



Journal Homepage: - www.journalijar.com

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI:10.21474/IJAR01/20881

DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/20881>



RESEARCH ARTICLE

PREMIERS RESULTATS SUR L'AMELIORATION DES PERFORMANCES AGRO-MORPHOLOGIQUES DU MANIOC (MANIHOT ESCULENTACRANTZ) PAR LA FERTILISATION ORGANO-MINERALE DANS LA ZONE OUEST DU BURKINA FASO

Olivier Djindière¹, Adèle Rayangnéwendé Ouédraogo^{1,2} and Kalifa Coulibaly¹

1. Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité du sol et les Systèmes de Production (LERF-SP), Université Nazi BONI (UNB) ; BP 1091, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

2. Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies 03, BP 7047, Ouagadougou 03, Burkina Faso.

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 22 February 2025

Final Accepted: 25 March 2025

Published: April 2025

Key words: -

Compost, growth, yield, tuber, cassava, Burkina Faso.

Abstract

Cassava responds favorably to fertilization and yields can be greatly improved under optimal soil fertility conditions. Unfortunately, the response of this crop to fertilization has not yet been investigated in Burkina Faso. With the aim of proposing a cassava fertilization formula to growers, a completely randomized Fisher block design with eight (08) treatments and four (04) replications was set up in the Cascades region. The treatments, which involved varying the density of cuttings, fertilizer and/or compost doses, are presented as follows: PP (farmers practice): (spacing 1 m x 0.75 m) + 100 kg/ha (NPK) + 50 kg/ha (Urea) + 2 t/ha (compost); T0: (spacing 1 m x 1 m) + zero fertilizer; T1: (spacing 1 m x 1 m) + 150 kg/ha (NPK); T2: (spacing 1 m x 1 m) + 300 kg/ha (NPK); T3: T1 + 4 t/ha (compost); T4: T2 + 8 t/ha (compost); T5: (1 m x 0.75 m) + 150 kg/ha (NPK) + 4 t/ha (compost); T6: (1 m x 0.75 m) + 300 kg/ha (NPK) + 8 t/ha (compost). Data were collected on cassava growth and yield parameters. The study showed that treatment T4 favored growth in diameter (21.36 cm) and height (152.35 cm) of cassava plants. The same treatment produced the largest (46.10 mm) and longest tubers (39.80 cm). Increases in fresh tuber yield of 28.56% (T5) to 132.15% (T4) compared with the farmers' practice (PP) were observed in the case of organo-mineral fertilization. Organo-mineral fertilization (8t/ha (compost)+300 kg/ha (NPK)) could therefore contribute to improving cassava production on the farm in Burkina Faso in the medium to long term.

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

Introduction: -

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) est une plante semi-pérenne, appartenant à la famille des Euphorbiacées (Ballot et al., 2018). Avec une production mondiale totale de 333,68 millions de tonnes en 2023, c'est l'une des cultures vivrières les plus importantes consommées à travers le monde (Djinadou et al., 2018 ; FAO, 2024). Sous les

Corresponding Author: -Olivier Djindière

Address:-Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité du sol et les Systèmes de Production (LERF-SP), Université Nazi BONI (UNB) ; BP 1091, Bobo-Dioulasso, Burkina

tropiques, il constitue la troisième plus grande source de glucides, après le riz et le maïs et la deuxième source alimentaire en termes de calories consommées par habitant (Biratu et al., 2018 ; Adunoye et al., 2022). Cultivé principalement pour ses racines tubéreuses, les feuilles de manioc sont aussi consommées et sont riches en protéines et en vitamines B1, B2 et C (Mabossy-Mobouna et Malaisse, 2021). Comparé à d'autres cultures bioénergétiques potentielles comme les céréales, le manioc est également une plante très facile à cultiver, qui s'adapte aux sols peu fertiles et aux conditions de sécheresse extrême (Jolayemi et Opabode, 2018). Le manioc constitue donc une excellente source de calories facilement accessible pour les populations, surtout celles d'Afrique qui sont généralement confrontées à des problèmes de sous-alimentation et de carence alimentaire (Kosh-Komba et al., 2021). Sur ce continent, environ 90 % du manioc produit est en effet utilisé comme aliment de base (Djinadou et al., 2018), fournissant ainsi près de 37 % des besoins énergétiques alimentaires d'environ 500 millions de personnes (Vernier et al., 2018 ; Konan, 2021). Tout comme dans les autres pays d'Afrique, au Burkina Faso, l'importance du manioc dans la lutte contre l'insécurité alimentaire et la réduction des problèmes de malnutrition au sein de la population n'est plus à démontrer. Sa culture fournit en effet d'importantes calories à la population, sans compter les revenus additionnels provenant de la transformation et/ou de la vente des tubercules (Lingani et al., 2021). Dans les régions à forte production, les feuilles permettent également de compenser partiellement la pauvreté en matière azotée des régimes alimentaires (MAAH, 2019). Par ailleurs, l'utilisation du manioc comme matière première dans l'industrie alimentaire burkinabé pourrait ouvrir de nouvelles voies pour la commercialisation à grande échelle du manioc, tant sur le marché interne qu'à l'export (Grazioli et al., 2022). Malgré son importance, la production nationale de manioc ne parvient toujours pas à couvrir les besoins des burkinabés. Un déficit de plus de 14 000 tonnes de tubercules frais de manioc a été enregistré au niveau national en 2019 rien que pour la demande de manioc destinée à la transformation (MAAH, 2019). Ces déficits sont le plus souvent comblés par l'importation de dérivés de manioc, comme la pâte de manioc et l'attiéké (MAAH, 2019). En 2013, les importations étaient estimées entre 8 et 12 milliards de francs CFA (MAAH, 2018). En 2019, environ 4 247 tonnes de pâte de manioc et 522 tonnes d'attiéké seraient entrées au Burkina Faso (Konan, 2021).

