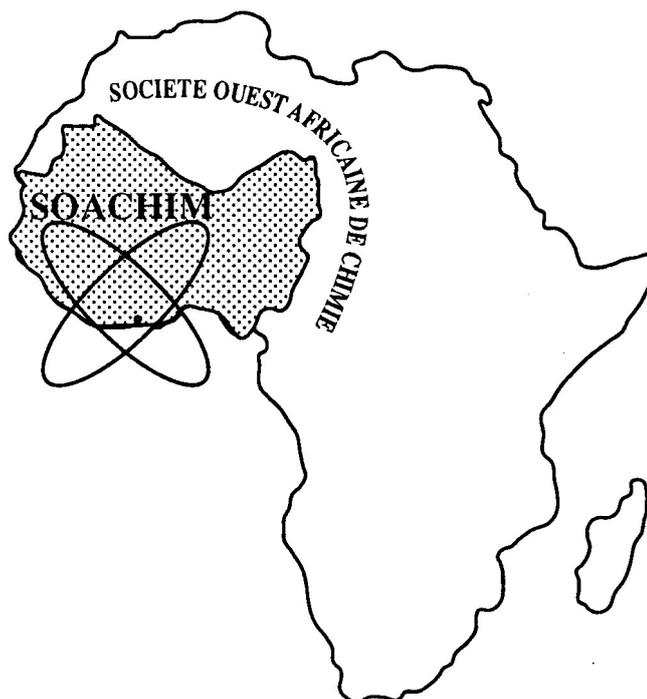


Evaluation des teneurs en antioxydants et micronutriments des feuilles de onze variétés de Ipomoea batatas à chairs orange et pourpre produites au Burkina Faso

**Dominique Saga Kaboré, Adama Hema, Moumouni Koala,
Koussao Somé, Eloi Palé, Issa T. Somé,
Pierre Duez, Mouhoussine Nacro**

Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie
J. Soc. Ouest-Afr. Chim. (2020), 050 : 1 - 10
25^{ème} Année, Décembre 2020



ISSN 0796-6687

Code Chemical Abstracts : JSOCF2

Cote INIST (CNRS France) : <27680>

Site Web: <http://www.soachim.org>

Evaluation des teneurs en antioxydants et micronutriments des feuilles de onze variétés de *Ipomoea batatas* à chairs orange et pourpre produites au Burkina Faso

Dominique Saga Kaboré¹, Adama Hema^{1*}, Moumouni Koala^{1,2}, Koussao Somé³, Eloi Palé¹, Issa T. Somé⁴, Pierre Duez⁵, Mouhoussine Nacro¹

¹Laboratoire de Chimie Organique et de Physique Appliquées, Université Joseph KI-ZERBO, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

²Institut de Recherche en Sciences de la Santé (IRSS/CNRST) 03 BP 7192 Ouagadougou 03, Burkina Faso

³CNRST/INERA, Département Productions Végétales, 03 BP 7047 Ouagadougou 03 Burkina Faso

⁴Laboratoire de Chimie Analytique et de Toxicologie, UFR/ Sciences de la Santé, Université Joseph Ki-Zerbo, Burkina Faso

⁵Service de Chimie Thérapeutique et de Pharmacognosie, Université de Mons, 25 Chemin du Champ de Mars, 7000 Mons, Belgique

(Reçu le 30/08/2020 – Accepté après corrections le 28/12/ 2020)

Résumé : Les teneurs en Chlorophylles a et b, en composés phénoliques, en caroténoïdes en antioxydants totaux des feuilles de onze variétés de patates douces à chairs orange et pourpre ont été évaluées par spectrophotométrie. Par la méthode à l'ABTS, BF59XCIP1 (43,450 mg ET/g) possède la meilleure teneur en antioxydants devant les variétés BF59XCIP4, TUSKEGEE-POURPRE CAP VERT et TIB17 (40,969 mg ET/g) et la variété TUSKEGEE-POURPRE (38,161 mg ET/g). Les feuilles de MOTHER DELIGHT, accumulent beaucoup plus les composés phénoliques (27,37 mg EAG/g) que TIB21 et TIB29 qui possèdent une teneur moyenne de 24,78 mg EAG/g. Les plus faibles teneurs sont observées au niveau des variétés TUSKEGEE-POURPRE, BF59XCIP1, TUSKEGEE-POURPRE CAP VERT possédant en moyenne 14,94 mg EAG/g et TUSKEGEE-ORANGE (19,104 mg EAG/g). Pour la Chl b, le solvant d'extraction explique à 81,23 % les différences significatives observées. Le méthanol est le meilleur solvant d'extraction de la Chl a (71,93 mg/100 g) et de la Chl b (56,98 mg/100 g) devant le système acétone-Eau (Chl a= 60,81 mg/100 g ; Chl b= 29,71 mg/100 g). Concernant les caroténoïdes, le solvant d'extraction (72,5 %) a une grande influence en faveur du système acétone-Eau qui peut extraire dans 100 g de feuilles, 11,967 mg de caroténoïdes totaux.

