



Détermination de la teneur en calcium, magnésium, fer et zinc de cinq cultivars de Gombo, *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench (Malvaceae), cultivés à Bujumbura

Liberata Nizigiyimana^{1,2}, Audace Bigirimana², Jean Chrysostome Ndamaniha^{1,2}, Jacques Nkengurutse^{2,3} & Vestine Ntakarutimana^{1,2}

¹ Département de Chimie, Faculté des Sciences, B.P. 2700. Bujumbura, Burundi.

² Centre de Recherche en Sciences Naturelles et de l'Environnement (CRSNE), Université du Burundi.

³ Département de Biologie, Faculté des Sciences, B.P. 2700. Bujumbura, Burundi.

* Auteur pour correspondance / E-mail: liberata.nizigiyimana@ub.edu.bi

Reçu: le 21 février 2022

Accepté pour publication: le 24 novembre 2022

Publié en ligne pour la première fois: le 30 novembre 2022

Résumé

Le but de ce travail est de déterminer les teneurs en Ca, Mg, Fe et Zn de cinq cultivars de Gombo (*Abelmoschus esculentus*) cultivés au Burundi. Une analyse comparative par cultivar et par organe (feuille et fruits) afin de proposer aux consommateurs les cultivars intéressants pour l'enrichissement de plats alimentaires en éléments minéraux a aussi été effectuée. Cinq cultivars (G1, G2, G3, G4, et G5) de gombo ont été cultivés sur un terrain expérimental aménagé dans les enceintes du Centre de Recherche en Sciences Naturelles et de l'Environnement (CRSNE) de l'Université du Burundi. Les jeunes fruits et jeunes feuilles terminales de chaque cultivar ont été systématiquement échantillonnés. Les éléments minéraux ont été déterminés par spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA). L'analyse en composante principale (ACP) a montré que les variations des teneurs en Ca, en Mg, en Fe et en Zn des feuilles corrèlent négativement avec celles des fruits. Elle a également permis de regrouper les cinq cultivars suivant leur ressemblance de variation en éléments minéraux où les cultivars G2 et G3 présentent des variations très proches en éléments minéraux. L'analyse de la variance (ANOVA) ainsi que la méthode Tukey ont montré que les feuilles ont des teneurs, en éléments minéraux analysés, présentant des différences significatives (P -value < 5%) pour tous les cultivars. Ces teneurs sont plus élevées que celles des fruits. Ainsi, les teneurs maximales enregistrées pour 100g MS des feuilles sont respectivement: 7342,40±90,86mg Ca (G3), 269,20±3,92mg Mg (G5), 41,47±4,19 mg Fe (G3), et 8,42±0,48 mg Zn (G4). Les fruits ont montré des teneurs en minéraux relativement faibles, présentant de différences non significatives (P -value > 5%) sauf pour le Mg. Les teneurs en minéraux des cultivars de Gombo du Burundi ont des niveaux élevés excédant parfois 100% des recommandations nutritionnelles journalières.

Mots clés: Teneurs (Ca, Mg, Fe, Zn), Cultivars, Gombo, *Abelmoschus esculentus*.

Abstract

The aim of this work is to determine the Ca, Mg, Fe and Zn contents of five okra (*Abelmoschus esculentus*) cultivars grown in Burundi. Comparative analysis between okra cultivars and between okra organs (leaf and fruit) in order to suggest better cultivars for food were also carried out. Five Okra cultivars (G1, G2, G3, G4, and G5) were cultivated on an experimental field of the *Centre de Recherche en Sciences Naturelles et de l'Environnement (CRSNE)* of the University of Burundi. Young fruits and terminal young leaves of each cultivar were systematically sampled. The minerals were determined by atomic absorption spectrophotometry (AAS). The Principal Component Analysis (PCA) revealed negative correlation of variation in Ca, Mg, Fe, and Zn content of the leaves to those of the fruits. Furthermore, the five cultivars were regrouped according to their similarity of variation in mineral content. In this case, G2 and G3 cultivars showed very close variations in mineral content. The Analysis of Variance (ANOVA) and Tukey test showed that, for all cultivars, the leaves have higher mineral content (P -value < 5%) than fruits. The maximum contents registered for 100g of DM are: 7342.40±90.86mg Ca (G3), 269.20±3.92mg Mg (G5), 41.47±4.19mg Fe (G3), 8.42 ±0.48mg Zn (G4). The fruits showed relatively low mineral contents without significant differences (P -value > 5%) except for Mg. It has also been noted that the mineral contents of Burundi okra cultivars have high levels of minerals, sometimes exceeding 100% of daily dietary recommendations.

Keywords: *Abelmoschus esculentus*, Ca, Mg, Fe, Zn, okra cultivars.

