

Évaluation de la composition nutritionnelle des lignées d'amarante (*Amaranthus cruentus*) à productivité et tolérance à la salinité élevées

Ericie Sossou¹, Mireille Noukpokinnou², Victoire Agueh¹, Christophe Gandonou², Latifou Lagnika³, Akadiri Yessoufou⁴, Hyacinthe Ahissou⁵.

¹ Institut Régional de Santé Publique de Ouidah, Ouidah, République du Bénin.

² Laboratoire de Physiologie Végétale et d'Étude des Stress Environnementaux, Faculté des Sciences et Techniques, Abomey-Calavi, République du Bénin.

³ Laboratoire de Biochimie et des Substances Naturelles Bioactives, Cotonou, République du Bénin.

⁴ Laboratoire de Biologie et Physiologie Cellulaires, Abomey-Calavi, République du Bénin.

⁵ Laboratoire d'Enzymologie et de Biochimie des Protéines (LEBP), Institut des Sciences Biomédicales Appliquées (ISBA), Cotonou, République du Bénin

Auteur correspondant, courriel : ericieossou@gmail.com

Submission 23rd February 2023. Published online at <https://www.m.elewa.org/Journals/> on 30th April 2023.
<https://doi.org/10.35759/JABs.183.7>

RÉSUMÉ

Objectif : L'amarante est un légume feuille de grande importance nutritionnelle et socio-économique au Bénin et dans plusieurs pays tropicaux du monde. Cette étude vise à évaluer la composition nutritionnelle de lignées mutantes d'amarante sélectionnées soit pour leur grande productivité, soit pour leur tolérance à la salinité au Bénin.

Méthodologie et résultats : Les plantes du cultivar de référence « Locale » et de cinq lignées mutantes L1, L2, L6, L18 et L23 ont été cultivées jusqu'à maturité en milieu réel. Les teneurs en sucres totaux, sucres réducteurs, protéines et en vitamines ont été déterminées dans les feuilles. Les résultats ont révélé une variabilité importante entre la composition nutritionnelle des six populations de plantes étudiées. Les plus faibles teneurs en vitamines B1, B2, B3 et C ont été obtenues chez le cultivar de référence tandis que les plus élevées ont été observées chez la lignée L2. Les teneurs en sucres et en protéines ont été trop variables en fonction des populations.

Conclusion et applications des résultats : Dans l'ensemble, la lignée L2 présente les meilleures valeurs pour la majorité des nutriments évalués notamment les teneurs en vitamines, suivie de la lignée L23. Ainsi, la sélection variétale effectuée a permis de mettre au point des lignées avec une valeur nutritionnelle améliorée par rapport au cultivar de référence *Locale*. Ainsi, les lignées productives et tolérantes à la salinité L2 et L23 constituent de nouvelles variétés potentielles pour améliorer la productivité de l'amarante, les revenus des producteurs et la santé nutritionnelle des consommateurs. L'homologation de ces lignées en tant que nouvelles variétés d'amarante au Bénin est en cours.

Mots clé : *Amaranthus cruentus*, productivité, tolérance à la salinité, protéines, sucres, vitamines.

ABSTRACT

Objective: Amaranth is a leafy vegetable of great nutritional and socioeconomic importance in Benin and in several tropical countries of the world. This study aims to evaluate the nutritional composition of mutant amaranth lines selected either for their high productivity or for their tolerance to salinity in Benin.

Methodology and results: Plants of the reference cultivar 'Locale' and five mutant lines L1, L2, L6, L18 and L23 were grown to maturity under field conditions. The contents of total sugars, reducing sugars, proteins and vitamins were determined in the leaves. The results revealed significant variability in the nutritional composition of the six plants populations studied. The lowest levels of vitamins B1, B2, B3 and C were obtained in the reference cultivar while the highest levels were observed in the L2 line. The sugar and protein contents were too variable according to the populations.

Conclusion and application of results: Overall, line L2 showed the best values for most of the nutrients evaluated, especially vitamin contents, followed by line L23. Thus, the varietal selection carried out allowed the development of lines with an improved nutritional value compared to the reference cultivar Locale. Thus, the productive and salinity-tolerant lines L2 and L23 are potential new varieties to improve amaranth productivity, grower income, and consumer nutritional health. The release of these lines as new varieties of amaranth in Benin is in progress.

Keywords : *Amaranthus cruentus*, productivity, salinity tolerance, proteins, sugars, vitamins.

INTRODUCTION

L'agriculture est la source principale de plusieurs nutriments d'origines végétales nécessaires à l'alimentation humaine. Depuis 2014, le monde connaît une hausse du nombre de personnes touchées par la faim (insécurité alimentaire) (FAO, 2021). Entre 2019 et 2020 cette tendance s'est considérablement accélérée (FAO, 2021). Actuellement dans le monde, 8,4 % de la population mondiale est en situation de sous-alimentation, en 2020 ce chiffre a atteint les 9,9 % (FAO, 2021). L'Afrique est le continent le plus touché par ce fléau d'après les statistiques, car la prévalence de l'insécurité alimentaire est estimée à 9,9 % au niveau mondial et 21 % au niveau de l'Afrique (FAO, 2021) avec 27 % des personnes sous-alimentées sur le continent qui vivent en Afrique de l'Ouest, (CUA, 2022). D'après le rapport de l'analyse Globale de la Vulnérabilité et de la Sécurité alimentaire (PAM, 2017), en août 2017, 47,5 % de la population béninoise est en sécurité alimentaire et 42,9% vivent dans des conditions de sécurité alimentaire limite c'est-à-dire qu'elles sont à risque de basculer en insécurité alimentaire en cas de chocs sévères ou fréquents. Cependant, 9,6% de la

population béninoise est en insécurité alimentaire, soit 1,09 million de personnes dont 0,7% en insécurité alimentaire sévère (soit 80 000 personnes) (PAM, 2017). Les estimations indiquent qu'en réponse à la croissance de la population mondiale prédite, la production agricole devra augmenter d'environ 50% d'ici 2050. Une transformation du système agro-alimentaire est dès lors nécessaire afin de le rendre plus résilient (Wheeler et Braun, 2013). La sécurité alimentaire est une condition essentielle pour la sécurité nutritionnelle d'une personne et pour sa bonne santé. Dans un régime alimentaire équilibré, les légumes feuilles occupent une place de choix. Ainsi le rapport sur la nutrition mondiale en 2021, montre que la consommation de fruits et de légumes reste inférieure de 50 % du niveau recommandé qui est de cinq portions par jour dont 60 % de fruits et 40 % de légumes. Plusieurs études ont fait l'objet de l'importance nutritionnelle et thérapeutique des légumes feuilles en général et des légumes feuilles locaux en particulier (Kpéki *et al.*, 2008 ; Vodouhe *et al.*, 2012). Ces légumes feuilles jouent un rôle important dans les régimes alimentaires de toutes les

populations du monde, particulièrement en Afrique, en Asie et en Océanie, où ils assurent la partie essentielle des besoins nutritionnels et médicinaux. Par conséquent, ils font partie du régime alimentaire quotidien de nombreuses familles africaines locales, non seulement en milieu rural mais aussi de plus en plus en milieu urbain (Prasad *et al.*, 2014 ; Adéoti *et al.*, 2009 ; Dansi *et al.*, 2008). L'amarante (*Amaranthus* spp.) est considérée comme une culture prometteuse pour les terres marginales partout dans le monde en raison de sa haute valeur nutritive et de sa grande adaptabilité à divers environnements (Cunningham *et al.*, 1992 ; Allemann *et al.*, 1996). C'est un légume-feuille de grande consommation et à haute valeur nutritionnelle (vitamines A, C, B1, B2, B3, B5, B6, Fer, Protéine, glucide, Calcium, Magnésium, Phosphore, Potassium, Sodium, B-Carotène et lysine) (Grubben, 1975 ; Wouyou *et al.*, 2019). Il est produit dans toutes les régions urbaines, périurbaines et rurales et en toute saison du Nord au Sud du Bénin (Achigan *et al.*, 2010 ; Assogba *et al.*, 2016). Au Bénin, il a été rapporté que la croissance