Mots clés : composés phénoliques, caroténoïdes, Chlorophylle a, Chlorophylle b, phéophytines, spectrophotométrie

Evaluation of antioxidants and micronutrients contents of the leaves of eleven varieties of *Ipomoea batatas* with orange and purple flesh produced in Burkina Faso

Abstract: Chlorophylls a and b, phenolic compounds, carotenoids in total antioxidants from the leaves of eleven varieties of orange and purple sweet potatoes were assessed by spectrophotometry. Using the ABTS method, BF59XCIP1 (43.450 mg ET/g) has the highest antioxidant content ahead of BF59XCIP4, TUSKEGEE- POURPRE CAP VERT and TIB17 (40.969 mg ET/g) and TUSKEGEE-POURPRE (38.161 mg ET/g). The leaves of MOTHER DELIGHT, accumulate much more phenolic compounds (27.37 mg EAG/g) than TIB21 and TIB29 which have an average content of 24.78 mg EAG/g. The lowest levels are observed in TUSKEGEE-POURPRE, BF59XCIP1, TUSKEGEE-POURPRE CAP VERT with an average content of 14.94 mg EAG/g and TUSKEGEE-ORANGE (19.104 mg EAG/g). For Chl b, the extraction solvent accounts for 81.23% of the significant differences observed. Methanol is the best extraction solvent for Chl a (71.93g/100g) and Chl b (56.98g/100g) ahead of the acetone-water system (Chl a 60.81g/100g ; Chl b 29.71g/100g). For carotenoids, the extraction solvent (72.5%) has a strong influence in favour of the acetone-water system, which can extract 11,967 g of total carotenoids in 100 g of leaves.

Keywords : phenolic compounds, carotenoids, chlorophyll a, chlorophyll b, pheophytins, spectrophotometry

* Auteur correspondant : email : hemaadama@yahoo.fr

1. Introduction

Ipomoea batatas est une plante beaucoup cultivée à travers le monde. Les racines tubéreuses sont comestibles et transformées en farine [1] qui entre dans la préparation de plusieurs recettes telles que les galettes, les jus, les biscuits, les pâtes, amidon et dérivés. La feuille est une partie aérienne comestible du plant de patate douce. Elle est considérée comme un légume feuille et est très couramment consommée en Afrique au Sud du Sahara.

La forme et la couleur de la feuille varient selon les variétés de patates douces ; la couleur varie du vert foncé au pourpre. Ces couleurs sont dues à la présence des caroténoïdes, composés phénoliques, chlorophylles et des produits d'oxydation de phénols [2]. En générale, les légumes feuilles apportent dix à cent fois plus de micronutriments antioxydants [3,4] et constituent selon la naturopathe Claudine Richard, la base d'une alimentation vivante, saine et protectrice [5]. Outre les macronutriments, ils constituent d'excellentes sources de vitamines et de sels minéraux et des micronutriments antioxydants. Par ailleurs, ils renferment des chlorophylles du groupe de pigments tétrapyrroliques avec des fonctions et des éléments structuraux communs. Elles sont caractérisées par un isocycle à cinq membres et par la présence d'un atome de magnésium complexé en leur centre. Ce sont de pigments de la vie vu leur importance dans la photosynthèse où elles jouent un rôle biologique primordial [6] par la captation et la canalisation de l'énergie lumineuse du soleil. Aujourd'hui, on dénombre plus de cinquante chlorophylles différentes dont les plus répandues et également les plus étudiées sont les chlorophylles a et b.