1. Introduction

La plante de Gombo, *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench, appelée Okra (en anglais) et Umurenda (en Kirundi), est un légume-fruit datant du début du 2ème millénaire Av. J-C dont les vertus nutritionnelles et thérapeutiques ont été largement démontrées dans plusieurs pays mais pas encore au Burundi. *Abelmoschus esculentus* (L.) est une des plus de 15 espèces du genre *Abelmoschus* appartenant à la famille des Malvaceae. Cette plante est largement distribuée en Afrique, en Asie, en Europe du sud et en Amérique. C'est une plante exceptionnelle et originale car toutes ses parties (racines, tige, feuilles, fruits, graines) sont valorisables sur les plans alimentaire, médicinal, artisanal et même industriel (Marius & al., 1997).

Ses fruits et ses feuilles consommés frais ou secs, sous forme de sauce, sous forme de salades et beignets, présentent des effets antidiabétiques, antihyperlipidémiques et antioxydants (V. Sabitha & al, 2011; Adalakun & al, 2009 ; Murad & al, 2020), et il existe de cultivars recommandés pour l'enrichissement nutritionnel de plats de malades spécifiques (Sawadogo & al, 2006 ; Adalakun & al, 2009 ; Chowdhury & al, 2019 ; S. Murad & al, 2020). Le gombo est riche en différents éléments minéraux comme les études faites en différents pays africains comme la Côte d'Ivoire, le Bénin l'illustrent (Agbangnan Dossa & al, 2018; Gemede & al, 2015 ; Gerrano, 2018). Pourtant, la plante est récente au Burundi. Seule l'étude de Ntakarutimana & al. (2021) sur la teneur en protéines et des glucides des fruits et des feuilles a été conduite sur sa qualité nutritionnelle. En effet, le Gombo serait introduit au Burundi depuis les années 1995, et seuls ses fruits sont aujourd'hui commercialisés dans les marchés de la ville de Bujumbura, où la population les achète suivant la préférence de leur forme et de leur couleur (Nkengurutse & al, 2018).

UNN-BURUNDI (2019) montre que l'Afrique Australe et l'Afrique Centrale sont plus gravement touchées par le fléau de la malnutrition, avec des taux supérieurs à 25% de la population et 56% des enfants de moins de cinq ans souffrant de malnutrition chronique. Le Burundi est classé en tête des pays africains les plus affectés par la malnutrition (UNN-Burundi, 2019). Une étude vient d'être menée afin de quantifier les protéines et les glucides contenus dans différents cultivars de gombo du Burundi (Ntakarutimana & al, 2021). Dans cette étude, il ressort que les feuilles sont plus riches en protéines que les fruits alors que ces derniers sont plus riches en glucides. Les valeurs maximales trouvées pour les protéines (12,4%) et pour les sucres totaux (4,5%) sont proches aux valeurs trouvées dans la littérature (Agbangnan Dossa & al, 2018) pour cinq variétés de fruits de gombo. Les éléments minéraux Ca, Mg, Fe et Zn sont essentiels pour la santé de l'homme ; les carences liés à ces nutriments sont très fréquents (Anuraj & al, 2020).

En complément à l'étude de Ntakarutimana & al., 2021, la présente étude a pour but de déterminer les teneurs en Ca,

Mg, Fe et Zn dans cinq des cultivars de gombo cultivés au Burundi. Ces quatre éléments minéraux sont importants pour l'organisme et leur apport nutritionnel doit être assuré pour éviter leur carence qui serait préjudiciable à la santé. L'étude effectuée également une analyse comparative par cultivar et par organe (feuille et fruits) afin de proposer aux consommateurs les cultivars intéressants pour l'enrichissement de plats alimentaires en éléments minéraux.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

2.1.1. Préparation de terrain expérimental et culture

La culture du gombo a été effectuée dans les enceintes du Centre de Recherche en Sciences Naturelles et de l'Environnement (CRSNE) de l'Université du Burundi, Faculté des Sciences. Ce terrain est situé dans Bujumbura, la capitale économique du Burundi. La Figure 1 montre comment il a été disposé. Les plants des cinq cultivars ont été disposés suivant un carré latin sur un terrain expérimental (Figure 1) dont la physico-chimie du sol est déterminée voir Tableau 1.

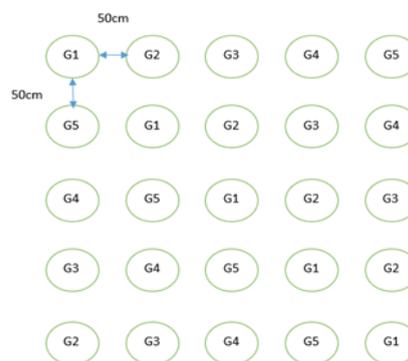


Figure 1: Schéma du terrain expérimental avec les plants des cinq cultivars espacés de 50 cm.

