

**Programme “DeSIRA - *Development Smart Innovation through Research in
Agriculture*”**

Convention de contribution : FOOD/2021/422-681

Activité A1.1 Identification des zones cibles et des NUS tolérantes au stress

Fiche sur la Cassava



Partenaire responsable de l'activité : Alliance Bioversity International-CIAT

**Partenaires concernés : AICS, CIHEAM-Bari, CNR, LUKE, Université Joseph Ki-Zerbo,
Université Abdou Moumouni**

Juin/2022

Etat d'avancement : approuvé

Distribution : Public

**Cette publication a été produite avec le soutien financier de l'Union européenne.
Son contenu relève de la seule responsabilité de l'auteur et ne reflète pas nécessairement les opinions
de l'Union européenne**

Table des matières

Introduction et contexte4
Cassava (*Manihot esculenta*).....6

Introduction et contexte

SUSTLIVES (*SUST*aining and improving local crop patrimony in Burkina Faso and Niger for better *LIV*es and *EcoSystems*) est un projet financé par l'Union Européenne dont l'objectif est de favoriser la transition vers des systèmes agricoles et alimentaires durables et résilients aux changements climatiques au Burkina Faso et au Niger à travers la mise en valeur du patrimoine des cultures locales et de leurs chaînes de valeur. SUSTLIVES s'appuie sur une analyse approfondie des caractéristiques socio-économiques et agro-environnementales du Niger et du Burkina Faso, où l'on propose une approche globale pour protéger et renforcer l'agro-biodiversité ainsi qu'une démarche participative et inclusive, sensible au genre et à l'âge. L'objectif spécifique de SUSTLIVES est de renforcer les capacités de recherche et d'innovation des acteurs sur les chaînes de valeur des cultures négligées et sous-utilisées (NUS – *Neglected and Underutilised Species*) au Burkina Faso et au Niger. SUSTLIVES inclut huit partenaires :

- L'Agence italienne pour la coopération au développement (AICS) – Coordinateur du projet
- Le Centre International de Hautes Études Agronomiques Méditerranéennes (CIHEAM-Bari) – Responsable de la coordination technico-scientifique du projet
- L'Alliance Bioersity International & Centre International de l'Agriculture Tropicale (ABC)
- Le Conseil national de la recherche agronomique italien (CNR - Consiglio Nazionale delle Ricerche)
- L'Université Roma Tre (Roma 3)
- L'Institut des ressources naturelles du Finland (LUKE)
- L'Université Joseph Ki-Zerbo (UJKZ)
- L'Université Abdou Moumouni (UAM).

Les NUS sélectionnées par le groupe de recherche ont été les suivantes :

Au Burkina Faso :

- Tubercules/racines : Patate douce (*Ipomoea batatas*) & Fabirama (*Solenostemon rotundifolius*)
- Légumes : Oseille de guinée (*Hibiscus sabdariffa*) ; Moringa (*Moringa oleifera*) et Amarante (*Amaranthus sp.*)
- Légumineuses : Vouandzou (*Vigna subterranea*)

Au Niger :

- Tubercules/racines : Patate douce (*Ipomoea batatas*) & Cassava (*Manihot esculenta*)
- Légumes : Oseille de guinée (*Hibiscus sabdariffa*) ; Moringa (*Moringa oleifera*) et Gombo (*Abelmoschus esculentus*)
- Légumineuses : Vouandzou (*Vigna subterranea*)

La sélection des NUS a pris en compte le potentiel commercial des cultures et les conditions socioéconomiques des femmes et des jeunes, et leur contribution au système alimentaire local, dans le but de classer en ordre de priorité les espèces qui ont le plus d'incidence sur leur autonomisation. Pour plus d'informations sur le processus de sélection des NUS, voir le dossier intitulé « Rapport sur le processus de sélection des NUS et des zones cibles » disponible sur le site web du projet Sustlives au lien suivant :

https://www.sustlives.eu/wp-content/uploads/2022/05/Sustlives_L1.1_rapport_final.pdf

Cassava (*Manihot esculenta*)

Taxonomie, culture et propriétés agronomiques

1. Taxonomie :

Le manioc appartient à la famille des Euphorbiacées, qui compte environ 7200 espèces, caractérisées par le développement notable de vaisseaux lactifères, eux-mêmes constitués de cellules sécrétrices appelées lactifères.

Celles-ci produisent la sécrétion laiteuse, ou « latex », qui caractérise les plantes de cette famille. Un genre très important de cette famille est *Manihot*, auquel appartient le manioc. Le genre *Manihot* n'est originaire que des Amériques, avec des espèces réparties du sud-ouest des États-Unis à l'Argentine. Bien que toutes les espèces du genre puissent se croiser entre elles, des données suggèrent que, dans la nature, elles sont isolées sur le plan de la reproduction. Environ 98 espèces ont été décrites comme appartenant à ce genre, dont seul le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) a une importance économique et est cultivé. Il existe peut-être plus de 100 noms communs pour cette espèce, en raison de sa diffusion dans le monde tropical par les premiers commerçants (Ceballos & de la Cruz, 2012).

Le manioc est un diploïde fonctionnel ($2n = 2x = 36$). Certaines parties du génome peuvent être dupliquées et, par conséquent, le manioc peut en fait être un allotétraploïde segmentaire (Ceballos & de la Cruz, 2012).

2. Zones de culture et cultivars connus :

Sites de culture au Niger

L'utilisation du manioc a été introduite au Niger comme stratégie de lutte contre la famine d'abord sous forme de gari, un tourteau de manioc séché, au début des années 1900 puis sous forme de culture maraîchère depuis la grande famine sahélienne (Muller et Almedom, 2008). Les régions de Tahoua, Dosso et Zinder sont les principales zones de production de manioc¹. La région de Dosso au sud du Niger, à environ 300 km de Niamey, a également été répertoriée par Saidou et al. (2011), comme zone de production de manioc (voir Figure 1).

