. Central and West African Virus Epidemiology (WAVE) for Food Security, BP : 2246, Libreville-Gabon.
2. Institut de Recherche Agronomique et Forestière (IRAF), B.P : 2246, Libreville-Gabon.
3. Institut de Recherche en Ecologie Tropicale (IRET), BP : 13354, Libreville-Gabon.
4. Université des Sciences et Techniques de Masuku (USTM), BP : 941, Franceville-Gabon.
5. Université Internationale de Libreville-Berthe et Jean (UIL-BJ), BP: 20411, Libreville-Gabon.
6. Laboratoire d'Ecologie des Maladies Transmissibles (LEMAT), Université Libreville Nord (ULN), P.O. Box 1177, Libreville-Gabon.

#### Manuscript Info

##### Manuscript History

Received: 11 August 2025  
Final Accepted: 13 September 2025  
Published: October 2025

##### Key words:-

Cassava, production, importance,  
diversity, agromorphology, genetics

#### Abstract

Cassava is an important agricultural product that contributes to the food and nutritional security of African populations. The aim of this article is to provide a critical analysis of recent work carried out, in order to formulate research perspectives for the valorization of cassava. A literature search focused on relevant articles on cassava published in international databases. The results reveal that cassava is of great socio-economic importance, with diversified interests depending on the crops grown in the production zones. Despite the constraints that rank its yields among the lowest in the world, Africa remains the leading producer, accounting for over 64% of global output. Cassava Mosaic Disease and Cassava Brown Streak Virus are the main viral diseases causing huge production losses. Work on varietal improvement has accelerated with initiatives to promote high-yielding cultivars and industrial processing, improving food and nutritional security, income generation and employment opportunities. While these studies highlight the genetic diversity within cassava populations, they also underline the challenges of managing this diversity effectively. This work, made possible by the development of numerous genetic linkage maps and the use of statistical approaches, has made it possible to assess phenotypic variability in order to identify genes and/or Quantitative Trait Locus associated with traits of interest to the breeder.

"© 2025 by the Author(s). Published by IJAR under CC BY 4.0. Unrestricted use allowed with credit to the author."

With the emergence of new DNA sequencing techniques, genome-wide association studies are increasingly used for genetic trait analysis. For future research, this review highlights the importance of understanding the genetic basis of resistance to effectively combat viral threats. Future research will also aim to position cassava as a resilient crop,

**Corresponding Author:-** Gnacadja Kouassi Claude

Address:-1. Central and West African Virus Epidemiology (WAVE) for Food Security, BP : 2246, Libreville-Gabon.5.Université Internationale de Libreville-Berthe et Jean (UIL-BJ), BP: 20411, Libreville-Gabon

adaptable to contemporary challenges and capable of supporting the continent's agro-industrial transformation. This summary article highlights the scientific knowledge on cassava's assets and outlines the research prospects that should focus on exploiting its diversity to enhance the value of this crop.

### **Introduction:-**

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) est un petit arbuste vivace cultivé généralement pour ses tubercules riches en féculés et pour ses feuilles riches en protéines, en vitamines et en sels minéraux (Ceballos & De la Cruz, 2012). Cette plante alimentaire tropicale, pluriannuelle et originaire d'Amérique latine, fait partie de la famille des *Euphorbiaceae* et du genre *Manihot* (Allem, 2002; Blagbrough *et al.*, 2010). C'est l'une des cultures vivrières les plus importantes servant de denrée alimentaire principale pour plus de 800 millions de personnes à l'échelle mondiale (Delêtre, 2010 ; Chavarriaga-Aguirre, 2016; Gmakouba *et al.*, 2018; Kimbala *et al.*, 2023). Le manioc représente la cinquième production végétale dans le monde, après le maïs, le riz, le blé, la pomme de terre (Vernier *et al.*, 2018; FAO, 2023). Cette culture contribue à la sécurité alimentaire et nutritionnelle, améliore les revenus des ménages, et par conséquent, les conditions de vie des populations (Tize *et al.*, 2021 ; Kadjegbin, 2024). Le manioc est utilisé pour l'alimentation humaine et animale, dans l'industrie artisanale et textile (Younoussa *et al.*, 2013 ; FAO, 2013). Malgré son importance socio-économique et ses potentialités, le manioc est confronté à de nombreuses contraintes biotiques et abiotiques qui réduisent ses rendements (FAO, 2010 ; Kosh-Komba *et al.*, 2021). Ces contraintes dommageables constituent des menaces majeures pour les ressources génétiques de cette plante, dont certains cultivars sont en voie d'extinction (FAO, 2010 ; Singer *et al.*, 2021).

Dans une perspective de conservation et d'amélioration variétale visant à renforcer la productivité sur le continent, des études de caractérisation agromorphologique et/ou génétique des variétés de manioc ont été menées en Afrique (Asare *et al.*, 2011; N'zue Boni *et al.*, 2014; Djaha *et al.*, 2017; Gmakouba *et al.*, 2018). En Afrique centrale, ces études se sont limitées à l'échelle de quelques pays (Kombo *et al.*, 2012; Kosh-Komba *et al.*, 2014; Nadjam *et al.*, 2016; Otabo *et al.*, 2016; Temegne *et al.*, 2016). Au Gabon, très peu d'études de diversité des cultivars locaux de manioc ont été réalisées. Pourtant, les travaux menés par Delêtre *et al.* (2011) en combinant des approches historiques, sociologiques, ethnobotaniques et de génétique moléculaire, avaient mis en exergue l'existence d'une diversité génétique. D'ailleurs, l'étude conduite par Abessolo-Meye (2013) avait rapporté la présence d'une diversité génétique dans chaque pays ainsi qu'à l'échelle de la zone CEMAC.

Cette revue analytique vise à faire une synthèse des travaux sur la diversité du manioc cultivé et d'examiner les défis pour mieux identifier les nouvelles orientations à la recherche sur le manioc africain.

### **Méthodologie :-**

La rédaction de cette revue analytique a fait objet d'une recherche bibliographique dans plusieurs bases de données, à savoir: ScienceDirect, Google Scholar et ResearchGate, Agora, Hal, Archive, etc. Les mots-clés utilisés pour la recherche comprenaient les combinaisons suivantes : "Manihot esculenta Crantz", "agro-morphologie", "production et importance", "diversité génétique", "maladies et ravageurs", "Afrique", "Gabon". Par ailleurs, plus d'une centaine d'articles scientifiques, de thèses et de mémoires parus dans des revues à diffusion internationale ont été exploités. En outre, des informations pertinentes sur le manioc provenant des fiches techniques et des communications scientifiques ont été collectées et rapportées dans ce travail de synthèse.

### **Résultats and Discussion:-**

#### **Importance alimentaire, nutritionnelle et socioéconomique**

##### **Importance alimentaire et nutritionnelle**

Le manioc est l'une des plus importantes cultures à l'échelle mondiale; elle sert de denrée alimentaire pour plus de 800 millions de personnes (Delêtre, 2010 ; Chavarriaga-Aguirre, 2016; Gmakouba *et al.*, 2018; Kimbala *et al.*, 2023). Il représente la cinquième production végétale dans le monde, après le maïs, le riz, le blé, la pomme de terre (Vernier *et al.*, 2018; FAO, 2023). En Afrique, le manioc représente au regard de sa forte production, la première ressource alimentaire (FAOSTAT, 2021). Plus de 500 millions de personnes consomment près de 100 Kcal par jour (Kawano, 2003; Wassie, 2020). Le manioc est cultivé dans les régions tropicales et subtropicales principalement pour ses racines, puis secondairement, pour ses feuilles riches en vitamine et en fer, consommées comme légumes (Achidi *et al.*, 2005). Les racines de manioc sont riches en glucides, calcium, potassium, phosphore, magnésium, vitamines B et C. D'ailleurs, il a été rapporté qu'en moyenne, près de 90% du poids sec des racines de manioc sont constitués de glucides, de 4% de fibres brutes, de 3% de cendres, de 2% de protéines brutes et de 1% de matières

grasses (Fakir *et al.*, 2013). Le manioc a le potentiel de produire et de stocker plus de glucides que n'importe quelle autre céréale ou racine cultivée. Il peut donc soutenir efficacement le développement de l'industrie de l'amidon (El-Sharkawy & Tafur, 2010). Les composés cyanogénétiques prédominants dans les racines et les feuilles de manioc sont la linamarine (95%) et la lotaustraline (5%) (Zidenga, 2017). La teneur en substances cyanogénétiques dans le manioc varie de 1 à 1300 mg/kg de poids sec (Siritunga, 2004). La variation de la teneur de ces composés est fonction de plusieurs paramètres dont la variété, l'âge de la culture, l'organe de la plante, les conditions édapho-climatiques pendant la période de culture (Aloys & Hui, 2006).

Les communautés africaines qui cultivent le manioc ont toujours transformé les racines d'une manière ou d'une autre pour prolonger la durée de conservation et réduire les composés toxiques du cyanure, généralement par hachage, lavage et séchage, ou par fermentation (Mahungu & Lukombo, 2014 ; TAAT, 2022). La consommation du manioc sous ses différentes formes dérivées, suit une diversité de pratiques culinaires selon les régions, les cultures et les savoir-faire. En Afrique de l'ouest, le manioc est consommé sous forme de tapioca, d'amidon, de gari, de farine brute, d'atiékè, de fufu, de beignet, de galettes, de cossettes (Younoussa *et al.*, 2013, Lamah *et al.*, 2023). En revanche, en Afrique centrale, les populations consomment le manioc particulièrement sous forme de cossettes, de farine fermentée et non-fermentée, de chikwangue, de ntuka, de malemba, de lituma, de gari, d'oyoko, de fuku, de boissons. (Westby, 2002 ; TAAT, 2022 ; Mahungu *et al.*, 2022). Généralement dans ces deux régions d'Afrique, les racines de manioc doux peuvent être directement consommées en les faisant bouillir à l'eau (Mahungu & Lukombo, 2014). La farine de manioc est aussi utilisée comme substitut à la farine de blé pour la panification (FAO, 2008 ; Bokossa *et al.*, 2012). Les feuilles de manioc sont pilées, bouillies et utilisées comme légumes (salés ou sucrés) dans différents types de préparations (Vernier *et al.*, 2018).

Le manioc est également utilisé pour l'alimentation animale et l'industrie (amidon, carburant)(Fakir *et al.*, 2010). Les cossettes sont utilisées comme aliment pour le bétail (Dahouda *et al.*, 2009). Les pays asiatiques comme la Thaïlande produisent en majorité le manioc pour l'amidon et quelques pays africains comme le Nigéria et l'Afrique du Sud suivent la même dynamique. L'amidon de manioc est de bonne qualité, contrairement à l'amidon issu des autres cultures; il est très limpide, très visqueux et très digestible, avec une grande stabilité dans les aliments acides (Abessolo-Meye, 2013). L'amidon dérivé des racines de manioc est utilisé dans la production de divers produits tels que les confiseries, les édulcorants, les colles, les contreplaqués, le textile, le papier, les produits biodégradables, la glutamine monosodique et les médicaments, l'alcool, les sirops (Chisenga *et al.*, 2019a).

Dans plusieurs pays d'Afrique subsaharienne, le manioc est une denrée de réserve pour lutter contre l'insécurité alimentaire et fait partie intégrante des régimes alimentaires des populations (Parmar *et al.*, 2017). Des travaux en République du Congo ont rapporté l'incorporation de la farine du manioc, rendu panifiable, dans la production du pain (Vernier *et al.*, 2018). Dans le but d'améliorer les caractéristiques nutritionnelles du manioc, de grands efforts ont été réalisés sur la sélection et la création de variétés à faible teneur en cyanogène par la mutagenèse et le génie génétique (Amelework *et al.*, 2022). De nouvelles variétés biofortifiées riches en fer, en zinc et en vitamine A ont été développées et testées; elles contribuent à améliorer la qualité nutritionnelle du manioc pour les populations (Ghislain *et al.*, 2019).

### **Importance socio-économique du manioc**

Le manioc est une source importante de revenus agricoles dans de nombreux pays d'Afrique subsaharienne (Djinodji, 2018). De par son caractère rustique, le manioc est une culture accessible aux petits producteurs qui manquent parfois de ressources pour des cultures plus exigeantes (Parmar *et al.*, 2017). L'impact économique de cette culture vivrière va au-delà de la simple subsistance. C'est une culture qui peut améliorer de manière significative les revenus des ménages, car il peut être transformé en divers produits, ce qui crée des opportunités de marché et d'emploi supplémentaires au sein des communautés rurales (Landa & Miyalou, 2019). L'utilisation des racines et des feuilles de manioc offre aux agriculteurs de multiples sources de revenus et permet l'amélioration de leurs moyens de subsistance (Borku *et al.*, 2025). En outre, l'expansion des industries basées sur le manioc stimule le développement industriel rural en créant des emplois dans les usines de transformation et les secteurs connexes (Otekunrin & Sawicka, 2019). Par ailleurs, les avantages socio-économiques du manioc résident particulièrement dans sa contribution à la réduction de la pauvreté. Il apparaît que, dans les zones de production de manioc, où les cultures vivrières constituent la principale source de revenus, le manioc est la principale culture vivrière génératrice de revenus (Spencer & Ezedinma, 2017). L'augmentation de la production du manioc offre des sources de revenus stables aux populations pour répondre à leurs besoins de base et atténue les risques auxquels elles sont confrontées (Misganaw & Bayou, 2020). L'étude du marché du manioc en Afrique a montré que l'indice maximal des prix à la consommation (IPC), est plus élevé en Afrique de l'Ouest (6818,69) qu'en Afrique de l'Est (3985,54) et en Afrique centrale (2481,26). Cela indique que le changement de prix le plus important, lié à la dynamique du marché, s'est produit en Afrique de l'Ouest (Borku *et al.*, 2025).

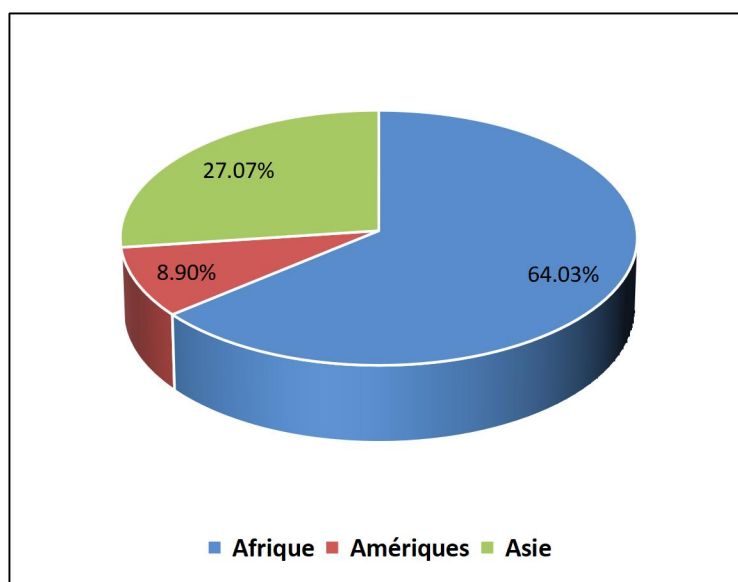
La quasi-totalité de la production de manioc en Afrique subsaharienne est auto-consommée (Kimwanga *et al.*, 2021), par conséquent, le manioc représente une faible part dans les devises internationales et ne peut être considéré comme un produit d'exportation (Fofiri et Temple, 2023). Cependant, une opportunité semble désormais se présenter pour l'exportation de produits à base de manioc, car les exportateurs asiatiques traditionnels peinent à satisfaire la demande, notamment sur le marché de l'Union Européenne, en raison de l'évolution des coûts de production et de l'avantage comparatif (FAO, 2021).

#### **Production et contraintes de la filière manioc**

#### **Production du manioc dans le monde, en Afrique et en Afrique Centrale**

#### **Production du manioc dans le monde**

Le manioc est cultivé sur plus de 28 millions d'hectares pour une production mondiale de 315 millions de tonnes (FAO, 2023). Le continent africain est le premier producteur avec 64,76% de la production mondiale, suivi de l'Asie avec 26,67% et l'Amérique avec 8,57% comme l'illustre les données de la FAO en 2021 (Figures 1 et 2).