2.1.2. Matériel végétal

Les cinq cultivars dénommés G1, G2, G3, G4 et G5 (Figure 2) qui se distinguent principalement par la forme et la coloration de leurs feuilles, la coloration de leurs tiges, de leurs calices et fruits, font objet de cette étude.

L'échantillonnage des feuilles et des fruits a été fait 2 mois après la date de semis (07 janvier 2020) donc à la maturité de consommation pour les fruits. Quant aux feuilles, ce sont les jeunes feuilles terminales qui ont été récoltées. Les échantillons, mis dans des sacs en papier cellulose et numérotés suivant le cultivar, ont été transportés directement au laboratoire de la Faculté des sciences, département de chimie, pour être séchés à 105°C à l'aide de l'étuve de marque ULM 400.

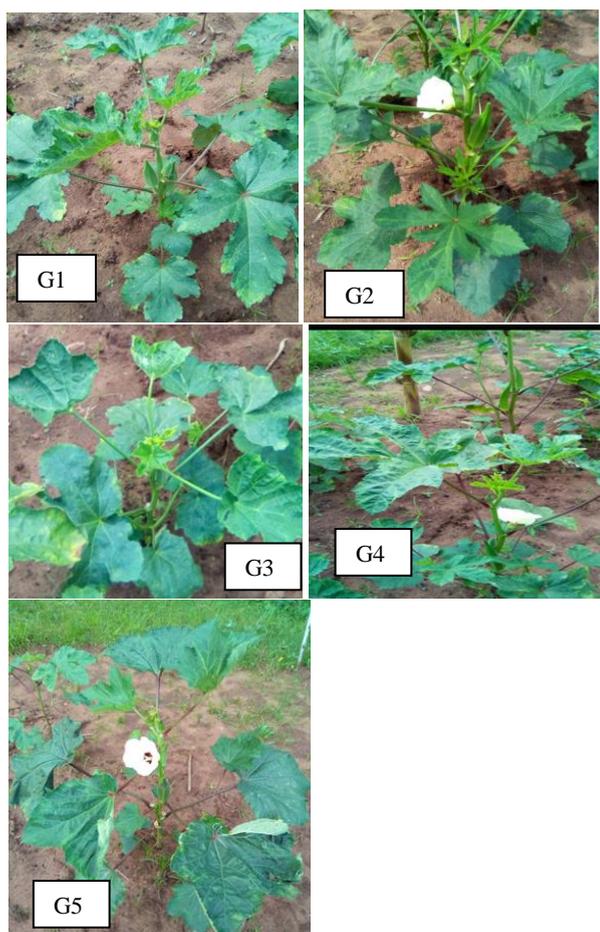


Figure 2: Photos des plants de cultivars de gombo étudiés.

2.2. Méthodes d'analyses chimiques

2.2.1. Minéralisation et préparation d'échantillons

La minéralisation a été effectuée en suivant la méthode de Pinta, 1973 telle que modifiée par Kouassi & al., 2013. Des quantités de 1,5 g à 2 g d'échantillons finement broyées à l'aide d'un mortier et pilon en porcelaine, ont été pesées dans des creusets en porcelaine puis mis au four (modèle RHF 1400) à 450 °C pendant 5 h. Après refroidissement, 5ml d'acide nitrique 1 M ont été ajoutés aux cendres obtenues puis portés à l'évaporation totale sur un bain de sable. Au résidu, ont été ajoutés 5 ml d'acide chlorhydrique 0,1 M, puis remis au four à 400 °C pendant 30 min. Le résidu final a été récupéré avec 10 ml d'acide chlorhydrique 0,05M puis filtré sur papier filtre (Type Whatman 41) dans une fiole de 50 ml. Le creuset a été rincé deux fois avec 10 ml de l'acide chlorhydrique 0,05M. La fiole a été complétée à 50ml avec le même solvant. Dans les mêmes conditions, un essai à blanc a été réalisé.

2.2.2. Préparation de solutions étalons

Etalon du Ca:

Des volumes de 0, 2, 5, 10, 15 et 20 ml d'une solution étalon de Ca 50 mg/l sont introduits successivement dans six fioles jaugées différentes de 50ml chacune. Ensuite, un volume de 5 ml de solution d'oxyde de lanthane à 10 % a été ajouté dans chacune des fioles. Enfin, ces volumes ont été ramenés

au trait de jauge avec une solution d'acide chlorhydrique 0,05 M.

Etalon du Mg:

Des volumes de 0; 0,2; 0,5 ; 1 et 2 ml de solution étalon de Mg 50 mg/l sont introduits successivement dans cinq fioles jaugées différentes de 50 ml chacune. Ensuite, un volume de 5 ml de solution d'oxyde de lanthane à 10 % a été ajouté dans chacune des fioles. Enfin, ces volumes ont été ramenés au trait de jauge avec une solution d'acide chlorhydrique 0,05 M.

