

Influence de différents types de port de manioc de la variété « Kindisa » sur la teneur en beta carotene

Wembonyama, Shako Francois1\*; Ndonga Molonda Adrien2; Posho Ndola Boniface3;  
Matalatala Mulama Leonard1; Kakinga Watangabo Ambroise 1; Baku Dimalonda1;  
Limba Kimwanga Gaston1 et Kayawa Lisambola Joseph1

1. Institut National pour l'Etude et Recherche Agronomique (INERA), Centre de Yangambi B.P 2015, Kisangani Province de la Tshopo, République Démocratique du Congo.
2. Institut International Agriculture Tropicale (IITA-RDC), 4163 Avenue Haut-Congo Kinshasa-Gombe République Démocratique du Congo
3. Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi (IFA-Yangambi)

IJASR 2020

VOLUME 3

ISSUE 2 MARCH - APRIL

ISSN: 2581-7876

**Abstract** – Cassava is the most consumed speculation in Yangambi, may help to address vitamin A deficiency problems. The study aimed to assess the yield, beta-carotene content and dry matter content of a variety of cassava biofortified in beta-carotene (Kidisa) by comparing its three types of habit (branched, moderately branched and erect habit) under the agro-ecological conditions of Yangambi. The experimental device consisted of linear plots of 25m X 50m. The analysis of the mean was carried out, the root yield calculated then the beta-carotene content estimated by port and the dry matter. The results showed that the branched, semi-branched and erect ports, respectively provide beta-carotene, dry matter and yields of tuberous roots of 6.9 µg / g; 29.4%; 40.66 t / ha for branched crops, 6.2 µg / g; 31.1%; 37.41 t / ha for semi-branched and 5.7 µg / g; 34.7%; 30.88% t / ha for the upright. Despite its poor performance, the latter deserves popularization in a peasant environment using a participatory approach by decision-makers.

**Keywords:** Manihotesculenta, Vitamin A, port types, yield, adoption, INERA / Yangambi

### 1. Introduction

Le monde contemporain fait face à plusieurs défis parmi lesquels l'insécurité alimentaire (Pauzé, 2015) qui est exacerbée par les dérèglements climatiques ainsi que l'explosion démographique. L'objectif de réduire de moitié le nombre de personnes souffrant de la faim à la fin de l'an 2015 a été un échec, d'ailleurs on s'en éloigne (Prosekov&Ivanova, 2018). Les populations du tier monde en général, et celles de Yangambi en particulier, n'échappent pas à cette situation et sont, d'ailleurs les plus vulnérables (Ingram *et al.*, 2010 ; Sunderland, 2011). Leur production alimentaire est insuffisante (Abdourahmane *et al.*, 2002 ; Dury&Bocoum, 2012), les moyens de conservation des produits moins efficaces, l'infertilité des sols, les maladies sur les cultures (Djinadouet *al.*, 2018), les conflits, les épidémies, la pauvreté mais aussi le manque des variétés améliorées.

Eu égard à ce qui précède, des programmes sont mis en œuvre à l'échelle mondiale pour lutter contre la malnutrition ou « faim invisible », avec pour résultat la consommation de denrées alimentaires de base ayant une teneur élevée dans les trois micronutriments dont la carence a été identifiée par l'OMS comme étant la plus importante cause de malnutrition. Ces trois micronutriments sont le fer, le zinc et la vitamine A, et leur carence est associée à une anémie, un retard de croissance et une cécité chez les enfants (FAO & OMS, 2014).

La biofortification, stratégie qui permet l'enrichissement biologique des variétés des cultures vivrières et produits animaux en micronutriments biodisponibles désirés, est aujourd'hui bien documentée et vise à atténuer ces carences en micronutriments observées chez ces populations vulnérables. Souvent, les promoteurs de la stratégie visent à remplacer les variétés à énergie dense avec les variétés biofortifiées riches en nutriments pour la production et la consommation au niveau des ménages (FAO & OMS, 2014).

Cet enrichissement a montré de bons résultats sur la patate douce en Ouganda où les carences en vitamine A ont été observables sur les sujets humains. A Yangambi (en République Démocratique du Congo), le même problème lié

aux déficits en vitamines A tente d'être résolu à travers la culture du manioc (INERA/Yangambi, 2013). Le choix a porté sur le manioc d'autant plus qu'il est une culture de base consommée sous les formes de « fougou », de chikwanguéou de Lituma (Afrique Subsaharienne). Cette stratégie adoptée permet de diffuser la vitamine A parmi les ménages de la région de Yangambi dépendant du manioc qui est bien intégré dans les systèmes de production qui est pratiqué depuis plusieurs décennies (FAO & OMS, 2014).