**Figure 1. Répartition de la production mondiale de manioc**  
Source : FAOSTAT (2021).

Les données statistiques de la FAO révèlent que l'Afrique a un fort potentiel de production du manioc. Malgré tout, les producteurs de ce continent enregistrent des rendements plus faibles que ceux des producteurs d'Asie et d'Amérique latine (FAO, 2023). Les rendements moyens les plus élevés sont observés au Nigeria (11 t/ha), tandis qu'ils sont de 21 t/ha en Thaïlande, 18 t/ha en Indonésie et 14 t/ha au Brésil (FAO, 2023). Parmi les vingt (20) premiers producteurs mondiaux, douze (12) sont africains, deux (2) latino-américains et six (6) asiatiques (FAO, 2023). Au niveau mondial, les principaux producteurs de manioc sont le Nigeria (60 Millions de Tonnes MT), la République Démocratique du Congo (41 MT), la Thaïlande (29 MT), le Ghana (21 MT), le Brésil (18 MT) et l'Indonésie (18 MT).



Figure 2 : Carte de production du manioc par état et territoire (FAOSTAT, 2023)

### Production du manioc en Afrique

Le manioc est cultivé dans trente-neuf pays en Afrique, de Madagascar dans le Sud-Est du continent, en passant par le centre jusqu'au Nord-Ouest du Sénégal (Delêtre, 2010). La production africaine est de 204 000 tonnes (FAO, 2023). Cependant, le Nigéria est le premier producteur africain de manioc avec 60 Millions de Tonnes (MT). Il est suivi des pays tels que la République Démocratique du Congo (41 MT), le Ghana (22 MT), l'Angola (9MT), la Tanzanie (7,5MT), la Côte d'Ivoire (6,4 MT), le Cameroun (5 MT), le Bénin (4MT). Ces huit pays contribuent à près de 78% dans la production africaine de manioc (FAO, 2023). En termes de sous-région, l'Afrique de l'Ouest est le plus grand producteur de manioc (96 223 919 T) devant l'Afrique centrale (52 019 759 T) et l'Afrique de l'Est (29 704 019 T).

### Production de manioc en Afrique centrale

En Afrique centrale, le manioc est avant tout une culture de subsistance cultivée pour l'auto-consommation (Delêtre, 2010). Il participe également pour 29% de la production africaine de manioc. Dans cette sous-région, la République Démocratique du Congo (RDC) produit un peu plus du quart (71,8%) de la production ; c'est logiquement le premier producteur de manioc en Afrique centrale (FAO, 2021). Il est suivi de l'Angola (15,5%) et du Cameroun (7,8%) (FAOSTAT, 2021). La production de manioc des pays de la Communauté Economique et Monétaire d'Afrique Centrale (CEMAC) est dominée par le Cameroun qui est le premier producteur. Le Gabon n'occupe que la quatrième place. Le tableau 1 ci-dessous présente les productions de manioc en tonnes et en pourcentages en Afrique centrale.

Tableau 1 : Production du manioc en Afrique centrale

| Pays                             | Production (tonnes) | Production (%) |
|----------------------------------|---------------------|----------------|
| République Démocratique du Congo | 45 673 454          | 71,8           |
| Angola                           | 9 866 553           | 15,5           |
| Cameroun                         | 4 993 653,94        | 7,8            |
| République du Congo              | 1 624 900,39        | 2,5            |
| République Centrafricaine        | 821 510,18          | 1,3            |
| Gabon                            | 320 181,03          | 0,5            |
| Tchad                            | 295 061,52          | 0,5            |
| Guinée-Equatoriale               | 73 705,31           | 0,1            |
| Sao tomé et Principe             | 1 343,4             | 0,002          |

Source : FAOSTAT (2021)

Au Gabon en particulier, les rendements moyens dans les petites exploitations sont de 5t/ha (FAO, 2023). Toutefois, les travaux réalisés en station avec une combinaison de fumure organique (bouse de vache-fumure minérale NPK : 15-15-15) et l'utilisation des variétés améliorées ont donné des rendements moyens de l'ordre de 27t/ha (Ognalaga *et al.*, 2018). Malheureusement, il existe très peu de données disponibles sur le manioc au Gabon. Pourtant, c'est un aliment très consommé par plus de 80% de la population gabonaise (AGASA, 2020). C'est l'une des cultures stratégiques pour la relance du secteur agricole national, car il génère plusieurs revenus aux petits producteurs et contribue à la sécurité alimentaire et nutritionnelle (AGASA, 2020). Toutefois, le pays importe encore plus de 90 000 tonnes de manioc par an afin de combler le déficit par rapport à la demande (AGASA, 2020). L'importance de ce produit agricole pour les producteurs et les consommateurs montre qu'il existe de nombreuses opportunités pour la production et l'utilisation du manioc au Gabon.

### **Contraintes liées à la production du manioc**

La production du manioc est limitée par de nombreuses contraintes biotiques et abiotiques. Les maladies et les ravageurs constituent les principales contraintes biotiques qui engendrent des pertes de rendements. Les maladies couramment rencontrées sur le manioc sont d'origine virale, fongique et bactérienne (Wydra et Verdier, 2002; Vernier *et al.*, 2018; Alonso Chavez *et al.*, 2022).

### **Principales contraintes biotiques**

#### **Les principales maladies virales du manioc**

##### **La mosaïque:**

La mosaïque (Cassava Mosaic Disease, CMD) se caractérise par une déformation et une forte décoloration des feuilles sous forme de panachure avec une réduction significative de la taille des racines provoquant des pertes allant de 50 à 90% selon le niveau de sensibilité de la variété (Otim-Nape *et al.*, 1994 ; Thresh *et al.*, 1997). Ces pertes varient d'une région de culture à une autre (Zinga *et al.*, 2008). En République centrafricaine, l'enquête prospective menée par Zinga *et al.* (2008) a rapporté des pertes de rendement au niveau des tubercules de 49,1%, réduisant fortement l'effort des producteurs. La maladie de la mosaïque du manioc est causée par un éventail de virus qui appartiennent au genre Begomovirus et à la famille des Geminiviridae, communément appelé Geminivirus de la mosaïque du manioc (Legg & Fauquet, 2004; Zhou *et al.*, 1997). Les travaux de Legg *et al.* (2004) et ceux de Delêtre *et al.* (2011) menés au Gabon sur l'identification des virus responsables de la mosaïque du manioc ont mis en relief la présence de trois (3) espèces dont African cassava mosaic virus (ACMV), East African cassava mosaic virus (EACMV) et East African cassava mosaic Uganda (EACMV-Ug). Dans la perspective de gestion de ces maladies, des études (Mouketou *et al.*, 2022) ont rapporté que le développement des symptômes de la mosaïque diminuait non seulement avec l'augmentation de la température lors d'un traitement thermique, mais aussi avec les traitements aux extraits aqueux des boutures avant la phase de semis (Figure 2).



**Figure 3 : Mode de traitement des boutures aux extraits aqueux**

##### ● **La striure brune**

La Cassava Brown Streak Virus, CBSV du manioc est une maladie virale qui se manifeste au niveau aérien par des taches chlorotiques qui s'observent le long des nervures des feuilles et par des stries nécrotiques brunes sur la tige (Vernier *et al.*, 2018). Cependant, les symptômes sur les racines tubéreuses sont des nécroses brunes des tissus amylacés et des constriction des racines (Hillocks *et al.*, 2002). Les pertes dues à cette virose sont de 100%, à cause des dommages importants des racines qui se nécrosent et deviennent inutilisables (Vernier *et al.*, 2018). A la faveur

des échanges de boutures et changement climatique, cette virose s'est répandue dans d'autres pays de l'Afrique de l'Est et du centre (Bigirimana et al., 2004; Alicai et al., 2007; Mbanzibwa et al., 2011; Mulimbi et al., 2012; Roux-Cuvelier et al., 2014; Alicai et al., 2016). La striure brune est causée par deux (2) virus du genre Ipomovirus, notamment : Cassava Brown Streak Virus et Cassava Brown Streak Virus Uganda (Monger et al., 2010).

### Les maladies fongiques

Les principales maladies fongiques sont décrites dans le tableau suivant.

**Tableau 2 :** Les maladies fongiques du manioc

| Maladie                            | Agents pathogènes / Causes                                                                                                                                                                                                          | Symptômes observés                                                                                                                                                       | Références                                                                                                                                   |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nécroses foliaires</b>          | Champignons des genres <b>Cercospora</b> , <b>Passalora</b> ( <b>P. vicosae</b> , <b>P. manihotis</b> ) et <b>Claro sporium henningsii</b>                                                                                          | Taches foliaires sur les feuilles : brûlures ( <b>P. vicosae</b> ), taches blanches ( <b>P. manihotis</b> ), taches brunes ( <b>C. henningsii</b> ) sur feuilles basales | Hillocks & Wydra (2001) ; Hillocks et al. (2002) ; FAO (2010) ; Bandyopadhyay et al. (2006) ; Costa et al. (2019) ; Nascimento et al. (2024) |
| <b>Pourritures racinaires</b>      | Maladies fongiques diverses (non précisées)                                                                                                                                                                                         | Début dans le sol ; symptômes peu discernables au début, puis pourriture des racines                                                                                     | Makambila (1994)                                                                                                                             |
| <b>Nécroses racinaires</b>         | Complexe de champignons et microorganismes du sol                                                                                                                                                                                   | Pourritures molles ou sèches des racines                                                                                                                                 | Makambila (1994) ; Bandyopadhyay et al. (2006) ; Mwangi et al. (2004) ; Bakelana et al. (2020) ; Kumulungui et al. (2012)                    |
| <b>Anthraxnose du manioc (CAD)</b> | Complexe de champignons : <b>Colletotrichum fructicola</b> , <b>C. tropicale</b> , <b>C. gloeosporioides</b> , <b>C. theobromicola</b> , <b>C. siamense</b> ; infestation favorisée par la punaise <b>Pseudotheraptus devastans</b> | Chancres fibreux profonds sur tiges et branches, dessèchement des extrémités, taches brunes sur feuilles, flétrissement, rupture des tiges, mort possible des plantes    | FAO (2010) ; Vernier et al. (2018) ; Ehui et al. (2019) ; Sangpueak et al. (2018)                                                            |

### Les maladies bactériennes

Parmi les maladies bactérienne, on peut citer la bactériose vasculaire (*Cassava Bacterial Blight, CBB*) qui est la maladie bactérienne la plus dommageable sur le manioc (FAO, 2010). Elle est causée par la bactérie appelée *Xanthomonas phaseoli* pv. *manihotis* (Vernier et al., 2018) et transmise par l'usage des boutures infectées et par les opérations culturales (outils de travail, sol, etc.). De plus, les pluies et les vents sont également impliqués dans la transmission de la bactériose du manioc (FAO, 2010). Les symptômes de cette bactériose sont généralement l'apparition de taches foliaires anguleuses d'aspect humide, des brûlures sur les feuilles, d'exsudats sur les tiges, de nécroses apicales, de flétrissements et de nécroses vasculaires avec des pertes fortement corrélées au nombre des plants atteints et de l'état sanitaire des boutures (Vernier et al., 2018). Zárate-Chaves et al. (2021) suggèrent que les pertes de rendement en racines fraîches causées par CBB varie en fonction du niveau de résistance de la plante.

### Les ravageurs

Le tableau 3 suivant présente une description des principaux ravageurs du manioc.

Tableau 3 : Les principaux ravageurs du manioc

|                                              |                                                                                                                      |                                                                                                         |                                                                                      |                                                                                                                           |                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ravageur<br><br>Nom scientifique / Espèce(s) | <b>Cochenille</b> du manioc (Phenacoccus manihoti)                                                                   | <b>Acariens verts du manioc</b> (Cassava Green Mite)<br><br>Mononychellus tanajoa                       | <b>Aleurodes</b> (Aleurotrachelus socialis, Trialeurodes variabilis, Bemisia tabaci) | <b>Nématodes</b> (Meloidogyne incognita, Pratylenchus, branchyurus, Helicotylenchus erythrinae, Rotylenchulus reniformis) | <b>Rongeurs</b> (Rattus rattus, Thryonomys swinderianus, Cricetomys gambianus, Xerus erythropus, Arvicanthis spp., Mastomys natalensis, Tatera spp.) | <b>Pachydermes</b> (Éléphants)<br><br>Loxodonta africana cyclotis (Éléphant de forêt d'Afrique)                                                                                                                             |
| <b>Parties attaquées / Symptômes</b>         | Se développe sur les extrémités des tiges et la face inférieure des feuilles ; présence de poudre blanche sur tiges. | Petites taches jaunes (chlorose), rétrécissement et chute des feuilles terminales ("aspect de cierge"). | Attaque du feuillage (phloème), enroulement et jaunissement des feuilles.            | Attaque des racines (galles, lésions, désorganisation du système racinaire).                                              | Attaque des tubercules, tiges, racines ; creusement de galeries.                                                                                     | Piétinement et consommation directe des plants de manioc et bananiers.                                                                                                                                                      |
| <b>Conséquences / Pertes</b>                 | Défoliation, réduction des entre-nœuds, dessèchement des feuilles, pourriture des racines.                           | Destruction des feuilles, réduction de la photosynthèse, baisse de croissance.                          | Pertes de rendement >50 % ; transmission de virus (mosaïque africaine).              | Rabougrissement, sensibilité accrue aux pourritures racinaires, pertes jusqu'à 50 %.                                      | Pertes de 20–40 % voire plus ; infections secondaires ; dégâts en champ et stockage.                                                                 | Destructions de cultures (≈ 45 % des champs touchés au Gabon) ; conflit homme-éléphant.                                                                                                                                     |
| <b>Références</b>                            | FAO (2010); Vernier et al. (2018)                                                                                    | Vernier et al. (2018)                                                                                   | FAO (2010); Vernier et al. (2018)                                                    | FAO (2010); Vernier et al. (2018)                                                                                         | Ambang et al. (2007); Braima et al. (2000); Ngamo & Hance (2007); Soarimalala et al. (2019); Donga et al. (2022); Badmus et al. (2023)               | Boukoulou et al. (2012); Walker (2011); Ngama (2018); N'safou et al. (2024); Sitati et al. (2005); Graham et al. (2010); Siteinei et al. (2014); Liu et al. (2016); Inogwabini et al. (2013); Kalyanasundaram et al. (2014) |

### Principales contraintes abiotiques

Le manioc (*Manihot esculenta*) est un pilier de la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne du fait de sa tolérance relative aux stress abiotiques et de sa capacité à produire des rendements acceptables sur des sols pauvres. Cependant, l'intensification des changements climatiques et la dégradation des sols font émerger plusieurs freins à son plein potentiel de production (Effa Effa *et al.*, 2024 ; Charles, 2024). La culture du manioc en Afrique est confrontée en effet à un éventail de contraintes abiotiques (sécheresse, températures extrêmes, sols pauvres, salinité, pH extrême) (Charles, 2024 ; Kongsil *et al.*, 2024). Les Stress hydriques (sécheresse et pluviométrie irrégulière) sont souvent en zones marginales caractérisées par une pluviométrie erratique et des épisodes de sécheresse prolongée engendrent des conséquences comme la diminution de la surface foliaire par réduction de l'ouverture stomatique, baisse de la photosynthèse et de l'accumulation de biomasse tubéreuse (El-Sharkawy, 2004 ; Shan *et al.*, 2018). Ce qui crée également un stress prolongé conduisant à une sénescence précoce des feuilles avec réduction drastique du rendement (Kumar et Sindhu, 2024). Par ailleurs, les températures extrêmes affectent le développement des plants. En effet, des plages optimales entre 25–35°C sont nécessaires pour une photosynthèse efficace et un bon développement. Ainsi, les fortes températures au-dessus de 37°C, engendrent un retard de l'émission des pousses et une altération de la morphogenèse foliaire (Kopecká *et al.*, 2023 ; Oshunsanya *et al.*, 2019). Les températures inférieures à 17 °C par contre ralentissent la croissance et favorisent les maladies de froid. Le stress thermique peut engendrer aussi l'induction de protéines de choc thermique (HSP) et une forte accumulation d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) sous forte chaleur (Wang *et al.*, 2017).