Etalon du Fe:

Des volumes de 0, 2, 5, 10, 15, et 20 ml de solution étalon de Fe 50 mg/l sont introduits successivement dans six fioles jaugées différentes de 50ml chacune. Puis, ces volumes ont été ramenés au volume avec une solution d'acide chlorhydrique 0,05 M.

Etalon du Zn:

Des volumes de 0; 0,2; 0,5; 1 et 5 ml de solution étalon de Zn 50 mg/l sont introduits successivement dans cinq fioles jaugées différentes de 50 ml chacune. Enfin, ces volumes ont été ramenés au trait jauge avec une solution d'acide chlorhydrique 0,05 M.

2.2.3. Dosage

Les analyses ont été faites par spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) et les résultats ont été exprimés par rapport à 100 g de matière sèche (100 g MS). Le spectrophotomètre utilisé est un spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme air-acétylène de marque Perkin Elmer et de type Analyst 400 utilisant l'interface WinLab32 installée sur l'ordinateur couplée à l'appareil.

Des longueurs d'ondes des éléments à analyser ont été définies sur l'interface à 422,67 nm, 285 nm, 248,33 nm et 213,86 nm respectivement pour le Ca, le Mg, le Fe et le Zn. Ensuite, les différentes courbes d'étalonnage traduisant l'absorbance en fonction de la concentration, ont été établies. Enfin, les lectures de différentes absorbances des solutions des échantillons ont été menées.

2.2.4. Analyses statistiques

Le traitement statistique, acceptant une erreur maximale de 5 %, a été effectué dans le logiciel R 4.0.2 à interface Rcmdr, en utilisant les modèles d'Analyse en Composantes Principales (ACP), ANOVA et la méthode Tukey (comparaison multiple). Le logiciel Excel a été aussi utilisé.

3. Présentation et discussion des résultats

Les résultats d'analyse des paramètres physico chimiques du sol du terrain expérimental sont présentés dans le Tableau 1. Il est à noter que compte tenu des valeurs trouvées pour certains paramètres (conductivité et teneur en minéraux), du sol du terrain expérimental est riches en éléments assimilables et nécessaires pour la croissance d'une plante.

Tableau 1: Résultats d’analyse des paramètres physico-chimiques du sol du terrain expérimental.

Paramètre	Valeur	
pH (H ₂ O)	7,14±0,04	
Conductivité électrique(CE) (µS/Cm)	454±11,36	
Carbone organique (%C)	0,643±0,01	
Azote (%N)	0,392±0,01	
Phosphore assimilable (mg/kg)	34±2,62	
Capacité d’échange cationique (CEC) (mécq/100g)	5,65±0,26	
Potassium échangeable (mécq/100g)	3,39±0,06	
Ca échangeable (mécq/100g)	4,33±0,24	
Mg échangeable (mécq/100g)	0,47±0,04	
Zn échangeable (mg/Kg)	2,36±0,47	
Fe échangeable (mg/Kg)	42,3±4,23	
	1000µ	1,49±0,00
	500µ	10,57±0,00
%Sable	250µ	4,23±0,00
	100µ	0,14±0,00
	50µ	0,03±0,00
%Limon	Limon Grossier	71,86±0,00
%Sable	Limon fin	2,61±0,00
% Argile		9,07±0,00

Tableau 2: Teneurs moyennes (mg/100gMS) en éléments minéraux (Ca, Mg, Fe et Zn) des feuilles et fruits de cinq cultivars de gombo étudiés.

Cultivar	Ca	Mg	Fe	Zn
G ₁	5914,10±149,34	169,20±13,60	36,47±1,04	5,26±0,15
G ₂	4882,73±51,35	197,10±12,77	34,57±3,16	6,72±0,28
G ₃	7342,40±90,86	196,90±20,10	41,47±4,19	8,10±0,34
G ₄	6099,20±514,77	218,73±17,35	25,20±4,20	8,42±0,48
G ₅	4242,65±164,54	269,20±3,92	7,60±1,13	6,43±0,25
p -value	<5%	<5%	<5%	<5%
Cultivar	Ca	Mg	Fe	Zn
G ₁	2709,40±381,27	208,20±17,71	<3	3,85±0,21
G ₂	1411,70±174,09	129,65±13,79	3,20±0,06	4,16±0,10
G ₃	909,95±10,82	140,35±30,76	3,40±0,06	3,74±0,22
G ₄	1320,30±141,70	145,00±13,73	<3	3,12±0,48
G ₅	1180,40±31,89	190,13±18,25	3,20±0,06	4,18±0,58
p -value	>5%	<5%	N.A	>5%

Cette richesse expliquerait les teneurs trouvées dans les éléments minéraux étudiés. Les résultats d’analyse des éléments minéraux étudiés sont compilés dans le Tableau 2. La figure 3 montre les résultats de la comparaison des teneurs en ces éléments minéraux et entre les différents cultivars. A partir des données du Tableau 2, on peut constater que les teneurs moyennes en Ca, Mg, Fe et Zn des cinq cultivars G₁, G₂, G₃, G₄ et G₅ du gombo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench), sont différentes.