du cultivar nommé *Locale*, le plus cultivé par les producteurs, est réduite par de très faibles concentrations de NaCl et qu'il apparaît être le plus sensible à la salinité des cultivars disponibles au Bénin (Wouyou *et al.*, 2017). L'amélioration de la tolérance d'une plante à la salinité peut être obtenue à travers la sélection génétique (Manaa *et al.*, 2014). Or, la création de variétés améliorées bien adaptées avec de bonnes caractéristiques demandées par le marché est essentielle pour réaliser l'adoption par les producteurs, une augmentation de la productivité, une augmentation de l'offre et de la consommation des nouvelles variétés. Dans le cadre de créer de nouvelles variétés tolérantes à la salinité, productives et appréciées par les producteurs et les consommateurs, des lignées mutantes d'amarante ont été créées à partir du cultivar *Locale* de référence [Atou *et al.*, 2022]. Cette étude a pour objectif d'évaluer les teneurs en nutriments de six populations d'amarante comprenant le cultivar *Locale* de référence et cinq des lignées mutantes créées.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel végétal : Le matériel végétal utilisé pour cette étude est constitué de feuilles de six populations d'*Amaranthus cruentus* constituées du cultivar « *Locale* » et de cinq lignées mutantes L1, L2, L6, L18 et L23. Les lignées mutantes ont été identifiées comme étant très productives (Kpochémè *et al.*, 2022) et les lignées L2, L18 et L23 ont été identifiées comme étant plus résistantes à la salinité que le cultivar de référence (Atou *et al.*, 2022). Les semences du cultivar « *Locale* » d'amarante ont été fournies par le Sous-Programme -'Cultures Maraîchères' de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) et celles des mutants ont été obtenues auprès du Laboratoire de Physiologie Végétale et d'étude des Stress Environnementaux de la Faculté des Sciences et Techniques (FAST/UAC).

Méthodologie

Conduite de l'expérimentation : L'essai a été réalisé de juillet à septembre 2021 en

milieu paysan sur le site maraîcher de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) situé à Sèmè-Kraké dans la commune de Sèmè -Kpodji (6°22'28'' N et 2°41'12'' E). Les plantes ont été cultivées à une température de 32 °C/24 °C jour/nuit avec de la lumière naturelle et une humidité relative de 74%. L'expérimentation a été conduite selon l'itinéraire technique des producteurs maraîchers. La pépinière des cinq (5) lignées et du cultivar « *Locale* » a été faite sur un sol préalablement préparé sur une superficie délimitée. Les sillons espacés de 10-15cm ont été tracés et les graines sont répandues dans chaque sillon selon l'ordre ci-après : cultivar local (CR) dans le premier sillon et les lignées mutantes dans la suite dans l'ordre L1 ; L2 ; L6 ; L18 et L23. La pépinière est recouverte avec une couche de sable, de fiente et arrosée avec de l'eau simple avant d'être recouverte de pailles. L'arrosage a été fait chaque jour pendant trois

(3) semaines jusqu'à germination des graines et apparition des jeunes plants. Les jeunes plantes homogènes ont été sélectionnées-puis repiquées sur un sol préalablement préparé, arrosé deux fois (02) par jour (matin et soir) pendant trois (03) semaines jusqu'à maturation des plantes. Six (06) plants frais bien développés et sains de chaque population ont été délicatement récoltés, rincés deux (02) fois avec l'eau du site et deux (02) fois à l'eau distillée puis conditionnées dans des sacs de congélation et transférées dans une glacière contenant des blocs de glace pour garantir la sécurité des échantillons lors du transport du site d'expérimentation vers le Laboratoire. Les échantillons ont été conservés au congélateur à -20°C jusqu'à leur utilisation pour la suite des analyses de laboratoire.

Extraction et dosage des nutriments

Extraction des échantillons : Un gramme de chaque échantillon a été broyé dans 5 ml d'eau distillée pour les protéines, les sucres et les vitamines hydrosolubles, dans l'éthanol et dans du méthanol pour les vitamines liposolubles. Le mélange obtenu a été centrifugé (JOUAN 20M042) à 1300 trs/min pendant 10 min. Le surnageant issu des échantillons a été soumis à une dilution au 1/10 et 1/20. Les solutions obtenues ont permis de préparer deux solutions filles de concentrations de 0,02 et 0,01 g/ml qui ont

été utilisées pour le dosage des protéines, des sucres, des vitamines hydrosolubles et liposolubles.

Dosage des protéines : Les protéines ont été dosées en utilisant la méthode colorimétrique décrite par Gornall *et al.* (1949). Cette méthode consiste à doser les liaisons peptidiques des protéines en milieu alcalin entraînant la formation d'un complexe coloré en bleu violet. Ce complexe coloré est alors dosé par spectrophotométrie d'absorption à 540 nm. La vitesse de développement et l'intensité de la coloration dépendent de la concentration en protéines des échantillons. 1 g de chaque échantillon a été broyé dans 5 ml d'eau distillée puis centrifugé (JOUAN 20M042) à 1300 trs/min pendant 10 min. Le surnageant issu des échantillons a été soumis à une dilution au. Le dosage des protéines a été effectué en mélangeant 1 mL de chaque échantillon préalablement dilué, à 2 mL de réactif de biuret. Le mélange obtenu est laissé au repos à température ambiante jusqu'à refroidissement des tubes. La densité optique des solutions a été lue au spectrophotomètre (EVOLUTION 60S UV-visible Spectrophotometer) à 540 nm. La teneur en protéine a été déterminée à partir de la courbe étalon du sérum albumine du bœuf (BSA) tracée à partir de six concentrations de BSA à 0-10 -8-6-4- 2 mg/ml et de la loi de Beer Lambert suivant la formule ci-dessous :

$$A = \varepsilon \times L \times C ; \text{Pourcentage} = \frac{D_o \times v}{m \times E_{1/100}}$$

Avec :

C : concentration de la solution en mol/L ; **A :** absorbance ou densité optique

L : longueur de la cuve en cm ; **I_o :** intensité de la lumière incidente

T : transmittance ; **I₁ :** intensité de la lumière transmise

ε : Coefficient d'extinction moléculaire en L/mol/cm

Dosage des sucres

Dosage des sucres réducteurs : Les sucres réducteurs dans chaque lignée ont été dosés par la méthode colorimétrique au 3,5-dinitrosalicylate (DNS) (Sumner, 1924). Les sucres réducteurs ont été extraits après broyage de 1 g d'échantillon dans 5 ml d'éthanol suivi d'une centrifugation à 1300 trs/min pendant 10 min. Le surnageant issu de chaque échantillon a été soumis à une dilution au 1/10 et 1/20. Les solutions

obtenues ont permis de préparer deux solutions filles de concentrations de 0,02 et 0,01 g/ml qui ont été utilisées pour le dosage. La courbe étalon pour le dosage des sucres réducteurs a été tracée à partir d'une gamme de concentration de glucose de 0-1-0,25-0,125-0,0625 mg/ml. Les différentes solutions obtenues ont été chauffées au bain-marie bouillant pendant 5 minutes puis refroidies. 10 ml d'eau distillée ont été additionnées à chaque tube, puis mélangées

par retournement des tubes. L'absorbance de chaque solution est lue au spectrophotomètre à 546 nm (EVOLUTION 60S UV-visible Spectrophotometer) contre le blanc (DNS et eau distillée). Les sucres réducteurs des échantillons ont été dosés par la même

$$A = \epsilon \times L \times C ; \text{Pourcentage} = \frac{Do \times v}{m \times E1/100}$$