Face à la demande croissante en manioc et ses dérivés, plusieurs actions et études ont été entreprises au Burkina Faso afin d'accroître la production nationale de cette culture. Celles-ci ont spécifiquement porté sur la caractérisation variétale, l'introduction de variétés plus productives, l'étude des maladies qui affectent la culture du manioc, ainsi que sur la transformation des tubercules de manioc (Guira et al., 2017 ; Gmakouba et al., 2018 ; Soro et al., 2021 ; Lingani et al., 2021). Malgré ces efforts, le rendement moyen en tubercules frais de manioc (15,71 t/ha en 2023) au niveau national, reste faible comparativement aux rendements potentiels (45 t/ha) de la plupart des variétés de manioc recommandées par la recherche au Burkina Faso (Dabiré, 2015 ; Gmakouba et al., 2018). Il convient donc d'explorer d'autres pistes qui pourraient contribuer à accroître les rendements et dynamiser la production de manioc au Burkina Faso. Dans ce sens, plusieurs études ont montré que la fertilisation constitue l'un des moyens utilisés dans les pays côtiers où le manioc est le plus cultivé en Afrique pour garantir la durabilité des systèmes de cultures à base de manioc (Ballot et al., 2016 ; Ognalaga et al., 2017 ; Kasereka Masimengo et al., 2024). A cet effet, Kasereka Masimengo et al. (2024) au Congo ont obtenu des rendements de plus de 40 t/ha de tubercules frais de manioc avec la fertilisation organo-minérale. Avec l'application de 112,5 kg N/ha + 108 kg P₂O₅/ha + 120 kg K₂O/ha, des rendements de plus de 80 tonnes/ha de tubercules frais de manioc ont également été atteints en Indonésie (Wahyuningsih et al., 2023). Au Mali, un accroissement de près de 133 % des rendements en tubercules frais de manioc a été observé avec l'application de 300 kg/ha de NPK par rapport à des parcelles non fertilisées (Macalou et al., 2018). En étudiant les caractéristiques variétales de 34 accessions de manioc au Burkina Faso, Gmakouba et al. (2018) ont obtenu des variations de rendements de 6,05 t/ha (accessions moins productives) à 34 t/ha (accessions très productives) avec l'apport de 200 kg/ha de NPK (15 15 15). Toujours au Burkina Faso, Dabiré (2015) recommandait également au cours de ses travaux de sélection variétales d'apporter 100 kg/ha d'urée, 100 kg/ha de superphosphate triple (TSP) et 180 kg/ha de chlorure de potassium (KCl) en association avec 10 à 20 t/ha de compost ou du fumier pour mieux réussir la culture du manioc. La fertilisation, en particulier organo-minérale, pourrait donc contribuer à accroître la production du manioc au Burkina Faso en raison de ses effets bénéfiques sur les paramètres physico-chimiques et biologiques du sol (Bassolé et al., 2023). En effet, bien que le manioc soit une plante rustique qui tolère les sols marginaux, y compris les plus pauvres en nutriments, l'amélioration de la fertilité du sol augmente sa croissance et sa productivité (Subékti et al., 2021). C'est dans ce sens qu'une étude a été initiée en 2023, dans le but d'accroître la production nationale du manioc, à travers la fertilisation organo-minérale combinées à des écartements de bouturage approprié.

Matériels et méthodes :

Site d'étude

L'étude a été conduite à Takalédougou, un village situé à une dizaine de kilomètres de Banfora, chef-lieu de la région des Cascades à l'ouest du Burkina Faso (Figure 1). Les coordonnées géographiques du site expérimental sont de 10° 51' 46"N et 5° 14' 42"W. Caractérisée par un climat de type sud-soudanien, la région des Cascades est l'une des régions les mieux arrosées du pays, avec des précipitations totales de 1199,2 mm et des températures moyennes mensuelle qui ont oscillé entre 26,5 et 31,2 °C en 2023 (SN-SOSUCO, 2025). Ces conditions climatiques privilégiées font de cette région l'une des principales zones de production de manioc au Burkina Faso (Gmakouba et al., 2018) et du village de Takalédougou, l'un des villages où cette production est la plus importante dans la région des Cascades. Les savanes boisées et les forêts claires de 15 à 20 m de hauteur, entrecoupées de galeries forestières sont les formations végétales dominantes dans la zone (Fontès et Guinko, 1995 ; IFN, 2018). En ce qui concerne les sols, les plus rencontrés dans cette partie du pays sont les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés ou lessivés sur des matériaux sableux, sablo-argileux ou argileux (Pallo et al., 2008). Au Burkina Faso, ces types de sols se caractérisent surtout par une faible teneur en matière organique, en azote et en phosphore, ainsi que par une forte acidité et une faible capacité d'échange cationique (Bacyé et al., 2019 ; Bassolé et al., 2023).

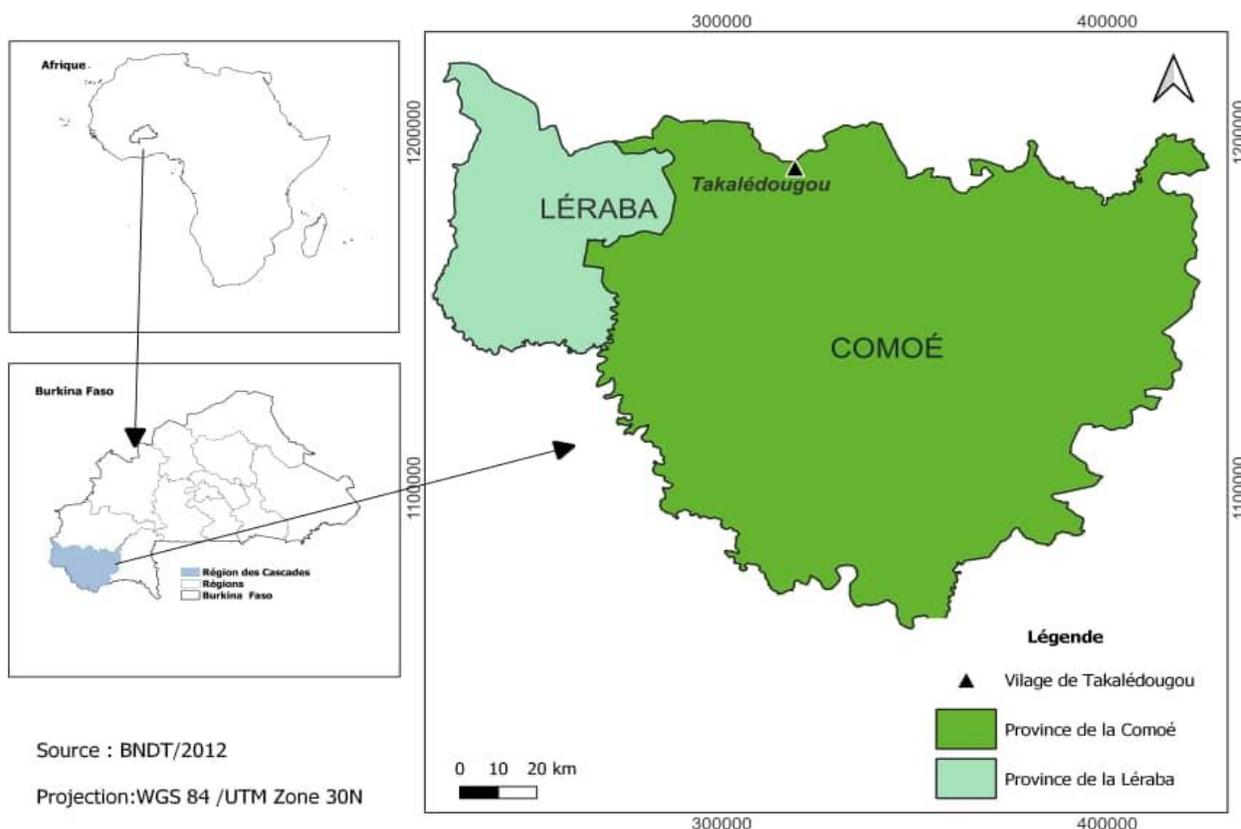


Figure 1 : Localisation du village de Takalédougou

Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé était constitué de boutures de tiges de manioc, soigneusement découpées en petits morceaux d'environ 20 cm après avoir éliminé au préalable les extrémités basales et apicales. La variété 92/0427, d'origine nigériane, adoptée par l'INERA/Burkina Faso en raison de son adaptabilité aux conditions pédoclimatiques du Burkina Faso et de son rendement potentiel élevé (30 à 40 t/ha) (MASA et al., 2014 ; Dabiré, 2015) a été utilisée. Il s'agit de la variété la plus cultivée dans la zone d'étude. Avec un cycle bouturage-maturité qui varie de 6 à 12 mois, cette variété peut être cultivée au Burkina Faso entre les isohyètes 700 et 800 mm (Dabiré, 2015). La tige et la chair du tubercule de cette variété sont de couleur blanche.