La figure 3 donne les résultats d’analyse statistique réalisée pour comparer l’importance relative des teneurs en éléments minéraux étudiés mais aussi des cinq cultivars sous étude. Pour confirmer cette différence, une analyse en composante principale (ACP) a été appliquée à l’ensemble des données. Les résultats (Figure 3) montrent qu’à 75,64%, les variations des teneurs en Ca, en Mg, en Fe et en Zn des feuilles corréler négativement avec celles des fruits, et permettent de regrouper les cinq

cultivars suivant leur ressemblance de variation en éléments minéraux. Ainsi, les cultivars G₂ et G₃ possèdent des variations des teneurs en Ca, Mg, Fe et Zn très proches (Figure 3).

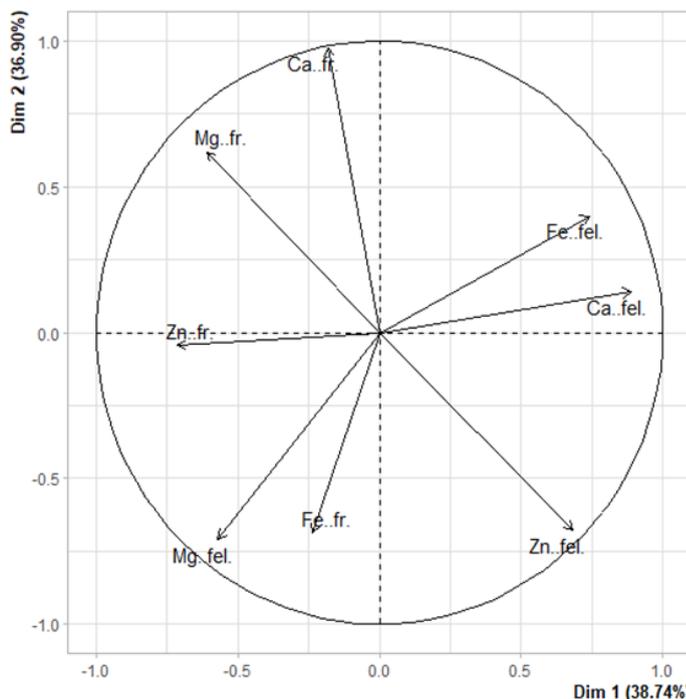


Figure 3: ACP-Cercle de corrélation des teneurs en minéraux des feuilles et fruits des cinq cultivars (G₁, G₂, G₃, G₄ et G₅) de Gombo. M_{fr} et M_{fel} représentent respectivement les variations des teneurs des fruits et des feuilles en l’élément minéral donné M.

L’analyse de la variance (ANOVA) et la méthode Tukey, montre pour les feuilles :

- une différence significative de teneurs en Ca d’un cultivar à l’autre (P-value < 5%). En effet, les feuilles de G₃ ont une plus grande teneur en Ca (7342,40±90,860 mg/100g MS) alors que G₅ et G₂ montrent de faibles teneurs respectivement égales à 4242,65±164,54 et 4882,73±51,35mg/100g MS.
- Les teneurs moyennes en Mg, sont différentes d’un cultivar à un autre (P-value < 5%). Les feuilles de G₅ ont la plus grande teneur en Mg (269,20±3,92 mg/100g MS) tandis que G₁, G₂, G₃ et G₄ montrent de plus petites teneurs, respectivement égales à 169,20±13,60; 197,10±12,77; 196,90±20,10 et 218,73±17,35 mg/100 g MS.

Une différence significative de teneurs moyennes en Fe s’observe d’un cultivar à l’autre (P-value < 5%). En effet, les feuilles de G₁; G₂ et G₃ ont de grandes teneurs respectivement égales à 36,47±1,04 ; 34,57±3,16 et 41,47±4,19 mg/100g MS alors que les feuilles de G₅ ont la plus faible teneur en Fe (7,60±1,13 mg/100g MS).

-Pour les teneurs moyennes en Zn, il y a une différence significative d’un cultivar à l’autre (P-value < 5%). Ainsi, les feuilles de G₃ et G₄ ont les plus grandes teneurs respectivement égales à 8,10±0,34 et 8,42±0,48mg/100g MS

lorsque les feuilles de G1 ont la plus faible teneur en cet élément ($5,26 \pm 0,15 \text{ mg}/100 \text{ g MS}$).