Les caroténoïdes sont des pigments responsables des couleurs jaune, orange, ou rouge des fruits, et sont des déterminants majeurs de leur qualité organoleptique et nutritionnelle. A ce jour, des centaines de caroténoïdes ont été identifiés dont une quarantaine se retrouve dans l'alimentation humaine et certains comme le β -carotène, le lycopène, la lutéine, l' α -cryptoxanthine, l' α -carotène et la zéaxanthine [7, 8] se retrouvent dans le plasma et les tissus humains.

Ces métabolites secondaires des plantes possèdent des propriétés nutritionnelles et biologiques diverses: antioxydantes [9], anti-cancéreuses [10] et jouent un rôle important dans la prévention et le traitement de certaines pathologies comme les maladies cardiovasculaires, la cécité crépusculaire [11], dépendent des conditions agroécologiques de la zone de production [12, 13]

Des variétés de patates douces à chairs orange et pourpre acclimatées dans le contexte agroécologique

du Burkina Faso et pour la plupart issues de croisements avec des variétés locales ne sont pas connues du point de vue de leur teneur en micronutriments bioactifs des feuilles. Cette étude s'inscrit dans une dynamique d'évaluation quantitative des nutriments non énergétiques des feuilles des patates douces à chairs colorées. Elle a donc pour intérêt, de promouvoir la consommation des feuilles de *Ipomoea batatas* ; jusque-là négligées et réservées à l'alimentation du bétail [14, 15]. A cet effet, les teneurs en antioxydants, en caroténoïdes, en composés phénoliques totaux et en chlorophylles a et b dans les feuilles de patate douce à chairs orange et pourpre ont été évaluées par des méthodes spectrophotométriques.

2. Matériel végétal et méthodes

2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est constitué de feuilles de patates douces de neuf variétés à chair orange (PDCO) et deux à chair pourpre. Ces différentes variétés dont les boutures ont été fournies par l'INERA et cultivées dans un jardin expérimental au sein de l'Université Joseph Ki-ZERBO.

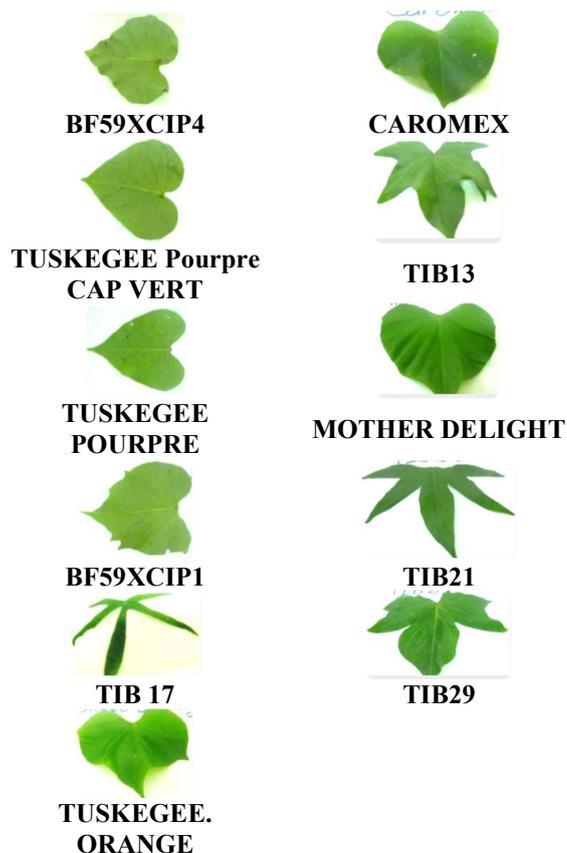


Figure 1 : formes des feuilles des variétés de patate douce

2.2. Méthodes

2.2.1. Détermination des teneurs en eau

Une masse m_1 de feuilles fraîches de chaque variété est placée dans un four réglé à 100°C. Après deux heures dans le four, la masse m_2 des feuilles est prise et la teneur en eau (T.E) est calculée par la formule :

$$\text{T.E (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

2.2.2. Extraction

Pour l'évaluation des teneurs des feuilles des différentes variétés de patate douce à chairs orange et pourpre, en caroténoïdes totaux et en chlorophylles a et b, le méthanol et le système acétone-eau (80 : 20 v/v) ont été utilisés. En effet, 60 mg de feuilles de chaque variété sont broyées avec 450 mg de carbonate de magnésium (MgCO_3) et extraits successivement avec avec 4,5 mL puis deux fois avec 4 mL de solvant.