En ce qui concerne le sol, sa qualité impacte la productivité du manioc. Les carences en azote et phosphore limitent la biomasse et le nombre de tubercules (Kongsil *et al.*, 2024). Des déséquilibres en calcium, magnésium et micronutriments (Zn, B) affectent la qualité des tubercules. (Kongsil *et al.*, 2024). Les ions toxiques (Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>) perturbent l'équilibre hydrique des cellules, entraînent une ionotoxicité et réduisent la taille des tubercules (Wang *et al.*, 2023 ; Kongsil *et al.*, 2024). Les pH extrême et la toxicité des métaux affectent la production. En effet, les conditions acides (pH < 5,5) engendrent la solubilisation de l'aluminium et la toxicité en Al<sup>3+</sup>; ce qui freine à la croissance racinaire. En zones polluées par exemple, le Plomb, et le cadmium impactent la biomasse. (Kawano, 2003). Une combinaison de sélection variétale, d'amendements édaphiques, de pratiques culturales adaptées (rotation, drainage, mulch) et de biofertilisants (mycorhizes, légumineuses) s'avère indispensable pour maintenir et accroître la productivité face aux changements climatiques et à la dégradation des sols. Dans d'autres études en Afrique Centrale (Centre Afrique, Cameroun), des carences nutritionnelles ont été identifiées, en particulier en calcium et en magnésium, dues aux paramètres physico-chimiques des échantillons de sols à faible fertilité étudié limitant la croissance du manioc. De plus, le pH du sol et les niveaux de matière organique affectent la disponibilité des nutriments, ce qui a un impact sur la productivité des écosystèmes (Ballot *et al.*, 2016 ; Temegne *et al.*, 2016).

### Etude de la diversité du manioc

#### La diversification

Le manioc est cultivé par multiplication végétative. Les Amérindiens l'ont domestiqué depuis près de 7000 ans, d'ailleurs, Elias *et al.* (2001) ont montré une forte diversité génétique comparable à celle des variétés issues de la collection mondiale du Centro Internacional Agricultura Tropical (CIAT). En plus, les approches pluridisciplinaires ont montré que la propagation clonale et les mutations somatiques n'expliquaient pas seules cette diversité (Elias *et al.*, 2001). Mais, ces résultats ont aussi expliqué qu'il existait un système de culture mixte chez les Amérindiens où le brassage sexué génère en continu de nouveaux génotypes recombinants, incorporés par les paysans dans leurs stocks de variétés cultivées (Elias *et al.*, 2001). En général, ces jeunes plantules sont attribuées à une variété déjà existante et très rarement reconnues comme de nouvelles variétés. Ces plantules sont issues des croisements entre variétés existantes, et parfois d'hybridations interspécifiques (Duputié *et al.*, 2009). La sélection pratiquée par les agriculteurs, les échanges de variétés entre ces acteurs et l'incorporation de repousses d'origine sexuée, sont les principaux mécanismes responsables de la grande diversité observée (Elias *et al.*, 2001).

Le manioc a été introduit en Afrique par des explorateurs portugais entre les XVe et XVIIe siècles. Il s'est répandu sur le continent pendant 200 à 300 ans, remplaçant les produits de base traditionnels et ayant un impact significatif sur les aspects sociaux et environnementaux de l'agriculture africaine (Lebot, 2020). La diversification génétique du manioc en Afrique a commencé en Afrique de l'Est et à Madagascar, et a conduit au développement de génotypes résistants grâce à des croisements et à une sélection, améliorant ainsi la résilience des cultures face aux maladies (Atiri *et al.*, 2004). Sa diversification en Afrique a été aussi influencée par sa tolérance à la sécheresse et sa capacité d'adaptation aux sols pauvres, ce qui lui a permis de devenir une culture de base. L'Institut international d'agriculture tropicale (IITA) se concentre sur la sélection de variétés améliorées et résistantes aux maladies depuis 1973. Elle s'est accélérée au début des années 2000, grâce à des initiatives visant à promouvoir les cultivars à haut rendement et

la transformation industrielle, en particulier au Nigeria, améliorant la sécurité alimentaire et nutritionnelle, la génération de revenus et les opportunités d'emploi, malgré les défis liés aux systèmes semenciers et à la productivité (Novoa, 2022).

Bien que peu d'études soient faites sur les modes de diversification du manioc en Afrique, il semblerait qu'elle n'a pas été héritée lors de l'introduction des savoir-faire, des pratiques et du mode de gestion des plantes de manioc issues de graines tel que pratiqué par les Amérindiens (Manu-Aduening *et al.*, 2005; Delêtre *et al.*, 2011; Kombo *et al.*, 2012). Les agriculteurs indigènes d'Amazonie introduisent régulièrement de nouveaux génotypes provenant de banques de graines dormantes, ce qui contribue à préserver la diversité génétique et les performances agronomiques (McKey *et al.*, 2012). Les communautés traditionnelles du Brésil cultivent plusieurs ethnovariétés, chacune adaptée aux conditions locales spécifiques, ce qui améliore la résilience et la productivité (Lima *et al.*, 2021). Au regard de ces faits, la question de savoir s'il existe une similarité entre africains et amérindiens dans le mode de gestion de la diversité génétique du manioc demeure. Toutefois, les travaux réalisés par plusieurs auteurs (Otabo *et al.*, 2016 ; Djodji *et al.*, 2024 ; AbaDura *et al.*, 2024) démontrent que l'existence de la grande diversité génétique serait attribuée à l'échange de boutures entre les producteurs. De plus, les variétés améliorées et créées dans les programmes d'amélioration et création variétale et diffusées dans les différents pays africains contribueraient aussi à cette diversité génétique observée. L'étude permanente de cette diversité est précieuse pour la gestion du matériel génétique et peut améliorer les programmes de sélection visant à améliorer les variétés de manioc pour répondre à ses différents défis.

### Diversité agromorphologique

Dans les zones de production, les agriculteurs distinguent les différents phénotypes de manioc par des noms vernaculaires, liés soit aux caractères physiques distinctifs des plants (phénotypes), soit au lieu de provenance ou à l'introducteur dans la localité (Delêtre *et al.*, 2011). Par conséquent, ce mode de désignation donne souvent lieu à des confusions, puisque d'une localité à une autre, d'une ethnie à une autre, une même variété peut porter plusieurs noms vernaculaires ou plusieurs variétés peuvent avoir un même nom (Otabo *et al.*, 2016). Pour résoudre ce problème de confusions dans la désignation des variétés de manioc, la technique de caractérisation morphologique permettant d'évaluer l'authenticité de chaque variété a été mise au point par Fukuda *et al.* (2010). A partir de cette étude, cinquante (50) descripteurs morphologiques ont été établis pour servir à caractériser le manioc. Ces descripteurs se basent sur les caractéristiques des feuilles (Figure 4), des tiges et des racines tubéreuses. L'analyse de ces caractères morphologiques se fait à 3, 6, 9 et 12 mois après plantation (MAP) en regardant les couleurs, les formes et les dimensions (longueur, largeur et diamètre), aussi bien sur les feuilles, les tiges que sur les racines tubéreuses (Fukuda *et al.*, 2010).



Figure 4 : Divers lobes par limbe foliaire du manioc

L'utilisation des descripteurs morphologiques semble moins couteuse et révèle la diversité telle qu'elle est perçue et sélectionnée par les agriculteurs locaux (Delêtre, 2011). Ces derniers sont les principaux acteurs du système de caractérisation et d'évaluation de la diversité variétale. D'après Nadjiam *et al.* (2016), la caractérisation morphologique est une approche rapide et facile pour évaluer l'étendue de la diversité variétale. Toutefois, cette technique doit être associée à un outil statistique qui estime la variation liée au milieu expérimental (Agre *et al.*, 2016). D'ailleurs, plusieurs études ont été menées sur la diversité agromorphologique du manioc. Gmakouba *et al.* (2018) ont révélé dans leur étude portant sur 54 accessions collectées dans 7 régions du Burkina Faso, un polymorphisme entre les accessions au niveau des caractères qualitatifs, avec 14 des 33 descripteurs qui ont été pertinents. En outre, dans le district de Fafen en Somalie, Derso & Mahmud (2018) ont caractérisé quatre (4) variétés de manioc. Cette étude a révélé que les traits quantitatifs (taille des cicatrices foliaires, distance entre les cicatrices foliaires, distance de la première ramification, hauteur de la plante, nombre des branches secondaires) ont montré des variations très significatives entre les variétés de manioc. En Côte d'Ivoire, Kouakou *et al.*, (2014) ont réussi à regrouper 159 accessions de manioc collectées dans le Centre-ouest, le Sud-ouest et l'Ouest du pays, en trois (3) classes (pools) avec 143 morphotypes et 16 doublons, à partir de l'analyse multivariée des caractères descriptifs. Quelques années plus tard, Adu *et al.* (2020) ont analysé 87 accessions de manioc cultivées dans l'écologie forestière semi-décidue du Ghana. Cette étude a montré que la hauteur, les niveaux de ramification, la longueur et la couleur du pétiole, le rendement, la gravité de la mosaïque du manioc et la biomasse aérienne, contribuaient à la variabilité entre les génotypes correspondant aux critères pertinents de l'étude (Adu *et al.*, 2020). Cette même étude a mis en évidence l'impact des facteurs biotiques sur les performances agronomiques.

### Diversité génétique

La diversité génétique du manioc est un facteur essentiel pour son amélioration et sa conservation, car elle fournit la base génétique nécessaire aux programmes de sélection. Des études menées dans différentes régions ont révélé des niveaux variables de diversité génétique au sein des populations de manioc, ce qui est essentiel pour développer de nouvelles variétés présentant des caractéristiques telles que la résistance aux maladies et un rendement élevé. L'utilisation de marqueurs moléculaires tels que les SSR et les SNP dans des analyses du génome pour la recherche de signatures de sélection dans différents groupes d'échantillons de manioc (Alves-Pereira *et al.*, 2022) (Figures 5 et 6) a joué un rôle déterminant dans l'évaluation de cette diversité, révélant une variation génétique significative au sein et entre les populations de manioc.

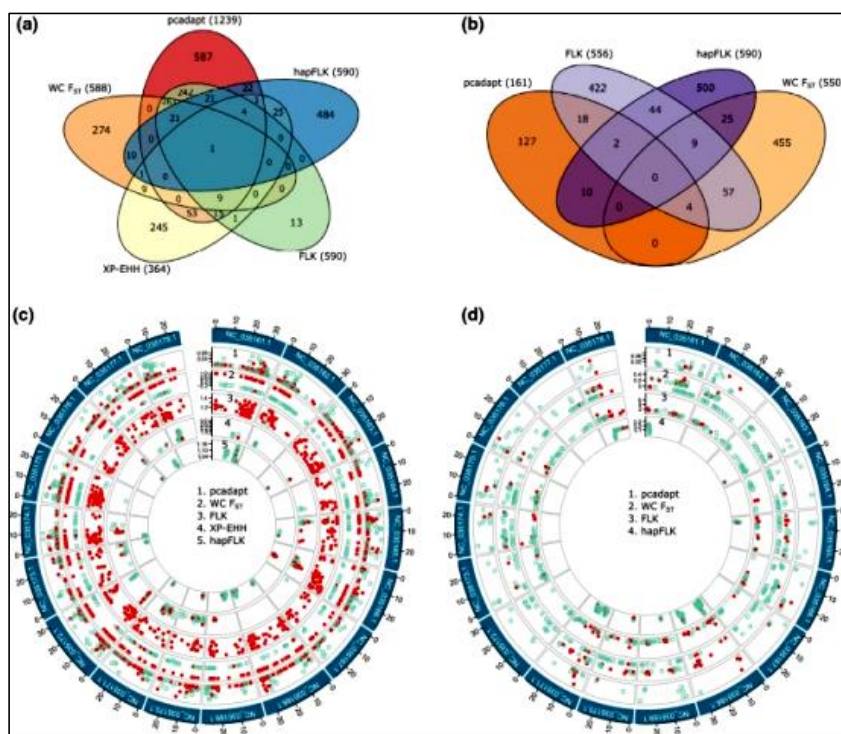
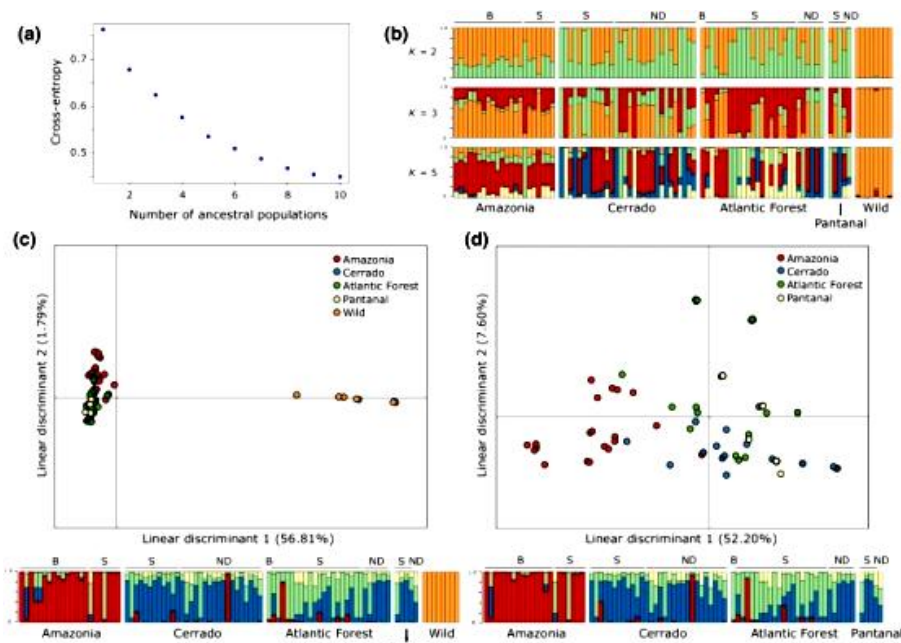


Figure 5 : Résumé des analyses du génome pour la recherche de signatures de sélection dans différents groupes d'échantillons de manioc (*Manihot esculenta*)

Diagrammes de Venn montrant le nombre de SNP aberrants détectés pour chaque test (entre parenthèses) et le chevauchement entre eux (nombres à l'intérieur des ellipses) pour (a) le manioc sauvage et cultivé, et (b) les groupes de variétés par biome. Le contexte génomique des SNP aberrants est illustré par des diagrammes circulaires pour (c) les groupes de manioc sauvage et cultivé, et (d) les groupes de variétés par biome. Chaque chromosome de manioc est représenté par une boîte différente (10 Mb tick sizes), et leurs noms sont codés selon le génome du manioc *Manihot esculenta* v6 (NCBI PRJNA234389). Les SNP aberrants sont représentés par des points pour chaque test, qui sont affichés dans différentes couches. Les SNP aberrants détectés par au moins deux tests sont mis en évidence en rouge.



**Figure 6 : Structure génétique de 92 variétés de manioc (*Manihot esculenta*) basée sur 10.917 SNP neutres.**

(a) Tracé des estimations de l'entropie croisée pour différents nombres de populations ancestrales (K) dans la factorisation de la matrice non négative éparse (sNMF) ne montrant pas de point d'aplatissement évident dans la courbe correspondant au nombre le plus probable de populations ancestrales. (b) Diagrammes à barres des coefficients d'ascendance sNMF pour K = 2, 3 et 5. Analyses discriminantes des composantes principales (DAPC) considérant : (c) les groupes de manioc sauvage et les différents biomes, et (d) uniquement les variétés cultivées regroupées par biomes. Les coefficients d'appartenance respectifs de chaque DAPC sont présentés sous forme de diagrammes à barres sous les diagrammes de dispersion. Le manioc cultivé est classé dans les diagrammes à barres du sNMF et du DAPC en fonction des biomes et de leur toxicité réputée (B = amer, S = doux, ND = non désigné).

Une étude menée en Ouganda utilisant 5 247 marqueurs SNP a révélé une diversité génétique modérément élevée avec un contenu d'information polymorphe. La variation génétique se situait principalement au sein des accessions (66,02 %) (Sichalwe *et al.*, 2024). L'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) et les centres de recherche nationaux ont mené plusieurs autres travaux abordant divers aspects du manioc (Kizito *et al.*, 2005, 2007; Bhattacharjee *et al.*, 2012; Kawuki *et al.*, 2013). Ainsi, de nombreuses variétés améliorées ont été créées. Tighankoumi *et al.* (2024) ont réussi à identifier des génotypes uniques dans le matériel génétique du manioc au Togo. Ceci est important pour les efforts de conservation et pour les programmes de sélection visant à développer de nouvelles variétés présentant des caractères d'intérêts agronomiques. De plus, d'autres études ces dernières années ont été réalisées dans plusieurs pays pour déterminer la diversité génétique du manioc. Certaines ont porté sur des comparaisons génétiques entre les variétés de l'Amérique latine et les variétés locales des pays africains (Fregene *et al.*, 2003; Kizito *et al.*, 2005, Otabo, 2016). En revanche, d'autres étaient axées sur la détermination de la diversité des variétés locales chez les paysans ou dans les collections des stations de recherche (Kawuki *et al.*, 2013; Otabo *et al.*, 2016). L'étude réalisée par Sichalwe *et al.*, en 2024, a identifié cinq sous-populations de 155 génotypes de manioc ougandais sur la base d'une analyse de la structure d'ADMIXTURE, qui reflète la structure génétique des variétés locales. Cette classification est cruciale pour comprendre comment les différentes variétés locales sont liées les unes aux autres en termes de diversité génétique. Sur un tout autre plan, des études de diversité fonctionnelle ont aussi été réalisées, avec un focus sur la résistance aux maladies et aux ravageurs (Lokko *et al.*, 2006; Omongo *et al.*, 2012) et sur la création des variétés avec des taux faibles en composés cyanhydriques (Whankaew *et al.*, 2011).