Une observation avait été faite en 2013 sur la distribution de la variété « *Kindisa* » riche en provitamine A par les consommateurs de la même région, dont leurs résultats étaient faits sur les différents type de ports de la même variété. On retrouve 3 trois différents ports mais parmi ces ports, le port érigé donne un bon résultat par rapport aux autres semi-ramifié et ramifié (Rapport annuel INERA Yangambi, 2013)

Le rapport annuel 2014 de l'Institut Internationale d'Agriculture Tropicale (IITA), antenne de la province de la Tshopo, décrit la variété « *Kindisa* » comme étant une variété précoce atteignant la maturité aux environs de 10 mois après plantation. La quantité de matière sèche qu'elle contient ainsi que celle de l'amidon évoluent en diminuant au fur et à mesure l'âge avance au profit des autres sucres, ce qui réduit sensiblement la qualité de ce manioc riche en beta carotène.

De surcroît, « *Kindisa* » présente 3 différents types de ports qui réagissent différemment au problème susmentionné. Lequel de ces sous variétés présente des caractéristiques les mieux appréciées par les paysans de Yangambi ? Quelle est la quantité en beta carotène qu'elle contient ? (TCC ou la couleur de la pulpe) et finalement quel est son potentiel en terme rendement moyen à l'hectare. Autant de préoccupations auxquelles ce travail tente de répondre tout en restant fidèles à l'objectif poursuivi par le projet CBSD de l'IITA. Cet objectif est celui de contribuer à l'éradication des carences en vitamines A par l'utilisation du manioc, aliment base de population de Yangambi.

## 2. Méthodologie

### 2.1. Description du site.

Cette étude a été menée dans la concession de l'Institut Nation des Etudes et Recherches en Agronomie (INERA/Yangambi). Les essais expérimentaux ont été installé au site aux coordonnées géographiques suivantes : longitude Est E : 024°27'49" latitude Nord N : 00°49'26" Altitude'Alt : 460m. Ce site a été longtemps été couvert par des graminées.

Yangambi bénéficie d'un climat chaud (environ 25°C de température moyenne annuelle) ainsi que des pluies importantes et réparties sur toute l'année (1822 mm de moyenne annuelle) (Likoko *et al.*, 2019). Sa géomorphologie rassemble en général une série de formes allant de bas fond jusqu'au plateau, toutes comprises entre 400 et 500 m d'altitude (van Wambeke & Liben, 1957). L'agriculture y est principalement faite sur des terrains à faible pente (plateau de Yangambi) regroupant des sols de la série Yangambi qui ne sont que des Ferralsols développés sur du matériau niveo-éoliens non remaniés (van Wambeke & Liben, 1957 ; Alongo *et al.*, 2013). Ces sols sont caractérisés par une couche de matière organique moins épaisse et une texture argilo sableuse (Alongo *et al.*, 2013).

#### 1.1. Description de la variété « *Kindisa* » selon l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA en sigle) »

La culture test que nous avons adoptée pour notre essai étant la variété bio fortifiée « *Kindisa* » utilisée comme témoin améliorée dans tous les essais « HarvestPlus » et actuellement à la tête des variétés riches en beta carotène dans la région d'étude.

Le dispositif expérimental adopté était simple linéaire, comportant trois parcelles de 25m x 50m séparées de 3m soit une superficie de 1.250 m<sup>2</sup> et superficie total était donc de 3.750 m<sup>2</sup> pour l'ensemble de l'essai.

Trois types de ports sur la même variété ont été évalué, s'agit de ; port érigé ; semi-ramifié et ramifié chacun dans une parcelle, aux écartements de 1m x 1m étaient plantés. Le choix des pieds d'observation était fait sur des parcelles de 10m x 10m c'est-à-dire 100 pieds au total constituant aussi 100%. Le Comptage de pieds : érigé, semi-ramifié et ramifié / 100 pieds dans la parcelle observable.

Les données collectées sont d'ordre agronomique et post-récolte. Il était question des données qualitatives et quantitatives. Des observations étaient faites sur les plants de manioc tous les mois. L'attention a été m Les données

agronomiques considérées avant la récolte sont le nombre de plants à la levée et la ramification de la plante. La récolte a été faite 12 mois après plantation.