¹ <https://www.2scale.org/en/updates/village-chief-boosting-cassava-production-in-niger-en>

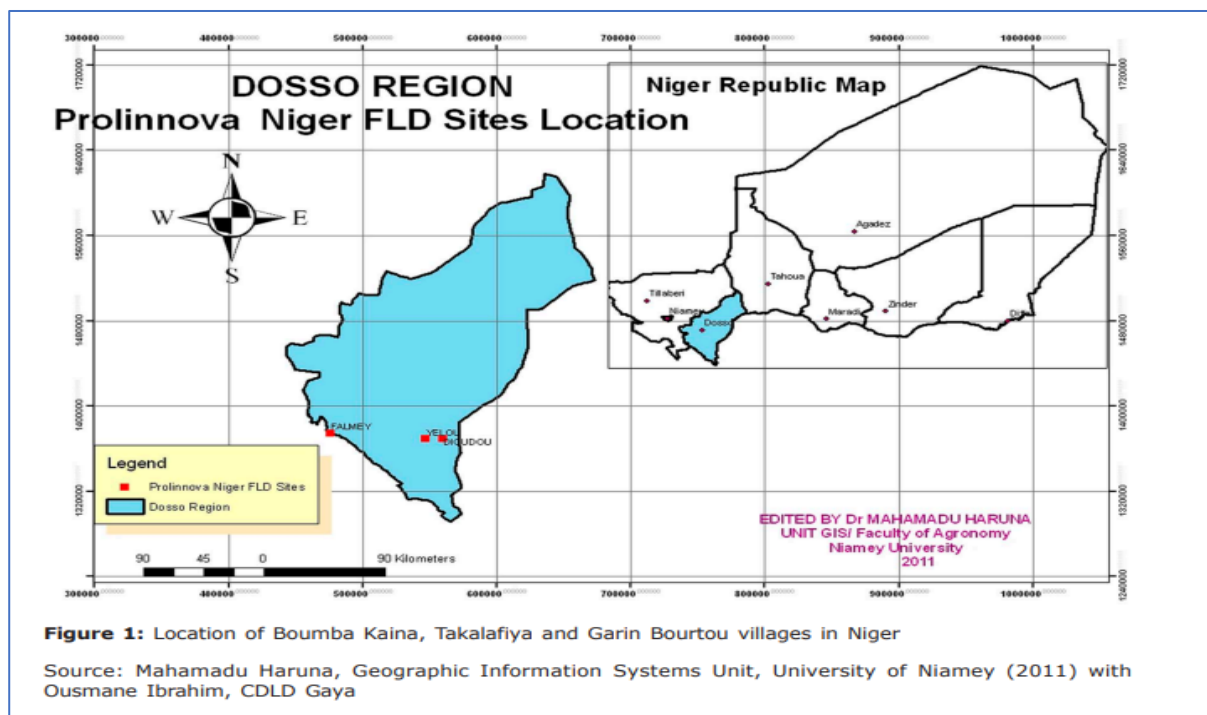


Figure 1. La localisation de la région de Dosso (Niger), où le manioc est cultivé. Source : Saidou et al. (2011).

Les types cultivés

Aucune information trouvée sur les types de manioc cultivés au Niger.

Tolérance aux stress abiotiques et biotiques

Le manioc est important pour les petits agriculteurs et les plantations à grande échelle en raison de ses faibles besoins en nutriments, de sa capacité à tolérer les conditions de sécheresse et de sa facilité de propagation à faible coût. Le manioc est bien connu pour sa capacité à résister à des périodes importantes de stress hydrique, mais avec une réduction associée de la croissance et des rendements. La réponse des plantes de manioc au stress hydrique est fonction à la fois de la durée et de la sévérité du déficit hydrique et du cultivar. Dans des conditions expérimentales, la biomasse des racines et des tiges peut être inférieure de 70 % chez les plantes soumises à un stress hydrique. Non seulement la gravité du déficit hydrique est importante, mais aussi son déroulement, les effets étant plus prononcés si le déficit hydrique se produit dans les 1 à 5 premiers mois après la plantation (voir Burns et al. 2010).

L'augmentation récente de l'incidence des maladies causées par des virus dans le manioc présente une menace sérieuse pour la production. L'incidence des épidémies de virus de la mosaïque du manioc a augmenté au cours des vingt dernières années en Afrique de l'Est, entraînant des pertes de 47% de la production et de 60 millions de dollars par an (en rendement perdu), et provoquant une famine locale. Le virus de la striure brune du manioc a dévasté les cultures de manioc en Afrique de l'Est et continue de se propager. Cela a entraîné des investissements importants dans les programmes de sélection des plantes pour surmonter ce problème. L'incidence des maladies des plantes est affectée par les conditions environnementales ; par exemple, les maladies causées par des agents pathogènes bactériens et fongiques ont tendance à être plus graves lorsque les conditions sont plus chaudes et

plus humides, bien que certaines maladies soient favorisées par des conditions fraîches. Ainsi, dans un climat changeant, la gamme des agents pathogènes des plantes peut changer, tout comme l'incidence et la gravité des maladies des plantes (Burns et al. 2010).