L'évaluation des teneurs en antioxydants et en composés phénoliques a été réalisée dans les extraits de feuilles obtenus en utilisant le système de solvant acétone-eau-acide acétique (70 : 29,5 : 0,5 v/v/v). 60 mg de feuilles broyées de chaque variété sont macérés pendant 24 h dans 1 mL de chloroforme. Après filtration 2 mL du solvant d'extraction sont ajoutés au résidu et gardé en macération pendant 24 heures. Les filtrats obtenus sont rassemblés et gardés au réfrigérateur pour les dosages.

2.2.3. Détermination des teneurs en antioxydants totaux

Les teneurs en antioxydants totaux ont été déterminées par spectrophotométrie en utilisant trois méthodes couramment utilisées au 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH), à l'acide 2, 2'-azinobis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique) (ABTS) et celle du Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP). Ces méthodes sont basées sur différents mécanismes chimiques. En effet, les méthodes à l'ABTS et au DPPH mesurent respectivement la capacité d'un antioxydant à piéger le radical-cation $\text{ABTS}^{+\bullet}$ [16] et le radical DPPH^\bullet [17] par un transfert d'électron de l'échantillon antioxydant. La méthode FRAP, elle, évalue le pouvoir réducteur d'un échantillon.

Méthode au DPPH : Cette méthode mesure l'absorbance de la solution décolorée du radical DPPH^\bullet par l'activité d'une quantité de l'échantillon étudié. En effet, 50 μL de chaque extrait sont ajoutés à 200 μL du réactif de DPPH. Après 10 minutes d'incubation, les absorbances sont lues à 515 nm en utilisant un lecteur microplaque (spectrophotomètre

MP96, SAFAS). Les absorbances des échantillons étudiés sont rapportées sur une courbe-étalon ($y = -12,392x + 0,4403$; $R^2 = 0,9995$) préalablement établie en utilisant le Trolox comme antioxydant de référence. Les teneurs sont ainsi exprimés en mg d'équivalents de Trolox par gramme de matériel végétal frais. Toutes les mesures sont répétées trois fois.

Méthode FRAP : dans cette méthode, un sel ferrique, le $\text{Fe(III)(TPTZ)}_2\text{Cl}_3$ (TPTZ= 2,4,6-tripyridyl-s-triazine) est utilisé comme oxydant [18, 19]. L'absorbance de la décoloration bleue intense à 595 nm est mesurée avec un lecteur microplaque (spectrophotomètre MP96, SAFAS). En effet, au mélange 30 μL d'eau distillée et 20 μL de chacun des échantillons convenablement dilués, 200 μL du réactif FRAP sont ajoutés. Une courbe-étalon est établie en utilisant le Trolox comme antioxydant de référence. Les résultats, déterminés à partir de l'équation de la courbe-étalon ($y = 18,957x + 0,2917$; $R^2 = 0,9985$), ont été exprimés en mg d'Equivalents de Trolox (ET) par gramme de matériel végétal. Toutes les mesures sont répétées trois fois.

Méthode à l'ABTS: le radical-cation ABTS [20] est généré en mélangeant 1 mL de solution à 39,2 mM de persulfate de potassium $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ et 5 mL de solution d'ABTS à 7,01 mM, le mélange est conservé à l'abri de la lumière à la température de 4°C durant 16 heures, temps nécessaire pour la génération du radical-cation. La solution bleu-vert obtenue est diluée pour avoir une absorbance de $0,7 \pm 0,05$ à 734 nm. À chaque échantillon (50 μL) sont ajoutés 200 μL de solution d'ABTS et l'absorbance est mesurée après 10 min à 734 nm par le spectrophotomètre MP96, SAFAS. Une courbe-étalon ($y = -10,89x + 0,7756$; $R^2 = 0,9978$) a été préalablement établie en utilisant le Trolox comme antioxydant de référence et les résultats sont exprimés en mg d'Equivalents de Trolox (ET) par gramme de feuilles fraîches.