Dosage des sucres totaux : Le dosage des sucres totaux a été réalisé par la méthode colorimétrique à l'acide phénol-sulfurique décrit par **Dubois et al (1956)**. La teneur des échantillons en sucres totaux a été déterminée en utilisant la même solution que les sucres réducteurs. En présence du phénol et de l'acide sulfurique concentré, les sucres forment des composés phénoliques complexes de coloration jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration des sucres totaux présents dans l'échantillon (**Dubois et al., 1956**). Le milieu réactionnel du dosage des sucres totaux est

méthode en mélangeant 2 mL d'extrait dilué à 1 mL de DNS. La teneur en sucres réducteurs des différentes lignées mutantes a été obtenue à partir de l'équation de la courbe étalon et de la loi de Beer Lambert suivant la formule ci-dessous :

composé de 1 mL d'échantillon, de 0,5 mL de phénol (5%) et de 2,5 mL d'acide sulfurique. Après mélange, les solutions obtenues sont laissées au repos jusqu'à refroidissement des tubes, une coloration jaune orangé persistante apparaît. Les DO sont lus au spectrophotomètre à 490 nm contre le blanc (eau distillée, acide sulfurique et phénol). La teneur en sucres totaux des différentes lignées mutantes a été obtenue à partir de la courbe étalon glucose (0 - 0,5- 0,25- 0,1 mg/ml) et de la loi de Beer Lambert suivant la formule ci-dessous :

$$A = \epsilon \times L \times C ; \text{Pourcentage} = \frac{Do \times v}{m \times E1/100}$$

Extraction et dosage des vitamines hydrosolubles C, B1, B2 et B3 : Le spectre d'absorption a été déterminé entre 200 et 300 nm. Ce spectre comparé à celui de la littérature indique les mêmes longueurs d'ondes maximales. L'application de la loi de Beer Lambert à une ou plusieurs longueurs d'onde nous permet de quantifier la vitamine dans les feuilles fraîches. Nous nous proposons donc après purification (chromatographie sur couche mince préparative, chromatographie de gel filtration) des échantillons et mesures de l'absorption à la longueur d'onde appropriée, d'évaluer le E1 pour cent E/100 (absorbance des vitamines (C, B1, B2, B3 dans 0,01 des vitamines) et le milieu d'incubation pour l'absorption de chaque étalon. Une masse m de chaque échantillon trituré dans le milieu d'incubation avec un volume v de ce solvant donne une masse de vitamine exprimé en mg pour 100 g (Analyse biochimique, 1983 ; Clarke's, 1986 ; British pharmacopées, 1980).

Dosage des teneurs en vitamines liposolubles : Les teneurs en vitamines A et E ont été déterminées à un spectre d'absorption entre 200 et 400 nm. Ce spectre comparé à celui de la littérature indique les mêmes longueurs d'ondes maximales. L'application de la loi de Beer Lambert à une ou plusieurs longueurs d'onde nous permet de quantifier la vitamine dans les feuilles fraîches. Nous nous proposons donc après purification (chromatographie sur couche mince préparative, chromatographie de gel filtration) des échantillons et mesures de l'absorption à la longueur d'onde appropriée, d'évaluer le E1 pour cent E/100 (absorbance des vitamines (A, E dans 0,01 des vitamines) et le milieu d'incubation pour l'absorption de chaque étalon (Analyse biochimique, 1983 ; Clarke's, 1986 ; British pharmacopées, 1980). Une masse m de chaque échantillon trituré dans le milieu d'incubation avec un volume v de ce solvant donne une masse de vitamine exprimé en mg pour 100 g.

Expression des résultats : Le dosage des vitamines hydrosolubles et liposolubles a été

fait par la méthode de Beer-Lambert suivant la formule :

$$A = \epsilon \times L \times C ; \text{Pourcentage} = \frac{D_0 \times v}{m \times E_1 / 100}$$

Analyses statistiques : Pour tous les paramètres, les moyennes et erreurs standards ont été calculées avec trois répétitions par traitement grâce au tableur Excel. Les résultats sont soumis à l'analyse de

la variance (ANOVA) à une (01) voie, les moyennes ont été comparées avec le Test de Tukey-Kramer. Les analyses ont été effectuées grâce au logiciel JMP (SAS Institute NC, 2007).

RÉSULTATS

Teneurs en protéines des feuilles d'amarante : La figure 1 présente les teneurs en protéines des feuilles des lignées mutantes d'amarante et du cultivar de référence. L'analyse de cette figure révèle une différence significative ($p < 0,001$) entre les teneurs en protéines des feuilles des six

populations d'amarante évaluées. La teneur la plus élevée a été obtenue chez la lignée L18 (1513,03 $\mu\text{g/g}$ de MF) suivie de la lignée L23 (1313,67 $\mu\text{g/g}$ de MF) et la plus faible chez la lignée L6 (292,67 $\mu\text{g/g}$ de MF) suivie par la lignée L1 (373,00 $\mu\text{g/g}$ de MF) ; le cultivar locale (CR) et la lignée L2 présentent des teneurs intermédiaires.

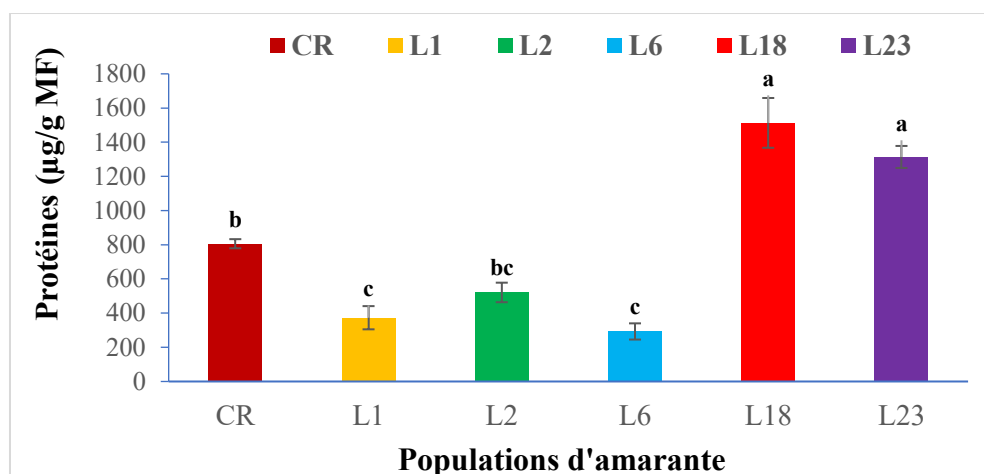


Figure 1 : Teneurs en protéines des feuilles de six (06) populations d'amarante : CR : cultivar de référence ; L1, L2, L6, L18 et L23 : lignées mutantes

Les lignes verticales au niveau des barres verticales sont les erreurs standards des moyennes des trois répétitions. Les moyennes avec les lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 1%.

Teneur en sucres totaux des feuilles d'amarante : A la figure 2 sont présentées les teneurs en sucres totaux des feuilles des lignées mutantes d'amarante et du cultivar de référence. L'analyse de cette figure révèle une différence significative ($p < 0,001$) entre les teneurs en sucres totaux des feuilles de la

lignée L23 (16305,7 $\mu\text{g/g}$ de MF) et celles des cinq (05) autres populations, soient respectivement 5831,7 ; 4046,3 ; 4877,7 ; 4178,30 et 2807,0 $\mu\text{g/g}$ de MF) chez le cultivar de référence, les lignées L1, L2, L6 et 18.

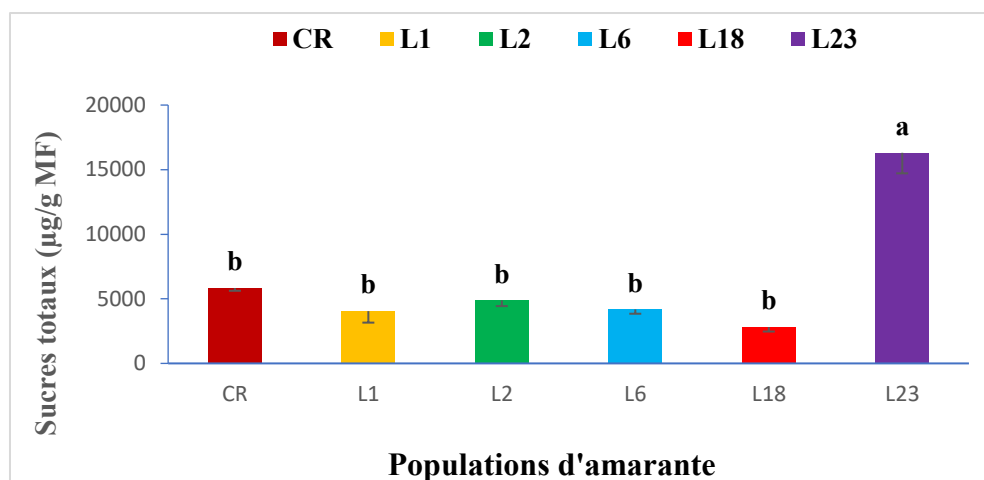


Figure 2 : Teneurs en sucres totaux des feuilles de six (06) populations d'amarante.