Technique culturale, gestion des mauvaises herbes et conservation post-récolte

Les rendements du manioc varient considérablement d'une région du monde à l'autre. La différence de rendements dans le monde est probablement le résultat de pratiques agronomiques, ainsi que des conditions environnementales. Le manioc nécessite peu de gestion active après les 4 à 6 premiers mois suivant la plantation (c'est-à-dire après l'établissement et la fermeture de la canopée) et est compatible avec de nombreux types de cultures intercalaires. En Afrique, par exemple, le manioc est souvent cultivé comme culture intercalaire dans des exploitations de subsistance sur des terres marginales. L'accès aux intrants agricoles, tels que les engrais et les pesticides, est souvent limité ou inexistant dans de telles situations. Par conséquent, les cultures intercalaires doivent être soigneusement gérées pour minimiser l'épuisement des nutriments du sol. Cependant, ces cultures ont l'avantage d'augmenter la diversité des aliments consommés, ce qui a des implications sur la capacité humaine à détoxifier le cyanure dans l'alimentation. Le manioc est également cultivé comme une imitation de jachère, c'est-à-dire qu'une culture de manioc est plantée au lieu de laisser la terre se reposer et que le matériel végétal rejeté est paillé dans le sol. Cependant, les impacts environnementaux potentiels de l'utilisation d'espèces cyanogènes comme engrais vert, tels que le lessivage des glycosides cyanogènes dans les eaux souterraines et les effets allélopathiques, doivent être pris en compte.

La compétition entre le manioc et les mauvaises herbes, pour l'espace, l'eau et les nutriments, peut également réduire de manière significative les rendements du manioc. Bien que les mauvaises herbes puissent être contrôlées avec des herbicides lorsqu'ils sont disponibles, elles doivent généralement être enlevées à la main dans les systèmes d'agriculture de subsistance, ce qui représente une dépense importante de temps et d'énergie. Si la production de manioc devait passer d'un système d'agriculture de subsistance à un système d'agriculture de profit, il serait presque certainement nécessaire d'utiliser des herbicides pour contrôler les mauvaises herbes. Cela doit cependant s'accompagner d'une connaissance de leur utilisation sûre, tant en termes de sécurité humaine qu'environnementale.

Propriétés agronomiques

Le manioc est la troisième source de calories dans les tropiques et la sixième culture vivrière après la canne à sucre, le maïs, le riz, le blé et la pomme de terre, en termes de production annuelle mondiale (Burns et al. 2010). Les rendements moyens en Indonésie et en Thaïlande sont le double de celui de l'Afrique (8-10 t/ha), avec des rendements enregistrés de 18 à 23 tonnes par hectare en 2008. Des rendements de 90 tonnes par hectare ont été enregistrés dans des conditions de croissance idéales en Colombie. Cela suggère que le potentiel de rendement du manioc n'est pas pleinement exploité dans certaines régions, y compris celles où une augmentation modeste du rendement pourrait contribuer à la sécurité alimentaire (Burns et al. 2010).

Au Niger, la production annuelle de manioc est estimée à 371.135 tonnes². Le manioc peut être trouvé en vente dans les rues comme collation ou comme condiment au Niger, et il est souvent consommé au déjeuner et même comme dessert. Bien qu'il soit toujours considéré comme de moindre qualité que le millet, et que les participants aient exprimé leur regret s'il s'agissait du seul aliment pour le dîner, il a toujours un rôle dynamique dans la culture, qui imite des traditions plus anciennes telles

² <https://www.2scale.org/en/updates/village-chief-boosting-cassava-production-in-niger-en>

que le *kopto* ou le *dibi gunda*, et peut représenter un changement positif en réponse à une famine vécu précédemment (Muller & Almedom 2008).

Section sur la nutrition

Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles



Figure 2 : Racines de manioc blanc.

Source : <https://www.shutterstock.com>

Manihot esculenta Crantz, communément appelé manioc, est l'une des cultures vivrières de base les plus importantes des régions tropicales du monde. La production de cette culture contribue au maintien de la sécurité alimentaire dans la plupart des pays en développement, y compris en Afrique.

Le manioc est particulièrement riche en hydrates de carbone composés presque entièrement d'amidon. Il représente donc actuellement la troisième source d'hydrates de carbone des tropiques pour la consommation humaine après le maïs et le riz.

Ses racines contiennent également des vitamines et plusieurs minéraux, tandis que sa teneur en protéines est faible par rapport à d'autres racines et tubercules. Un inconvénient majeur pour le manioc est que les racines se détériorent deux à trois jours après la récolte en raison de leur forte teneur en humidité (Udoro et al., 2013, Shittu et al., 2016). Toutefois, les produits stables de manioc (croustilles et farine) pourraient tout simplement être produits puis utilisés à des fins industrielles et domestiques (Udoro et al., 2021).

Dans les régions où le manioc est cultivé, la chair est traditionnellement blanche, mais des variantes biofortifiées à chair jaune, contenant davantage de caroténoïdes de provitamine A, sont maintenant disponibles et offrent un potentiel considérable pour atténuer l'insécurité alimentaire dans les pays en

développement. La valeur ajoutée qu'offrent ces variantes pourrait renforcer l'acceptation et la culture généralisée par les agriculteurs, et, peut-être, la culture des variantes à chair jaune pourrait dépasser celle des variantes à chair blanche à l'avenir (Ayetigbo et al., 2018).

Le manioc est l'une des dizaines de cultures qui contiennent des glycosides cyanogènes (glucosides α -hydroxynitrile) qui se décomposent pour libérer du cyanure toxique (HCN) lorsque les tissus végétaux sont broyés ou mâchés, perturbant ainsi les cellules (Alves et al., 2002). Par conséquent, le manioc peut causer de graves maladies ou la mort chez les consommateurs s'il n'est pas d'abord traité adéquatement (Cliff et al., 1995).

Composition nutritionnelle des racines de manioc

Le manioc est principalement une source d'hydrates de carbone, qui représentent environ 80 à 90% de sa composition en matière sèche. La teneur en glucides est d'environ 80% d'amidon et de faibles quantités de saccharose (36-46 mg/g), de glucose (5-14 mg/g) et de maltose (2-19 mg/g) sur la base du poids sec. Les racines de manioc contiennent des vitamines A, C et E et plusieurs minéraux comme le calcium, le magnésium, le sodium, le potassium, le fer, le phosphore et le chlorure. Ces ingrédients bioactifs présents dans le manioc indiquent que la racine tubéreuse peut posséder certaines propriétés médicinales (Udoro et al., 2021)

Tableau 1 : Composition chimique de la farine de manioc blanc, tubercule de manioc à chair blanche cru et tubercule de manioc à chair jaune cru (g/100g de portion comestible (PC)).