Fertilisants utilisés

La fumure minérale utilisée était constituée de l'engrais complexe NPK de formulation 15-15-15 et de l'urée (46 % N). Ces engrais ont été achetés sur place auprès d'une coopérative de producteurs de manioc dans le village de Takalédougou.

Le substrat organique utilisé était du compost dont la composition chimique à maturité est indiquée dans le Tableau I. Il a été produit dans le cadre de l'étude, à partir de résidus de culture (paille de riz et paille de canne à sucre) et de déjections bovines à travers la technique de compostage en tas.

Tableau I: Composition chimique du compost à maturité

Paramètres	pH-eau	C_organique (%)	N-total (%)	C/N	P_total mg/kg	K_total mg/kg
Compost	9,79	12,02	0,74	16,33	8 044,65	9 953,53

N: Azote ; C: Carbone ; P: Phosphore ; K: Potassium

Méthodes :

Dispositif expérimental et formulation des traitements

Le dispositif expérimental était constitué de blocs de Fisher complètement randomisés, avec huit (08) traitements (Tableau II) et quatre (04) répétitions ou blocs. Au total 32 parcelles élémentaires (PE) de dimensions 5 m x 4 m soit une superficie de 20 m² chacune ont été délimitées. La distance entre les blocs, ainsi que celle entre les parcelles élémentaires, était d'un mètre (1 m). L'essai a été mis en place durant la campagne agricole 2023-2024.

Tableau II: Liste des traitements

Traitements	Composition
PP	D2 + 100 kg/ha (NPK) + 50 kg/ha (Urée) + 2 t/ha (compost)
T0	D1 + zéro fertilisant
T1	D1 + 150 kg/ha (NPK)
T2	D1 + 300 kg/ha (NPK)
T3	D1 + 150 kg/ha (NPK) + 4 t/ha (compost)
T4	D1 + 300 kg/ha (NPK) + 8 t/ha (compost)
T5	D2 + 150 kg/ha (NPK) + 4 t/ha (compost)
T6	D2 + 300 kg/ha (NPK) + 8 t/ha (compost)

Légende : D1 : écartement de bouturage de 1 m entre les lignes et entre les plantes de manioc ; D2 : écartement de 1 m entre les lignes et 0,75 m entre les plantes de manioc ; PP : Pratique paysanne.

Les doses des fertilisants formulés ont été définies en fonction des quantités moyennes de fumure organo-minérale apportées à la culture du manioc par les producteurs de la zone d'étude, mais aussi en référence aux quantités de fumure minérale et/ou organique apportées à cette culture au cours des travaux de sélection variétale au Burkina Faso (Dabiré, 2015 ; Gmakouba et al., 2018) et aux quantités de fumure organo-minérale recommandées pour cette culture dans d'autres pays de la sous-région (Ballot et al., 2016 ; Ognalaga et al., 2017 ; Makalou et al., 2018). Concernant les écartements de bouturage, celui de 1 m x 1 m représente l'écartement recommandé par la recherche en matière de bouturage du manioc (Vernier et al., 2018), tandis que celui de 1 m x 0,75 m correspond à l'écartement de bouturage en milieu paysan dans la zone d'étude.

Conduite de l'essai

Un labour à plat d'environ 30 cm de profondeur, réalisé à l'aide d'une traction bovine, a marqué le début des opérations culturales. A la suite du labour, un épandage suivi d'enfouissement à la daba du compost a été effectué en fonction des traitements. Le bouturage proprement dit a été fait manuellement une semaine après l'épandage du compost, à la suite d'une pluie abondante, à raison d'une bouture par emplacement aux écartements de 1 m x 1 m, soit 10 000 plantes/ha, et de 1 m x 0,75 m, soit 13 333 plantes/ha. À la levée, les rejets de souches ont été détruits manuellement en ne laissant que deux plantes (tiges) par poquet. La dose de NPK a été apportée au poquet tout autour des plantes en trois fractions. Le premier tiers a été appliqué au bout d'un mois de bouturage, le second à deux mois et le dernier à dix mois après le bouturage. Dans le cas de la pratique paysanne, la nutrition minérale des plantes a consisté à apporter du compost et du NPK au premier mois après le bouturage, puis de l'urée au dixième mois, aux pieds des plantes. Pour l'entretien des parcelles, trois sarclages manuels ont été réalisés respectivement au 1^{ème}, 2^{ème} et au 10^{ème} mois après le bouturage, au cours desquels les rejets supplémentaires ont été détruits à la main. La récolte a été faite au 12^{ème} MAB.

Mesure des paramètres agro-morphologiques

Les mesures ont concerné les paramètres de croissance et de rendement. Les paramètres de croissance mesurés étaient le diamètre au collet et la hauteur des plantes. Quant aux paramètres de rendement, ils ont porté sur les composantes de rendement telles que le nombre de tubercules par plante, le poids moyen des tubercules, le diamètre et la longueur des tubercules et le rendement en tubercules frais. Pour les mesures des paramètres de croissance, douze plantes de manioc ont été sélectionnées et marquées sur les poquets centraux de chaque parcelle élémentaire (PE) afin d'éviter les effets de bordure. Les mesures de hauteur ont été réalisées du collet à l'extrémité supérieure de la dernière feuille apicale à l'aide d'une planche graduée au 10^{ème} mois après bouturage (MAB). A la même date, les diamètres au collet des plantes ont été mesurés à l'aide d'un pied à coulisse manuel. En ce qui concerne les rendements en tubercules frais à la récolte, ils ont été évalués sur les six plantes centrales (poquets) de chaque PE selon la formule : $Rdmt (t/ha) = (NMT) \times (PMT) \times (NP/ha) \times 10^{-6}$ où Rdmt = rendement en tubercules frais ; PMT = poids moyen (g) d'un tubercule ; NMT = nombre moyen de tubercules par plante ; NP/ha = nombre de plantes par hectare ; 10^{-6} = facteur de conversion du rendement en t/ha. À cet effet, le nombre de tubercules commercialisables des six plantes centrales (poquets) de chaque PE a été compté séparément, puis pesé pour déterminer le poids moyen par tubercule. Ensuite, parmi les tubercules pesés, douze ont été choisis de façon aléatoire dans chaque PE pour les mesures de longueur et de diamètre. À l'aide d'une règle, la longueur de chaque tubercule a été mesurée de la base au sommet. Pour le diamètre, les mesures ont été prises aux deux extrémités et au centre de chaque tubercule à l'aide d'un pied à coulisse manuel. Quant au nombre de plantes par hectare, il a été estimé en comptant, à la récolte, le nombre total de plantes survivantes sur chaque PE (20 m²).