Attiri *et al* (2004) dans leurs travaux ont présenté des cultivars identifiés grâce à de vastes programmes de sélection visant à lutter contre la CMD, il s'agit de :

- **Bouquet de la Réunion** : Ce cultivar a été identifié à Madagascar et est connu pour sa résistance à la maladie de la mosaïque du manioc (CMD) ;
- **Java 12/28** : Un autre cultivar de Madagascar qui a montré une résistance à la CMD ;
- **Criolina** : Ce cultivar a également été testé à Madagascar et s'est révélé résistant à la CMD ;
- **Clone 58308** : sélectionné pour sa résistance au virus de la mosaïque africaine du manioc (ACMV), ce clone a été développé à l'Institut international d'agriculture tropicale (IITA) au Nigeria ;
- **TMS 30001, TMS 30395, TMS 30555, TMS 30572 et TMS 4 (2) 1425** : il s'agit de génotypes de manioc améliorés développés à partir du clone résistant 58308 et largement distribués pour la culture ;
- **NR 8082 et NR 8083** : Il s'agit de génotypes résistants supplémentaires développés au National Root Crops Research Institute (NRCRI) au Nigeria, à partir de semences et de matériel de sélection provenant de l'IITA.

D'autres études sur le terrain révèlent que des lignées élites de manioc (CAS1, CAS2, CAS3) présentent une meilleure tolérance à la CBSD et à l'ACMV par rapport à leurs lignées parentales, ce qui indique la possibilité que des programmes de sélection utilisent ces cultivars pour améliorer leur résilience (Kimno *et al.*, 2023). Les cultivars résistants résistent non seulement aux infections virales, mais conservent également une meilleure qualité nutritionnelle, comme en témoignent les études dans lesquelles les plantes résistantes présentaient une teneur en cyanure plus faible et une meilleure santé globale par rapport aux variétés sensibles (Oben *et al.*, 2023 ; Kimno *et al.*, 2023). Les marqueurs DartSNP utilisés dans une étude portant sur 184 germoplasmes de manioc de l'IITA ont révélé une grande diversité génétique. L'étude a mis en évidence le potentiel de cartographie des associations et de conservation (AbaDura *et al.*, 2024). Bien que ces études mettent en évidence la diversité génétique au sein des populations de manioc, elles soulignent également les défis liés à la gestion efficace de cette diversité. La présence d'accessions dupliquées et la nécessité d'améliorer la gestion du matériel génétique sont des thèmes récurrents. De plus, l'échange de boutures, bien que bénéfique pour la diversité, peut compliquer les efforts visant à maintenir des lignées génétiques distinctes. Aussi, la variabilité des niveaux de résistance entre les différents cultivars et souches virales met en évidence la nécessité de poursuivre les recherches et les efforts de sélection pour développer des variétés de manioc plus résistantes. Cette complexité souligne l'importance de comprendre les bases génétiques de la résistance pour lutter efficacement contre les menaces virales. Ces facteurs doivent être pris en compte dans les prochaines stratégies de sélection et de conservation du manioc.

### Efforts d'amélioration variétale

Les défis liés à la culture du manioc ont guidé fortement la mise en place des programmes d'amélioration et de création variétale pour l'augmentation de la production du manioc. Les objectifs de sélection s'articulent principalement autour des points suivants (Teeken *et al.*, 2020) :

- caractères agro-morphologiques ;
- tolérance/résistance aux contraintes biotiques ;
- qualité nutritionnelle et aptitudes à la transformation.

### Caractères agro-morphologiques

Zhang *et al.* (2018) ont rapporté 36 loci liés à 11 caractères agronomiques, notamment les caractéristiques des feuilles, les caractéristiques morphologiques, les composantes du rendement et la qualité des racines, qui ont été identifiés par des analyses GWAS. En effet, l'indice de récolte, la couleur du cortex externe, la couleur du pétiole des feuilles et à la verdure des feuilles matures ont été trouvés sur les chromosomes 1 tandis que la couleur du périoderme sur le chromosome 3, la variation de la couleur de la tige ont été rapportés sur les chromosomes 2 et 8. De nombreux allèles, locus fonctionnels ou régions favorables liés à des traits d'intérêt ont été identifiés grâce à des associations marqueur/trait de caractère et leur contribution phénotypique identifiée, donnant un aperçu de la génétique sous-jacente à la variation du phénotype (Garcia-Oliveira *et al.*, 2020). Une base de données de QTL du manioc contenant des informations systématiquement alignées sur la référence du manioc est nécessaire (Mbanjo *et al.*, 2021). En somme, le génome, ainsi que les informations sur le matériel génétique et le germoplasme utilisés dans les études QTL, constitueront une ressource utile pour les généticiens et les sélectionneurs du manioc (Yonemaru *et al.*, 2010 ; Ceballos *et al.*, 2015). L'un des avantages envisagés de l'identification de marqueurs

moléculaires étroitement liés aux caractères d'intérêt est leur déploiement dans la sélection comme méthode de sélection indirecte pour accélérer le taux de gain génétique (Mbanjo et al., 2021).

### **Tolérance aux contraintes biotiques**

#### ● **Maladie de la mosaïque du manioc (CMD)**

Le gène dominant CMD2, responsable de la résistance à la CMD, a été découvert chez la variété locale nigériane TME3 (Akano *et al.*, 2002). Un nouveau QTL lié, CMD3, a été identifié ultérieurement par Okogbenin *et al.* (2012). La nature qualitative de la résistance à la CMD a été confirmée par des études ultérieures (Rabbi *et al.*, 2014). La première étude de cartographie GWAS sur le manioc, menée par Wolfe *et al.* (2016), a identifié 198 SNP significatifs associés à la gravité de la CMD, principalement sur le chromosome 8, corroborant les études antérieures. Deux QTL de résistance au CMD très significatifs ont été détectés sur les chromosomes 12 et 14 (Nzuki *et al.*, 2017 ; Masumba *et al.*, 2017 ; Garcia-Oliveira *et al.*, 2020 ; Rabbi *et al.*, 2020). Une dissection plus poussée du QTL majeur sur le chromosome 12 a révélé la présence de deux loci épistatiques possibles et/ou de multiples allèles de résistance, ce qui peut expliquer la différence entre une résistance modérée et une forte résistance aux maladies (Masumba *et al.*, 2017 ; Nzuki *et al.*, 2017 ; Garcia-Oliveira *et al.*, 2020 ; Somo *et al.*, 2020).

#### ● **Maladie des stries brunes du manioc (CBSD)**

Des études ont permis d'identifier des locus de caractères quantitatifs associés à la nécrose des racines CBSD sur les chromosomes 5, 11, 12 et 15 (Nzuki *et al.*, 2017 ; Masumba *et al.*, 2017). Deux QTL liés à la résistance à la nécrose racinaire induite par la CBSD sur les chromosomes 2 et 11, ainsi qu'un QTL putatif sur le chromosome 18 ont été signalés. D'autres QTL putatifs supplémentaires ont été détectés sur d'autres chromosomes (3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 15, 16 et 18) pour la nécrose racinaire (Garcia-Oliveira *et al.*, 2020). Des QTL associés aux symptômes foliaires de la CBSD ont été identifiés sur les chromosomes 4, 6, 15, 17 et 18 (Nzuki *et al.*, 2017 ; Masumba *et al.*, 2017 ; Garcia-Oliveira *et al.*, 2020). L'approche GWAS a été utilisée par Kayondo *et al.* (2018) pour démêler l'architecture génétique de la CBSD. Le mécanisme de contrôle polygénique de résistance au CBSD et de son instabilité dans l'environnement a été mis en évidence. Quatre-vingt-trois (83) loci associés aux symptômes à 3 mois après plantation (MAP) ont été identifiés sur le chromosome 11 (Somo *et al.*, 2020). La plupart des QTL signalés ont été associés soit à une nécrose des racines, soit à des symptômes foliaires, soutenant l'idée que la résistance aux symptômes foliaires et racinaires de CBSD sont en grande partie sous un contrôle génétique différent (Masumba *et al.*, 2017 ; Garcia-Oliveira *et al.*, 2020).

#### ● **Acarien vert du manioc**

Nzuki *et al.* (2017) ont détecté des QTL sur les chromosomes 5 et 10 associé à l'acarien vert du manioc (CGM). Récemment, 95 marqueurs SNP significativement associés à la résistance au CGM ont été rapportés par plusieurs auteurs (Ezenwaka *et al.*, 2020 ; Garcia-Oliveira *et al.*, 2020) ont détecté cinq QTL pour la résistance au CGM à 3 et 6 MAP. La première GWAS a identifié 35 SNP liés au CGM et les traits liés au CGM (Ezenwaka *et al.*, 2018), à la pubescence des feuilles, à la rétention des feuilles et au maintien du vert. Tous les marqueurs significatifs ont été trouvés sur le chromosome 8 et 12 (Rabbi *et al.*, 2020), à l'exception du SNP associé à la couleur verte, qui a été identifié sur le chromosome 13.

#### ● **Brûlure bactérienne du manioc (CBB)**

Deux QTL associés à la brûlure bactérienne du manioc ont été signalés sur le groupe de liaison LG4 et LG8 (Sedano *et al.*, 2017). Une autre étude menée auteurs a rapporté cinq QTL spécifiques à la souche conférant une résistance à Xam, expliquant 15,8 et 22,1 % de la variance phénotypique.

#### ● **Pourriture des racines du manioc**

La nature complexe de la pourriture des racines du manioc (CRR) a été mise en évidence par Brito *et al.* (2017), qui ont identifié 38 SNP significatifs associés à la CRR. Parmi ceux-ci, 8 et 22 étaient liés à la gravité de la pourriture sèche des racines dans la pulpe et la peau, respectivement, tandis les huit autres étaient associés à la pourriture molle des racines et au noircissement des racines pourries.

### **Qualité nutritionnelle et aptitudes à la transformation**

#### ● **Caroténoïdes et couleur des racines de stockage**

Des QTL qui contrôlent la teneur en caroténoïdes et liés à la couleur de la pulpe des racines de manioc ont été identifiés par Morillo *et al.* (2013). Plus récemment, d'autres travaux à partir des SNP et de la technique GWAS ont confirmé l'existence de ces QTL sur les chromosomes 1, 2, 4, 13, 14 et 15 (Luo *et al.*, 2018 ; Ikeogu *et al.*, 2019 ;

Rabbi *et al.*, 2020). La couverture plus large de la diversité pourrait améliorer la détection de nouveaux QTL associés à ces deux paramètres liés à la racine de manioc (Mbanjo *et al.*, 2021).

- **Glucosides cyanogènes**

Les travaux réalisés sur le taux de glycosides cyanogènes ont rapporté l'existence de QTL qui les contrôlent et expliquent la variance phénotypique du manioc (Kizito *et al.*, 2007 ; Whankaew *et al.*, 2011 ; Ogonna *et al.*, 2020).

- **Teneur en matière sèche**

Six QTL ont été détectés comme contrôlant la DMC en utilisant une population de cartographie biparentale. Il a été démontré que les effets additifs, de dominance et de surdominance jouent un rôle dans l'expression de ce trait (Kizito *et al.*, 2007 ; Rabbi *et al.*, 2020).

- **Amidon et qualité de l'amidon**

L'étude de Thanyasiriwat *et al.* (2013) a révélé l'hérédité complexe des propriétés de collage de l'amidon, 48 QTL ont été détectés, significativement associés à sept viscosités de collage de l'amidon (viscosité de pointe, viscosité de la pâte chaude, dégradation, viscosité de la pâte froide, recul, temps de collage et température de collage).

### **Perspectives de recherche**

Le manioc est l'un des produits vivriers avec une souplesse d'adaptation aux conditions climatiques, de plus actuellement des programmes d'amélioration et création variétale participent à l'augmentation de sa production. Ces dernières années, plusieurs axes de recherche font objets de valorisation du manioc pour renforcer sa place ou sa contribution à la sécurité alimentaire. Nous pouvons faire la synthèse de quelques uns.

### **Enjeux alimentaires et industriels :-**

- **Les feuilles de manioc comme complément aliment :-**

Bien que cultivé principalement pour ses racines riches en amidon, les feuilles de manioc riches en nutriments sont également consommées comme légumes dans de nombreuses régions d'Afrique (Spencer et Ezedinma, 2017). Les caractéristiques nutritionnelles des feuilles de manioc font d'elles des aliments de haute valeur nutritionnelle constituant les substituts potentiels des aliments riches en protéines et en micronutriments, capables de palier à certaines carences nutritionnelles et d'assurer la sécurité alimentaire des ménages (Spencer et Ezedinma, 2017).

- **La farine de manioc comme substitut de la farine de blé :-**

La hausse du prix de la farine de blé, accentuée par la crise en Ukraine, encourage la promotion de la farine de manioc comme substitut potentiel (Bokossa *et al.*, 2012 ; Elisabeth *et al.*, 2022 ; Senanayake *et al.*, 2024). De nombreuses recherches ont exploré les conditions optimales de production et d'utilisation de la farine et de l'amidon de manioc dans les produits de boulangerie et de pâtisserie (Kaur *et al.*, 2016 ; Chisenga, 2019b ; Hasmadi et Jau-Shya, 2021). Au Bénin et en République Démocratique du Congo, l'incorporation de la farine de manioc dans la fabrication du pain a été adoptée avec succès. Des essais au Bénin ont montré qu'un taux de substitution de 20 % de farine de manioc « Lafu » permettait d'obtenir un pain de bonne qualité organoleptique, avec 75,7 % d'acceptabilité après 12 h à température ambiante (Bokossa *et al.*, 2012). Par ailleurs, des travaux au Nigeria et au Bénin ont confirmé la faisabilité de produire un amidon aigre de manioc panifiable de qualité équivalente à celui fabriqué en Colombie, à partir de variétés locales (Bokossa *et al.*, 2012 ; TAAT, 2022).

- **L' amélioration de la qualité nutritionnelle du manioc :-**

Traditionnellement axée sur le rendement et la résistance aux maladies et ravageurs, l'amélioration des cultures intègre désormais la qualité nutritionnelle. La biofortification du manioc est considérée comme une stratégie rentable pour lutter contre la malnutrition en micronutriments et améliorer la sécurité alimentaire, notamment en Afrique et en Asie du Sud, conformément aux Objectifs de Développement Durable visant l'éradication de la faim d'ici 2030 (OMS). Des études montrent que des variétés de manioc enrichies en fer et zinc peuvent être cultivées sans perte de rendement (Gegios *et al.*, 2010 ; Ceballos *et al.*, 2013). La biofortification par biotechnologie permet également d'augmenter les niveaux de vitamine A, Mg, Zn, Cu, K, Fe et Na dans les aliments de base, contribuant à une meilleure qualité nutritionnelle (Narayanan *et al.*, 2019 ; Bouis et Saltzman, 2017 ; Ossai *et al.*, 2024 ; Inacio *et al.*, 2024). Cependant, l'adoption des variétés génétiquement modifiées reste controversée (Ghislain *et al.*, 2019 ; Tagliapietra *et al.*, 2021). Les auteurs soulignent que la promotion des cultures biofortifiées, incluant le manioc transgénique enrichi en vitamines et micronutriments, nécessite un engagement politique fort pour réduire efficacement la malnutrition dans les populations dépendantes du manioc (Narayanan *et al.*, 2019).