2.2.4. Détermination des teneurs en composés phénoliques totaux

Les teneurs en composés phénoliques totaux des extraits des feuilles de patates douces ont été déterminées par la méthode de Folin-Ciocalteu [21]. Elle consiste à faire réagir 60 μL de l'échantillon étudié avec 60 μL du réactif de Folin (dilué 10 fois). Après 8 min d'incubation, 120 μL de carbonate de sodium à 7,5 % (p/v) y sont ajoutés. Après 30 min d'incubation, l'absorbance est lue à 765 nm. Les blancs sont préparés pour chaque variété en remplaçant le réactif de Folin-Ciocalteu par de l'eau distillée. L'acide gallique est utilisé comme standard

($y = 18,252x + 0,1871$; $R^2 = 0,9981$) et les résultats sont exprimés en mg d'équivalents d'acide gallique (EAG) par gramme de feuilles fraîches.

2.2.5. Détermination des teneurs en caroténoïdes et chlorophylles a et b

Les teneurs en caroténoïdes et en chlorophylles a et b ont été déterminées par spectrophotométrie. En effet, pour une substance donnée en solution dans un solvant particulier, et soumise à une radiation monochromatique donnée, la loi de Beer-Lambert s'écrit : $A = \epsilon * \ell * C$ où ϵ désigne le coefficient d'absorption spécifique de la substance dans le solvant utilisé, à une concentration C correspondante alors exprimée en g/L ; ℓ est le trajet optique de la cuve du spectrophotomètre ($\ell = 1$ cm). Les mesures des concentrations sont effectuées à la longueur d'onde du maximum d'absorption de la substance considérée.

Dans un mélange, les absorptions de divers constituants sont additives. Connaissant les coefficients d'absorption spécifiques dans le système de solvant acétone-eau (acétone-eau 80 : 20 v/v) et dans le méthanol, le système d'équations établi par Arnon et Mc Kinney (Tableau I) [22] permet de déterminer les teneurs en chlorophylles a et b et en caroténoïdes exprimées en $\mu\text{g/mL}$ puis en mg/ 100 mg de feuilles fraîches.

Etude statistique : les expériences sont répétées au moins trois fois et les résultats présentés sont exprimés sous la forme moyenne \pm écart-type calculés au seuil de probabilité inférieur ou égal à 95%. Une analyse de variance (ANOVA) a permis d'apprécier les différences entre les 11 variétés de patate douces à chairs orange et pourpre pour leurs teneurs en antioxydants, en composés phénoliques et en caroténoïdes totaux relativement au solvant d'extraction, en utilisant le logiciel statistique SPSS, version 16. Des lettres différentes d'une colonne indiquent une différence significative ($P < 0,001$) entre les teneurs.

3. Résultats et discussion

3.1. Teneurs en eau

Les teneurs en eau des feuilles fraîches des différentes variétés de patates douces varient entre 83,45 et 88,72 % (Tableau II). En effet, elles renferment en moyenne 86,22 % ; soit environ 14 % de matière sèche.

3.2. Caractérisation

Le profil chromatographique sur couche mince [23] des extraits bruts à l'éther diéthylique des feuilles fraîches des variétés de patates en étude dans le système :

Ether de pétrole/Acétone/Dichlorométhane (3/1/1 ; v/v/v) révèle six principales bandes aux références frontales 0,91 ; 0,79 ; 0,71 et 0,60 ; 0,57 et 0,38 (Tableau IV).

Ces bandes correspondraient respectivement : aux carotènes, notamment le lycopène et le β -carotène sont des composés globalement apolaires ; ce qui expliquent leur R_f élevée ($R_f = 0,91$) sur une phase stationnaire polaire comme la silice.

aux phéophytines (gris-noirâtre): en plus de la chlorophylle a et b, il existe de nombreux dérivés de cette molécule, qui se forment lors d'un traitement à la chaleur ou lorsque que la molécule est mise en contact avec un milieu acide, ou alors avec une dégradation enzymatique [24]. Il s'agit des phéophytines a et b présentes (Figures 1 et 3) dans les plantes [25].

aux chlorophylles a (vert-bleu) et b (jaune-vert) qui sont des composés peu polaires. La chlorophylle b présentant un groupe aldéhyde -CHO (Figure 3) qui pourrait se lier avec le support (R_f le plus petit) ; ce qui explique la possibilité de séparer les deux chlorophylles.

Enfin, les deux tâches jaunes constituées de xanthophylles dont la violaxanthine et néoxanthine. Ce sont des composés polaires présentant de nombreux atomes d'oxygènes qui possèdent une grande affinité avec le support solide et seront donc les plus retenues; ce qui explique les faibles R_f observées pour ces composés. Par ailleurs, la structure de la néoxanthine révèle trois groupements hydroxyles (OH) contre deux pour la violaxanthine ce qui augmente son affinité avec la silice : on pourrait attribuer la plus faible R_f ($R_f = 0,38$) à la néoxanthine.