	Manioc, farine, de manioc blanc	Manioc, tubercule, chair blanche, cru	Manioc, tubercule, chair jaune, cru
Énergie (kJ)	1450	600	325
Énergie (kcal)	341	142	77
Eau	11,8	62,1	79,0
Protéines totales	1,6	1,3	0,7
Lipides totaux	0,7	0,3	0,2
Glucides disponibles	79,9	31,6	16,6
Fibres alimentaires totales	4,3	3,7	2,9
Cendres	1,7	1,0	0,6

Source : FAO/INFOODS Food Composition Table for Western Africa (2019) dans Vincent et al. (2020)

Tableau 2 : Minéraux (mg/100 g PC) dans la farine de manioc blanc, de manioc, à chair blanche et de manioc, à chair jaune

	Manioc, farine, de manioc blanc	Manioc, tubercule, chair blanche, cru	Manioc, tubercule, chair jaune, cru
Calcium	66	37	21
Fer	2,0	1,5	0,7
Magnésium	51	13	7
Phosphore	104	50	28
Potassium	209	167	94
Sodium	3	2	1
Zinc	0,17	2,5	0,90
Cuivre	0,08	0,04	0,02

Source : FAO/INFOODS Food Composition Table for Western Africa (2019) dans Vincent et al. (2020).

Tableau 3: Vitamines (dans 100 g PC) dans la farine de manioc blanc, de manioc, à chair blanche et de manioc, à chair jaune

VITAMINES	Composants	Manioc, farine, de manioc blanc	Manioc, tubercule, chair blanche, cru	Manioc, tubercule, chair jaune, cru
Vitamine A (exprimée en équivalent rétinol) (mcg)		0	4	75
β-carotène (Équivalent) (mcg)		0	25	452
Vitamine B₁ (mg)	Thiamine	0,09	0,05	0,03
Vitamine B₂ (mg)	Riboflavin	0,04	0,03	0,02
Vitamine B₃ Niacine équivalent (mg)		1,5	0,8	0,5
Vitamine B₆		40	70	60
Vitamine B₉ (mcg)	Folate	100	24	14
Vitamine C (mg)		1	30	17
Vitamine E (exprimée en équivalent α-tocophérol) (mg)		0,04	0,19	0,20
	α-tocopherol (mg)	0,00	0,19	0,20
	γ-tocopherol (mg)	0,42	0	0

Source : FAO/INFOODS Food Composition Table for Western Africa (2019) dans Vincent et al. (2020).

Tableau 4 : Acides gras (g/100 g PC) dans la farine de manioc blanc, de manioc, à chair blanche et de manioc, à chair jaune

	Manioc, farine, de manioc blanc	Manioc, tubercule, chair blanche, cru	Manioc, tubercule, chair jaune, cru
Acides gras saturés totaux	0,25	0,09	0,05
Acides gras monoinsaturés totaux	0,22	0,01	0,01
Acides gras polyinsaturés totaux	0,08	0,13	0,08
Acide linoléique	0,07	0,12	0,07
Acide α-linoléique	0,01	0,02	0,01

Source : FAO/INFOODS Food Composition Table for Western Africa (2019) dans Vincent et al. (2020)

Composés antinutritionnels et composition phytochimique de la farine de manioc

Le tubercule de manioc à chair blanche est amer ou sucré. L'amertume dépend de la quantité de composés tels que les tanins et les cyanogènes. Les tubercules de manioc contiennent une forte teneur en glucosides cyanogènes toxiques (HCN > 100 mg/kg), qui doivent être réduits par des procédés technologiques (ébullition, friture, fermentation, séchage, cuisson ou réduction de la taille) pour assurer une consommation sûre de manioc. Malheureusement, ces processus entraînent une perte importante de la teneur en micronutriments, en particulier en vitamines et minéraux (Ayetigbo et al., 2018). La farine et les racines de manioc contiennent également du phytate (1054 mg/100 g PC et 99 mg/100 g PC, respectivement) (Vincent et al., 2020).

La teneur en cyanogène et en tanins des racines de manioc dépend fortement du génotype, de l'emplacement et des conditions environnementales qui, avec les méthodes de production, influent sur les propriétés physico-chimiques et fonctionnelles des produits comestibles (farine et amidon) obtenus à partir du manioc (Ayetigbo et al., 2018).

Tableau 5 : Composés antinutritionnels et composition phytochimique des farines obtenues à partir de neuf variétés de manioc du Nigeria

	Teneur totale en composés phénoliques (mgCAE/g)	Alcaloïdes (%)	HCN (mg/kg)	Flavonoïdes (%)	Tanins (%)
TMS92/0057	0,149 ±0,00	4,35 ±0,006	9,56±0,002	3,82±0,001	0,13±0,002
TMS/1646	0,075 ±00,23	3,50±0,001	12,72±0,003	5,28±0,002	0,15±0,001
TMS/0338	0,102 ±0,02	2,62±0,00	8,14±0,001	3,70±0,001	0,14±0,00
01/0103	0,105 ±0,003	4,18±0,003	10,38±0,002	4,26±0,00	0,07±0,00
NR87/184	0,139 ±0,019	2,90±0,004	12,30±0,00	4,75±0,00	0,12±0,00
TMS94/0330	0,122 ±0,038	3,82±0,001	9,70±0,01	4,19±0,00	0,08±0,00

TMS91/1730	0,086 ±0,013	1,80±0,002	11,30±0,002	4,32±0,00	0,08±0,001
TMS00/0355	0,171 ±0,008	4,23±0,00	10,65±0,003	3,64±0,00	0,10±0,00
TME778	0,174 ±0,008	3,24±0,016	10,35±0,0	3,42±0,002	0,90±0,00

CAE= Chlorogenic acid equivalent. Source : Adapté de Eleazu et al. (2011).