- **Le manioc dans la bio-industrie :-**

Depuis plusieurs années, les carburants d'origine fossile ont été reconnus comme les plus grands contributeurs aux émissions de gaz à effet de serre (Perera, 2017). Pour corriger cette situation, plusieurs pays ont ratifié l'Accord de Paris dont l'objectif est de réduire les émissions mondiales annuelles de gaz à effet de serre (GES) entre 30 et 50% d'ici 2030 ; cela permettra d'empêcher une hausse de la température mondiale (Shepherd & Knox, 2016). Outre l'Accord de Paris, ces pays se sont aussi engagés à réduire la contribution de l'électricité produite au charbon en 2050, comme mentionné dans le Plan Intégré des Ressources de 2016. Aussi, il existe un engagement croissant à explorer des sources d'énergie alternatives comme l'usage des énergies renouvelables et la conversion de la biomasse en bioénergie (Petrie, 2014). En effet, en dehors de son rôle traditionnel de culture vivrière, le manioc est admis actuellement comme étant une excellente matière première pour la production de bioéthanol (Thatoi *et al.*, 2016). Il est adapté à une large gamme de conditions de culture et peut être planté, et récolté toute l'année. De plus, le manioc peut être stocké sous forme de cossettes séchées avant transformation (Nguyen *et al.*, 2007).

#### ● Le manioc comme aliment pour bétail :-

L'utilisation du manioc est très diversifiée suivant les pays qui le cultivent. A cet effet, les pays producteurs de manioc doivent envisager son usage pour nourrir leur bétail. Cela permettrait de limiter les importations d'aliments plus chers (ex : maïs). Par exemple, la Thaïlande exporte actuellement vers les pays d'Europe, la majorité de sa production qui est utilisée pour l'alimentation animale (Abessolo, 2013). L'Afrique, premier producteur mondial de manioc, initie des recherches innovantes dans différents instituts de recherche, afin d'améliorer la qualité protéique et d'autres éléments nutritifs essentiels pour l'alimentation des animaux. En effet, les travaux de recherche, menés par Amani *et al.* (2007) qui ont rapporté que les déchets de feuillages et des racines vont progressivement être transformés en provende pour les poissons, la volaille, les porcs et d'autres animaux, vont contribuer à promouvoir la production du manioc. De plus, l'utilisation des sous-produits comme les feuilles, les pelures et le foin de manioc peut fournir une importante source de protéines (16 à 39%) en alimentation pour bétail ; et il a été démontré qu'elle améliore le taux de croissance, la santé et la production laitière (Wanapat, 2003 ; Antari & Umiyasih, 2009 ; Fasae & Yusuf, 2022). Les techniques de transformation peuvent également réduire les glucosides cyanogènes nocifs, améliorant ainsi la sécurité et la valeur nutritionnelle des aliments pour animaux (Jiwuba *et al.*, 2021).

#### Enjeux pour la productivité et la conservation des ressources :-

##### ● Le manioc face au changement climatique

Les impacts du changement climatique sur l'agriculture sont inévitables et les conséquences sont appréciées différemment par les acteurs agricoles. Dali *et al.* (2016) ont rapporté que les agriculteurs en côte d'ivoire par exemple, perçoivent bien les variations de pluviométrie et de températures, mais restent parfois réticents aux variétés améliorées proposées, jugées perturbatrices de leurs pratiques locales. Au Sud-Kivu dans la République Démocratique du Congo, face aux effets des changements climatiques, les agriculteurs rapportent une baisse de fertilité et une augmentation des bio-agresseurs (millipattes, taupes) attaquant également les boutures de manioc (Cokola *et al.*, 2021). Ce qui souligne la nécessité de pratiques de conservation des sols et de gestion intégrée des bioagresseurs. Global Africas Sciences a mentionné dans son rapport de 2019 qu'en Afrique de l'Ouest par exemple (Mali, Niger), des approches agroécologiques (zaï, agroforesterie, cycles courts) permettent de restaurer la fertilité, d'améliorer la rétention d'eau et de diversifier les variétés de manioc et cultures associées. La mise en œuvre de stratégies d'adaptation au climat est donc cruciale pour atténuer les impacts négatifs du changement climatique. Un effort de recherche est nécessaire sur la dynamique des bioagresseurs dans un contexte de changement climatique. Sa susceptibilité aux agents pathogènes dans ce contexte pourrait impacter négativement sa productivité et son aire de production. Aussi, des efforts de recherche menées par le programme WAVE sur cette plante sont très utiles afin de mieux comprendre les effets du climat sur ce végétal et sur la dynamique de ses bioagresseurs. Ces études vont permettre de suggérer des stratégies de la sélection des variétés résistantes/tolérantes aux bioagresseurs du manioc, de lutte intégrée, adaptée, efficace et préservant l'environnement et la santé humaine.

##### ● Amélioration des pratiques culturales

L'intensification de l'agriculture a souvent été considérée comme la principale option pour répondre à l'accroissement de la demande alimentaire. Il ressort que d'importants gains de production ont été réalisés grâce à l'intensification agricole par l'usage raisonné des pesticides, des engrais et de l'irrigation (Mateo-Sagasta *et al.*, 2017). En revanche, l'amélioration des techniques culturales par des associations culturales, des rotations de cultures et l'usage de plantes de couverture, est l'un des domaines d'études à explorer davantage pour une productivité

efficace. Il a été démontré que la culture intercalaire de manioc et de maïs réduit les infestations de ravageurs de manière significative, des études indiquant une réduction de 56 % des dommages causés par les ravageurs par rapport à la monoculture. Cette méthode favorise la gestion durable des ravageurs et la santé des sols (Lotutala & Kimbembu, 2018 ; Tchegueni *et al.*, 2022).

Des pratiques telles que la rotation des cultures, les cultures intercalaires et l'utilisation de paillis organiques sont utilisées pour créer un environnement moins favorable aux ravageurs, améliorant ainsi la santé et le rendement des cultures. De plus les techniques telles que le labour, l'irrigation et la fertilisation appropriés sont essentielles pour optimiser les conditions du sol pour la croissance du manioc (Lele *et al.*, 2017). Bien que ces techniques culturales améliorent de manière significative la culture du manioc, des défis tels que le changement climatique et la pression des ravageurs restent des préoccupations majeures qui nécessitent des recherches continues et des stratégies d'adaptation.

#### ● La recherche sur la diversité variétale du manioc

La diversité variétale du manioc est essentielle pour préserver la résilience génétique de l'espèce face aux menaces telles que les maladies, les ravageurs et les changements climatiques. Il est rapporté que une diversité variétale accrue permet une meilleure adaptation à des environnements changeants, et offre un réservoir de gènes pour la sélection (Ceballos *et al.*, 2004). L'étude de la diversité permet de soutenir les programmes d'amélioration génétique et sélection variétale pour développer des variétés améliorées (sur le plan rendement et qualité nutritionnel) et résistantes aux maladies comme la mosaïque africaine du manioc (Kawuki *et al.*, 2011; Ferguson *et al.*, 2012). C'est ce qui fonde l'un des principaux axes de recherche du programme WAVE mis en œuvre dans plusieurs pays africains.

#### Conclusion:-

La valorisation du manioc en Afrique repose sur la connaissance de son importance et de sa diversité variétale. Malgré les contraintes biotiques et abiotiques, la production du manioc connaît une croissance exponentielle d'années en années. La synthèse présentée dans cet article expose les résultats pertinents obtenus pour la valorisation de ce produit agricole. Malgré les défis majeurs identifiés, la culture du manioc constitue pour plusieurs populations agricoles un levier pour la sécurité alimentaire et le développement socio économique. Toutefois, la question du mode de diversification du manioc en Afrique reste entière et importante. De plus, bien que l'introduction de nouvelles technologies ait eu un impact positif sur la diversification du manioc, des défis subsistent. Il est davantage intéressant de persister dans l'exploration et la connaissance de la diversité variétale et génétique du manioc dans la zone Afrique car cela pourrait aider à mieux répondre aux perspectives de recherches énoncées dans cette revue aux regards des potentialités exprimées par le manioc. Un intérêt particulier doit toujours être mis en exergue pour améliorer les variétés de manioc qui existent, mais aussi de soutenir des programmes de création variétale pour augmenter la production et améliorer les conditions de vie des producteurs. La recherche sur la diversité variétale du manioc est donc essentielle pour sécuriser les systèmes alimentaires mondiaux, renforcer la résilience des agricultures locales, répondre aux défis du changement climatique, et préserver la biodiversité. Elle nécessite de ce fait, une approche multidisciplinaire, impliquant les sciences agronomiques, génétiques, sociales et environnementales.

#### Conflit d'intérêts:-

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

#### Remerciements:-

Ce travail a été réalisé grâce au financement du programme WAVE (Central and West African Virus Epidemiology for Food Security) et au soutien technique de l'Institut de Recherche Agronomique et Forestière (IRAF) du Gabon.

#### Référence

1. AbaDura, NS., Tesfaye, A., Rabbi, I., Beyene, TM., & Abteu, WG. (2024). DArTSNPbased genetic diversity analyses in cassava (*Manihot esculenta*) genotypes sourced from different regions revealed high level of diversity within population. <https://doi.org/10.1101/2024.07.18.604086>
2. Abessolo-Meye, C., (2013). Contribution à l'étude de la diversité Génétique du manioc cultivé (*Manihot esculenta*) en Afrique Centrale (Zone CEMAC). Cirad-Agritrop 141

3. Achidi, AU., Ajayi, OA., Bokanga, M., & Maziya-Dixon, B. (2005). The Use of Cassava Leaves as Food in Africa. *Ecology of Food and Nutrition*, 44(6), 423–435. <https://doi.org/10.1080/03670240500348771>
4. Adu, BG., Yeboah, A., Akromah, R., Bobobee, E., Amoah, S., Kena, AW., Amoah, RA., (2020). Whole genome SNPs and phenotypic characterization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) germplasm in the semi-deciduous forest ecology of Ghana. *Ecol. Genet. Genomics* 17, 100068. <https://doi.org/10.1016/j.egg.2020.100068>
5. AGASA. (2020). le manioc sous toutes ses formes de consommation. Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage de la Pêche et de l'Alimentation. [www.agasa.site](http://www.agasa.site)
6. Agre, AP., Badara, G., Adjatin, A., Dansi, A., Bhattacharjee, R., Rabbi, IY., Dansi, M., & Gedil, M. (2016). Folk taxonomy and traditional management of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) diversity in southern and central Benin. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 12, Article 29. <https://doi.org/10.1186/s13002-016-0104-6>
7. Akano, AO., Dixon, AGO., Mba, C., Barrera, E., & Fregene, M. (2002). Cartographie génétique d'un gène dominant conférant une résistance à la mosaïque du manioc. *Theoretical and Applied Genetics*, 105(4), 521–525. <https://doi.org/10.1007/s0012200208917>
8. Alicai, T., Ndunguru, J., Sseruwagi, P. et al. (2016). Cassava brown streak virus has a rapidly evolving genome: implications for virus speciation, variability, diagnosis and host resistance. *Sci Rep* 6, 36164 . <https://doi.org/10.1038/srep36164>
9. Alicai, T., Omongo, CA., Maruthi, MN., Hillocks, RJ., Baguma, Y., Kawuki, R., Bua, A., Otim-Nape, GW. et Colvin, J. (2007). Re-emergence of cassava brown streak disease in Uganda. *Plant Disease*, 91(1), 24–29. <https://doi.org/10.1094/PD-91-0024>
10. Allem, AC. (2002). The origins and taxonomy of cassava. *Cassava: biology, production and utilization*, 1–16.
11. Alonso Chavez, V., Milne, AE., van den Bosch, F., Pita, J. et McQuaid, CF. (2022). Modelling cassava production and pest management under biotic and abiotic constraints. *Plant Molecular Biology*, 109(3), 325–349. <https://doi.org/10.1007/s11103-021-01170-8>
12. Aloys, N., & Hui Ming, Z. (2006). Traditional Cassava Foods in Burundi—A Review. *Food Reviews International*, 22(1), 1–27. <https://doi.org/10.1080/87559120500379761>
13. Alves-Pereira, A., Zucchi, MI., Clement, CR. et al. (2022). Selective signatures and high genome-wide diversity in traditional Brazilian manioc (*Manihot esculenta* Crantz) varieties. *Sci Rep* 12, 1268. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05160-8>
14. Amani G., Nindjin C., N'Zué B., Tschannen A., Aka D. (2007). Potentialités à la transformation du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) en Afrique de l'Ouest, Actes de l'atelier international UAA-CSRS-CNRA-I2T, 4-7 juin 2007, Abidjan, Côte d'Ivoire, 341p.
15. Ambang, Z., Ndongo, B., Nkouaya Mbanjo, EG., & Fontem, DA. (2007). Tolérance de quelques cultivars de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) et de l'espèce sauvage (*Manihot glaziovii*) à la mosaïque virale africaine et à la cercosporiose du manioc. *Tropicultura*, 25(3), 140–145.
16. Amelework B. Assefa, Michael WB. (2022). Advances in Genetic Analysis and Breeding of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz): A Review. *Plants*, 11(12), 1617. DOI 10.3390/plants11121617
17. Antari, R., & Umiyasih, U. (2009). Optimizing The Use of Cassava Plant and its Byproduct as Ruminant Feed. 19(4), 191–200. <https://doi.org/10.14334/WARTAZOA.V19I4.915>
18. Asare, PA., Galyuon, IKA., Sarfo, JK., & Tetteh, JP. (2011). Morphological and molecular based diversity studies of some cassava (*Manihot esculenta* Crantz) germplasm in Ghana. *African Journal of Biotechnology*, 10(63), 13900–13908.
19. Atiri, GI., Ogbé, FO., Dixon, AGO., Winter, S., & Ariyo, O. (2004). Status of Cassava Mosaic Virus Diseases and Cassava Begomoviruses in Sub-Saharan Africa. *Journal of Sustainable Agriculture*, 24(3), 5–35. [https://doi.org/10.1300/J064V24N03\\_03](https://doi.org/10.1300/J064V24N03_03)
20. Attiri, BD., Legg, JP., & Seal, SE. (2004). Development of cassava cultivars resistant to Cassava Mosaic Disease through extensive breeding programs. *African Crop Science Journal*, 12(3), 159–168.
21. Badmus, HA., Olubode, OS., and Onaolapo, EE. (2023). Evaluation of Depredation Activities of Vertebrate Pest Species in Cassava Cultivation at Sasa-Ajibode, Ibadan, Oyo State, Nigeria. *Nigerian Journal of Ecology* 19(1): 32-37. ISSN: 1116-753X (Print); E-ISSN: 2955-084X (Online)
22. Bakelana, Z., Laura, MB., Kehoe, M., Pita, J., Monde, G., Mahungu, N., Lema, M., Kanana, T. et Kalonji, M. (2020). Cassava Root Necrosis Disease (CRND): a new crop disease spreading in western Democratic Republic of Congo and in some central African countries.
23. Bandyopadhyay, R., Mwangi, M., Aigbe, SO., & Leslie, JF. (2006). Fusarium species from the cassava root rot complex in West Africa. *Phytopathology*, 96(6), 673–676. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0673>
24. Bhattacharjee, R., Dumet, D., Ilona, P., Folarin, S., Franco, J. (2012). Establishment of a cassava (*Manihot esculenta* Crantz) core collection based on agro-morphological descriptors. *Plant Genet. Resour.* 10, 119–127. <https://doi.org/10.1017/S1479262112000093>
25. Bigirimana, S., Barumbanze, P., Ndayihanzamaso, P., Shirima, R., & Legg, JP. (2011). First report of cassava brown streak disease and associated Ugandan cassava brown streak virus in Burundi. *New Disease Reports*, 24, 26.
26. Blagbrough, IS., Bayoumi, SAL., Rowan, MG., Beeching, JR., (2010). Cassava: An appraisal of its phytochemistry and its biotechnological prospects. *Phytochemistry* 71, 1940–1951. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2010.09.001>