Analyses statistiques des données

Les données des paramètres agro-morphologiques collectées ont été analysées à l'aide du logiciel XLSTAT 2016. L'analyse de variance (ANOVA) à un facteur a été utilisée à cet effet. Au préalable, la normalité de ces données a été vérifiée à travers le test de Shapiro-Wilk. A l'issue de l'ANOVA, les moyennes des différents traitements ont été séparées par le test de Student Newman-Keuls au seuil de significativité de 5 %.

Résultats :

Variation de la hauteur et du diamètre moyens des plantes de manioc selon les fumures

Le Tableau III présente les résultats de la croissance des plantes de manioc au 10^{ème} mois après le bouturage (MAB) en fonction des traitements appliqués. Les plantes les plus hautes (197,60±43,76 cm) et ayant les plus gros diamètres au collet (27,99±3,27 mm) ont été observés avec le traitement T4. Par contre, les faibles croissances en hauteur (108,25±18,40 cm) et les plus petits diamètres au collet des plantes (13,67±1,99 mm) ont été enregistrés avec le traitement témoin T0 suivi de la pratique paysanne qui a enregistré des hauteurs et des diamètres respectifs de 136,40±18,30 cm et 17,09±1,62 mm. L'analyse de variance a montré des différences très hautement significatives (P=0,000) entre les traitements aussi bien pour la hauteur que pour le diamètre au collet des plantes.

Tableau III: Hauteur et diamètre moyens des plantes de manioc en fonction des traitements 10^{ème}MAB

Traitements	Hauteur (cm)	Diamètre (mm)
PP	136,40 ^d ±18,30	17,09 ^f ±1,62
T0	108,25 ^e ±18,40	13,67 ^g ±1,99
T1	140,43 ^d ±12,63	18,82 ^e ±2,01
T2	164,84 ^c ±19,02	21,52 ^d ±2,64
T3	178,62 ^b ±23,33	22,85 ^c ±2,61
T4	197,60 ^a ±43,76	27,99 ^a ±3,27
T5	145,03 ^d ±20,51	19,04 ^e ±2,52
T6	172,11 ^{bc} ±15,02	23,98 ^b ±3,00
Pr> F	0,000	0,000
Signification	THS	THS

Les valeurs affectées de la même lettre dans la même colonne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon le test de Newman et Keuls.

Légende : PP : (écartement 1 m x 0,75 m) + 100 kg/ha (NPK) + 50 kg/ha (Urée) + 4 t/ha (compost) ; T0 : (1 m x 1 m) + zéro fertilisant ; T1 : (écartement 1 m x 1 m) + 150 kg/ha (NPK) ; T2 : (écartement 1 m x 1 m) + 300 kg/ha

(NPK) ; T3 : T1 + 4 t/ha (compost) ; T4 : T2 + 8 t/ha (compost) ; T5 : (écartement 1 m x 0,75 m) + 150 kg/ha (NPK) + 4 t/ha (compost) ; T6 : (1 m x 0,75 m) + 300 kg/ha (NPK) + 8 t/ha (compost) ; Pratique paysanne ; THS : Très hautement significative ; MAB : Mois après bouturage ; Pr : Probabilité.

Effets des fumures sur la longueur et le diamètre moyens des tubercules de manioc

La longueur et le diamètre moyens des tubercules de manioc ont varié différemment en fonction des fumures apportées (Tableau IV). Les traitements T4 et T6 ont enregistré les plus longs tubercules avec 39,80±6,31 cm et 37,20±6,21 cm respectivement alors que le traitement T0 présentait les tubercules les plus courts (21,65±4,58 cm). Pour les diamètres des tubercules, ils ont varié de 27,31±4,15 mm (T0) à 46,10±3,91 mm (T4). Parmi les parcelles fertilisées, la pratique paysanne présentait les plus faibles valeurs en ce qui concerne la longueur (28,01± 5,11 cm) et le diamètre (32,78 ± 6,99 cm) moyens des tubercules. L'analyse de variance a présenté des différences très hautement significatives (P=0,000) entre les traitements pour les deux paramètres considérés.

Tableau IV: variation de la longueur et du diamètre moyens des tubercules de manioc en fonction des traitements

Traitements	Longueur/tubercules (cm)	Diamètre/tubercules (mm)
PP	28,01 ^d ±5,11	32,78 ^d ±6,99
T0	21,65 ^e ±4,58	27,31 ^e ±4,15
T1	28,31 ^d ±4,42	38,64 ^c ±5,46
T2	34,95 ^{bc} ±4,89	40,46 ^{bc} ±8,56
T3	35,17 ^{bc} ±6,47	42,64 ^b ±8,64
T4	39,80 ^a ±6, 31	46,10 ^a ±3,91
T5	32,48 ^c ±6,43	38,27 ^c ±8,41
T6	37,20 ^{ab} ±6,21	42,22 ^b ±7,54
Pr> F	0,000	0,000
Signification	THS	THS

Les valeurs affectées de la même lettre ou des mêmes lettres dans la même colonne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon le test de Newman et Keuls.

Légende : PP : (écartement 1 m x 0,75 m) + 100 kg/ha (NPK) + 50 kg/ha (Urée) + 4 t/ha (compost) ; T0 : (écartement 1 m x 1 m) + zéro fertilisant ; T1 : (écartement 1 m x 1 m) + 150 kg/ha (NPK) ; T2 : (écartement 1 m x 1 m) + 300 kg/ha (NPK) ; T3 : T1 + 4 t/ha (compost) ; T4 : T2 + 8 t/ha (compost) ; T5 : (écartement 1 m x 0,75 m) + 150 kg/ha (NPK) + 4 t/ha (compost) ; T6 : (écartement 1 m x 0,75 m) + 300 kg/ha (NPK) + 8 t/ha (compost) ; PP : Pratique paysanne ; THS : Très hautement significative ; Pr : Probabilité.

Effets des fertilisants sur le nombre de tubercules par plante et le poids moyen des tubercules

Le nombre de tubercules par plante et le poids moyen des tubercules ont respectivement varié de 3,79 ± 0,76 tubercules/plante et 289,84 ± 69,67 g/tubercule (T0) à 9,89 ± 0,82 tubercules/plante et 445,75 ± 71,03 g/tubercule (T4). La pratique paysanne avec 5,25 ± 1,27 tubercules/plante, présentait la plus faible valeur comparativement aux traitements à base de fertilisation. En ce qui concerne le poids moyen par tubercule, excepté le traitement T1 avec 318,10 ± 52,59 g/tubercule, la pratique paysanne avec 336,94 ± 57,56 g/tubercule, présentait également la plus faible valeur, comparée à l'ensemble des traitements à base de fertilisants. Les résultats de l'analyse de variance ont indiqué des différences très hautement significatives (P=0,000) entre les traitements pour le nombre de tubercules par plante et des différences significatives (P=0,019) pour le poids moyen des tubercules au seuil de 5 % (Tableau V).

Tableau V: variation du nombre de tubercules par plante et du poids moyens des tubercules selon les traitements

Traitements	NMT	PMT (g/tubercule)
PP	5,25 ^d ±1,27	336,94 ^{bc} ±57,56
T0	3,79 ^e ±0,76	289,84 ^c ±69,67
T1	6,46 ^{bcd} ±0,72	318,10 ^{bc} ±52,59
T2	7,63 ^{bc} ±1,25	378,96 ^{ab} ±51,92
T3	7,17 ^{bc} ±0,78	397,85 ^{ab} ±41,61
T4	9,89 ^a ±0,82	445,75 ^a ±71,03
T5	6,00 ^{cd} ±0,59	346,30 ^{bc} ±40,54
T6	7,83 ^b ±0,47	388,92 ^{ab} ±23,21
Pr> F	0,000	0,019
Signification	THS	S

Les valeurs affectées de la même lettre ou des mêmes lettres dans la même colonne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon le test de Newman et Keuls.