Propriétés fonctionnelles et effets bénéfiques pour la santé de la farine de manioc

La farine de manioc est considérée comme une source efficace d'amidon résistant, qui aurait des effets bénéfiques sur différentes pathologies (diabète, maladies cardiovasculaires et du côlon, obésité), car l'amidon résistant atteint le côlon et sa fermentation par la microflore produit principalement des acides gras à chaîne courte (Pereira et al., 2014). De plus, la farine et l'amidon de manioc sont sans gluten et peuvent être consommés en toute sécurité par les patients cœliaques (Udoro et al., 2021).

Composition nutritionnelle des feuilles de manioc

Le manioc est principalement cultivé pour ses racines alors que les feuilles sont surtout considérées comme un sous-produit disponible toute l'année. Les feuilles de manioc sont consommées comme légume dans au moins 60% des pays d'Afrique subsaharienne, y compris au Nigéria où elles constituent l'une des principales composantes de l'alimentation. Les feuilles de manioc sont riches en protéines (plus riches que les racines), en acides aminés essentiels, en minéraux (particulièrement phosphore, potassium, magnésium, calcium) et en vitamines (vitamines B1, B2, C).

Bien que les feuilles de manioc soient une source de nutriments précieux, elles sont aussi toxiques en raison des glucosides cyanogéniques et de facteurs antinutritionnels comme la teneur élevée en fibres, les tanins et l'acide phytique qui réduisent la biodisponibilité, l'absorption et la digestibilité des nutriments, et peuvent éventuellement avoir des effets toxiques selon la méthode de transformation et la quantité consommée (Latif et Muller, 2015 ; Oresegun et al., 2016).

L'enrichissement d'aliments courants riches en protéines, en micronutriments et en vitamines s'est révélé la stratégie la plus durable et la plus rentable pour accroître la disponibilité de protéines et de micronutriments dans l'alimentation. Les feuilles de manioc sont un candidat important pour de telles interventions et peuvent aider à réduire la malnutrition, comme l'anémie, les carences en vitamine A et en protéines, chez les Nigériens et les Burkinabés (Latif et Muller, 2015).

Tableau 6 : Composition chimique des feuilles de six variétés différentes de manioc du Nigeria

Variété de manioc	Protéines (%)	Humidité (%)	Graisses (%)	Cendres (%)	Glucides (%)	B-carotène (µg/g)
Variété 326	43,95 ± 0,08	6,33 ± 0,01	12,13 ± 0,06	3,76 ± 0,01	33,84 ± 0,11	327,06 ± 19,6
Variété 505	40,19 ± 0,42	9,55 ± 0,1	7,68 ± 0,02	3,88 ± 0,02	38,71 ± 0,32	636,92 ± 9,02
Variété 419	48,85 ± 0,45	6,71 ± 0,13	13,27 ± 0,06	3,87 ± 0,04	27,31 ± 0,56	816,92 ± 8,80
Variété TME 1	42,19 ± 0,03	6,29 ± 0,20	10,25 ± 0,07	5,53 ± 0,03	35,74 ± 0,03	298 ± 5,74
Variété 1,368	44,49 ± 0,35	9,46 ± 0,27	5,59 ± 0,02	3,4 ± 0,01	37,07 ± 0,09	303,74 ± 2,50

Variété 30,572	42,22 ± 0,02	6,27 ± 0,20	10,18 ± 0,07	5,56 ± 0,03	35,16 ± 0,03	298 ± 5,74
-----------------------	--------------	-------------	--------------	-------------	--------------	------------

Source : Oresegun et al. (2016).

Composition phytochimique des feuilles de manioc

Différentes variétés de feuilles de manioc contiennent des substances phytochimiques, des minéraux et des éléments antinutritionnels qui jouent un rôle important dans le développement humain (Ogbuji et David-Chukwu, 2016).

Tableau 7 : Teneur totale en phénolique de cinq feuilles de manioc de génotypes différents. Les valeurs sont données sur la base de matière fraîche

Génotypes	Pays	Teneur totale en polyphénols (mg GAE/100 g)
92/0326	Cameroun	11,04 ± 0,04
96/1414	Cameroun	14,78 ± 0,11
IRAD4115	Cameroun	15,06 ± 0,06
AD	Cameroun	6,20 ± 0,07
EN	Cameroun	11,69 ± 0,09

Source : Koubala et al. (2015)

Tableau 8 : Valeur moyenne de la composition phytochimique des feuilles des variétés de manioc (mg/100g)

Variétés de manioc	Pays	Alcaloïdes	Flavonoïdes	Glycosides cynogéniques	Saponines
TME419	Nigéria	26,03±0,09	54,94±1,51	0,51± 0,05	1,58±0,020
TMS 92/0326	Nigéria	38,33±0,18	48,07±1,09	0,52± 0,05	1,65± 0,25
TMS 92B/0061	Nigéria	38,07± 0,16	58,37±1,61	0,57± 0,05	1,66± 0,25
NR8213	Nigéria	32,63± 0,10	50,92±1,30	0,49± 0,04	1,64± 0,24

Source : Ogbuji and David-Chukwu (2016)

Utilisation des différentes parties de la plante – en tant qu'aliment ou à d'autres fins - et informations sur la transformation

Le manioc est utilisé à la fois comme aliment de base pour l'homme et comme source d'amidon et d'alimentation animale. La farine bouillie obtenue de la transformation des racines est principalement consommée. Très répandu en Afrique, le manioc peut remplacer la farine de blé dans de nombreux produits, y compris le pain et ses dérivés. En outre, l'amidon extrait des racines peut être utilisé comme matière première pour l'industrie alimentaire et au-delà, et pourrait ouvrir de nouvelles voies pour la commercialisation à grande échelle de la culture, tant sur le marché intérieur que sur les marchés d'exportation du Niger et du Burkina.