Les deux précédentes méthodes d'analyse ont aussi été appliquées aux fruits. Ainsi, il ressort que:

- Les teneurs en Ca et en Zn des cultivars G1, G2, G3, G4 et G5 ne sont pas significativement différentes (P-value >5%) cependant alors que les teneurs moyennes en Fe sont très faibles ($\leq 3 \text{ mg}/100 \text{ g MS}$).

Les teneurs moyennes en Mg sont différentes d'un cultivar à l'autre (P-value < 5%). Ainsi, les fruits de G1 et G5 ont des grandes teneurs respectivement égales à $208,20 \pm 17,71$; $190,13 \pm 18,25 \text{ mg}/100 \text{ g MS}$, alors que les fruits des cultivars G2, G3 et G4 ont de faibles teneurs respectivement égales à $129,65 \pm 13,79$; $140,35 \pm 30,76$ et $145,00 \pm 13,73 \text{ mg}/100 \text{ g MS}$.

La comparaison des teneurs maximales entre elles et les teneurs minimales entre elles, pour les fruits et pour les feuilles des cinq cultivars, montre que les grandes teneurs en ces quatre éléments minéraux étudiés se retrouvent dans les feuilles: $7342,40 \pm 90,86 \text{ mg}$ de Ca pour G3, $269,20 \pm 3,92 \text{ mg}$ de Mg pour G5; $36,47 \pm 1,04$; $34,57 \pm 3,16$ et $41,47 \pm 4,19 \text{ mg}$ de Fe correspondant respectivement aux cultivars G1, G2 et G3; $8,10 \pm 0,34$ et $8,42 \pm 0,48 \text{ mg}$ de Zn correspondant respectivement aux cultivars G3 et G4. Les teneurs les plus faibles se retrouvent dans les fruits, et sont respectivement :

- pour le Zn $3,85 \pm 0,21$; $4,16 \pm 0,10$; $3,74 \pm 0,22$; $3,12 \pm 0,48$; $4,18 \pm 0,58$ dans les cultivars G1, G2, G3, G4 et G5;
- pour le Mg $129,65 \pm 13,79$; $140,35 \pm 30,76$ et $145,00 \pm 13,73$ dans les cultivars G2, G3 et G4;
- pour le Ca $2709,40 \pm 381,27$; $1411,70 \pm 174,09$; $909,95 \pm 10,82$; $1320,30 \pm 141,70$; $1180,40 \pm 31,89$ dans les cultivars G1, G2, G3, G4 et G5.
- Les teneurs en Fe sont inférieures ou égale à 3 mg pour les fruits des cinq cultivars.

Les résultats de ce travail ont été comparés aux résultats d'autres recherches faites dans d'autres pays sur les fruits de gombo (*Abelmoschus esculentus*). Ainsi, le travail qui a été mené en Côte d'Ivoire, a montré une teneur élevée en Mg et de faibles teneurs pour les autres éléments. Les résultats ont été respectivement pour deux variétés Dioula et Baoulé : $502,77 \pm 55,61 \text{ mg}/100 \text{ g MS}$ et $507,97 \pm 72,45 \text{ mg}/100 \text{ g MS}$ en Mg, $564,85 \pm 274,60 \text{ mg}/100 \text{ g MS}$ et $515,22 \pm 209,73 \text{ mg}/100 \text{ g MS}$ en Ca, $14,98 \pm 12,97 \text{ mg}/100 \text{ g MS}$ et $17,40 \pm 13,89 \text{ mg}/100 \text{ g MS}$ en Fe, $3,65 \pm 0,77 \text{ mg}/100 \text{ g MS}$ et $3,64 \pm 0,89 \text{ mg}/100 \text{ g MS}$ en Zn (Kouassi & al, 2013). Le gombo, *Abelmoschus esculentus*, cultivé au Congo montre une teneur élevée en Mg dans ses fruits qui est de $3259,64 \pm 7,4 \text{ mg}/100 \text{ g MS}$ (Kouassi & al, 2013). En comparant les teneurs en éléments minéraux des cultivars de Gombo cultivés en Ethiopie et au Burundi, les cultivars burundais montrent des teneurs élevées en minéraux. En effet, les teneurs maximales des fruits de cultivars d'Ethiopie trouvées par Habtamu & al, 2016 ont été $311,95 \pm 0,57 \text{ mg Ca}/100 \text{ g MS}$, $36,68 \pm 0,84 \text{ mg Fe}/100 \text{ g MS}$, $6,31 \pm 0,19 \text{ mg Zn}/100 \text{ g MS}$. Comparé aux

cultivars du Brésil, les teneurs des cultivars de gombo du Burundi sont plus élevées (Ivanice, 2013). Nous pouvons donc dire que les teneurs en quatre éléments minéraux étudiés, dans les fruits de gombo cultivé à Bujumbura, sont plus élevées que celles du gombo cultivé dans d'autres pays.