CR : cultivar de référence ; L1, L2, L6, L18 et L23 : lignées mutantes

Les lignes verticales au niveau des barres verticales sont les erreurs standards des moyennes des trois répétitions. Les moyennes avec les lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 1%.

Teneur en sucres réducteurs des feuilles d'amarante : La figure 3 montre les teneurs en sucres réducteurs des feuilles des lignées mutantes d'amarante et du cultivar de référence. L'analyse de cette figure révèle une différence significative ($p < 0,001$) entre les teneurs en sucres réducteurs des feuilles

des six populations d'amarante évaluées. La teneur la plus élevée a été obtenue chez la lignée L6 (536,6 µg/g de MF) et la plus faible chez la lignée L2 (180,66 µg/g de MF) suivie par la lignée L18 (287,00 µg/g de MF) ; le cultivar local (CR) et les lignées L1 et L23 présentent des teneurs intermédiaires.

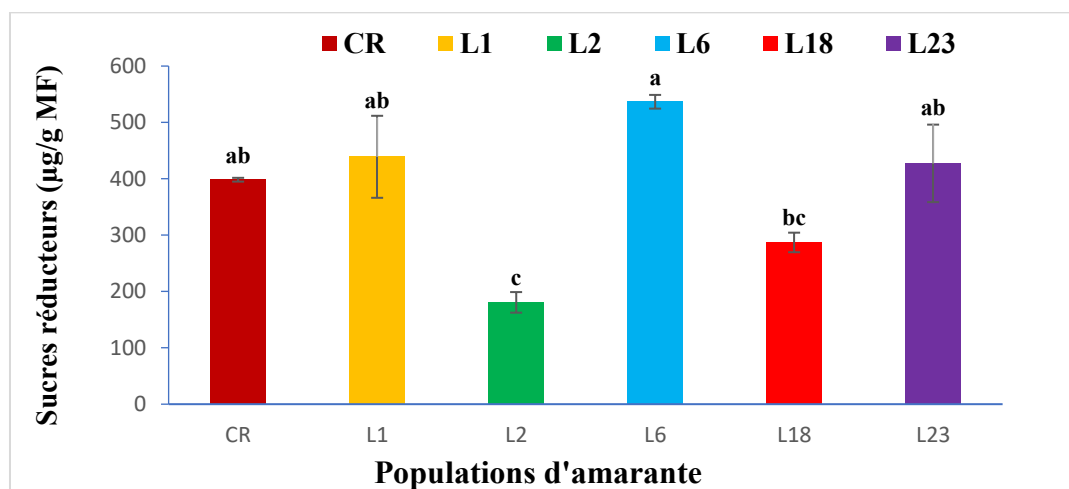


Figure 3 : Teneurs en sucres réducteurs des feuilles de six (06) populations d'amarante.

CR : cultivar de référence ; L1, L2, L6, L18 et L23 : lignées mutantes

Les lignes verticales au niveau des barres verticales sont les erreurs standards des moyennes des trois répétitions. Les moyennes avec les lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 1%.

Teneurs en vitamines des lignées d'amarante

Teneurs en vitamine A des feuilles d'amarante : La figure 4 présente les teneurs en vitamine A des feuilles des lignées mutantes d'amarante et du cultivar de référence. L'analyse de cette figure révèle

qu'il n'y a pas de différence significative entre les teneurs en vitamine A des six populations d'amarante évaluées. Ces teneurs sont 93,00 ; 149,00 ; 114,33 ; 91,00 ; 149,33 ; et 144,66 µg/g de MF respectivement chez le CR, les lignées L1, L2, L6, L18 et L23. La teneur la plus élevée a été obtenue chez la

lignée L23 (144,66 µg/g de MF) suivie de la lignée L1 (149 µg/g de MF), la lignée L18 (149,33 µg/g de MF), et la plus faible chez la lignée L6 (91 µg/g de MF) suivie par le

cultivar de référence (93 µg/g de MF) ; et la lignée L2 présentent des teneurs intermédiaires.

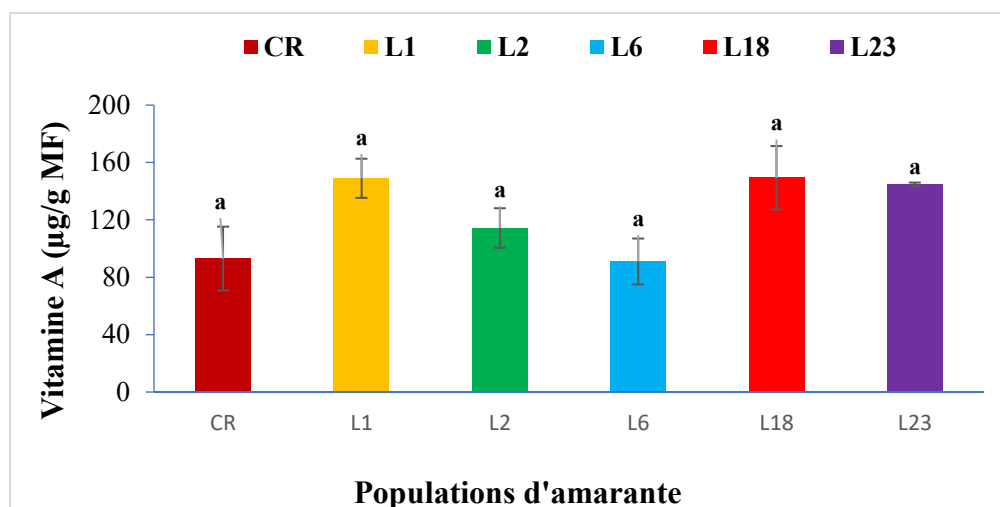


Figure 4 : Teneurs en vitamine A des feuilles de six (06) populations d'amarante.

CR : cultivar de référence ; L1, L2, L6, L18 et L23 : lignées mutantes

Les lignes verticales au niveau des barres verticales sont les erreurs standards des moyennes de trois répétitions.

Les moyennes avec les lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5%.

Teneurs en vitamine B1 des feuilles d'amarante : La figure 5 montre les teneurs en vitamine B1 des feuilles des lignées mutantes d'amarante et du cultivar de référence. L'analyse de cette figure révèle une différence significative ($p < 0,001$) entre les teneurs en vitamine B1 des feuilles des six populations d'amarante évaluées. La teneur

la plus élevée a été obtenue chez la lignée L2 (561,00 µg/g de MF) et la plus faible chez le cultivar locale (CR) (238,33 µg/g de MF), suivie des lignées L6 (279,33 µg/g de MF) et L18 (345,33 µg/g de MF) ; les lignées L1 et L23 présentent des teneurs intermédiaires.

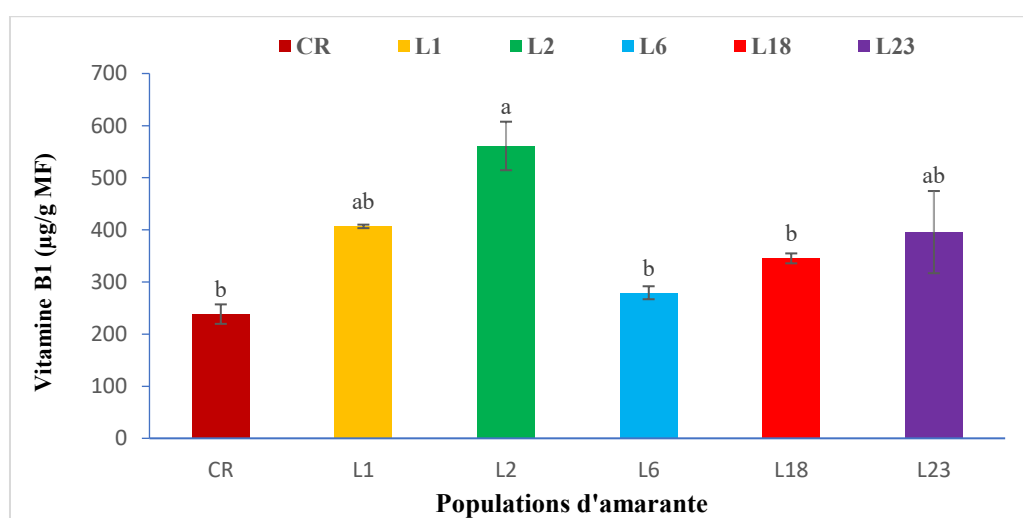


Figure 5 : Teneurs en vitamine B1 des feuilles de six (06) populations d'amarante

CR : cultivar de référence ; L1, L2, L6, L18 et L23 : lignées mutantes

Les lignes verticales au niveau des barres verticales sont les erreurs standards des moyennes de trois répétitions.