Utilisation de la farine de manioc dans les procédés alimentaires et industriels

La farine de manioc est un représentant convenable et l'un des produits alimentaires les plus faciles à conserver pour la portion comestible de la racine de manioc hautement périssable.

La farine est le principal produit du manioc (environ 70% de la racine de manioc du Mozambique est utilisée pour produire de la farine). Le caractère agronomique du manioc favorise le faible coût et la disponibilité de sa farine tout au long de l'année. On l'obtient facilement en broyant les racines séchées, alors que le traitement pour obtenir de l'amidon est plus complexe et coûteux (extraction sous forme de lisier de la mouture humide des racines) et on l'utilise déjà pour mettre au point divers aliments comme le pain, les biscuits et les nouilles, sous forme de farine composite ou de farine de base (Udoro et al., 2021). Quelques exemples sont présentés dans le tableau.

Les farines et les poudres d'amidon sont les deux principaux produits primaires à base de racines de manioc commercialisés dans le monde entier. La farine de manioc est préparée à partir de copeaux séchés moulus ou de purée humide. Le moût préparé peut être fermenté ou non fermenté (Shittu et al., 2016).

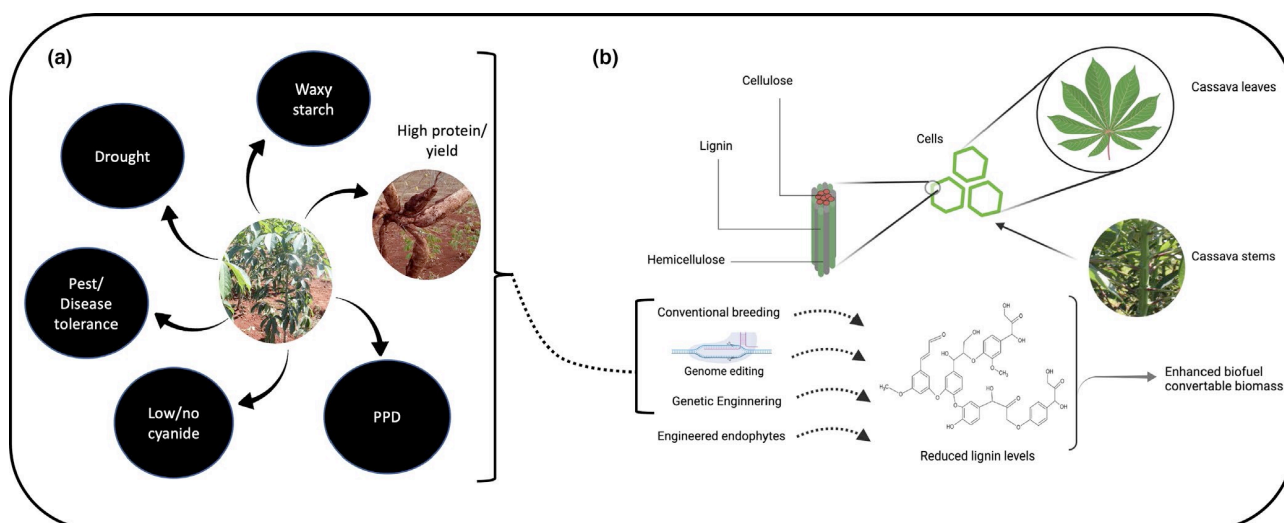
Tableau 9 : Application de farine de manioc (FM) dans divers produits alimentaires à base de farine.

Composition de la farine	Produit alimentaire	Niveau d'inclusion de farine de manioc (FM) (%)	Principales constatations
Provitamine A, FM et farine de blé	Biscuit	10–40	Diminution de la teneur en matières grasses et en protéines du biscuit avec une augmentation des proportions de provitamine A
FM et farine de soja	Biscuit	50	Acceptabilité générale des biscuits à base de farine
FM, blé, maïs, et pois niébé	Pain	5–30	Acceptabilité du pain avec jusqu'à 10% de FM par le panéliste sensoriel
FM et blé	Pain	10–50	FM convient pour remplacer la farine de blé dans la fabrication du pain
FM, farine de riz, concentré de protéines extrudées et poudre de citrouille	Pain plat sans gluten et biscuits	Environ 50	FM convient comme farine de basse pour les produits de boulangerie sans gluten
FM, citrouille et pomme de terre	Gâteau sans gluten	Environ 35	(1:1:1) les mélanges de farine ont de bonnes valeurs nutritionnelles et propriétés sensorielles acceptables
FM	Nouilles	100	FM convient pour remplacer la farine de blé dans la production de nouilles
FM et blé	Nouilles	50–100	acceptabilité comparable à celle des nouilles commerciales

Source : Adapté de Udoro et al. (2021)

Autres utilisations du manioc

Le manioc est une culture potentiellement évolutive à forte biomasse. Comparé à d'autres cultures bioénergétiques potentielles, le manioc s'adapte à des terres peu fertiles et à des conditions climatiques moins favorables comme la sécheresse (Jolayemi & Opabode, 2018). Les biocarburants de première génération sont principalement produits à partir de la fermentation de sucres dérivés de cultures vivrières (Hirani et al., 2018). Les biocarburants de deuxième génération proviennent de cultures non alimentaires (Awogbemi et al., 2021) ou de matières premières lignocellulosiques et de résidus agricoles (Morato et al., 2019). La racine tubéreuse du manioc est la principale partie utilisée à la fois pour le bioéthanol et l'alimentation, ce qui entraîne une concurrence directe. Cependant, les parties de la plante comme la tige ne sont utilisées que comme matériel de plantation, les feuilles étant peu utilisées comme nourriture et les restes des deux sont éliminés après la récolte. Les tiges et les feuilles ont également un potentiel bioénergétique. La tige de manioc contient environ 11,62% d'hémicellulose et 21,43% de cellulose sous forme de sucres fermentescibles sous forme de lignocellulose (Sovorawet & Kongkiattikajorn, 2012). Cela signifie que le manioc peut servir de matière première pour la production de biocarburants de première et de deuxième génération. Le potentiel de production de bioéthanol du manioc est comparable à celui d'autres grandes cultures bioénergétiques comme le maïs (Pradyawong et al., 2018).