Les données post-récolte ont été collectées par type de port par parcelle à savoir, le nombre de plants récoltés, le nombre de racines, le poids en kilogramme des racines fraîches, le poids de la partie aérienne, la taille des racines classée en petite, moyenne et grande à la récolte avec l'échelle suivante : commercialisable et non commercialisable; La couleur de la pulpe (cortex) de la racine a été examinée immédiatement après son ouverture a été examinée visuellement et enregistrée comme suit: 1 = blanc ou crème; 2 = jaune.

Le taux en bêta-carotène a été déterminé au laboratoire avec un appareil électronique appelé I-Check-Carotene. La méthode utilisée est celle mise au point par l'IITA – I-Check Carotène - introduite par BioAnalyt, qui est utilisée pour cribler rapidement de grandes populations (Hernan & Parkes, 2015). Le kit de test est constitué d'un photomètre portable et de flacons de réactifs prêts à l'emploi. Cette combinaison permet un filtrage rentable, simple, convivial et rapide de grands nombres d'échantillons, y compris sur les lieux de travail sans électricité ni réfrigération.

Les racines récoltées le matin ont été étiquetées, puis lavées et épluchées. Des échantillons ont été préparés et 0,4 ml a été prélevé de l'échantillon de suspension et injecté dans le flacon de réactif (IExCarotène) inclus dans le kit de test. Le flacon a été secoué et laissé au repos pendant au moins cinq minutes pour l'extraction des caroténoïdes avant que la mesure ne soit prise. La lecture des données a été effectuée 60 minutes après, ce qui a permis aux caroténoïdes de se stabiliser dans le flacon. Le flacon a été inséré dans l'appareil et mesuré.

L'appareil a affiché le résultat en mg de caroténoïdes par litre (mg/l). Pour obtenir la concentration totale en caroténoïdes (TCC) dans la racine de manioc, le résultat affiché a été multiplié par le facteur de dilution (volume total de l'échantillon dans l'eau). A chaque mesure de l'appareil, l'inscription à l'écran correspondant au taux de bêta-carotène est enregistrée sur une fiche de collecte préétablie.

Détermination de rendement sur 6 pieds récoltés, la teneur en matière sèche. La détermination de la matière sèche était obtenue par la méthode de gravité spécifique dont le poids varie entre (Pa) 3 à 5 kg.  $X = Pa / (Pa - Pe)$  Avec X = Poids spécifique, Pa = Poids du manioc à l'air libre et, Pe = Poids de

Manioc immergé dans l'eau. Cette valeur X est introduite dans les équations respectives pour déterminer les teneurs en matière sèche et amidon.  $M.S = 158.3 * X - 142$ .

Des racines fraîches d'une moyenne de 6 plants de chaque parcelle dans chacune des répétitions ont été sélectionnées et utilisées pour l'évaluation du rendement racinaire. Le rendement des racines fraîches était calculé en t/ha, comme suit:

$$\text{Poids des racines fraîches (kg/ha)} = \frac{\text{Poids des racines de la surface récoltée}}{\text{Surface récoltée (m}^2\text{)}} \times 100$$

La méthode culinaire nous a permis d'apprécier la qualité organoleptique de ces trois types de ports. 1=Mauvaise 2=Bien et 3= Très Bien.

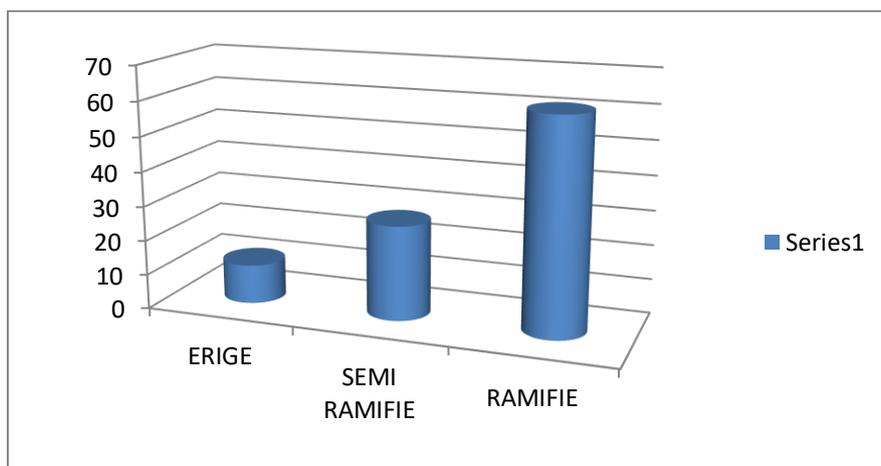
### 3. Résultats

Ce tableau résume la moyenne de l'observation de différents type's des ports à 9 mois après la plantation.