Tableau I : systèmes d'équations d'Arnon et Mc Kinney

	Systèmes de solvant d'extraction	
	Acétone-eau (80 : 20 v/v)	Méthanol
Chl a	$C_a = 12,25A_{663,2} - 2,79A_{646,8}$	$C_a = 16,72A_{665,2} - 9,16A_{652,4}$
Chl b	$C_b = 21,50A_{646,8} - 5,10A_{663,2}$	$C_b = 34,92A_{652,4} - 16,54A_{665,2}$
Car	$C_{Car} = (1000A_{470} - 1,82C_a - 85,02C_b) / 198$	$C_{Car} = (1000A_{470} - 1,63C_a - 104,96C_b) / 221$

C_a : teneur en Chl a ; C_b : Teneur en Chl b ; C_{car} : teneur en caroténoïdes totaux. Toutes ces teneurs sont exprimées en $\mu\text{g/mL}$

3.3. Teneurs en antioxydants et en composés phénoliques

Les résultats des teneurs en antioxydants en utilisant les méthodes au DPPH, à l'ABTS et au FRAP, trois méthodes spectrophotométriques, accessibles, simples basées sur un transfert électronique (SET : Single Electron Transfer) de l'antioxydant vers l'oxydant (Tableau V). La méthode au Réactif de Folin-Ciocalteu (RFC) a été utilisée pour la détermination des teneurs en composés phénoliques totaux qui contribuent généralement aux activités antioxydantes des extraits phytochimiques [26].

Les différences observées entre les teneurs en antioxydants des extraits de feuilles fraîches des variétés de patates douces à chairs orange et pourpre ne sont pas toutes significatives. Certaines variétés de patates douces à chairs orange et pourpre possèdent pratiquement les mêmes teneurs en antioxydants totaux. En effet, par la méthode à l'ABTS, il ressort que les variétés TUSKEGEE-ORANGE, CAROMEX, TIB13, MOTHER DELIGHT, TIB21, TIB29 présentant une teneur moyenne de 30,347 mg ET/g de feuilles fraîches en antioxydants totaux. Cependant, ces variétés possèdent une teneur moyenne significativement ($P < 0,001$) très plus faibles que celles de la variété TUSKEGEE-POURPRE (38,161 mg ET/g), et des variétés BF59XCIP4, TUSKEGEE-POURPRE CAP VERT et TIB17 (~40,969 mg ET/g); à leur tour moins élevées que la teneur en antioxydants de BF59XCIP1 (43,450 mg ET/g).

Par la méthode au DPPH, les variétés BF59XCIP4, TUSKEGEE-POURPRE CAP VERT, TUSKEGEE-POURPRE, BF59XCIP1, TIB17 ne diffèrent pas significativement ($P > 0,05$) et présentent une teneur moyenne de 10,5356 mg ET/g. Elles sont moins riches en antioxydants que les variétés MOTHER DELIGHT, TIB13, CAROMEX (14,018 mg ET/g); à leur tour moins riche que les variétés TIB21 et TIB29 (~15,075 mg ET/g). Enfin, TUSKEGEE-ORANGE présente la meilleure teneur en antioxydants (16,323 mg ET/g).

Par la méthode FRAP, les teneurs en antioxydants totaux varient de 0,197 pour MOTHER DELIGHT à 0,692 mg ET/g pour TIB29. Par cette méthode, les variétés TIB13, TUSKEGEE-ORANGE, BF59XCIP1, TUSKEGEE-POURPRE, BF59XCIP4 et TUSKEGEE-POURPRE, les teneurs en antioxydants diffèrent très peu ($P > 0,05$) et possèdent une valeur moyenne de 0,359 mg ET/g. Par cette méthode, les plus fortes valeurs en antioxydants sont obtenues avec les variétés TUSKEGEE-ORANGE, TIB21, TIB29 possédant