Légende : PP : (1 m x 0,75 m) + 100 kg/ha (NPK) + 50 kg/ha (Urée) + 4 t/ha (compost) ; T0 : (1 m x 1 m) + zéro fertilisant ; T1 : (1 m x 1 m) + 150 kg/ha (NPK) ; T2 : (1 m x 1 m) + 300 kg/ha (NPK) ; T3 : T1 + 4 t/ha (compost) ; T4 : T2 + 8 t/ha (compost) ; T5 : (1 m x 0,75 m) + 150 kg/ha (NPK) + 4 t/ha (compost) ; T6 : (1 m x 0,75 m) + 300 kg/ha (NPK) + 8 t/ha (compost) ; Pratique paysanne ; THS : Très hautement significative ; S : Significative ; NMT : Nombre moyen de tubercules par plante ; PMT : Poids moyen des tubercules ; Pr : Probabilité.

Effets des fumures sur les rendements en tubercules frais de manioc

Le Tableau VI présente l'effet des traitements sur les rendements en tubercules frais de manioc. Les rendements moyens les plus élevés (29,67 ± 5,24 t/ha) ont été enregistrés avec le traitement T4, tandis que les plus faibles (5,39 ± 1,92 t/ha) ont été observés avec le traitement T0. De façon comparative, le traitement T3 bouturé à 1 m x 1 m a enregistré un rendement moyen de 2,4 t/ha de plus que le traitement T5 bouturé à 1 m x 0,75 m bien qu'ils aient reçu les mêmes doses de fertilisants (4 t/ha de compost + 150 kg/ha (NPK)). Il en était de même pour le traitement T4 (1 m x 1 m) qui a permis d'avoir 4,54 t/ha de plus que le traitement T6 (1 m x 0,75 m) malgré les mêmes quantités de fertilisants (8 t/ha de compost + 300 kg/ha de NPK) reçues. En ce qui concerne les taux d'accroissement des rendements, les valeurs les plus élevées ont été constatées avec la forte dose de fertilisants (T4, T6) et la dose intermédiaire (T3), qui ont permis d'accroître respectivement les rendements en tubercules frais de 450 %, 366 % et 249,35 % de plus que le traitement témoin T0. Par rapport à la pratique paysanne, les mêmes traitements T4, T6 et T3 ont également permis d'augmenter les rendements de 130,28 % ; 96,63 % et 47,34 % respectivement. Des différences de rendements très hautement significatives (P = 0,000) ont été mises en évidence entre les traitements à l'issue de l'analyse de variance au seuil de 5 %.

Tableau VI: Effets des fertilisants sur le rendement en tubercules frais et de manioc

Traitements	Rendements en tubercules frais (t/ha)	Taux d'accroissement (%)
PP	12,78 ^{de} ±0,99	137,11
T0	5,39 ^f ±1,92	0
T1	11,91 ^e ±2,02	120,96
T2	17,03 ^{cd} ±3,15	215,96
T3	18,83 ^c ±2,93	249,35
T4	29,67 ^a ±5,24	450,46
T5	16,43 ^{cd} ±3,28	204,82
T6	25,13 ^b ±3,50	366,23
Pr> F	0,000	
Signification	THS	

Les valeurs affectées de la même lettre ou des mêmes lettres dans la même colonne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon le test de Newman et Keuls.

Légende : PP : (1 m x 0,75 m) + 100 kg/ha (NPK) + 50 kg/ha (Urée) + 2 t/ha (compost) ; T0 : (1 m x 1 m) + zéro fertilisant ; T1 : (1 m x 1 m) + 150 kg/ha (NPK) ; T2 : (1 m x 1 m) + 300 kg/ha (NPK) ; T3 : T1 + 4 t/ha (compost) ; T4 : T2 + 8 t/ha (compost) ; T5 : (1 m x 0,75 m) + 150 kg/ha (NPK) + 4 t/ha (compost) ; T6 : (1 m x 0,75 m) + 300 kg/ha (NPK) + 8 t/ha (compost) ; Pratique paysanne ; THS : Très hautement significative ; Pr : Probabilité.

Corrélation entre les paramètres mesurés

La matrice de corrélation (Tableau VII) présente la nature des relations qui existent entre les rendements en tubercules de manioc, les paramètres de croissance et les composantes de rendements. Cette matrice indique des liaisons très fortes, positives ($R^2 > 50\%$) et significatives ($P < 0,05$) entre les rendements et les paramètres considérés. Le diamètre au collet ($P=0,000$; $R^2=0,94$) ; le poids moyen des tubercules ($P=0,000$; $R^2=0,90$) ; le nombre moyen de tubercules par plante ($P=0,001$; $R^2=0,88$) et la hauteur des plantes ($P=0,001$; $R^2=0,88$) sont les paramètres ayant le plus contribué à l'élaboration des rendements en tubercules de manioc. A l'inverse, les plus faibles contributions ont été enregistrées avec la longueur moyenne ($P=0,017$; $R^2=0,64$) et le diamètre moyen des tubercules ($P=0,022$; $R^2=0,61$).

Tableau VII: Matrice de corrélation entre les paramètres de croissance et de rendement

Variables	RT	NMT	PMT	LT	DT	HP	DP
RT	1						
NMT	0,88**	1					
PMT	0,90***	0,87**	1				
LT	0,64*	0,60*	0,71**	1			
DT	0,61*	0,69*	0,67*	0,91***	1		
HP	0,88**	0,92***	0,96***	0,80**	0,81**	1	
DP	0,94***	0,96***	0,94***	0,70*	0,74**	0,97***	1

RT : Rendement en tubercules ; NMT : nombre moyen de racines tubéreuses ; PMT : poids moyen d'un tubercule ; LT : longueur d'un tubercule ; DT : diamètre d'un tubercule ; HP : hauteur des plantes ; DP : diamètre au collet ; * : différence significative ; ** : différence hautement significative ; *** : différence très hautement significative.