Source : Adaptée de Fathima et al., 2022

PPD-détérioration physiologique après récolte

La plupart des microbiomes végétaux contribuent à la tolérance des végétaux aux stress abiotiques et biotiques, ce qui joue un rôle très important dans l'amélioration de la biomasse végétale. Les endophytes les plus fréquents chez le manioc ont été identifiés comme des microbes appartenant aux genres *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Pantoea*, *Escherichia*, *Pseudomonas*, *Serratia*, *Stenotrophomonas*, *Fusarium spp.*, *Aspergillus spp.*, *Lasiodiplodia spp.*, *Nectria pseudotrichia*, *Penicillium citrin* et *Schizophyllum commune* (Hartanti et al., 2021; Leite et al., 2018).

Les endophytes offrent des méthodes respectueuses de l'environnement et rentables pour accroître la productivité de la biomasse tout en rendant la biomasse végétale facilement utilisable pour la production de bioénergie.

En conclusion, les efforts de recherche visant à accroître la productivité du manioc pour l'alimentation humaine et animale, y compris le génie génétique du manioc pour réduire la complexité de l'amidon, l'utilisation d'endophytes pour rendre la biomasse cellulosique de manioc propice à la fermentation en bioénergie et l'édition du génome pour réduire la complexité de la lignine dans les tiges de manioc rendent possible son utilisation pour la production bioénergie, malgré sa production bioénergie.

Contribution à l'emploi

La chaîne de valeur du manioc a un fort potentiel au Burkina Faso et au Niger, mais certains problèmes doivent encore être résolus en identifiant les points clés d'amélioration et les opportunités de marché pour améliorer les moyens de subsistance des petits producteurs et agriculteurs. L'encouragement et la promotion de petites entreprises locales visant à transformer le produit semi-fini du manioc en *attiéké* frais et déshydraté, un aliment de base local largement consommé, est souhaité. Il pourrait être redistribué à un marché local de consommateurs à faible revenu, afin de limiter l'importation de manioc semi-transformé des pays voisins tout en créant des emplois pour les jeunes et les femmes transformant le manioc local (2SCALE, 2022). Il est essentiel de pouvoir s'appuyer sur de nouvelles variétés améliorées, testées au Nigeria voisin, qui produisent 30 tonnes par hectare au lieu des 10 normalement produites dans cette zone et sur l'utilisation de techniques de production durable qui incluent un meilleur accès à l'utilisation des engrais, pesticides et herbicides et une livraison rapide du produit au secteur de la transformation à petite et à grande échelle (NDPI Foundation, 2018).

Références

- Alves AAC. (2002). Cassava botany and physiology. In Cassava: Biology, Production and Utilization; Hillocks RJ, Thresh JM, Bellotti A C. Eds.; CABI Publishing: Oxon, UK, pp 67–89,
- Ayetigbo O, Latif S, Abass A, Müller J. (2018). Comparing Characteristics of Root, Flour and Starch of Biofortified Yellow-Flesh and White-Flesh Cassava Variants, and Sustainability Considerations: A Review. *Sustainability*. 10, 3089. doi: 10.3390/su10093089
- Awogbemi, O., Von Kallon, D. V., Onuh, E. I., & Aigbodion, V. S. (2021). An overview of the classification, production and utilization of biofuels for internal combustion engine applications. *Energies*, 14(18), 5687. <https://doi.org/10.3390/en14185687>
- Burns, A., Gleadow, R., Cliff, J., Zacarias, A., & Cavagnaro, T. (2010). Cassava: the drought, war and famine crop in a changing world. *Sustainability*, 2(11), 3572-3607.
- Ceballos, H., & Cruz A, (2012). Cassava taxonomy and morphology. In Ospina B, Ceballos H, editors. Cassava in the third millennium: modern production, processing, use, and marketing systems. Cali, CO: 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); 2012. pp. 15-28.
- Cliff J, Coutinho J, (1995). Acute intoxication from newly-introduced cassava during drought in Mozambique. *Trop. Doct.* 25, 193–193. DOI: 10.1177/004947559502500424