La comparaison des résultats de ce travail avec ceux d'autres pays sur le gombo (*Abelmoschus esculentus*), montre que le gombo du Burundi présente des niveaux généralement élevés pour les quatre éléments minéraux étudiés. Les teneurs en Mg des fruits des cinq cultivars de gombo du Burundi sont relativement moins élevées.

Les cinq cultivars de gombo du Burundi montrent des teneurs très élevées dans les feuilles allant jusqu'à plus de 100% des besoins journaliers recommandés. Les fruits regorgent d'éléments minéraux dont les teneurs sont dans les normes journalières recommandées sauf pour le Ca. L'apport minéral des cinq cultivars étudiés de gombo du Burundi est similaire à celui des légumes amarante (*Amaranthus spinosus* L.) cultivés au Togo (Effoe & al, 2020), puisque ces derniers ont des teneurs en ces quatre éléments minéraux excédant les recommandations nutritionnelles journalières de FAO (FAO, 2001); les teneurs trouvées pour 100 g MS sont $3993,31 \pm 39,57 \text{ mg}$, $1261,80 \pm 34,13 \text{ mg}$; $23,59 \pm 0,93 \text{ mg}$, et $7,07 \pm 0,10 \text{ mg}$ respectivement pour les éléments Ca, Mg, Fe et Zn.

4. Conclusion

Les résultats de cette étude ont permis de montrer que les feuilles et les fruits des cinq cultivars de Gombo, *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench, cultivés à Bujumbura sont riches en Ca, Mg, Fe et Zn. Les deux organes de gombo (feuilles et fruits) peuvent donc être utilisés pour enrichir des plats en ces minéraux même si comparativement les fruits ont des plus faibles teneurs pour tous les cinq cultivars. Par ailleurs, les variations de leurs teneurs entre les feuilles et les fruits pour tous les cinq cultivars, corrèlent négativement pendant que les cultivars G2 et G3 montrent des variations très proches en éléments minéraux (ACP).

Les feuilles et les fruits des cinq cultivars de gombo étudiés, avec de teneurs minérales parfois excédant les recommandations nutritionnelles journalières de FAO, constituent de grandes sources alimentaires riches en ces quatre éléments minéraux (Ca, Mg, Fe et Zn) essentiels à l'organisme. Peu importe le cultivar, les feuilles sont plus riches en ces éléments minéraux que les fruits. Alors que le gombo est essentiellement consommé pour ses fruits, la consommation des feuilles devrait être vulgarisée pour leur richesse en ces quatre éléments minéraux. Néanmoins, aucun des cultivars n'a le mérite d'avoir les plus grandes teneurs pour les quatre éléments étudiés que ce soit pour les feuilles ou pour les fruits.

Une étude ultérieure pourrait se concentrer sur l'évaluation des facteurs antinutritionnels et de la disponibilité de la richesse minérale pour les cinq cultivars. Par ailleurs, ce travail constitue

la première étape de l'élaboration d'une table de composition alimentaire en éléments minéraux des cultivars de Gombo cultivés au Burundi.