Discussion :

Les résultats de nos travaux ont montré que la forte dose de fertilisation organo-minérale T4 ((écartement 1 m x 1 m) + 300 kg/ha (NPK) + 8 t/ha (compost)) favorise le plus la croissance des plantes et l'élaboration des rendements du manioc. A la suite de ce traitement, les traitements organo-minéraux T6 ((écartement 1 m x 0,75 m) + 300 kg/ha (NPK) + 8 t/ha (compost)) et T3 ((écartement 1 m x 1 m) + 150 kg/ha (NPK) + 4 t/ha (compost)) ont également permis d'obtenir des résultats intéressants en termes de croissance et de rendement du manioc. Ces résultats seraient liés à une disponibilité plus importante des éléments nutritifs nécessaires à la croissance et à l'élaboration des composantes de rendement du manioc grâce à l'apport combiné du compost et du NPK avec ces traitements. Les plantes de manioc auraient donc bénéficié non seulement de la disponibilité immédiate des éléments nutritifs azotés (N), phosphorés (P) et potassiques (K) apportés par l'engrais minéral, mais aussi des suppléments nutritifs libérés progressivement par la minéralisation du compost. La composition chimique du compost utilisé a en effet révélé une forte teneur en N, P et K selon les normes de BUNASOL (1990). Nos résultats corroborent ceux de Ognalaga et al. (2017) au Gabon, qui ont obtenu une meilleure croissance végétative des plantes de manioc fertilisées avec de la bouse de vache combinée à la fumure minérale par rapport à la fertilisation minérale seule. Biratu et al. (2018) en Zambie et Anwar et al. (2022) en Indonésie ont également observé une croissance en hauteur et en diamètre des tiges de manioc plus élevées avec l'application combinée du fumier et du NPK par rapport à l'application exclusive du NPK, qu'ils ont attribué à l'apport supplémentaire de nutriments provenant de la fumure organique. La fumure organique crée en effet de meilleures conditions de croissance pour la plante, en favorisant la disponibilité des macro et micronutriments dans le sol sur une longue période et en créant des conditions physiques favorables au bon développement des racines (Gomgnimbou et al., 2019 ; Biratu et al., 2019). Elle améliore également l'efficacité des engrais minéraux, en stockant les éléments nutritifs et en les libérant progressivement pour les plantes, grâce au complexe absorbant qu'il forme avec les argiles dans le sol (Lefèvre, 2015 ; Akanza et al., 2016). Par ailleurs, les meilleurs rendements en tubercules obtenus avec les fertilisants organo-minéraux (T4, T6 et T3) seraient étroitement liés à la forte croissance végétative des plantes de manioc constatée avec ces fertilisants. De fortes corrélations positives et significatives ont en effet été mises en évidence entre les paramètres de croissance et le rendement en

tubercules de manioc. La forte croissance végétative des plantes observée avec ces fertilisants organo-minéraux (T4, T6 et T3) aurait donc favorisé une activité photosynthétique plus intense et une accumulation plus importante de substances carbonées dans les racines tubéreuses par rapport aux autres types de fertilisants et à l'absence de fertilisants. Ces résultats corroborent ceux de Diagona et al. (2022) qui ont aussi associé l'augmentation du poids moyen des tubercules et celle des rendements en tubercules frais de manioc à la forte croissance végétative des plantes constatée avec la fertilisation organo-minérale comparativement aux fertilisants non associés à la fumure organique. Rao et al. (2017) en Inde avaient également montré que les rendements en tubercules du manioc sont significativement et positivement corrélés à la surface foliaire, à la hauteur des plantes et au diamètre de la tige. Selon ces auteurs, les plantes de manioc plus grandes ont une photosynthèse plus élevée, ce qui favorise la tubérisation et l'accumulation des matières dans les tubercules. En effet, la photosynthèse, qui est le processus par lequel la plante élabore ses réserves nutritives (glucides), se déroule au niveau des parties aériennes (feuilles et jeunes tiges) qui sont chargées d'absorber l'énergie lumineuse et le dioxyde de carbone de l'air (Pajot, 2023). De façon comparative, les résultats d'analyses indiquent une forte croissance végétative et des rendements plus élevés en tubercules frais de manioc avec le traitement T3 bouturé à une densité de 1 m x 1 m par rapport au traitement T5 bouturé à une densité de 1 m x 0,75 m malgré le fait qu'ils aient reçu la même dose de fertilisants (4 t/ha+150 kg/ha de NPK) chacun. Les mêmes constats ont été faits entre les traitements T4 (1 m x 1 m) et T6 (1 m x 0,75 m) qui ont reçu les fortes doses de 8 t/ha + 300 kg/ha de NPK chacun. Ce qui implique que plus la densité de bouturage est élevée, plus les apports de fertilisants doivent être conséquents pour favoriser une bonne croissance et obtenir des tubercules de poids plus importants. Ces résultats seraient liés à une forte compétition entre les plantes bouturées à 1 x 0,75 m pour l'accès à l'eau, aux nutriments et à l'espace nécessaire à l'épanouissement des racines tubéreuses, qui étaient moins développées et de faibles poids par rapport aux tubercules des plantes bouturées à 1 x 1 m. Nos résultats corroborent ceux de Raffaillac (1998) qui a constaté, en étudiant les composantes de rendement du manioc, un nombre plus élevé de racines tubéreuses et une vitesse de remplissage des tubercules plus élevée avec la faible densité de bouturage par rapport à la forte densité. Selon lui, la faible densité de bouturage du manioc permet d'obtenir de gros tubercules, qui conviennent mieux à un objectif de commercialisation, que la forte densité qui produit des tubercules moins gros. Dans le même sens, Kosh-Komba et al. (2021) ont également signalé que les écartements de bouturage plus étroits du manioc par rapport aux écartements plus larges ne conviennent pas aux objectifs de production de racines tubérisées, mais sont mieux adaptés à la multiplication de tiges (boutures). Ce qui pourrait donc expliquer les faibles rendements observés avec la pratique paysanne bouturé aux écartements restreints de 1 m x 0,75 m. En revanche, nos résultats ont montré une faible croissance végétative et de faibles rendements en tubercules de manioc avec les parcelles non fertilisées par rapport à celles qui l'ont été. Ces résultats seraient liés à une faible disponibilité des éléments minéraux nécessaires à la croissance et à l'élaboration des composantes de rendement du manioc avec les parcelles non fertilisées par rapport à celles qui ont reçu de la fertilisation. Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus sur le manioc par Macalou et al. (2018) au Mali ; Nassy et al. (2020) en Côte d'Ivoire et Adiéle et al. (2021) au Nigéria. Sur la patate douce, Konan et al. (2019) en Côte d'Ivoire et Djinet et Ngaryam (2021) en Inde ont également obtenu des résultats similaires. Ces auteurs ont constaté que les plantes qui n'ont pas reçu de fertilisation, ou qui ont reçu des doses faibles de fumure organique et/ou minérale, présentaient une faible croissance végétative, des tubercules plus courts et plus petits, un nombre moyen de tubercules par plante et des rendements en tubercules plus faibles que les plantes ayant reçu des quantités plus importantes de fertilisation. Ce qui pourrait par ailleurs expliquer, les faibles rendements enregistrés avec la pratique paysanne par rapport aux autres traitements fertilisés dans la plupart des cas, compte tenu des faibles quantités de compost et de NPK apportés à ce traitement. En effet, même si le manioc produit des rendements raisonnables sur des sols peu fertiles, un apport minimal de fertilisants est nécessaire pour assurer une bonne croissance des plantes et accroître les rendements de cette culture (Subékti et al., 2021).