27. Bokossa YI, Bessou, F., Metohoué, R., de Souza, AC. et al. (2012). « Substitution de la farine de blé par la farine fermentée de manioc (lafu), dans la préparation du pain de boulangerie », Journal de Recherche Scientifique de l'Université de Lomé (Togo), Série A, vol. 14(1), pp. 1–9.
28. Borku, AW., Thomas, TT., Mamush, M. (2025). Cassava in focus: A comprehensive literature review, its production, processing landscape, and multi-dimensional benefits to society, Food Chemistry Advances, Volume 7, 2025, 100945, ISSN 2772-753X, <https://doi.org/10.1016/j.focha.2025.100945>.
29. Bouis, HE., & Saltzman, A. (2017). Improving nutrition through biofortification: A review of evidence from HarvestPlus, 2003 through 2016. Global Food Security, 12, 49-58.
30. Boukoulou H., Mbete P., Mbete R., Ngokaka C., Akouango F., Excellh BKR. & Voudibio J. (2012). Conflit Homme/Éléphant : étude de cas dans le village Miélékouka au Nord du Parc National d'Odzala Kokoua (Congo). Journal of Applied Biosciences 50: 3478– 3484; ISSN 1997–5902
31. Braima J., Yaninek J., Neuenschwander P., Cudjoe A., Modder W., Echendu N., Toko M. (2000). Lutte contre les ravageurs du manioc ; International Institute of Tropical Agriculture, Cotonou, Benin. 38 p.
32. Brito, G., Andrade, A., & Figueira, A. (2017). Cassava root rot disease: an overview of causal agents, disease management, and resistant germplasm. Plant Pathology Journal, 33(5), 407–419. <https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.11.2016.0249>
33. Ceballos, H., Chávez, AL., Girón, J., Pérez, JC., & Tohme, J. (2013). Rapid cycling recurrent selection for increased carotenoids content in cassava roots. Crop Science, 53(4), 2342–2351. <https://doi.org/10.2135/cropsci2013.01.0055>
34. Ceballos, H., De la Cruz A., Gabriel A. (2012). Cassava taxonomy and morphology . In: Ospina Patiño, Bernardo; Ceballos, Hernán (eds.). Cassava in the third millennium: Modern production, processing, use, and marketing systems . Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Latin American and Caribbean Consortium to support Cassava Research and Development (CLAYUCA); Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA), Cali, CO. p. 15-28. (Publicación CIAT No. 377)
35. Ceballos, H., et al. (2004). Cassava breeding: opportunities and challenges. Plant Molecular Biology, 56, 503–516.
36. Ceballos, H., Kawuki, RS., Gracen, VE., Yencho, GC. & Hershey, CH. (2015). Conventional breeding, marker-assisted selection, genomic selection and inbreeding in clonally propagated crops: a case study for cassava. Theoretical and Applied Genetics, 128, 1647–1667. <https://doi.org/10.1007/s00122-015-2555-4>
37. Charles, O. A review of drought-stress responsive genes and their applications for drought stress tolerance in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Discov Biotechnol 1, 5 (2024). <https://doi.org/10.1007/s44340-024-00006-7>
38. Chavarriaga-Aguirre P, Brand A, Medina A, Prias M, Escobar R, Martinez J, Díaz P, López C, Roca WM, Tohme J. (2016). The potential of using biotechnology to improve cassava: a review. In Vitro Cell Dev Biol Plant. 52(5):461-478. doi: 10.1007/s11627-016-9776-3. Epub 2016 Aug 12. PMID: 27818605; PMCID: PMC5071364.
39. Chisenga, SM., Workneh, TS., Bultosa, G., & Alimi, BA. (2019a). Progress in research and applications of cassava flour and starch: A review. Journal of Food Science and Technology, 56(6), 2799–2813. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03814-6>
40. Chisenga, SM., Workneh, TS., Bultosa, G., & Laing, M. (2019b). Proximate composition, cyanide contents, and particle size distribution of cassava flour from cassava varieties in Zambia. AIMS Agriculture and Food, 4(4), 869–891. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2019.4.869>
41. Cokola, MC., Mugumaarhahama, Y., Noël, G., Kazamwali, LM., Bisimwa, EB., Mugisho, JZ., Aganze, VM., Lubobo, AK., & Francis, F. (2021). Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in South Kivu, DR Congo: Understanding how season and environmental conditions influence field-scale infestations. Neotropical Entomology, 50(1), 145–155. <https://doi.org/10.1007/s13744-020-00833-3>
42. Costa, G. Freitas-Lopes, R. Lino, J. Julião, E. Michereff, S. Lopes, U. (2019). An efficient method for inducing sporulation of cercosporoid fungal species causing leaf spots in cassava. J. Plant Pathol. 102, 201–204. <https://doi.org/10.1007/s42161-019-00236-0>
43. Dahouda M., Toleba SST., Youssao AKI., Ali AAM., Ahounou S. & Hornick J. L. (2009). Utilisation des cossettes et des feuilles de manioc en finition des pintades (*Numida meleagris*, L) : performances zootechniques, coûts de production, caractéristiques de la carcasse et qualité de la viande. Annales de Médecine Vétérinaire, 153 (2), 82–87.
44. Dali, S., Bourdeix, R., Droh, R., Elias, M., & Diarrassouba, A. (2016). Changement climatique et rapport aux innovations agricoles dans la culture de manioc (Côte d'Ivoire). Revue Sociétés et Économies, (9), 5–22.
45. Delêtre M., McKey, DB., & Hodgkinson, TR. (2011) Marriage exchanges, seed exchanges, and the dynamics of manioc diversity, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 108 (45) 18249-18254, <https://doi.org/10.1073/pnas.1106259108> .
46. Delêtre, M. (2010). The ins and outs of manioc diversity in Gabon, Central Africa: A pluridisciplinary approach to the dynamics of genetic diversity of *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae). Thèse de doctorat, Trinity College Dublin. Disponible en ligne sur TEL (Thèses en ligne).
47. Derso, C., & Mahamud, A. (2018). Study on Morphological Characters of Four Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Varieties as Cultivated in Fafen District, Ethiopian Somali Regional State. Asian Journal of Biotechnology and Bioresource Technology, 4(1), 1- 13. <https://doi.org/10.9734/AJB2T/2018/42717>
48. Djaha, KE., Abo, K., Bonny, BS., Kone, T., Amouakon, WJL., Kone, D., Kone, M., (2017). Caractérisation agromorphologique de 44 accessions de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) cultivés en Côte d'Ivoire. Int. J. Biol. Chem. Sci. 11, 174. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v11i1.14>

49. Djinodji R., (2018). La culture du manioc en zone soudanienne du Tchad, contribution à la sécurité alimentaire et aux revenus des agriculteurs. Agriculture, économie et politique. Université Toulouse le Mirail, Toulouse II, France. NNT: 2018TOU20110ff. fftel-02481967, 357p.
50. Djodji, AK., Justin, PS., Godwin, AY., Atasse, DKK., Setu, MA., & Sakina, AS. (2024). Molecular Genetic Diversity of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in the Maritime Region of Togo using Simple Sequence Repeat (SSR) Markers. East African Scholars Journal of Agriculture and Life Sciences. <https://doi.org/10.36349/easjals.2024.v07i03.002>
51. Donga TK., Bosma L., Gawa N. & Meheretu Y., (2022). Rodents in agriculture and public health in Malawi: Farmers' knowledge, attitudes, and practices. Frontiers in Agronomy, 4:936908. doi: 10.3389/fagro.2022.936908.
52. Duputié, A., Delêtre, M., De Granville, JJ., McKey, D., (2009). Population genetics of *Manihot esculenta* ssp. *flabellifolia* gives insight into past distribution of xeric vegetation in a postulated forest refugium area in northern Amazonia. Mol. Ecol. 18, 2897–2907. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2009.04231.x>
53. Effa Effa Branly Wilfrid, Dick Sadler Demikoyo Khangou, Stéphane Mibemu Guibinga, François Ndjelassili, Mesmin N'dong Biyo'o, Abdala Gamby Diedhiou. Cassava Cultivation under Abiotic Stress: Emphasis on Waterlogging Tolerance Using Arbuscular Mycorrhizal Fungi. Journal of Environmental Science and Public Health. 8 (2024): 86-100.
54. Ehui, KJN., Touré, HMA., Kakou, DJ., Yéou, FE., Abo, K., & Koné, D. (2019). Assessing the impact of agronomic, geographical and climatic variables on the spread of cassava anthracnose disease in Côte d'Ivoire. Agronomie Africaine, 31(2), 223–233.
55. Elias, M., Penet, L., Vindry, P., McKey, D., Panaud, O., Robert, T., (2001). Unmanaged sexual reproduction and the dynamics of genetic diversity of a vegetatively propagated crop plant, cassava (*Manihot esculenta* Crantz), in a traditional farming system: SEX IN A VEGETATIVELY PROPAGATED CROP PLANT. Mol. Ecol. 10, 1895–1907. <https://doi.org/10.1046/j.0962-1083.2001.01331.x>
56. Elisabeth, DAA., Utomo, JS., Gangadharan, B., & Ginting, E. (2022). Cassava flour production by small scale processors, its quality and economic feasibility. Food Science and Technology, 42, e41522. <https://doi.org/10.1590/fst.41522>
57. El-Sharkawy, MA., Tafur, SM., (2010). Comparative photosynthesis, growth, productivity, and nutrient use efficiency among tall- and short-stemmed rain-fed cassava cultivars. Photosynthetica 48, 173–188. <https://doi.org/10.1007/s11099-010-0023-6>
58. Ezenwaka, L., Pino Del Carpio, D., Jannink, JL., Rabbi, I., Danquah, E., Asante, I., Danquah, A., Blay, E., & Egesi, C. (2018). Genome-wide association study of resistance to cassava green mite pest and related traits in cassava. Crop Science, 58(5), 2018–2028. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.01.0024>
59. Ezenwaka, L., Rabbi, IY., Onyeka, J., Kulakow, P., & Egesi, C. (2020). Identification of additional /novel QTL associated with resistance to cassava green mite in a bi-parental mapping population. PLoS ONE, 15(3), e0231008. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231008>
60. Fakir, M., Jannat, M., Mostafa, M., & Seal, H. (2013). Starch and flour extraction and nutrient composition of tuber in seven cassava accessions. Journal of the Bangladesh Agricultural University, 10(2), 217–222. <https://doi.org/10.3329/jbau.v10i2.14698>
61. Fakir, MSA, Mostafa, MG, Seal, HP. (2010). Food security in Bangladesh: Selection, nutritional status evaluation of processing technique of cassava strains for use as a potential human and animal food. Poster presented in Intl. Conf. "Food security during challenging times" Univ. Putra Malaysia, Selangor, Malaysia, 218-220pp.
62. FAO. (2008). Catalogue ouest-africain des espèces et variétés végétales (COAFEV), Fiche "MANIOC" (*Manihot esculenta*) pages 93–97, <https://www.fao.org/4/i0062f/i0062f.pdf>
63. FAO. (2010). Food Outlook November 2010. Rome: FAO.
64. FAO. (2013). Save and grow: Cassava – A guide to sustainable production intensification. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
65. FAO. (2021). Food and Agriculture Organization, Top 10 Country Production of Cassava, [Online] from [https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries\\_by\\_commodity](https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity) (2020) [Accessed Sep 19 th 2022]
66. FAO. (2023). Données de l'alimentation et de l'Agriculture. <http://www.fao.org/faostat/fr/#home>
67. Fasae, OA., & Yusuf, AO. (2022). Cassava leaves and peels: Nutritional value and potential productivity in West African dwarf breeds of sheep and goats– A review. Nigerian Journal of Animal Production, 49(3), 305–315. <https://doi.org/10.51791/njap.v49i3.3562>
68. Ferguson, ME., et al. (2012). Genetic diversity and population structure of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) landraces in Africa. Theoretical and Applied Genetics, 124(5), 861–873.
69. Fofiri Nzossé EJ. et Temple L. (2023). Politique d'import-substitution au blé et compétitivité des farines panifiables à base de manioc, banane plantain et patate douce au Cameroun; Cah. Agric. 32 (1), 25; DOI: 10.1051/cagri/2023018
70. Fregene, MA., Suarez, M., Mkumbira, J., Kulembeka, H., Ndedy, E., Kulaya, A., Mitchel, S., Gullberg, U., Rosling, H., & Dixon, AGO. (2003). Simple sequence repeat marker diversity in cassava landraces: Genetic diversity and differentiation in an asexually propagated crop. Theoretical and Applied Genetics, 107(6), 1083–1093. <https://doi.org/10.1007/s00122-003-1344-0>

71. Fukuda, WMG., Guevara, CL., Kawuki, R. et Ferguson, ME. (2010). Selected morphological and agronomic descriptors for the characterization of cassava. International Institute of Tropical Agriculture (IITA)
72. Garcia-Oliveira, AL., Kimata, B., Kasele, S., Kapinga, F., Masumba, E., Mkamilo, G., Bredeson, JV., Lyons, JB., & Shah, T. (2020). Genetic analysis and QTL mapping for multiple biotic stress resistance in cassava. PLOS ONE, 15(8), e0236674. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236674>
73. Gegios, A., Siritunga, D., Sayre, R., & Manary, M. (2010). Iron and zinc concentrations in cassava roots: Implications for breeding and nutrition. Plant and Soil, 333(1-2), 129–139. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0338-4>
74. Ghislain, M., Muzhingi, T., Low, JW., (2019). Zinc and iron fortification in cassava. Nat. Biotechnol. 37, 130–132. <https://doi.org/10.1038/s41587-019-0014-5>
75. Gmakouba, T., Koussao, S., Traore, ER., Kpemoua, KE., Zongo, JD. (2018). Analyse de la diversité agromorphologique d'une collection de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) du Burkina Faso. Int. J. Biol. Chem. Sci. 12, 402. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v12i1.32>
76. Graham, MD., Notter, B., Adams, WM., Lee, PC., Ochieng, N. (2010). Patterns of crop-raiding by elephants, *Loxodonta africana*, in Laikipia, Kenya, and the management of Human–Elephant conflict. Systematics and Biodiversity, 8: 435–445. <https://doi.org/10.1080/14772000.2010.533716>
77. Hasmedi, MLH., & Jau-Shya, L. (2021). Physicochemical and functional properties of cassava flour grown in different locations in Sabah, Malaysia. Food Research, 5(3), 44–52. [https://doi.org/10.26656/fr.2021.5\(3\).337](https://doi.org/10.26656/fr.2021.5(3).337)
78. Hillocks, RJ. et Wydra, K. (2001). Bacterial, fungal and nematode diseases. Dans Cassava: biology, production and utilization (p. 261–280). CABI Wallingford UK.
79. Hillocks, RJ., Thresh, JM., Tomas, J., Botao, M., Macia, R., & Xavier, R. (2002). Cassava brown streak disease in northern Mozambique. International Journal of Pest Management, 48(3), 179–182.
80. Ikeogu, UN., Akdemir, D., Wolfe, MD., Okeke, UG., Amaefula, C., Jannink, JL., & Egesi, CN. (2019). Genetic correlation, genome-wide association and genomic prediction of portable NIRS predicted carotenoids in cassava roots. Frontiers in Plant Science, 10, 1570. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01570>
81. Inacio, KAM., Farfan, NC., Azevedo, CEX., Polatto, MAG., Carrion, NS., Mendes, PVS., Mateus, NS., & Santos, EF. (2024). Potential of Cassava Clones for Iron, Zinc, and Selenium Biofortification. Agriculture. <https://doi.org/10.3390/agriculture14020268>
82. Inogwabini BI., Mbende L., Bakanza A., Bokika JC. (2013). Crop damage done by elephant in Malebo region, Democratic Republic of Congo. Pachyderm, 54: 59–69. <https://pachydermjournal.org/index.php/pachyderm/article/download/340/298>
83. Jiwuba, PC., Jiwuba, LC., Ogbuewu, IP., & Mbajorgu, CA. (2021). Enhancement values of cassava by-product diets on production and haemato-biochemical indices of sheep and goats: a review. Tropical Animal Health and Production, 53(2), 207. <https://doi.org/10.1007/S11250-021-02656-9>
84. Kadjegbin, TRG. (2024). Effets socioéconomiques de la culture du manioc (*Manihot esculenta*) dans l'arrondissement de Hékamè (commune de Zè) au sud-ouest du Bénin. GEOTROPE, N°1, 54–67.
85. Kalyanasundaram R., Ramakrishnan B., Saravanamuthu R. (2014). Crop Damage by Asian Elephants *Elephas maximus* and Effectiveness of Mitigating Measures in Coimbatore Forest Division, South India. International Research Journal of Biological Sciences, 3 (8): 1–11. <https://www.researchgate.net/publication/264556982>
86. Kaur, K., Ahluwalia, P., & Singh, H. (2016). Cassava: Extraction of starch and utilization of flour in bakery products. International Journal of Food Fermentation Technology, 6(2), 351–355. <https://doi.org/10.5958/2277-9396.2016.00047>
87. Kawano, K. (2003). Thirty years of cassava breeding for productivity-biological and social factors for success. Crop Sci. 2003, 43, 1325–1335. [CrossRef]
88. Kawuki, RS., et al. (2011). Genetic analysis of cassava (*Manihot esculenta*) for root yield and dry matter content in Uganda. Field Crops Research, 122(2), 111–118.
89. Kawuki, RS., Herselman, L., Labuschagne, MT., Nzuki, I., Ralimanana, I., Bidiaka, M., Kanyange, MC., Gashaka, G., Masumba, E., & Mkamilo, G. (2013). Genetic diversity of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) landraces and cultivars from southern, eastern and central Africa. Plant Genetic Resources, 11(2), 170–181. <https://doi.org/10.1017/S1479262113000033>
90. Kayondo, SI., Lozano, R., Sseruwagi, P., Tusiime, G., Edema, R., & Bua, A. (2018). Genome-wide association mapping and genomic prediction for resistance to cassava brown streak disease in cassava. Frontiers in Plant Science, 9, 1906. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01906>
91. Kimbala, KD., Kirongozi, S., Mumba, TU., Jules, NMF. (2023). Performance économique de différentes formes commerciales de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) vendues à Lubumbashi en République Démocratique du Congo; Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture; 6(3), 11–18; DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v6i3.2>
92. Kimno, LC., Kinyua, MG., Bimpong, IK., & Were, JO. (2023). Field screening of elite cassava (*Manihot esculenta*) mutant lines for their response to mosaic and brown streak viruses. Journal of Experimental Agriculture International, 45(9), Article 2193. <https://doi.org/10.9734/jeai/2023/v45i92193>
93. Kimwanga, PS., Kabuita, LM., Siwako, JPL., Nzawe, BD., & Mussa, MI. (2021). Rentabilité et obstacles à l'adoption des variétés améliorées du Manioc (*Manihot esculenta* Crantz) chez les paysans en RD Congo. Revue Marocaine Des Sciences Agronomiques Et Vétérinaires, 9(2). Consulté à l'adresse [https://www.agrimaroc.org/index.php/Actes\\_IAPH2/article/view/944](https://www.agrimaroc.org/index.php/Actes_IAPH2/article/view/944)