respectivement des teneurs en antioxydants de 0,451 ; 0,575 et 0,692 mg ET/g de feuilles fraîches. Indépendamment de la variété de la patate douce, il ressort de cette étude sur les antioxydants que les teneurs sont plus élevées en utilisant la méthode qui implique le radical-cation $ABTS^{\circ+}$ qui possède une coloration verte. Ces teneurs très élevées en antioxydants pourraient s'expliquer par la présence dans l'extrait de molécules non actives sur ce radical-cation mais qui absorberaient à 734 nm, étant donné que les extraits des feuilles sont aussi verts. Ceci se traduit par des corrélations négatives de -75,95 % d'une part, entre les teneurs en composés phénoliques totaux et les teneurs en antioxydants dosés par la méthode à l'ABTS et d'autre part, de -94,35 % entre les antioxydants évalués par les méthodes au DPPH et à l'ABTS. En revanche, le radical de DPPH se montre peu accessible du fait de la présence dans sa structure de trois noyaux phényles ; ce qui peut constituer un facteur de sous-estimation des teneurs en antioxydants par cette méthode.

Les teneurs en composés phénoliques totaux varient de 10,22 à 27,37 mg EAG/g de feuilles fraîches respectivement pour BF59XCIP4 et MOTHER DELIGHT ; soit une variation de 167,8 %. Les variétés TUSKEGEE-POURPRE, BF59XCIP1, TUSKEGEE-POURPRE CAP VERT possédant une teneur moyenne de 14,94 mg EAG/g renferment moins de composés phénoliques que TUSKEGEE-ORANGE (19,104 mg EAG/g) moins riches que les variétés TIB17, CAROMEX et TIB13 possédant une teneur moyenne de 20,89 mg EAG/g. Avec une teneur moyenne de 24,78 mg EAG/g, les variétés TIB21 et TIB29 renferment moins de composés phénoliques que MOTHER DELIGHT, la plus riche (27,37 mg EAG/g de feuilles fraîches).

3.4. Teneurs en caroténoïdes et en chlorophylles a et b

Les résultats de l'évaluation des teneurs en chlorophylles a et b et en caroténoïdes sont donnés dans les Tableaux VI, VII et VIII.

Des différences significatives sont observées dans les teneurs en Chl a et Chl b et en caroténoïdes totaux. Ces différences sont dues à la nature de la variété de PDCO, au solvant d'extraction mais aussi aux effets combinés de ces deux derniers.

Pour la Chl a, l'analyse statistique montre une différence très hautement significative ($P < 0,001$) pour les effets de la variété, du solvant d'extraction et pour l'interaction solvant d'extraction-variété. En effet, le caractère variétal explique à 36,86 % les différences observées ; le solvant d'extraction, à 26,70 % et que l'effet combiné de la nature de la

variété et du solvant d'extraction explique à 30,28 % (Tableaux VI et IX). Le méthanol est le meilleur solvant d'extraction de la Chl a (71,93 mg/100 g) devant le système acétone-Eau (60,81 mg/100 g) dans les feuilles d'*Ipomoea batatas*. En revanche, Indépendamment du solvant d'extraction, les teneurs en Chl a varient entre 54,53 et 79,86 mg/100 g de feuilles fraîches ; respectivement pour les variétés CAROMEX et TIB29.

Pour la Chl b, le solvant d'extraction constitue de loin la principale (81,23 %) source des différences significatives observées. Le méthanol extrait mieux (56,98 mg/100 g) cette chlorophylle par rapport au système acétone-Eau (29,71 mg/100 g). Les effets combinés de la nature variétale et du solvant d'extraction expliquent assez faiblement (8,5 %) les différences entre les teneurs en Chl b de ces feuilles de *Ipomoea batatas* (Tableau VII). Indépendamment du solvant d'extraction, les teneurs en Chl b varient entre 35,23 et 50,91 mg/100 g de feuilles fraîches ; respectivement pour les variétés CAROMEX et TIB29. Le méthanol est le meilleur solvant d'extraction des chlorophylles a (71,93 mg/100 g) et b (56,98 mg/100 g) des feuilles d'*Ipomoea batatas* (Tableau IX).