Conclusion :

L'étude a permis d'évaluer l'effet de la fertilisation minérale et organo-minérale sur les performances agronomiques du manioc bouturé à différents écartements dans la zone ouest du Burkina Faso. Les traitements à base de fertilisation minérale et organo-minérale ont amélioré les performances agronomiques du manioc par rapport au témoin sans fertilisation. Les traitements de fertilisation minérale et organo-minérale mis au point dans le cadre de nos travaux ont dans la majorité des cas été plus performants que la pratique paysanne. La forte dose de fertilisation organo-minérale (compost (8t/ha) + NPK (300 kg/ha)) combinée à l'écartement de bouturage de 1 m x 1 m a permis de doubler, voire tripler ou même quadrupler les rendements en tubercules de manioc par rapport aux autres formulations. Ce qui révèle le rôle incontournable de la fertilisation, en particulier organo-minérale, dans l'accroissement des rendements et l'intensification de la production de manioc dans les agrosystèmes au Burkina Faso. Nous recommandons donc au regard des résultats obtenus, la dose de 8 t/ha de compost + 300 kg/ha de NPK

l'écartement 1 m x 1 m pour améliorer la productivité du manioc dans la zone ouest du Burkina Faso. En guise de perspective, il serait intéressant de déterminer les effets des différentes options de fertilisation formulées sur les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol afin de garantir la productivité et la durabilité des systèmes de culture à base de manioc en milieu paysan au Burkina Faso.

Conflit d'intérêts

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

Contribution des auteurs

DO, ARO et KC ont contribué à l'élaboration du protocole des activités. DO et KC ont participé à la planification et à la mise en place des essais expérimentaux. DO a également contribué à la collecte et à l'analyse des données, ainsi qu'à la rédaction de l'article, qui a été relu et corrigé par KC et ARO avant sa soumission.

Références :

1. Adiele JG, Schut AGT, Ezui KS, Pypers P, Giller KE. 2021. Dynamics of N-P-K demand and uptake in cassava. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(2): 1-20. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00649-w>.
2. Adunoye OV, Olanrewaju E, Adesanya O, Okechukwu R, Ngozi N. 2022. Manuel de formation sur la production et la transformation du manioc, IITA/Nigeria, 97p.
3. Akanza KP, Sanogo S, N'Da HA. 2016. Influence combinée des fumures organique et minérale sur la nutrition et le rendement du maïs: Impact sur le diagnostic des carences du sol. *Tropicicultura*, 34(2): 208-220.
4. Anwar S, Santosa E, Purwono A. 2023. Cassava growth and yield on ultisol of different soil organic carbon content and NPK fertilizer levels. *Indonesian Journal of Agronomy*, 51(3): 312-323. <https://doi.org/10.24831/jai.v51i3.47806>.
5. Bacyé B, Kambiré HS, Somé AS. 2020. Effets des pratiques paysannes de fertilisation sur les caractéristiques chimiques d'un sol ferrugineux tropical lessivé en zone cotonnière à l'Ouest du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(6): 2930-2941. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v13i6.39>.
6. Ballot C, Wango S, Atakpama W, Semballa S, Zinga I, Batawila K, Akpagana K. 2016. Amélioration des rendements de la culture du manioc (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiales, Euphorbiaceae) par les terres de termitières dans la zone de savane de Damara en République Centrafricaine). *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét*, 4(2) : 40–53.
7. Bassolé Z, Yanogo IP., Idani FT. 2023. Caractérisation des sols ferrugineux tropicaux lessivés et des sols bruns eutrophes tropicaux pour l'utilisation agricole dans le bas-fond de Goundi-Djoro (Burkina Faso). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 17(1): 247–266.
8. Biratu G, Elias E, Ntawuruhunga P, Nhamo N. 2018. Effect of Chicken Manure Application on Cassava Biomass and Root Yields in Two Agro-Ecologies of Zambia. *Agriculture*, 8(45): 1–15. <https://doi.org/10.3390/agriculture8040045>
9. Biratu GK, Elias E, Ntawuruhunga P. 2019. Soil fertility status of cassava fields treated by integrated application of manure and NPK fertilizer in Zambia. *Environmental Systems Research*, 8(3): 1–13. <https://doi.org/10.1186/s40068-019-0131-7>
10. BUNASOLS. (1990) Manuel technique pour l'évaluation des terres, document techniques n°6, Ouagadougou ; 181p.
11. Chua M F, Youbee L, Oudthachit S, Khanthavong P, Veneklaas E J, Malik AI. (2020). Potassium Fertilisation Is Required to Sustain Cassava Yield and Soil Fertility. *Agronomy*, 10(1103): 1–11. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081103>
12. Cisse D. (2022). Effets des amendements à base de biochar sur les paramètres agro-pédologiques dans une rotation coton-maïs à l'ouest du Burkina Faso. Thèse de Doctorat de troisième cycle en cotutelle avec Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, Belgique et Université Nazi BONI de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 126p.
13. Dabiré R. (2015). Indications pour réussir la culture du manioc au Burkina Faso, Centre Régional de Recherches Environnementales et Agricoles (CRREA) de l'ouest/Burkina Faso, fiche technique, 2p.
14. Diaguna R, Suwanto Santosa E, Hartono A, Pramuhadi G, Nuryartono N, Yusfiandayani R, Prartono T. 2022. Morphological and Physiological Characterization of Cassava Genotypes on Dry Land of Ultisol Soil in Indonesia. *International Journal of Agronomy*, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2022/3599272>
15. Djinadou AKA, Olodo NI, Adjanohoun A. 2018. Evaluation du comportement de variétés améliorées de manioc riches en bêta-carotène au Sud du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(2): 703–715. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v12i2.8>