94. Kizito, EB., Bua, A., Fregene, M., Egwang, T., Gullberg, U., & Westerbergh, A. (2005). The effect of cassava mosaic disease on the genetic diversity of cassava in Uganda. *Euphytica*, 146(1–2), 45–54. <https://doi.org/10.1007/s10681-005-9006-4>
95. Kizito, EB., Chiwona-Karltun, L., Egwang, T., Fregene, M., & Westerbergh, A. (2007). Genetic diversity and variety composition of cassava on small-scale farms in Uganda: An interdisciplinary study using genetic markers and farmer interviews. *Genetica*, 130(3), 301–318. <https://doi.org/10.1007/s10709-006-9004-5>
96. Kombo, GR., Dansi, A., Loko, LY., Orkwor, GC., Vodouhè, R., Assogba, P., Magema, JM., (2012). Diversity of cassava (*Manihot esculenta Crantz*) cultivars and its management in the department of Bouenza in the Republic of Congo. *Genet. Resour. Crop Evol.* 59, 1789–1803. <https://doi.org/10.1007/s10722-012-9803-0>
97. Kongsil, Pasajee, Hernan Ceballos, Wanwisa Siriwan, Supachai Vuttipongchaikij, Piya Kittipadukul, Chalernpol Phumichai, Wannasiri Wannarat, Wichai Kositratana, Vichan Vichukit, Ed Sarobol, and et al. 2024. "Cassava Breeding and Cultivation Challenges in Thailand: Past, Present, and Future Perspectives" *Plants* 13, no. 14: 1899. <https://doi.org/10.3390/plants13141899>
98. Kopecká, R., Kameniarová, M., Černý, M., Brzobohatý, B., & Novák, J. (2023). Abiotic Stress in Crop Production. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(7), 6603. <https://doi.org/10.3390/ijms24076603>
99. Kosh-Komba E., Zaman M. & De Mon-Zoni JLG. (2021). Les bonnes pratiques pour la production de manioc en République Centrafricaine (deuxième édition). Laboratoire de Sciences Biologiques et Agronomiques pour le Développement. Faculté des Sciences, Université de Bangui, République Centrafricaine, 27p.
100. Kosh-Komba EMM., Akpagana, MK., Tozo, MK., de Conférences, M. (2014). Diversité agromorphologique de *Manihot Esculenta Crantz*. (euphorbiaceae) cultivée dans trois zones agroclimatiques en république centrafricaine (RCA). *European Scientific Journal* \_ESJ\_, Vol 10 No 3, <https://doi.org/10.19044/esj.2014.v10n3p%25p>.
101. Kouakou, AM., N'zué, B., Okoma, MP., Dibi, KEB., Zohouri, GP., Essis, BS., & Dansi, AA. (2014). Morphological characterization of cassava (*Manihot esculenta Crantz*) accessions collected in the Centre-west, South-west and West of Côte d'Ivoire. *Greener Journal of Agricultural Sciences*, 4(6), 220–231. doi:10.15580/GJAS.2014.6.050614224
102. Kumar S, Sindhu SS. (2024). Drought stress mitigation through bioengineering of microbes and crop varieties for sustainable agriculture and food security. *Curr Res Microb Sci.* 2024 Oct 10;7:100285. doi: 10.1016/j.crmicr.2024.100285. PMID: 39512260; PMCID: PMC11542684.
103. Kumulungui, BS., Ondo-Azi, AS., Madinda, NF., & Mouaragadja, I. (2012). Isolement des microorganismes impliqués dans la pourriture des racines tubéreuses du manioc (*Manihot esculenta Crantz*) au Gabon. *Agronomie Africaine*, 24(3), 265–273.
104. Lamah, SP., Traoré, OO., Doré, N., Kolie, J., & Gnabala, C. (2023). Importance du manioc dans la vie des populations riveraines de la Réserve de Biosphère des Monts Nimba, République de Guinée. *Africa SCIENCE*, 22(1), 25–34.
105. Landa AW. et Miyalou DD. (2019) « L'agriculture vivrière à Madingou (République du Congo) : moyen de subsistance et d'acquisition des revenus », *Études caribéennes* [En ligne], 43-44 | Août-Décembre 2019, mis en ligne le 10 octobre 2019, consulté le 14 mai 2025. 16596; DOI:<https://doi.org/10.4000/etudescaribeennes>.
106. Lebot, V. (2020). Cassava: origin and history. 3–11. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20193488101>
107. Legg, JP., & Fauquet, CM. (2004). Cassava mosaic geminiviruses in Africa. *Plant Molecular Biology*, 56(4), 585–599. <https://doi.org/10.1007/s11103-004-1651-7>
108. Legg, JP., Ndjelassili, F., & Okao-Okuja, G. (2004). First report of cassava mosaic disease and cassava mosaic geminiviruses in Gabon. *Plant Pathology*, 53(2), 231.
109. Lele, BN., Kachaka, SC., & Lejoly, J. (2017). Effet de la fertilisation minérale, de l'étége du manioc et des légumineuses à graines sur le rendement du manioc en culture associée et sur les propriétés d'un Arénoferralsols à Kinshasa/RDC. 4, 46–57. <https://revue.riffecac.org/index.php?journal=RSTBC&page=article&op=view&path%5B%5D=45>
110. Lima, LA., Xavier, AR., Amorim, AV., & Vasconcelos, JG. (2021). Saberes tradicionais, sustentabilidade cultural e caracterização de etnovarietades da mandioca: estudo em uma comunidade no interior do Ceará. *Research, Society and Development*, 10(13). <https://doi.org/10.33448/RSD-V10I13.20941>
111. Liu P., Wen H., Lin L., Liu J., Zhang L., (2016). Habitat evaluation for Asian elephants (*Elephas maximus*) in Lincang: conservation planning for an extremely small population of elephants in China. *Biological Conservation*, 198; 113-121. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.04.005>
112. Lokko, Y., Vanderschuren, H., Kyndt, T., & Gheysen, G. (2006). Resistance of cassava to diseases and pests: a review. *African Journal of Biotechnology*, 5(5), 391–398.
113. Lotutala, E., & Kimbembé, A. (2018). Mise en œuvre d'un système de production durable de manioc (*Manihot esculenta Crantz*) dans le village de Tadila en République Démocratique du Congo. *Tropicicultura*. <https://doi.org/10.25518/2295-8010.372>
114. Luo, X., Zhang, S., Chen, X., Lu, C., Ye, J., Zou, M., Lu, K., Feng, S., Pei, J., Liu, C., Zhou, X., Ma, P., Li, Z., Liu, C., Liao, Q., Xia, Z., & Wang, W. (2018). Genome-Wide Association Studies of 11 Agronomic Traits in Cassava (*Manihot esculenta Crantz*). *Frontiers in Plant Science*, 9, 503. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00503>
115. Mahungu NM. & Lukombo SM. (2014). Transformation du manioc. Manuel de formation destiné aux agents de transformation. Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), 42p.

116. Mahungu, NM., Ndonga, A., Kendenga, T. & Bidiaka, S. (2022). Le Manioc en RD Congo. Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), 393 p. ISBN 978-99951-69-07-7
117. Makambila, C. et Koumouno, Bakala L. (1994). Les pourridies du manioc au Congo : première évaluation des dégâts sur le manioc et identification des agents pathogènes. *Acta Horticulturae*, (380), 184-186. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1994.380.27>
118. Manu-Aduening, JA., Lamboll, RI., Dankyi, AA., Gibson, RW. (2005). Cassava diversity in Ghanaian farming systems. *Euphytica* 144, 331–340. <https://doi.org/10.1007/s10681-005-8004-8>
119. Masumba, EA., Kapinga, F., Mkamilo, G., Salum, K., Kulembeka, H., Rounsley, S., Bredeson, JV., Lyons, JB., Rokhsar, DS., Kanju, E., Katari, MS., Myburg, AA., van der Merwe, NA., & Ferguson, ME. (2017). QTL associé à la résistance aux maladies de la striure brune du manioc et de la mosaïque du manioc dans un croisement biparental de deux variétés paysannes tanzaniennes, Namikonga et Albert. *Theoretical and Applied Genetics*, 130, 2069–2090. <https://doi.org/10.1007/s00122-017-2943-z>
120. Mateo-Sagasta, J., Sara, MZ, Hugh, T. (2017). Water pollution from agriculture: a global review - Executive summary. Food Agric. Organ. U. N. Rome 2017 Int. Water Manag. Inst. Behalf Water Land Ecosyst. Res. Program Colombo 2017 35.
121. Mbanjo, EGN., Rabbi, IY., Ferguson, ME., Kayondo, SI., Eng, NH., Tripathi, L., Kulakow, P., & Egesi, C. (2021). Technological innovations for improving cassava production in Sub-Saharan Africa. *Frontiers in Genetics*, 11, 623736. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.623736>
122. Mbanzibwa, DR., Tian, YP., Tugume, AK., Patil, BL., Yadav, JS., Bagewadi, B., Abarshi, MM., Alicai, T., Changadeya, W. et Mkumbira, J. (2011). Evolution of cassava brown streak disease-associated viruses. *Journal of General Virology*, 92(4), 974-987; <https://doi.org/10.1099/vir.0.027276-0>
123. McKey, D., Elias, M., Pujol, B. & Duputié, A. (2012). « Ecological approaches to crop domestication », in P. Gepts, T. R. Famula & D. R. Westengen (éds.), *Biodiversity in Agriculture: Domestication, Evolution, and Sustainability*, Cambridge University Press, pp. 377–406. DOI : 10.1017/CBO9781139019514.023
124. Misganaw, CD., & Bayou, WD. (2020). Tuber yield and yield component performance of cassava (*Manihot esculenta*) varieties in Fafen District, Ethiopia. *International Journal of Agronomy*, 2020, Article ID 5836452. <https://doi.org/10.1155/2020/5836452>
125. Monger, WA., Alicai, T., Ndunguru, J., Kinyua, Z. M., Potts, M., Reeder, R. H., Miano, D. W., Adams, I. P., Boonham, N., Glover, R. H. et Smith, J. (2010). The complete genome sequence of the Tanzanian strain of Cassava brown streak virus and comparison with the Ugandan strain sequence. *Archives of Virology*, 155(3), 429-433. <https://doi.org/10.1007/s00705-009-0581-8>
126. Morillo, C., Sánchez, T., Ceballos, H., Calle, F., & Iglesias, CA. (2013). Quantitative trait loci controlling carotenoid content in cassava roots. *Euphytica*, 189(2), 261–270. <https://doi.org/10.1007/s10681-012-0785-4>
127. Mouketou, A., Koumba, AA., Gnacadja, C., Zinga-Koumba, C.R., Abessolo Meyé, C., Ovono, A.P.M., Sevidzem, S.L., Mintsá, R., Lepengué, A.N. et Mavoungou, J.F. (2022). Cassava mosaic disease incidence and severity and whitefly vector distribution in Gabon. *African Crop Science Journal*, 30(2), 167-183. <https://doi.org/10.4314/acsj.v30i2.5>
128. Mulimbi, W., Phemba, X., Assumani, B., Kasereka, P., Muyisa, S., Ugentho, H., Reeder, R., Legg, James P., Laurenson, L. et Weekes, R. (2012). First report of Ugandan cassava brown streak virus on cassava in Democratic Republic of Congo. *New Disease Reports*, 26, 11-11.
129. Mwangi, M., Bandyopadhyay, R., Dixon, AGO. et Tata-Hangy, K. (2004). The status of fungal tuber rots as constraints to cassava production and utilization in eastern Democratic Republic of Congo. Dans *Book of Abstracts of the 9th Triennial Symposium of the International Society for Root and Tuber Crops*, Mombasa, Kenya (p. 41).
130. N'safou Mbani, CAE., Ngama S., Tchamba MN., Shidiki AA., Gnacadja C. (2024). Analytical review of methods and tools for assessing crop damage caused by elephants: implications of new information technologies. *Bois et Forêts des Tropiques*, 359 : 39-53. Doi : <https://doi.org/10.19182/bft2024.359.a>
131. N'Zué, B., Okoma, MP., Kouakou, AM., Dibi, KEB., Zohouri, GP., & Essis, BS. (2014). Morphological characterization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) accessions collected in the centre-west, south-west and west of Côte d'Ivoire. *Greener Journal of Agricultural Sciences*, 4(6), 220–231. <https://doi.org/10.15580/GJAS.2014.6.050614224>
132. Nadjiam, D., Sarr, PS., Naitormbaïdé, M., Mbailao Mbaïguinam, JM., Guisse, A., (2016). Agro-Morphological Characterization of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Cultivars from Chad. *Agric. Sci.* 07, 479–492. <https://doi.org/10.4236/as.2016.77049>
133. Narayanan, N., Beyene, G., Chauhan, RD., Gaitán-Solís, E., Gehan, J., Butts, P., Siritunga, D., Okwuonu, I., Woll, A., Jiménez-Aguilar, DM., Boy, E., Grusak, MA., Anderson, P., Taylor, NJ., (2019). Biofortification of field-grown cassava by engineering expression of an iron transporter and ferritin. *Nat. Biotechnol.* 37, 144–151. <https://doi.org/10.1038/s41587-018-0002-1>
134. Nascimento, JHB, Andrade, LRB., Oliveira, SAS., Oliveira, EJD., (2024) Phenotypic Variability in Resistance to Anthracnose, White, Brown, and Blight Leaf Spot in Cassava Germplasm. *Plants*; 13, 1187. <https://doi.org/10.3390/plants13091187>
135. Ngama S. (2018). Introduction to elephant ecophysiology: principles, methods and case studies on forest elephant (*Loxodonta cyclotis*) crop raiders in Gabon. PhD thesis, Life Sciences, Environmental Sciences & Ecology, 120 p. <http://hdl.handle.net/2268/225855>
136. Ngamo, ST. & Hance T. (2007). Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. *TROPICULTURA*, 25, 4, 215-220