Les moyennes avec les lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 1%.

Teneurs en vitamine B2 des feuilles d'amarante : La figure 6 présente les teneurs en vitamine B2 des feuilles des lignées mutantes d'amarante et du cultivar de référence. L'analyse de cette figure révèle une différence significative ($p < 0,01$) entre les teneurs en vitamine B2 des feuilles des six

populations d'amarante évaluées. La teneur la plus élevée a été obtenue chez la lignée L2 (346,66 $\mu\text{g/g}$ de MF) et la plus faible chez le cultivar locale (CR) (148,66 $\mu\text{g/g}$ de MF), suivie des lignées L6 (180,00 $\mu\text{g/g}$ de MF) et L18 (215,66 $\mu\text{g/g}$ de MF) ; les lignées L1 et L23 présentent des teneurs intermédiaires.

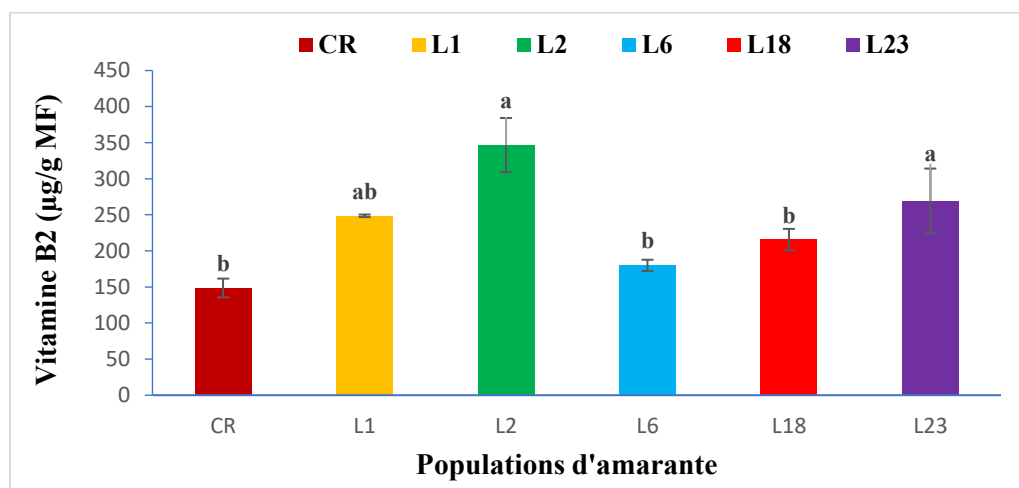


Figure 6 : Teneurs en vitamine B2 des feuilles de six (06) populations d'amarante

CR : cultivar de référence ; L1, L2, L6, L18 et L23 : lignées mutantes

Les lignes verticales au niveau des barres verticales sont les erreurs standards des moyennes de trois répétitions.

Les moyennes avec les lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 1%.

Teneurs en vitamine B3 des feuilles d'amarante : La figure 7 présente la teneur en vitamine B3 des feuilles des lignées mutantes d'amarante et du cultivar de référence. L'analyse de cette figure révèle une différence significative ($p < 0,001$) entre les teneurs en vitamine B3 des feuilles des six

populations d'amarante évaluées. La teneur la plus élevée a été obtenue chez la lignée L2 (612,00 $\mu\text{g/g}$ de MF) et la plus faible chez le cultivar locale (CR) (256,66 $\mu\text{g/g}$ de MF), suivie des lignées L6 (290,33 $\mu\text{g/g}$ de MF) et L18 (366,33 $\mu\text{g/g}$ de MF) ; les lignées L1 et L23 présentent des teneurs intermédiaires.

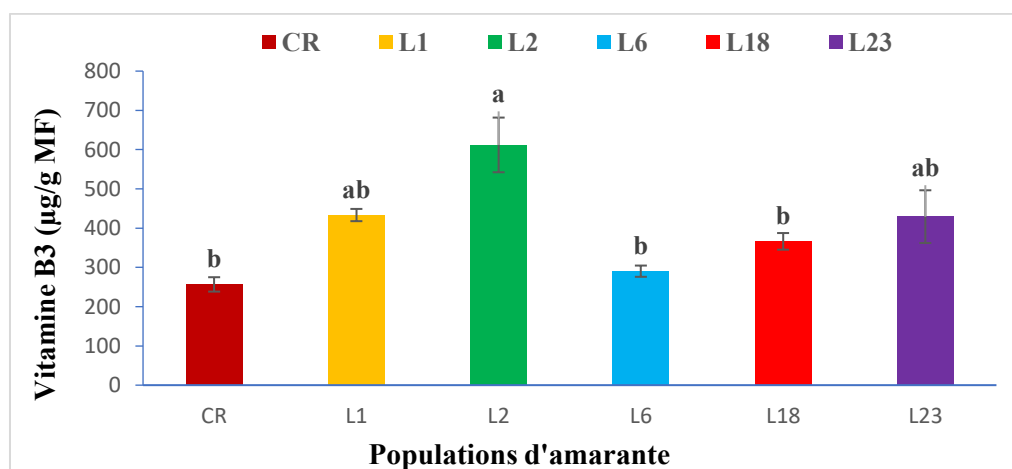


Figure 7 : Teneurs en vitamine B3 des feuilles de six (06) populations d'amarante

CR : cultivar de référence ; L1, L2, L6, L18 et L23 : lignées mutantes

Les lignes verticales au niveau des barres verticales sont les erreurs standards des moyennes des trois répétitions.

Les moyennes avec les lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 1%.

Teneur en vitamine C des feuilles d'amarante : La figure 8 présente les teneurs en vitamine C des feuilles des lignées mutantes d'amarante et du cultivar de référence. L'analyse de cette figure révèle une différence significative ($p < 0,05$) entre les teneurs en vitamine C des feuilles des six

populations d'amarante évaluées. La teneur la plus élevée a été obtenue chez la lignée L2 (441,66 $\mu\text{g/g}$ de MF) et la plus faible chez le cultivar locale (CR) (187,66 $\mu\text{g/g}$ de MF), suivie de la lignée L6 (218,00 $\mu\text{g/g}$ de MF) ; les lignées L1 ; L18 et L23 présentent des teneurs intermédiaires.

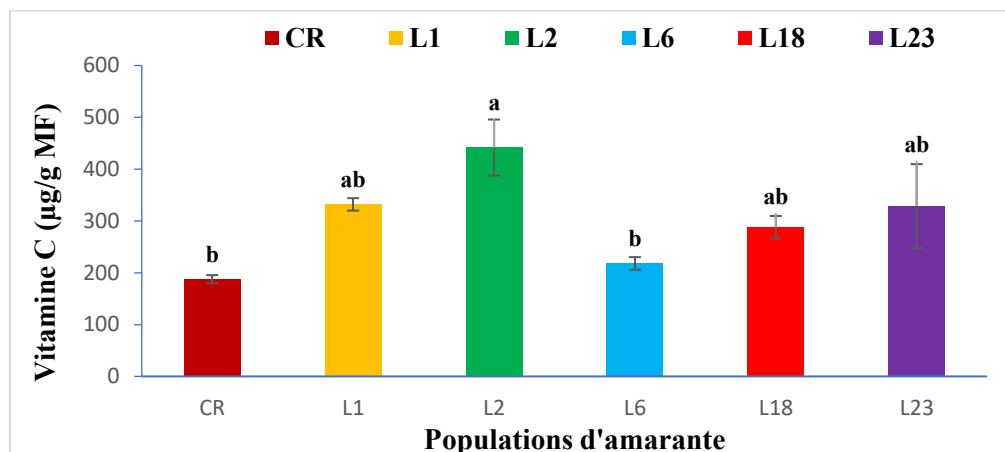


Figure 8 : Teneurs en vitamine C des feuilles de six (06) populations d'amarante CR : cultivar de référence ; L1, L2, L6, L18 et L23 : lignées mutantes

Les lignes verticales au niveau des barres verticales sont les erreurs standards des moyennes de trois répétitions. Les moyennes avec les lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5%.