16. Djiné AI, Ngaryam B. 2021. Effet des fientes de poulets et d'engrais chimique sur des paramètres agro morphologiques de la patate douce (*Ipomoea batatas* (L) Lam.). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 50(2): 9056–9063. <https://doi.org/10.35759/JAnmPISci.v50-2.3>
17. Djinodji R. 2020. La culture du manioc en zone soudanienne du Tchad, contribution à la sécurité alimentaire et aux revenus des agriculteurs. Thèse de doctorat du troisième cycle, Études rurales en science du développement, Université Toulouse II - Jean Jaurès (France), 308p.
18. FAO. (2024). Production; Crops, Cassava; All Countries; 1961-2023 (Online) Food Agric. Organ. United Nations, Data base, www.fao.org (consulté le 10-02-2025).
19. Faye MD, Kafando MB, Sawadogo B, Panga R, Ouédraogo S, Yacouba H. 2022. Groundwater Characteristics and Quality in the Cascades Region of Burkina Faso. *Resources*, 11(61): 1–20. <https://doi.org/10.3390/resources11070061>
20. Fontes J, Guinko S. 1995. Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Notice explicative. Ministère de la coopération Française. Projet Campus (88 313 101), p.57.
21. Gmakouba T, Koussao S, Traore ER, KpemouaKE, Zongo JD. 2018. Analyse de la diversité agro morphologique d'une collection de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(1): 402–421. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v12i1.32>
22. Grazioli F, Ghioné A, Calabrésé J, Boari F, Naanéma R, Nanéma J, Ouédraogo N, Dambo L. 2022. Soutenir et valoriser le patrimoine de cultures locales au Burkina Faso et au Niger pour améliorer les conditions de vie et les écosystèmes, rapport d'études. *Centro Internacional de Agricultura Tropical* (CIAT), Cali, Colombia, 179p.
23. Guira F, Some K, Kabore D, Sawadogo/Lingani H, Traore Y, Savadogo A. 2017. Origins, production, and utilization of cassava in Burkina Faso, a contribution of a neglected crop to household food security. *Food Science & Nutrition*, 5(3): 415–423.
24. Howeler R. 2017. effect of cassava production on soil fertility and the long-term fertilizer requirements to maintain high yields. *Centro Internacional de Agricultura Tropical* (CIAT), Cali, Colombia, 411–428.
25. Inventaire Forestier National (IFN). 2018. Second Inventaire Forestier National (IFN 2) du Burkina Faso : ministère de l'Environnement, de l'Economie Verte et du Changement Climatique, rapport final, 501p.
26. Jolayemi OL, Opabode JT. 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/10.1080/15427528.2018.1471431>
27. Kasereka MS, Kambale MM, Mbusa KY, Mbusa WM, Katembo KJ, Kakule VJE, Muhindo SW, Paluku MG. 2024. Performances agronomiques du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) soumis à différentes des doses d'engrais. *Parcours et Initiatives*, 27, 7–34. <https://doi.org/10.57988/CRIG-2494>
28. Konan DEB, Kouassi JHM, N'Goran KE., Essis, BS, N'zue B, Kouakou, MA. 2019. Effet de Différentes Doses d'Engrais Minéraux sur le Rendement de deux Variétés de Patate Douce [*Ipomoea batatas* (L) Lam] à Bouaké, Centre de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 15(33): 135–146. <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n33p135>
29. Konan ZA. 2021. La gare Sitarail, pôle de distribution des produits dérivés du manioc vers le Burkina Faso. *Journal de Géographie Rurale Appliquée et Développement*, 1(3) : 79–90.
30. Kosh-Komba E, Zaman M, Gougodo JL. 2021. Les bonnes pratiques pour la production de manioc en république Centrafricaine (deuxième édition), Université de Bangui/Fao, 27p.
31. Lingani AKH, Yé SG, Kam S. 2021. Diagnostic technique d'unités de transformation du manioc dans les provinces de la Comoé et du Kéné Dougou au Burkina Faso. *Afrique Science*, 18(3) : 61–73.
32. Mabossy-Mobouna G, Malaisse F. 2021. Etude socio-économique de la consommation des feuilles de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) dans la ville de Brazzaville (République du Congo). *Geo-Eco-Trop*, 45(1): 9-29.
33. Macalou S, Mwonga S, Musandu A. 2018. Performance of Two Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Genotypes to NPK Fertilizer in Ultisols of Sikasso Region, Mali. *International Journal of Sciences*, 38(2) : 189–206.
34. MASA, MEDD, MRSI. 2014. Comité National des Semences : Catalogue nationale des espèces et variétés agricoles au Burkina Faso, 81p.
35. Ministre de l'Agriculture et des aménagements hydro-agricoles (MAAH). 2018. Plan d'action national contre les maladies virales du manioc au Burkina Faso : Programme ouest africain d'épidémiologie virale pour la sécurité alimentaire, Ouagadougou (Burkina Faso), 41p.
36. Ministre de l'Agriculture et des aménagements hydro-agricoles (MAAH). 2019. Stratégie de développement des filières agricoles au Burkina Faso, rapport, Ouagadougou (Burkina Faso), 56p.
37. Nassy MLM, Hauser S, Egwekhide M, Batawila K, Kulakow P, Abberton M. 2020. Leaf and roots yields responses of three improved cassava (*Manihot esculenta* Crantz) varieties to organo-mineral fertilizers and leaf

- harvest in the South-West Nigeria. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(4): 1432–1447. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i4.21>
38. Ognalaga M, M' Akoué DM, Mve SDM, Ondo P. 2017. 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 var 0018) au Sud-Est du Gabon (Franceville). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 31(3) : 5063–5073.
 39. Pajot A. 2023. La photosynthèse et la photoprotection chez *Tisochrysis lutea*, de la synthèse à l'extraction de fucoxanthine. Thèse de Doctorat de troisième cycle à l'Université de Nantes (France) en Génie des procédés et bioprocédés, 316p.
 40. Pallo FJP, Sawadogo N, Sawadogo L, Sedogo MP, Assa A. 2008. Statut de la matière organique des sols dans la zone sud-soudanienne au Burkina Faso. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 12(3) : 291–301.
 41. Raffaillac JP. 1998. Le rôle de la densité de plantation dans l'élaboration du rendement du manioc. In: Biarnès Anne (ed.). *La conduite du champ cultivé : Points de vue d'agronomes*. Paris : ORSTOM, p. 75-93. (Colloques et Séminaires). *La Conduite du Champ Cultivé : Points de Vue d'Agronomes : Séminaire*, Montpellier (FRA), 1994/09. ISBN 2-7099-1387-9. ISSN 0767-2896.
 42. Rao B, Swami DV, Ashok P, Babu BK, Ramajayam D, Sasikala K. 2017. Correlation and Path Coefficient Analysis of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Genotypes. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(9): 549–557.
 43. Soro M, Tiendrébéogo F, Pita JS, Traoré ET, Somé K, Tibiri EB, Néya JB, Mutuku JM, Simporé J, Koné D. 2021. Epidemiological assessment of cassava mosaic disease in Burkina Faso. *Plant Pathology*, 70(9): 2207–2216. <https://doi.org/10.1111/ppa.13459>
 44. Subekti NA, Purwanto OD, Purwani EY, Taufiq A, Ramadhan RP, Wardana IP, Damardjati DS, Rochani R, Sasmita P, Syamsuri P. 2021. Evaluating cassava best management practices towards low fertility soil in West Java, Indonesia, conference series: *Earth and Environmental Science*, 911(1): 1–12. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/911/1/012028>
 45. Suwanto S, Diaguna R, Santosa E, Hartono A, Pramuhadi G, Nuryantono N. 2023. Analysis of NPK nutrient content and the nutrient balance of cassava for sustainable high productivity in Ultisols soil. *Australian Journal of Crop Science*, 17(2): 206–214.
 46. Tiama D, Sawadogo N, Somé K, Yolou M, Kando PB, Zoundjhekpou J, Sawadogo M, Zongo J.D. 2020. Effet de la fertilisation minérale sur la qualité organoleptique des ignames « Nyù » du Passoré au Burkina Faso. *Science et technique, Sciences naturelles et appliquées*, 39(1) : 23–32.
 47. Tiama D, Sawadogo N, Traore RE, Yolou M, Bationo/Kando P, Zoundjhekpou J, Sawadogo M, Zongo JD. 2018. Effect of chemical fertilizers on production of yams (nyù) of Passoré in farmers' environment. *Agronomie Africaine*, 30(1) : 99–105.
 48. Vernier P, N'Zué B, Zakhia-Rozis N. 2018. *Le manioc, entre culture alimentaire et filière agro-industrielle*. Éditions Quæ, CTA, Presses agronomiques de Gembloux, 208p.
 49. Wahyuningsih S, Sutrisno Nuryati Mejiya MJ, Harsono A, Harnowo D, Kuntiyastuti H, Purwaningrahayu RD, Widodo Y, Krisdiana R, Arsana IGKD, Budiono R. 2023. Response of cassava varieties (*Manihot esculenta* Crantz) to different fertilizer doses in alfisol dry land area of Indonesia. *Applied Ecology and Environmental Research*, 21(2) : 1655–1663.