4. Références

- [1] Adelakun O. E., Oyelade O. J., Ade-Omowaye B. I., Adeyemi I. A., and Van de Venter M., 2009. "Chemical composition and the antioxidative properties of Nigerian Okra Seed (*Abelmoschus esculentus* Moench) Flour," *Food Chem. Toxicol.*, vol. 47, no. 6, pp. 1123–6, doi: 10.1016/j.fct.2009.01.036.
- [2] Agbangnan Dossa C. P., Gnawe M., Bigo Agadaba P. H., Bogninou G. S. R., Chabi N. W., Yedomonhan H., Wotto D. V., Dominique C. K. S., 2018. "Chemical Composition, Antioxidant Activity and Nutritional Potential of Two Species of Okra: *Abelmoschus caillei* and *Abelmoschus moschatus*," *J. Sci. Eng. Res.*, vol. 5, no. 6, pp. 240–248, [Online]. Available: www.jsaer.com.
- [3] Anuraj S. H., 2020. "Hunter's Tropical Medicine and Emerging Infectious Diseases. Carences minérales," *ScienceDirect*, vol. 10th, no. 2020, pp. 1048–1054, doi: 10.1016/B978-0-323-55512-8.00145-9.
- [4] Chowdhury N. S., Jamaly S., Farjana F., Begum N. and Zenat E. A., 2019. "A Review on Ethnomedicinal, Pharmacological, Phytochemical and Pharmaceutical Profile of Lady's Finger (*Abelmoschus esculentus* L.) Plant », *Pharmacology & Pharmacy*, 10, pp. 94–108.
- [5] Effoe S., Gbekley E. H., Mélila M., Agban T., Tchacondo A., Osseyi E., and Karou K., Kokou D. S., 2020. "Assessment of the nutritional potential of *Amaranthus spinosus* L. (Amaranthaceae) and *Tridax procumbens* L. (Asteraceae), two leafy vegetables from the Maritime region of Togo," *J. Pharmacogn. Phytochem.*, vol. 9, no. 3, pp. 2007–2014.
- [6] FAO, 2001. "Human Vitamin and Mineral Requirements." Food and Nutrition Division. FAO. Rome. [Online]. Available: www.fao.org/3/Y2809E/y2809e00.htm.
- [7] Gemede HF, Haki GD, Beyene F, Woldegiorgis AZ and Rakshit SK. Proximate, mineral, and antinutrient compositions of indigenous Okra (*Abelmoschus esculentus*) pod accessions: Implications for mineral bioavailability. *Food Science & Nutrition*. 2015, 4(2): 223–33
- [8] Gerrano A. S., 2018. "Agronomic Performance, Nutritional Phenotyping and Trait Associations of Okra (*Abelmoschus esculentus*) Genotypes in South Africa," *IntechOpen*, pp. 75–77, doi: 10.5772/intechopen.70813.
- [9] Habtamu F. G., Haki G. D., Beyene F., Ashagrie Z. W., and Sudip K. R., 2016. "Proximate, mineral, and antinutrient compositions of indigenous Okra (*Abelmoschus esculentus*) pod accessions: implications for mineral bioavailability," *Food Sci. Nutr.*, vol. 4, no. 2, pp. 223–233, doi: 10.1002/fsn3.282.
- [10] Ivanice F. S., Ana M. P., Uenderson A. B., Lima J. S., Débora C. S. and Geraldo D. M., 2013. "Multivariate analysis of the mineral content of raw and cooked okra (*Abelmoschus esculentus* L.)," *Microchem. J.*, vol. 110, no. 2013, pp. 439–443.
- [11] Kouassi J. B., Massara C.-C., Sess D. E., Tiahou G. G., and Djohan F. Y., 2013. "Détermination des teneurs en fer, en calcium, en cuivre et en zinc de deux variétés de gombo," *J. Appl. Biosci.*, vol. 67, pp. 5219 – 5227.
- [12] Kouassi J. B., Massara C. C., Sess D. E., Tiahou G. G., Monde A. A., and Djohan F. Y., 2013. "Détermination des teneurs en fer, en calcium, en cuivre et en zinc de deux variétés de gombo," *Bull. la Société R. des Sci. Liège*, vol. 82, no. 2013, pp. 22–32.
- [13] Marius, C., Gerard, V. & Antoine, G. 1997. Le gombo, *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench, une source possible de phospholipides. *Agronomie et Biotechnologies. Oléagineux, Corps gras, Lipides* 4 (5): 389-392
- [14] Murad S., Najeeb S., Khan N., Shaikh D.M., Mahar A. H., Saif S. and Ghaffar M. A. 2020. "Chemical Interactions benefit diseased state of vascular smooth muscles," *Int. J. Med. Sci. Clin. Res. Rev.*, vol. 3, no. 183–187.
- [15] Nkengurutse J., Nzoyisubiziki J., Bigendako M. J., Nkurunziza M., Mbonihankuye C., et Ntakarutimana V., 2018. "Caractérisation Préliminaire de la morphologie et du rendement des cultivars du Gombo, *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench (Malvaceae), cultivés au Burundi : perspectives d'avenir," *Ann. des Sci. des Sci. Appliquées*, vol. 4, no. 4/4, pp. 184–202.
- [16] Ntakarutimana V., Ndikumana S., Ndamanisha J. C., Nizigiyimana L., Mpawenayo P. C. et Nkengurutse J., 2021. « Dosage des protéines et des glucides dans les fruits et dans les feuilles de cinq cultivars de gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) cultivés au Burundi », *Revue de l'Université du Burundi, Série Sciences exactes et naturelles*, Vol.31, pp.53-59.
- [17] PINTA M., 1973. "Méthodes de référence pour la détermination des éléments minéraux dans les végétaux. Détermination des éléments Ca, Mg, Fe, Mn, Zn et Cu par absorption atomique," *Oléagineux*, vol. 28, no. 2, pp. 87–92.
- [18] Sabitha V., Ramachandran S., Naveen K. R., and Panneerselvam K., 2011. "Antidiabetic and antihyperlipidemic potential of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. in streptozotocin-induced diabetic rats," *J. Pharm. Bioallied Sci.*, vol. 3, no. 3, pp. 397–402, doi: 10.4103/0975-7406.84447.
- [19] Sawadogo M., Zombre G., and Balma D., 2006. "Expression de différents écotypes de gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) au déficit hydrique intervenant pendant la boutonnisation et la floraison," *Biotechnol. Agron. Société Environ.*, vol. 10, no. 1, pp. 43–54.
- [20] UNN-BURUNDI, 2019. Agenda conjoint des Nations Unies pour la sécurité alimentaire et nutritionnelle au Burundi (2019-2023).