**Tableau 1: Moyenne des observations sur les différents types de port de la variété « Kindisa »**

Variété	Type De Port			Totaux Et Moyennes		
	Port	Erige	Semi-Ramifié	Ramifié	Total (100%)	Moyenne
Kindisa	Erigé	26	6	2	40	11.33
	Semi Ramifié	32	42	8	82	27.33
	Ramifié	42	52	90	184	61.33
Total (100%)		100	100	100		

Figure 1: Appréciation de la variété "Kindisa" suivant les types de port



Il ressort de ce tableau que sur les 100 pieds observés des différents types de port représentant 100%: La parcelle de port érigé: sur le 100 pieds observés; 26 érigés, 32 semi ramifiés et 42 ramifiés; la parcelle de port semi érigé: 6 érigés, 42 semi érigés et 52 ramifiés représente 100% ; la parcelle de port ramifié : 2 érigés, 8 semi érigés et 90 ramifiés.

Le résultat de ce tableau nous confirme que la variabilité existe mais généralement c'est une variété à port ramifié.

Tableau 2: Observation physique sur la couleur de la pulpe ainsi que le rendement de différents types de port



Le rendement, la matière sèche et la teneur en bêta-carotène des 3 types de port de la variété « Kindisa », l'estimation du rendement en racines fraîches à l'hectare, la matière sèche et la teneur en bêta- carotène des racines montre une variation de ces facteurs au sein de la variété bio fortifiées en bêta-carotène, en matière sèche et le rendement de différents types de ports. Le port ramifié a un rendement en racines relativement supérieur à celui de port semi ramifié et érigé qui a donné un rendement de 30, 88 t/ha dans les mêmes conditions de culture. Parmi ces 3 ports, le port ramifié a le rendement le plus élevé, estimé à 40, 66 t/ha et le port semi ramifié qui a un rendement proche de celui du port ramifié.

Tableau 3: Présentation de différentes caractéristiques de la variété "Kindisa" suivant le type de port

Type de port	Port	Rdt	M.S	TCC	Couleur	Appréciation
Ramifié	61,33	40,66	29,4	6,9	Jaune	B
semi-	27,33	37,41	31,1	6,2	Jaune	B
érigé	11,33	30,88	34,7	5,7	Jaune	TB
Moyenne	36,33	35,77	32,05	6,3		
écart type	35,36	6,92	3,75	0,85		
CV	97,32	19,33	11,69	13,47		

La teneur en bêta-carotène de port ramifié est supérieure à celui de port érigé. Le port ramifié a fort taux de bêta-carotène (en moyenne 6,8 µg/g) avec un rendement en racines fraîches à l'hectare nettement supérieur à celui de port érigé 5,7 µg/g avec une moyenne générale 6,3 µg/g. L'analyse statistique de ces caractères quantitatifs et des caractères qualitatifs étudiés montre pas une différence significative ( $P > 0,05$ ) des racines entre les ports de manioc en termes de rendement à l'hectare, de la couleur interne de la pulpe, de la couleur de la peau, de la facilité d'épluchage et du ramollissement. Le port érigé est celui qui a donné des racines de plus petite taille et en nombre, suivie de port semi ramifié puis de port ramifié.

L'observation physique nous montre que, nous avons utilisé la même variété malheureusement la variabilité existe: pour la couleur, le rendement et la matière sèche. Le port ramifié acquies une supériorité en couleur jaune par rapport aux deux autres. Ce qui signifie que plus on monte en stratification aérienne la couleur jaune de la pulpe diminue, De même pour le taux de la matière sèche. Inversement quand la couleur est élevée, la quantité d'eau augmente aussi elle favorise la préciosité et diminution de la concentration de la matière sèche et amidon.