- Eleazu CO, Amajor JU, Ikpeama AI, Awa E. (2011). Studies on the nutrient composition, antioxidant activities, functional properties and microbial load of the flours of 10 elite cassava (*Manihot esculenta*) varieties. *Asian J. Clin. Nutr.* 3, 33–39. doi: 10.3923/ajcn.2011.33.39
- Hartanti, A. T., Susanti, F. N., Prasasty, V. D., & Radiastuti, N. (2021). Culturable endophytic fungal diversity in cassava tubers of Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(3), 1250–1260. <https://doi.org/10.13057/biodi.v/d220322>
- Hirani, A. H., Javed, N., Asif, M., Basu, S. K., & Kumar, A. (2018) A review on first-and second-generation biofuel productions. In A. Kumar, S. Ogita, & Y. Y. Yau (Eds.), *Biofuels: Greenhouse Gas Mitigation and Global Warming* (pp. 141–154). Springer. https://doi.org/10.1007/978-81-322-3763-1_8
- Jolayemi, O. L., & Opabode, J. T. (2018). Responses of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) varieties to in vitro mannitol-induced drought stress. *Journal of Crop Improvement*, 32(4), 566–578. <https://doi.org/10.1080/15427528.2018.147143>
- Koubala BB, Laya A, Massai H, Kouninki H, Nukenine EN. (2015). Physico-chemical Characterization Leaves from Five Genotypes of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Consumed in the Far North Region (Cameroon). *Am. J. Food Technol.* 3, 40-47. doi: 10.12691/ajfst-3-2-3
- Latif S, Muller J. (2015). Potential of cassava leaves in human nutrition: A review. *Trends Food Sci Technol.* 44, 147-158. doi: 10.1016/j.tifs.2015.04.006
- Leite, M. Pereira, A., Souza, A. J. D., Andreote, F. D., Freire, F. J., & Sobral, J. K. (2018). Bioprospection and genetic diversity of endophytic bacteria associated with cassava plant. *Revista Caatinga*, 31(2), 315–325. <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n207rc>
- Morato, T., Vaezi, M., & Kumar, A. (2019). Assessment of energy production potential from agricultural residues in Bolivia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 102, 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.11.032>
- Muller, J., & Almedom, A. M. (2008). What is “famine food”? Distinguishing between traditional vegetables and special foods for times of hunger/scarcity (Boumba, Niger). *Human Ecology*, 36(4), 599-607.
- NDPI Foundation (2018). Cassava value chain analysis. Retrieved from <https://ndpifoundation.org/wp-content/uploads/2018/09/Cassava-Value-Chain-Analysis.pdf>. Accessed May 12, 2022.
- Ogbuji CA, David-Chukwu NP. (2016). Phytochemical, Antinutrient and Mineral Compositions of Leaf Extracts of Some Cassava Varieties. *J. Environ. Sci. Toxicol. Food Technol.* 10, 4. doi: 10.9790/2402-10110508
- Onyango SO, Abong GO, Okoth MW, Kilalo DC, Mwang'ombe AW. (2021). Effect of pre-treatment and processing on nutritional composition of cassava roots, millet, and cowpea leaves flours. *Front. Sustain. Food Syst.* 5, Article 625735. doi: 10.3389/fsufs.2021.625735
- Oresegun A, Fagbenro OA, Ilona P, Bernard E. (2016). Nutritional and anti-nutritional composition of cassava leaf protein concentrate from six cassava varieties for use in aqua feed. *Cogent Food & Agriculture*, 2, 1147323. doi: 10.1080/23311932.2016.1147323

- Pereira BLB, Leonel M. (2014). Resistant starch in cassava products. *Food Sci Technol*. 34, 298–302. doi: 10.1590/fst.2014.0039
- Pradyawong, S., Juneja, A., Sadiq, M. B., Noomhorm, A., & Singh, V. (2018). Comparison of cassava starch with corn as a feedstock for bioethanol production. *Energies*, 11(12), 3476. <https://doi.org/10.3390/en11123476>
- Saidou, M., Toudou, A., Chaibou, G., Moumouni, S., Seybou, B., & Abdou, Z. (2011). Combining farmers' documentation and adult literacy in Niger. In L. van Veldhuizen, A. Waters-Bayer, C. Wettasinha, W. Hiemstra (Eds.), *Farmer-Led Documentation: learning from ProInnova experiences. A booklet in the series on Promoting Local Innovation (ProInnova)*. Silang, Cavite, Philippines: IIRR/Leusden: ProInnova International Secretariat, ETC AgriCulture. ISBN: 1-930261-30-6.
- Shittu TA, Alimi BA, Wahab B, Sanni LO, Abass AB. (2016). Cassava Flour and Starch: Processing Technology and Utilization. In *Tropical Roots and Tubers* (eds H.K. Sharma, N.Y. Njintang, R.S. Singhal and P. Kaushal). doi: 10.1002/9781118992739.ch10a
- Sovorawet, B., & Kongkiattikajorn, J. (2012). Bioproduction of ethanol in separate hydrolysis and fermentation and simultaneous saccharification and fermentation from cassava stalks. *Journal of Food Science and Engineering*, 2(2), 80. <https://doi.org/10.17265/2159-5828/2012.02.003>
- Udoro E, Gbadamosi O, Taiwo K. (2013). Studies on the production and utilization of dried cassava chips as human food. In *Using Food Science and Technology to Improve Nutrition and Promote National Development. International Union of Food Science & Technology*: Guelph, ON, Canada
- Udoro EO, Anyasi TA, Jideani AIO. (2021). Process-induced modifications on quality attributes of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) flour. *Processes*, 9, 1891. doi: 10.3390/pr9111891
- Vincent A, Grande F, Compaoré E, Amponsah Annor G, Addy PA, Aburime LC, Ahmed D, Bih Loh AM, Dahdouh Cabia S, Deflache N, Dembélé FM, Dieudonné B, Edwige OB, Ene-Obong HN, Fanou Fogny N, Ferreira M, Omaghomi Jemide J, Kouebou PC, Muller C, Nájera Espinosa S, Ouattara F, Rittenschober D, Schönfeldt H, Stadlmayr B, van Deventer M, Razikou Yiagnigni A & Charrondiére UR. (2020). *FAO/INFOODS Food Composition Table for Western Africa (2019) User Guide & Condensed Food Composition Table / Table de composition des aliments FAO/INFOODS pour l'Afrique de l'Ouest (2019) Guide d'utilisation & table de composition des aliments condensée*. Rome, FAO.
- 2SCALE (2022). Improving product quality reaps rewards for NanAlim in Burkina Faso. Retrieved from <https://www.2scale.org/en/updates/improving-product-quality-reaps-rewards-for-nanalim-in-burkina-faso-en>. Accessed May 12, 2022.