Teneur en vitamine E des feuilles d'amarante : La figure 9 présente les teneurs en vitamine E des feuilles des lignées mutantes d'amarante et du cultivar de référence. L'analyse de cette figure révèle qu'il n'y a pas de différence significative entre les teneurs en vitamine E des six populations d'amarante évaluées. Ces teneurs

sont 51,66 ; 30,00 ; 39,00 ; 32,00 ; 37,33 et 35,00 $\mu\text{g/g}$ de MF respectivement chez le CR, les lignées L1, L2, L6, L18 et L23. La teneur la plus élevée a été obtenue chez le cultivar de référence (51,66 $\mu\text{g/g}$ de MF) et la plus faible chez la lignée L1 (30 $\mu\text{g/g}$ de MF) ; la lignée L6, suivie par la lignée L23, L18 et L2 présentent des teneurs intermédiaires.

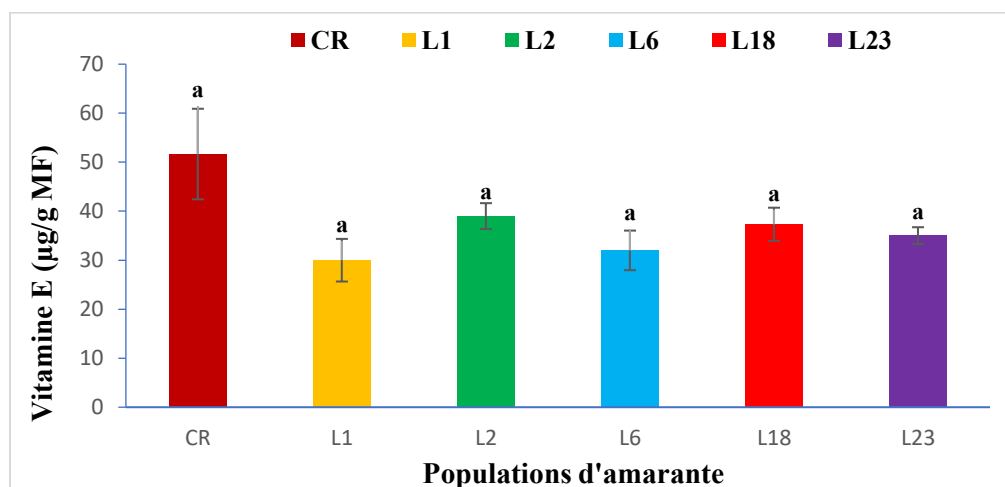


Figure 9 : Teneurs en vitamine E des feuilles de six (06) populations d'amarante CR : cultivar de référence ; L1, L2, L6, L18 et L23 : lignées mutantes

Les lignes verticales au niveau des barres verticales sont les erreurs standards des moyennes de trois répétitions. Les moyennes avec les lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5%.

DISCUSSION

Amaranthus cruentus est une plante à haute valeur nutritive et d'une grande adaptabilité à divers environnements (Cunningham *et al.*, 1992 ; Allemann *et al.*, 1996). Elle est une importante espèce de plantes à usages essentiellement alimentaires et particulièrement cultivée au Sud du Bénin (Adorgloh-Hessou, 2006). Généralement, les légumes sont connus pour leur richesse en éléments nutritifs comme les sucres, protéines, vitamines, minéraux, (Prasad *et al.*, 2014). La valeur nutritionnelle protéique d'un aliment se caractérise par sa teneur en protéines totales, leur digestibilité et leur profil en acides aminés essentiels (CSS, 2016). Une variabilité importante a été observée entre les teneurs en protéines des six géotypes d'amarante évalués et les lignées L18 et L23 ont présenté les valeurs les plus élevées. Les teneurs en protéines obtenues chez ces deux lignées d'*Amaranthus cruentus* sont supérieures à celles trouvées chez d'autres géotypes d'amarante (Yang et Keding, 2009 ; Achigan-Dako *et al.*, 2014 ; Wouyou *et al.*, 2017 ; Beghin, 2019). Ces résultats indiquent que le processus de sélection a permis d'améliorer la teneur en protéines des plantes. Une alimentation pauvre en glucides a pour conséquence la diminution progressive du poids corporel en obligeant l'organisme à utiliser ses réserves pour les activités élémentaires (Yisa *et al.*, 2010 ; Andzouana et Mombouli, 2012). Selon (Akuugwo *et al.*, 2007), beaucoup de légumes feuilles ne sont généralement pas de bonnes sources de glucides. Cependant, quelques-uns sont riches en glucides et fournissent de l'énergie nécessaire pour le bon fonctionnement de l'organisme (Mensah *et al.*, 2019, Adjatin *et al.*, 2013). Nos résultats ont révélé une variabilité importante entre les teneurs en sucres totaux et en sucres réducteurs des six géotypes d'amarante évalués et les lignées L23 et L6 ont présenté les teneurs les plus élevées respectivement pour les sucres totaux et les sucres réducteurs. Les valeurs obtenues pour les sucres réducteurs sont inférieures à celle rapportée par (Wouyou *et al.*, 2017). Par

contre, la teneur en sucres totaux de la lignée L23 est supérieure à celle rapportée par (Wouyou *et al.*, 2017). Les vitamines constituent une part importante des nutriments fournis par les légumes-feuilles. La vitamine B1 ou thiamine est requise dans le métabolisme des glucides (Gopalan *et al.*, 1971) et peut agir directement comme un antioxydant (Tunc-Ozdemir *et al.*, 2009). Elle contribue essentiellement au maintien d'un système nerveux sain (Calderón-Ospina *et al.*, 2020). La vitamine B2 ou Riboflavine est une vitamine hydrosoluble essentielle pour le métabolisme et une utilisation efficace d'énergie, de carbohydrates, de protéines et de lipides (Ratnakar et Rai, 2013). Elles jouent également un rôle essentiel en assurant la fonctionnalité d'une multitude de flavoprotéines impliquées dans la bioénergétique, l'homéostasie redox, la réparation de l'ADN, le remodelage de la chromatine, le repliement des protéines, l'apoptose et d'autres processus physiologiquement pertinents (Balasubramaniam *et al.*, 2019). Elle peut être trouvée dans une grande variété d'aliments et de sources naturelles telles que les champignons, les légumes à feuilles vert foncé, la levure, la bière, fromages et produits diététiques (Cardoso *et al.* 2012 ; Ratnakar et Rai, 2013). L'acide ascorbique (vitamine C) est un nutriment essentiel qui apparaît largement dans les denrées alimentaires particulièrement dans les fruits frais et les légumes-feuilles verts (Ratnakar *et al.*, 2013). Son importance réside dans son pouvoir antioxydant, petite molécule hydrosoluble, en inhibant l'effet néfaste des radicaux libres sur l'ADN (Laight *et al.*, 2000). Elle est indispensable à l'absorption du fer (CSS, 2016), à la réparation tissulaire et la formation des vaisseaux sanguins via la synthèse de collagène. Plusieurs travaux rapportent son action bénéfique dans le traitement ou la prévention du rhumatisme, du diabète de type 2 (Canter *et al.*, 2007 ; Afkhami-Ardekani *et al.*, 2007 ; CSS, 2016) et des maladies cardiovasculaires. Une alimentation pauvre en vitamine C est