Quant au rendement, c'est le port ramifié qui domine toujours par un écart visible de 40.66 T/ha, suivi de 37.41 T/ha et 30.88 T/ha et avec comme moyenne 36.33 T/ha

Pour ce qui est de l'adoption par les Paysans, nous remarquons que le manioc à faible teneur en jaune ou beta carotène sont plus appréciés au regard des habitudes alimentaires du milieu (« *lituma*, *chikwange* et *fufu* »). D'où la préférence au type érigé. Il y a lieu de signaler qu'en dépit des qualités organoleptiques des tubercules, la variété « *Kindisa* » est appréciée pour ces feuilles (pondu) et le taux de reprise à la plantation en 100%.

#### 4. Discussions

Trois types de port identifiés de la variété « *Kindisa* » ont été évalués et comparés entre eux pour déterminer la performance de chacun afin de mieux orienter la recherche sur l'adoption de cette variété riche en bêta-carotène. Malheureusement, c'est par des critères subjectifs (habitude alimentaire) qui s'opposent souvent à la logique scientifique que les consommateurs utilisent pour apporter leur appréciation.

Le type à port érigé bien qu'ayant une teneur faible en vitamine A, il est apprécié par les consommateurs à cause de son rendement élevé en matière sèche. Le port ramifié par contre ayant une forte teneur en vitamine A, n'est pas totalement du goût des consommateurs à cause du rapport faible de poids frais tubercules/matière sèches.

L'hétérogénéité de la fertilité du sol dans l'aire expérimentale aurait induit et accentué l'apparition de ces trois types de port. Le port érigé semblait s'établir sur le sol faiblement infertile tandis que le port ramifié affectionnerait le sol relativement riche en nutriment/ Entre des deux extrêmes

Il a été remarqué que le type à port érigé a une faible teneur en couleur jaune et/ou beta carotène, l'appréciation tient compte des habitudes alimentaires des consommateurs (« *lituma*, *chikwange* et *fufu* ») ce qui n'est pas totalement le cas de la recherche pour la variété « *Kindisa* » bien que productive, appréciée pour ses feuilles tendres (légumes) riche en provitamine A, avec un taux de reprise évalués à 100%. Celle-ci ne rapporte pas tous les suffrages. Ce qui justifie la recommandation de consommer les tubercules précocement à partir de 9-11 mois après plantation (Malonda *et al.* 2018).

Les observations faites sur les trois ports au cours de notre étude, confirment que la variété « *Kindisa* » a un port ramifié tel que décrit sur la fiche technique des variétés en diffusion, cependant il a été relevé une hétérogénéité de port se manifestant dans la proportion de 60 % (semi érigé) 25 % (moyen ramifié) et faible (15 %).

La littérature scientifique abonde d'exemples où des améliorations de la qualité des aliments par l'enrichissement des éléments bio-fortifiants ou autres, ont suscité auprès des consommateurs des réactions diverses allant même jusqu'au rejet. Dans l'exemple du maïs, la couleur peut varier considérablement avec l'augmentation du niveau en caroténoïdes de provitamine A. Pillary *et al.* (2011) rapportent qu'il n'était pas facile de marchander le maïs bio-enrichi en vitamine A dont la couleur passait du jaune à l'orange, duquel l'odeur et le goût changent également. Au départ, les patates douces à chair orange ont provoqué une certaine réticence à cause de leur couleur orange, non reconnue par les consommateurs (Tumuhimbise *et al.*, 2013), mais Van Jaarsveld *et al.* (2005) ajoutent que la couleur orange plaisait beaucoup aux enfants. Chowdry *et al.* (2013) ont démontré que l'adoption des aliments bio-fortifiés par les mères augmentait considérablement après une campagne d'information. Low *et al.* (1997) soulignent

que la patate douce bio-enrichie en vitamine A n'était pas acceptable dans les pays en développement à cause de sa faible teneur en matière sèche. Mais Tumuhimbise *et al.* (2013) ouvrent une piste de solution et conseillent aux sélectionneurs d'augmenter la teneur en matière sèche de la patate douce biofortifiées afin d'en préserver les qualités souhaitables en termes de texture \

En faisant la moyenne des rendements, de la matière sèche et du TCC, nos résultats s'insèrent dans la fourchette obtenue par Malonda *et al.* (2018) dont l'application de fertilisant aurait favorisé la bonne concentration des caroténoïdes dans les racines de manioc et l'acidité du sol rend indisponible l'absorption du phosphore par les racines et par conséquent, réduit son effet catalytique dans la biosynthèse du caroténoïde. A cause de cette acidité donc, les valeurs sont passées de 6,65 µg/g à 7,82 µg/g (LSD.05 = 1,05 µg/g) chez « *Kindisa* ». Elles tendent à réduire le nombre de variétés cultivées et à modifier la structure de cette diversité. Les résultats plaident en faveur de la constitution de pôles (Mckey *et al.*, 2001).