137. Nguyen, TLT., Gheewala, SH., Garivait, S. (2007). Energy balance and GHG-abatement cost of cassava utilization for fuel ethanol in Thailand. *Energy Policy* 35, 4585–4596. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.03.012>
138. Novoa, DC. (2022). Commercially Sustainable Cassava Seed Systems in Africa (pp. 453–482). Springer eBooks. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-92022-7\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-92022-7_15)
139. Nzuki, I., Katari, MS, Bredeson, JV, Masumba, E., Kapinga, F., Salum, K. et al. (2017). Cartographie des QTL pour la résistance aux ravageurs et aux maladies du manioc et coïncidence de certains QTL avec des régions d'introgession dérivées de Manihot Glaziovii. *Avant. Plant Sci.* 8:1168. doi: 10.3389/fpls.2017.01168
140. Oben, TEE., & Atiri, GI. (2023). Evaluation of the Effect of African cassava mosaic virus (ACMV) Genus Begomovirus Infection on the Nutritional Components of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2023.1211.017>
141. Ogonna, AC., de Andrade, LR, Rabbi, IY, Mueller, LA, de Oliveira, EJ et Bauchet, GJ (2020). Architecture génétique et cartographie génétique du cyanure dans le manioc (*Manihot esculenta* Crantz). Préimpression de bioRxiv doi : \url{https://org/10.1101/2020.06.19.159160}
142. Ognalaga, M., M'Akoué, D., Medza Mve, SD et Ovono, P. (2018). Effet de la bouse de vaches, du NPK 15 15 15 et de l'urée à 46% sur la croissance et la production du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) au Sud-Est du Gabon (Franceville). *Journal of Animal and Plant Sciences*, 31, 5063-5073.
143. Okogbenin, E., Egesi, CN., Olasanmi, B., Ogundapo, O., Kahya, S., Hurtado, P., et al. (2012). Analyse des marqueurs moléculaires et validation de la résistance à la mosaïque du manioc dans les génotypes élités du manioc au Nigeria. *Scientia Agricola*, 52, 2576–2586. <https://doi.org/10.2135/cropsci2011.11.0586>
144. Omongo, CA., Njoku, DI., & Mwanga, RO. (2012). Resistance of cassava to diseases and pests: Current status and future prospects. In: *Proceedings of the 13th ISTRC Symposium, Mombasa, Kenya, 2012*, pp. 45-52.
145. Oshunsanya, S. O., Nwosu, N. J., & Li, Y. (2019). Abiotic stress in agricultural crops under climatic conditions. In M. K. Jhariya, A. Banerjee, R. S. Meena, & D. K. Yadav (Eds.), *Sustainable agriculture, forest and environmental management* (pp. 71–100). Singapore: Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-6830-1\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-13-6830-1_4)
146. Ossai, FN., Ossai, C., Akpeji, S., Clara, DK., Ashokkumar, D., Prabhu, M., & Clara, S. (2024). Assessment of levels of selected macro and microelements present in biofortified provitamin-A cassava varieties. <https://doi.org/10.62773/jcocs.v5i1.224>
147. Otabo, FR., Labeyrie, V., Duval, MF., Mabanza, J., Mialoundama, F. (2016). Diversité variétale de manioc sur la base des nominations vernaculaires des agriculteurs dans 4 bassins de production (Hinda, Loudima, Odziba et Oyo) en République du Congo. *J. Appl. Biosci.* 104, 9932. <https://doi.org/10.4314/jab.v104i1.5>
148. Otekunrin, OA., & Sawicka, B. (2019). Cassava, a 21st Century Staple Crop: How can Nigeria Harness Its Enormous Trade Potentials? *Acta Scientific Agriculture*, 3(8), 194–202. <https://doi.org/10.31080/ASAG.2019.03.0586>
149. Otim-Nape, GW., Thresh, JM., & Fargette, D. (1994). African cassava mosaic disease: the magnitude of the problem. *African Crop Science Journal*, 2(4), 533–543.
150. Parmar, A., Sturm, B., & Hensel, O. (2017). Crops that feed the world: Production and improvement of cassava for food, feed, and industrial uses. *Food Security: The Science, Sociology and Economics of Food Production and Access to Food*, 9(5), 907–927. <https://doi.org/10.1007/s12571-017-0717-8>
151. Perera, F. (2017). Pollution from Fossil-Fuel Combustion is the Leading Environmental Threat to Global Pediatric Health and Equity: Solutions Exist. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 15, 16. <https://doi.org/10.3390/ijerph15010016>
152. Petrie, B. (2014). South Africa: a case for Biomass? *International Institute for Environment and Development (IIED)*. Rapport de recherche. ISBN 9781784310721. Disponible sur le site de l'IIED
153. Rabbi, IY., et al. (2020). « Genetic analysis and QTL mapping for multiple biotic stress resistance in cassava ». *PLOS ONE*, 15(8), e0236674. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236674>
154. Rabbi, IY., Udoh, LI., Wolfe, MD., Parkes, EY., Jeremiah, SC., Ikpan, AS., ... & Jannink, JL. (2014). High-resolution mapping of resistance to cassava mosaic geminiviruses in cassava using genotyping-by-sequencing and its implications for breeding. *Theoretical and Applied Genetics*, 127(7), 1683–1695. <https://doi.org/10.1007/s00122-014-2301-2>
155. Roux-Cuvelier, M., Teyssedre, D., Chesneau, T., Jeffray, C., Massé, D., Jade, K., Karime, AL., Abdoul, HB., Reynaud, B., Legg, JP. et Lett, JM. (2014). First report of cassava brown streak disease and associated Ugandan cassava brown streak virus in Mayotte Island. *New Disease Reports*, 30(1), 28-28. <https://doi.org/10.5197/j.2044-0588.2014.030.028>
156. Sangpueak, R., Phansak, P., & Buensanteai, N. (2018). Morphological and molecular identification of Colletotrichum species associated with cassava anthracnose in Thailand. *Journal of Phytopathology*, 166(2), 129–142. <https://doi.org/10.1111/jph.12663>
157. Sedano Soto, JC., Mora Moreno, RE., Mathew, B., Léon, J., Gómez Cano, FA., Ballvora, A., & López Carrascal, CE. (2017). Major novel QTL for resistance to cassava bacterial blight identified through a multi-environmental analysis. *Frontiers in Plant Science*, 8, Article 1169. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01169>
158. Senanayake, M., Dissanayake, D., & Uthpala, M. (2024). Cassava Flour as a Possible Replacement for Wheat Flour. *Current Scientia*, 27(1), 63–78.
159. Shan Z, Luo X, Wei M, Huang T, Khan A, Zhu Y. 2018. Physiological and proteomic analysis on long-term drought resistance of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Sci Rep*. 2018;8:17982. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35711-x>.
160. Shepherd, M. & Knox, P. (2016). “The Paris COP21 climate conference: What does it mean for the southeast?” *Southeastern Geographer*, 56(2), 147 – 151.

161. Sichalwe, K., Kayondo, S. I., Edema, R., Onziga Dramadri, I., Kulembeka, H., Kimani, W., Mgonja, D. M., Rubahaiyo, P., & Kanju, E. (2024). Genetic diversity and population structure of Uganda cassava germplasm. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3944682/v1>
162. Singer, SD., Laurie, JD., Bilichak, A., Kumar, S. & Singh, J. (2021). Genetic Variation and Unintended Risk in the Context of Old and New Breeding Techniques. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 40(1): 68-108
163. Siritunga, D., & Sayre, R. (2004). Engineering cyanogen synthesis and turnover in cassava (*Manihot esculenta*). *Plant Molecular Biology*, 56(4), 661–669. <https://doi.org/10.1007/s11103-004-3415-9>
164. Sitati, NW., Walpole, MJ., Leader-Williams, N. (2005). Factors affecting susceptibility of farms to crop raiding by African elephants: using a predictive model to mitigate conflict. *Journal of Applied Ecology*, 42 (6): 1175-1182. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01091.x>
165. Sitienei, AJ., Jiwen, G., Ngene, SM. (2014). Assessing the cost of living with elephants *Loxodonta africana* in areas adjacent to Meru National Park, Kenya. *European Journal of Wildlife Research*, 60: 323-330. <https://doi.org/10.1007/s10344-013-0789-5>
166. Soarimalala, V., Randriamanana, JP., Razafindramasy, OG., Oninjatovo, RH., Razakafamantanantsoa, A., Randrianarisata, MDM., Benjamina, GS., Raharinirina, D., Jao, NM., Raharisoa, DM., Rakotovo, F., Rafanoharana, J. & Goodman, SM. (2019). Les rats dans le monde rural du Centre-est et du Centre-sud de Madagascar : dommages causés et systèmes de contrôle. *Malagasy Nature*, 13: 125-151.
167. Somo, M., Kulembeka, H., Mtunda, K., Mrema, E., Salum, K., Wolfe, M. D., et al. (2020). Prédiction génomique et découverte de locus de caractères quantitatifs dans une population de manioc d'entraînement constituée de plusieurs stades de sélection. *Crop Science*, 60(2), 896–913. <https://doi.org/10.1002/csc2.20101>
168. Spencer, DSC., & Ezedinma, C. (2017). Cassava cultivation in sub-Saharan Africa. In C. Hershey (Ed.), *Achieving Sustainable Cultivation of Cassava Volume 1: Cultivation Techniques* (pp. 123–148). Cambridge, UK: Burleigh Dodds Science Publishing. DOI: 10.19103/AS.2016.0014.06
169. TAAT. (2022). Cassava Processing Technology Toolkit Catalogue. Clearinghouse Technical Report Series 013, Technologies for African Agricultural Transformation, Clearinghouse Office, IITA, Cotonou, Benin. 28 pp.
170. Tagliapietra, BL., Zanon, Jr., AJ., Tironi, LF., Streck, NA., & Richards, NSPDS. (2021). Nutritional quality and sensory acceptance of biofortified cassava. *Brazilian Journal of Food Technology*, 24. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.24720>
171. Tchegueni, M., Tounou, AK., Kolani, L., Tchao, M., Gnon, T., Agboka, K., & Sanda, K. (2022). Effet des associations culturales maïs-soja et maïs-manioç sur la dynamique et les dégâts de la chenille légionnaire d'automne *Spodoptera frugiperda* (*Lepidoptera: Noctuidae*) et le rendement en grains de maïs au Sud Togo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 16(4), 1399–1410. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v16i4.4>
172. Teeken, B., Agbona, A., Abolore, B., Olaosebikan, O., Alamu, E., Adesokan, M., et al. (2020). Understanding cassava varietal preferences through pairwise ranking of garieba and fufu prepared by local farmer processors. New York, NY: Wiley.
173. Temegne, NC., Cameroon, MBI., Ngome Ajebesone Francis, BI. (2016). Agro-morphological Characterization of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Collected in the Humid Forest and Guinea Savannah Agro-ecological Zones of Cameroon. *Greener J. Agric. Sci.* 6, 209–225. <https://doi.org/10.15580/GJAS.2016.8.062716107>
174. Thanyasiriwat, T., Sraphet, S., Whankaew, S., Boonseng, O., Bao, J., & Lightfoot, D. A. (2013). Quantitative trait loci associated with starch pasting properties in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Journal of Agricultural Science*, 151(6), 779–788. <https://doi.org/10.1017/S002185961200070X>
175. Thatoi, H., Dash, PK., Mohapatra, S., & Swain, MR. (2014). Bioethanol production from tuber crops using fermentation technology: A review. *International Journal of Sustainable Energy*, 35(5), 443–468. <https://doi.org/10.1080/14786451.2014.918616>
176. Thresh, JM., Otim-Nape, GW., & Fargette, D. (1997). The components and spread of cassava mosaic virus disease. *African Journal of Root and Tuber Crops*, 2(1), 28–32.
177. Tighankoumi, G., Dzidzienyo, DK., Somé, K., Tongoona, P., & Asante, I. (2024). Genetic diversity and unique genotype identification in togo's cassava (*Manihot esculenta* Crantz) germplasm using SNP markers. *Cogent Food & Agriculture*, 10(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2429741>
178. Tize, I., Fotso, AK., Nukenine, EN., Masso, C., Ngome, FA., Suh, C., Wirnkar Lenzemo, V., Nchoutnji, I., Manga, G., Parkes, E., Kulakow, P., Kouebou, C., Fiaboe, K. K. M., & Hanna, R. (2021). New cassava germplasm for food and nutritional security in Central Africa. *Scientific Reports*, 11, 7394. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86958-w>
179. Vernier, P., N'Zué, B., Zakhia-Rozis, N., (2018). Le manioc, entre culture alimentaire et filière agro-industrielle. éditions Quae. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-2708-2>
180. Walker, KL. (2011). Labor Costs and Crop Protection from Wildlife Predation: the Case of Elephants in Gabon. *Agricultural Economics*, 43 (1): 61-73. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2011.00565.x>
181. Wanapat, M. (2003). Manipulation of Cassava Cultivation and Utilization to Improve Protein to Energy Biomass for Livestock Feeding in the Tropics. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 16(3), 463–472. <https://doi.org/10.5713/AJAS.2003.463>
182. Wang, B., Guo, X., Zhao, P., Ruan, M., Yu, X., et al. (2017). Molecular diversity analysis, drought related marker-traits association mapping and discovery of excellent alleles for 100-day old plants by EST-SSRs in cassava germplasms (*Manihot esculenta* Cranz). *PLoS ONE*, 12(5), e017xxxx. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.017xxxx>

183. Wang, W., Vinocur, B., & Altman, A. (2003). Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: Towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218(1), 1–14.
184. Wassie, H., & Getahun, A. (2020). Ethiopia and Ethiopianism in selected historical plays by Tsegaye Gebremedhin. *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, 7(10), 1–27. <https://doi.org/10.29121/ijetmr.v7.i10.2020.784>
185. Westby, A. (2002). Cassava Utilization, Storage and Small-Scale Processing. In R. J. Hillocks, J. M. Thresh & A. C. Bellotti (Eds.), *Cassava: Biology, Production and Utilization* (pp. 281–300). CABI Publishing, Wallingford. DOI : 10.1079/9780851995243.0281
186. Whankaew, S., Laohakunjit, N., & Kerdchoechuen, O. (2011). Genetic analysis of cyanogenic glucoside content in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) roots. *Plant Breeding*, 130(5), 516–521. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2011.01863.x>
187. Wolfe, MD., Rabbi, IY., Egesi, C., Hamblin, M., Kawuki, R., Kulakow, P., & Jannink, JL. (2016). Genome-wide association and prediction reveals genetic architecture of cassava mosaic disease resistance and prospects for rapid genetic improvement. *Plant Genome*, 9(2), plantgenome2016.02.0012. <https://doi.org/10.3835/plantgenome2016.02.0012>
188. Wydra, K. et Verdier, V. (2002). Occurrence of cassava diseases in relation to environmental, agronomic and plant characteristics. *Agriculture, ecosystems & environment*, 93(1-3), 211-226.
189. Yonemaru, JI., Yamamoto, T., Kuranouchi, T., Kurita, H., & Yamagata, H. (2010). Genetic architecture of cyanogenic glucoside content in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Theoretical and Applied Genetics*, 120(3), 505–517. doi:10.1007/s00122-009-1191-5
190. Younoussa, D., Momar, T., Gueye, M.S., Praxède, GD., Amadou, KJP. and Lognay, BG. (2013) Importance nutritionnelle du manioc et perspectives pour l'alimentation de base au Sénégal (synthèse bibliographique). *Biotechnologie Agronomie Sociologie et Environnement*, 17, 634-643.
191. Zárate-Chaves, CA, Gómez de la Cruz, D., Verdier, V., López, CE., Bernal, A., Szurek, B. (2021). Cassava diseases caused by *Xanthomonas phaseoli* pv. *manihotis* and *Xanthomonas cassavae*. *Mol Plant Pathol.* ;22(12):1520-1537. doi: 10.1111/mpp.13094
192. Zhang, X., Li, L., Li, D., Li, J., Wang, H., & Zhang, H. (2018). Genome-wide association study of agronomic traits in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Frontiers in Plant Science*, 9, 1327. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01327>
193. Zhou, X., Liu, Y., Calvert, L., Munoz, C., Otim-Nape, G.W., Robinson, D.J., & Harrison, B.D. (1997). Evidence that DNA-A of a geminivirus associated with severe cassava mosaic disease in Uganda has arisen by interspecific recombination. *Journal of General Virology*, 78(8), 2101–2111.
194. Zidenga, T., Siritunga, D. and Sayre, RT. (2017) Cyanogen Metabolism in Cassava Roots: Impact on Protein Synthesis and Root Development. *Front. Plant Sci.* 8:220. doi: 10.3389/fpls.2017.00220
195. Zinga, I., Nguimalet, CR., Lakouetene, DP., Konate, G., Komba, EK., Semballa, S. (2008). Les effets de la mosaïque africaine du manioc en République Centrafricaine. *Geo-Eco-Trop*, 32, 47–60.