associée à la fatigue et a une immunodéficiência (Campos *et al.*, 2009). La vitamine E intervient notamment dans de nombreuses réactions enzymatiques, dans la régulation de l'expression des gènes, la stabilisation des membranes cellulaires et la neutralisation des radicaux peroxydes formés suite à l'oxydation des acides gras polyinsaturés présents dans les lipoprotéines ou phospholipides membranaires (CSS, 2016). Elle est un antioxydant liposoluble qui peut protéger les acides gras polyinsaturés (AGPI) de la membrane contre l'oxydation, régule la production d'espèces réactives de l'oxygène (ROS), d'espèces réactives de l'azote (RNS) et module la transduction du signal (Ga *et al.*, 2018). Les teneurs en vitamines B1 ; B2 et B3 dans les feuilles d'*Amaranthus cruentus* trouvées chez toutes les lignées mutantes d'amarante dans cette étude sont supérieures à celles trouvées par (Wouyou *et al.*, 2017) chez un cultivar d'*Amaranthus cruentus*. En plus, les teneurs en vitamine C dans les feuilles d'*Amaranthus cruentus* trouvées chez toutes les lignées mutantes d'amarante dans cette étude sont supérieures à celles trouvées par Wouyou *et al.* (2017) ; Yang et Keding, (2009) et Beghin (2019) chez un cultivar d'*Amaranthus cruentus*, mais inférieures à celles trouvées par Musa *et al.* (2011). De même, les teneurs en vitamine A (provitamine A) obtenues chez les lignées d'amarante évaluées dans cette étude sont supérieures à celles trouvées par Musa et Oladiran (2011) et Wouyou *et al.* (2017). Par ailleurs, les teneurs en vitamine E trouvées chez toutes les lignées mutantes sont inférieures à celles trouvées par Musa et Oladiran (2011) et Tang *et al.* (2014) mais supérieures à celles trouvées par Beghin

(2019) chez d'autres cultivars d'*Amaranthus cruentus*. Ces différences pourraient s'expliquer d'une part par le fait que les expérimentations de la présente recherche se sont déroulées en milieu de culture réel tandis que celles de Wouyou *et al.* (2017) se sont déroulées en milieu contrôlé. Par ailleurs, les techniques de dosages de nutriments utilisées dans les études de Musa et Oladiran (2011) et Beghin (2019) diffèrent de celles utilisées dans la présente recherche. Aucune variabilité n'a été observée entre les teneurs en vitamines A et E des six génotypes d'amarante évalués. Par contre une variabilité importante a été observée entre les teneurs en vitamines B1, B2, B3 et C des six génotypes et les valeurs les plus élevées ont été observées chez la lignée L2 et les plus faibles chez le cultivar de référence Locale. Ces résultats indiquent que la lignée L2 est la plus riche en vitamines tandis que le cultivar de référence est le plus pauvre en vitamines. En combinant les données des protéines, sucres et des vitamines, il ressort que la lignée L2 est la plus riche en éléments nutritifs, suivie par la lignée L23. Les lignées L18 et L6 sont également intéressantes de ce point de vue. Dans des études précédentes, il a été rapporté que les lignées mutantes évaluées dans cette étude présentent des performances agronomiques supérieures à celle du cultivar de référence (Kpochemè *et al.*, 2022). De même, les lignées L2, L18 et L23 prises en compte dans cette étude ont été citées comme des lignées résistantes à la salinité (Atou *et al.*, 2022). Ainsi, les lignées L2 et L23 suivies par L18 apparaissent comme des lignées à la fois très productives, résistantes à la salinité et plus riches en éléments nutritifs que le cultivar de référence.

CONCLUSION ET APPLICATION DES RÉSULTATS

Les résultats de la présente étude ont révélé qu'il y a une variabilité entre les six populations d'amarante étudiées en ce qui concerne leurs teneurs en protéines, en sucres et en vitamines. La lignée L2 est apparue comme la plus riche en éléments nutritifs notamment en vitamines, suivie par la lignée L23 puis L18 et L6. Ces lignées étant très

productives, constituent donc des candidats sérieux à l'introduction en milieu producteur en tant que nouvelles variétés riches en éléments nutritifs. Le processus d'homologation pour inscription au Catalogue Béninois des Espèces et Variétés Végétales est en cours pour les lignées L2 et L23.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Achigan-Dako G E., Olga E D., Sogbohossou P M (2014) : *Current knowledge on Amaranthus spp.* : Research avenues for improved nutritional value and yield in leafy amaraths in sub-Saharan Africa. *Euphytica*.197 : 303 – 317. S
- Achigan-Dako G E., Houdegbe A C., Glélé M., Nono-Womdim R (2014) : Analyse du système de production et de distribution des semences de maïs (*Zea mays* L) au Sud-Bénin. *Biotechnol Agron Soc Environ*.18(1) :44–55.
- Achigan-Dako G E., Pasquini M W., Assogba K F., N'Danikou S., Yedomonhan H., Dansi A., and B. Ambrose-Oji, eds. (2010) : Traditional vegetables in Benin. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, Imprimeries du CENAP, Cotonou.
- Adéoti K., Dansi A., Ahoton L., Kpèki B., Ahohuendo B., Ahanchédé A, Vodouhè R., Hounhouigan J., Sanni A (2009) : Selection of sites for the in-situ conservation of four traditional leafy vegetables consumed in Benin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*.3 :1357–1374.
- Adjatin A., Badoussi E., Loko YL., Dansi M., Azokpota P., Gbaguidi F., Ahissou H., Akoègninou A., Akpagana K., Sanni A (2013) : Phytochemical screening and toxicity studies of *crassocephalum rubens* (juss. ex Jacq.) S. Moore and *crassocephalum crepidioides* (Benth.) S. Moore consumed as vegetable in Benin. *Int. J. Curr. Microbiol.App. Sci*.2(8) : 1-13.
- Adorgloh-Hessou R A (2006) : Guide for the development of production system and marketing of quality vegetables in the urban and suburban regions of southern Benin. Report of Consultation. IITA-Benin. 82 p.
- Afkhami-Ardekani M., Shojaoddiny-Ardekani A (2007) : Effect of vitamin C on blood glucose, serum lipids & serum insulin in type 2 diabetics patients. *Indian journal of Medical Research*.126(5) :471.
- Akubugwo I E., Obasi N A., Chinyere G C., Ugbo A E (2007) : Nutritional and chemical value of *Amaranthus hybridus* L. leaves from Afikpo, Nigeria. *Afr. J. Biotechnol*.6 :2833-2839.
- Allemann J., Van Den Heever E., Viljoen J (1996) : Evaluation of *Amaranthus* as a possible vegetable crop. *Appl. Plant Sci*.10 : pp. 1- 4.
- Andzouana M., Mombouli J B (2012) : Assessment of the chemical and Phytochemical Constituents of the Leaves of a wild Vegetable *Ochthocharis dicellandroides* (Gilg). *Pak.J. Nutr*.11(1) :94-99.
- Assogba Komlan F., Sikirou R., Yarou B B., Adanguidi J., Mensah A C G (2016) : La culture de l'Amarante (Fotêtê en fongbé) au Bénin. Fiche technique FAO. Dépôt légal N° 8552 du 19/02/16. Bibliothèque Nationale, 1er trimestre. ISBN : 978-99919-2-126-6. 16p.
- Assogba-Komlan F., Anihouvi P., Achigan E., Sikirou R., Boko A., Adje C., Ahle V., Vodouhe R., Assa A (2007) : Pratiques culturelles et teneur en éléments anti nutritionnels (nitrates et pesticides) du *Solanum macrocarpum* au sud du Bénin. *Afr. J. Food Agric. Nutr. Dev*.7 :1–21.
- Atou R., Tonouewa G., Wouyou A., Kpochemè E., Missihoun A A., Montcho D., Ahoton L., Agbangla C., Gandonou C B (2022) : Screening of Amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) Mutant Lines for Salinity Tolerance. *International Journal of Plant & Soil Science*. 34(22) : 785-797.
- Balasubramaniam S., Christodoulou J., Rahman S (2019) : Disorders of riboflavin metabolism. *Journal of inherited metabolic disease*.42 (4) :608-619.