Des variétés de manioc bio fortifiées riche en bêta-carotène donnent un rendement en racines à l'hectare généralement élevé par rapport à la variété à faible teneur en beta carotène vulgarisée et adoptée fortement par les producteurs de manioc dans le milieu d'étude. Ces résultats sont en accord avec les travaux de Wydra & Verdier (2002), N'Zuét *et al.* (2004), Bakayoko *et al.* (2012) et Kouadio *et al.* (2014). Ces auteurs unanimement s'accordent sur le fait que les variétés améliorées donnent des rendements significativement supérieurs à ceux des variétés locales et ou à faibles teneur en provitamine A. La majorité de ces variétés a montré une adaptation aux conditions agroécologiques de la région de la Tshopo e en accord avec l'idée admise que la zone tropicale constitue une zone favorable au développement des cultures du manioc.

Ces résultats confortent les observations faites par Gannon *et al.* (2016) sur la variation de la couleur de la pulpe des racines suivant la teneur en bêta-carotène. Toutes les variétés biofortifiées en bêta- carotène ont une pulpe de couleur jaune. Mais il est important de remarquer que le potentiel escompté pour chacune de ces ports, en termes de rendement et de la teneur en bêta-carotène, n'a pas été atteint.

Toutefois, la sensibilité faible ou modérée des différents ports prouve qu'elles sont bien adaptées aux conditions phytosanitaires de la région.

Ainsi, la performance agronomique de la variété *Kindisa* bio fortifiée, de même que la résistance de ces variétés face aux parasites du manioc font d'elles les variétés introduites les mieux adaptées aux conditions agro écologiques de Yangambi. Elles sont donc des variétés intéressantes pour des expérimentations en milieu paysan dans une approche participative.

## 5. Conclusion

Les observations et analyses réalisées dans le cadre de cette étude ont conduit la confirmation de l'hypothèse qui est celle de l'existence de la variabilité de ports chez la variété « *Kindisa* ». Il a été établi des corrélations entre différents types de port, la teneur en beta carotène, matière sèche et le rendement. Ainsi nous avons remarqué que le port érigé tout en gardant sa matière sèche sa teneur en provitamine A diminue.

La capitalisation de différentes informations des enquêtés de la filière manioc pour approfondir les connaissances et mettre au point des paquets technologiques (variété) répondant aux critères de ces derniers et susceptibles d'être adoptés sans faille, se révèle comme priorité urgente.

En perspective, il est envisagé d'améliorer la qualité de « *Kindisa* » en la croisant avec une variété riche en matière sèche en vue de produire un hybride qui va rassembler les caractères productifs de « *Kindisa* » et les caractéristiques organoleptiques de cette dernière.

## 6. Remerciements

Cette étude a reçu un appui matériel, financier et technique de l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) d'Ibadan au Nigeria à travers le projet Harvest Plus et l'apport technique de l'INERA Yangambi.

Références bibliographiques

1. Abdourahmane, N. et al., 2002. La sécurité alimentaire : une affaire de paysans. In J. Y. Jamin, L. SeinyBoukar, & C. Floret, eds. Savanes africaines : des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis. Garoua, Cameroun: Cirad, p. 10.
2. AdijatuKouboura Alice DJINADOU\*, Nestor Isséré OLODO et Adolphe ADJANOHOOUN 2018, Evaluation du comportement de variétés améliorées de manioc riches en bêta-carotène au Sud du Bénin
3. Alongo, S. et al., 2013. Effets de la fragmentation des forêts par l'agriculture itinérante sur la dégradation de quelques propriétés physiques d'un Ferralsol échantillonné à Yangambi. Tropicicultura, 31, pp.36–43.
4. Bouis, H.E., McEwan, M., Low, J. (2013). Biofortification: Evidence and lessons learned from an agriculture-nutrition program. [www.fao.org/publications](http://www.fao.org/publications)
5. Doyle McKEya\*, Laure EMPERAIREh, Marianne ELIASa, Florence PINTONc, Thierry ROBERTd, Sylvain DESMOULIERE€, Laura RIVALf., 2005. Gestions locales et dynamiques regionales de la diversitevarietale du manioc en Amazonie
6. Dury, S. & Bocoum, I., 2012. Le “paradoxe” de Sikasso (Mali): pourquoi “produire plus” ne suffit-il pas pour bien nourrir les enfants des familles d'agriculteurs? Cahiers Agricultures, 21(5), pp.324–336.
7. Elias, Florence Pinton, Thierry Robert, Sylvain Desmalie et Laura Rival, 2001. Gestions locales et dynamiques régionales de la diversité variétale du manioc en Amazonie
8. H. DICK, Adoption de la biotechnologie et approches spécifiques des pays vers une responsabilité sociétale
9. Haas, J.D., Beard, J.L., Murray-Kolb, L.E., delMundo, A.M., Felix, A., et Gregorio, G.B., (2005). Iron-Biofortified Rice Improves the Iron Stores of Nonanemic Filipino Women. Journal of Nutrition 135, 2823- 2830.
10. Ingram, V., Abdon, A. & Schure, J., 2010. Les PFNL participent à la création de revenus pour les ménages pauvres. In FAO, ed. *Vivre et se nourrir de la forêt en Afrique centrale*. Rome: FAO, pp. 47–55.
11. Kuta, Bali – Indonésie., 2014 programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires comité du codex sur la nutrition et les aliments diététiques ou de régime Trente-sixième session
12. Low, L.; Kinyae, P.; Gichuki, S.; Oyunga, M.A.; Hag-enimana, V.; Kabira, J.; 1997 Combating Vitamin A Deficiency through the Use of Sweet Potato, CIP, Lima
13. Malonda et al., J. Appl. Biosci. 2019 Effet des champignons mycorhiziens Arbusculaires sur le phosphore des sols tropicaux et implication dans la biosynthèse du caroténoïde du manioc
14. Meenakshi, J.V., Banerji, A., Manyong, V., Tomeins, K., Hamukwala, P., Zulu, R., et Mungoma C., (2010). Consumer Acceptance of Provitamin A Orange Maize in Rural Zambia – Harvest Plus Working Paper Number 04, IFPRI. Washington D.C. Tumuhimbise, G.A.; Namutebi, A.; Turyashemerwa, F.; Muyonga, J. (2013), Provitamin A Crops: Acceptability, Bioavailability, Efficacy and Effectiveness, Food and Nutrition Sciences, 2013, 4, 430-435 <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2013.44055> publication en ligne avril 2013 (<http://www.scirp.org/journal/fns>)
15. Ndaula, S., Matsiko, F.B. & Isubikal, P Socio-psychological determinants of the consumption oriented production of biofortified sweet potato among rural households in Uganda RUFORUM Working Document Series (ISSN 1607-9345) No. 14 (1): 977-982. Available from <http://repository.ruforum.org>
16. Pauzé, E., 2015. La qualité de l'alimentation et l'accès alimentaire des ménages vulnérables habitant dans une zone d'intervention d'agriculture de santé publique en Haïti. Université d'Ottawa.
17. Pillary, K.; Derera, J.; Siwela, M.; et Veldman, F.J., 2011, Consumer Acceptance of Yellow, Provitamin A- Biofortified Maize in KwaZulu-Natal, South African Journal of Clinical Nutrition, vol. 24, n° 4, 2011, pp. 186-191.
18. Powell, B. et al., 2015. Improving diets with wild and cultivated biodiversity from across the landscape. Food Security, p.20.
19. Prosekov, A.Y. & Ivanova, S.A., 2018. Food security: The challenge of the present. Geoforum, 91, pp.73–77.
20. Sunderland, T.C.H., 2011. Food security : why is biodiversity important? International Forestry Review, 13(3), pp.265–274.
21. van Wambeke, A. & Liben, L., 1957. Notice explicative de la carte des sols et de la végétation., p.53.
22. van Jaarsveld, P.J., Faber, M., Tanumihardjo, S.A., Nestel, P., Lombad, C.J., et Benadé, A.J.S. (2005).  $\beta$ -Carotene-Rich Orange Fleshed Sweetpotato Improves the Vitamin A Status of Primary School

Children Assessed by the Modified-Relative-Dose-Response Test. American Journal of Clinical Nutrition 81, 1080- 1087.