- Beghin C (2019) : Étude de l'effet de la salinité du sol sur la valeur nutritionnelle des feuilles d'*Amaranthus cruentus*. Faculté des bioingénieurs, Université catholique de Louvain. Prom. : Lutts, Stanley. <http://hdl.handle.net/2078.1/thesis:19679>.
- Calderón-Ospina C A., Nava-Mesa M O (2020) : B Vitamins in the nervous system : Current knowledge of the biochemical modes of action and synergies of thiamine, pyridoxine, and cobalamin. *CNS Neurosci Ther.*26(1) : 5–13.
- Campos F M., Ribeiro S M R., Della Lucia C M., Pinheiro-Sant' Ana H M., Stringheta P C (2009) : Optimization of methodology to analyze ascorbic and dehydroascorbic acid in vegetables. *Quimica Nova.*32(1) :87-91.
- Canter P H., Wider B., Enerst E (2007) : The antioxidant vitamins A, C, E and selenium in the traitement of arthritis : a systematic review of randomized clinical trials. *Rheumatology.*46(8) :223-1233.
- Cardoso D R., Libardi S H., Skibsted L H (2012) : Riboflavin as a photosensitizer. Effects on human health and food quality. *Food Funct.*3 :487–502.
- Clarke's : Isolation and Identification of drugs 2^{ème} edition 1986.
- Commission de l'Union Africaine : CUA (2022) : Rapport sur la sécurité alimentaire en Afrique consulté le 22/09/2022 <https://leadd-hq.com/website/rapport-sur-la-securite-alimentaire-en-afrique/>.
- Conseil Supérieur de la Santé, (2016) : Recommandations nutritionnelles pour la Belgique.
- Cunningham A B., DeJager P J., Hansen L C B (1992) : The indigenous plant use programme. Foundation for Research Development, Pretoria.
- Dansi A., Adjatin A., Adoukonou-Sagbadja H., Faladé V., Yedomonhan H., Odou D., Dossou B (2008) : Traditional leafy vegetables and their use in the Benin Republic. *Genet. Resour. Crop* .55:1239–1256.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. (2021) : The State of Food Security and Nutrition in the World. Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all. Rome.
- Ga Y L., Sung N H (2018) : The Role of Vitamin E in Immunity. *Nutrients.*10(11) :1614.
- Gopalan C., Rama Sastri B V., Balasubramanian S C (1971) : Nutrients and their functions. In : Nutritive value of Indian foods. *National Institute of Nutrition. Hyderabad.*pp. 2-23.
- Grubben G J H (1975) : La culture de l'amarante, légume-feuilles tropical : avec référence spéciale au sud-Dahomey. Mededelingen Land bouwhoge school Wageningen, Pays-Bas.
- Kpeki B (2008) : Ethnicité, taxonomie locale et distribution géographique de quatre espèces de légumes-feuilles traditionnels au Bénin : *Acmella uliginosa*, *Ceratotheca sesamoides*, *Justicia tenella* et *Sesamum radiatum*. Thèse d'ingénieur agronome UAC/FSA, Bénin. 76 p.
- Kpochéme N A O E K., Hotegni I F., Missihoun A A., Gnanvi B N., Atou R., Wouyou A, Montcho D., Gandonou C B, Agbangla C., Ahoton L (2022) : Morphological characterization of *Amaranthus cruentus* L. mutant lines derived from local and preferred *Amaranthus* cultivar. *Original Paper, Int. J. Biol. Chem. Sci.*16(4) : 1554-1569.
- Laight D W., Carrier M J., Ånggard E E (2000) : Antioxidants, diabets and endothelial dysfunction. *Cardiovascular research.*47(3) ,457-464.
- Manaa A., Gharbi E., Mimouni H., Wasti S., Aschi-Smiti A., Lutts S, Ben A

- (2014) : Simultaneous application of salicylic acid and calcium improves salt tolerance in two contrasting tomato (*Solanum lycopersicum*) cultivars. *South African Journal of Botany*.95 : 32–39.
- Mensah A C G., Sikirou R., Assogba Komlan F., Yarou B B., Midingoyi G S-K., Honfoga J., Dossoumou M-E E A., Kpéra G N., Djinadou A K A (2019) : Guide pratique pour la culture de l'amarante (*Amaranthus cruentus*) au Bénin. Référentiel Technico-économique (RTE). MAEP/INRAB/FIDA/ProCar/PAD MAR/World Vegetable Center/Bénin. Dépôt légal N° 11557, du 26/08/2019, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin, 3ème trimestre. ISBN : 978-99982-53-17-9. 52p.
- Musa Amanabo., Oladiran A J, Ezenwa M I S., Ogbadoyi E M., Akanya H O (2011): Effect of fruiting on some micronutrients, antinutrients and toxic substances in *Corchorus olitorius* grown in Minna, Niger State, Nigeria. *African Journal of Food Science*.5(5), pp. 411-416. Available online <http://www.academicjournals.org/ajfs> ISSN 1996-0794 ©2011 Academic Journals.
- Prasad S M., Parihar P., Singh V P (2014) : Effect of Salt Stress on Nutritional Value of Vegetables. *Biochem. Pharmacol*.3(2) :1-2.
- Programme Alimentaire Mondial des Nations Unies : PAM (2017) : Analyse Globale de la Vulnérabilité et la Sécurité Alimentaire (AGVSA) en République du Bénin. Rapport données collectées en Juillet-Août. Service de l'Analyse de la Sécurité Alimentaire (VAM) Siège social : Via C.G. Viola 68. Parco de Medici. 00148. Rome. Italie.
- Ratnakar A., Rai A (2013) : Effect of sodium chloride salinity on seed germination and early seedling growth of *Trigonella foenum-graecum* L. var. PEB. *Octa J. Envir. Res.* 1, 304– 309.
- Tang Y., Li X., Chen P X., Zhang B., Hernandez M., Zhang H., Marccone M F., Liu R., Tsao R (2014) : Lipids, Tocopherols, and Carotenoids in Leaves of Amaranth and Quinoa Cultivars and a New Approach to Overall Evaluation of Nutritional Quality Traits. *J. Agric. Food Chem.* 62: 12610– 12619.
- Tunc-Ozdmir M., Miller G., Song L., Kim J., Sodek A., Koussevitzky S., Misra A N., Mittler R., et Shintani D (2009) : Thiamine confers enhanced tolerance to oxidative stress in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*.151 : pp. 421-432.
- Vodouhe S., Dovoedo A., Anihouvi V B., Tossou R C., Soumanou M M (2012) : Influence du mode de cuisson sur la valeur nutritionnelle de *Solanum macrocarpum*, *Amaranthus hybridus* et *Ocimum gratissimum*, trois légumes feuilles traditionnels acclimatés au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6(5) : 1926-1937.
- Wouyou A., Gandonou C., Komlan F., Montcho D., Zanklan A., Lutts S., Gnancadja S. (2017a) : Salinity Resistance of Five Amaranth (*Amaranthus cruentus*) Cultivars at Young Plants Stage. *International Journal of Plant & Soil Science.* 14, 1– 11.
- Wouyou A., Prodjinoto H., Zanklan A S., Vanpee B., Lutts S., Gandonou C B (2019) : Implication of ions and organic solutes accumulation in amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) salinity resistance. *American Journal of Plant Sciences.* 10 : pp. 2335-2353.
- Wouyou A D., Ahissou E A., Gandonou C B., Assogba Komlan F., Houngbeme A., Gbaguidi F A., Ahissou H., Lagnika L., Zanklan S A., Lutts S (2017b) : Salinity increased vitamins concentration in *Amaranthus cruentus* leaves. *African Journal of Biotechnology.* 16, 2106– 2111.

- Yang R., Keding G B (2009) : Nutritional contributions of importants légumes indigènes africains. Dans : Shackleton CM, Pasquini MW, Drescher A (eds) Légumes indigènes africains dans l'agriculture urbaine. Earthscan, Londres, Royaume-Uni. pp 105– 143
- Yisa J., Egila J N., Drlinto A O (2010) : Chemical composition of *Annonam senegalensis* from Nupe land. *Nigeria.Afr.J. Biotechnol.*9(26) :4106-4109.