Concernant les teneurs en caroténoïdes, il faut aussi noter une grande influence du solvant d'extraction (72,5 %) en faveur du système acétone-Eau. Avec ce système de solvant, 11,967 mg de caroténoïdes totaux peuvent être extraits dans 100 g de feuilles d'*Ipomoea batatas* ; lorsque le méthanol peut en extraire 7,181 mg (Tableau VIII). Présentant les plus faibles teneurs, les caroténoïdes, indépendamment du solvant d'extraction, varient entre 8,359 et 11,814 mg/100 g de feuilles. Ces métabolites secondaires expliquent l'utilisation des feuilles de patates pour l'amélioration de la valeur nutritive de certaines recettes locales. En effet, Odongo *et al.* utilisent les feuilles de patates douces pour augmenter de 50 % les teneurs en caroténoïdes de la farine de patates douces à chair orange lorsque ces feuilles constituent 50 % de la recette. Les taux de protéines passent de 6,6 % à 15,40 % [13]. Les teneurs obtenues sont comparables à celles en caroténoïdes, en chlorophylles a et b des feuilles de niébé évaluées par Azzouz Fathia et collaborateurs

qui sont respectivement de 6 µg/g ; 49,517 µg/g et 23,579 µg/g de feuilles fraîches [27].

Ces résultats sont en accord avec ceux de Stéphanie Poulrier *et al.* [28]. Lors du dosage de la chlorophylle a dans l'eau. Cela pourrait s'expliquer d'une part par le fait que dans un système de solvant acétone-eau les chlorophylles a et b se transforment rapidement en phéophytines a et b. En outre, Contrairement aux chlorophylles a et b, les extraits à l'acétone-eau présentent des teneurs plus élevées en caroténoïdes. En effet, elles sont en moyenne de 11,969 mg dans 100 g de matériel végétal frais pour les extraits à l'acétone-eau et de 7,180 mg dans 100 g de matériel végétal frais pour les extraits au méthanol. Des études ont montré que le caroténoïde majoritaire des feuilles de patates douces est le β-carotène.

Tableau II: teneurs en eau des feuilles de patates douces

Variétés	Teneur en eau %
BF59XCIP4	85,26
TUSKEGEE POURPRE CAP VERT	85,46
TUSKEGEE. POURPRE	88,4
BF59XCIP1	88,72
TIB 17	87,04
TUSKEGEE. ORANGE	88,03
CAROMEX	83,45
TIB13	86,52
MOTHER DELIGHT	85,35
TIB21	84,35
TIB29	85,9

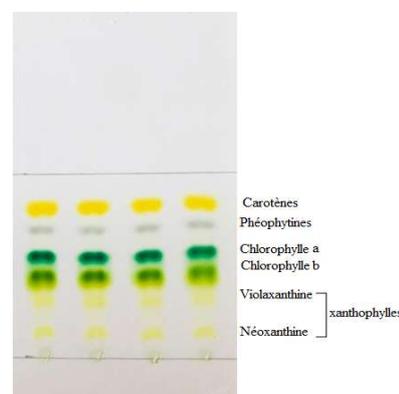


Figure 2 : Profil chromatographique des extraits des feuilles fraîches de patates douces à chair orange

Tableau III : Contribution en pourcentage (%) à la source de variabilité des teneurs en Chl a, Chl b et CAR des patates douces à chairs orange et pourpre

	Nature de la variété	Solvant d'extraction	Effet combiné Variété-Solvant
Chl a	36,86***	26,70***	30,28***
Chl b	0,746***	81,23***	0,85***
CAR	12,94***	72,5***	11,27***

Tableau IV : Références frontales des composés des extraits des feuilles fraîches de PDCO

composés	Carotènes	Phéophytine	Chl a	Chl b	Xanthophylles	
					Violaxanthine	Néoxanthine
Rf	0,91	0,79	0,71	0,6	0,57	0,38

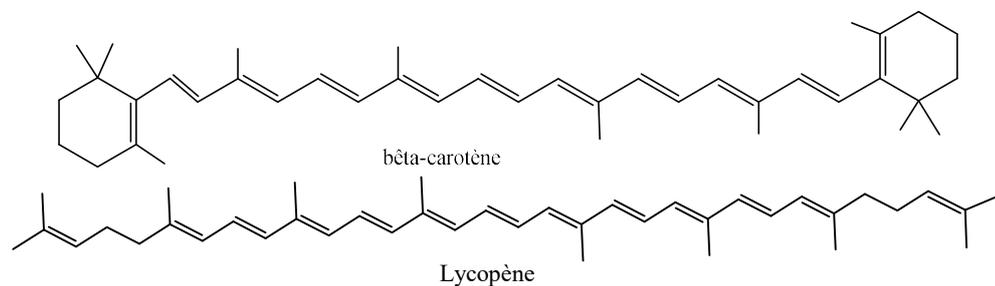


Figure 3 : Structures de carotènes

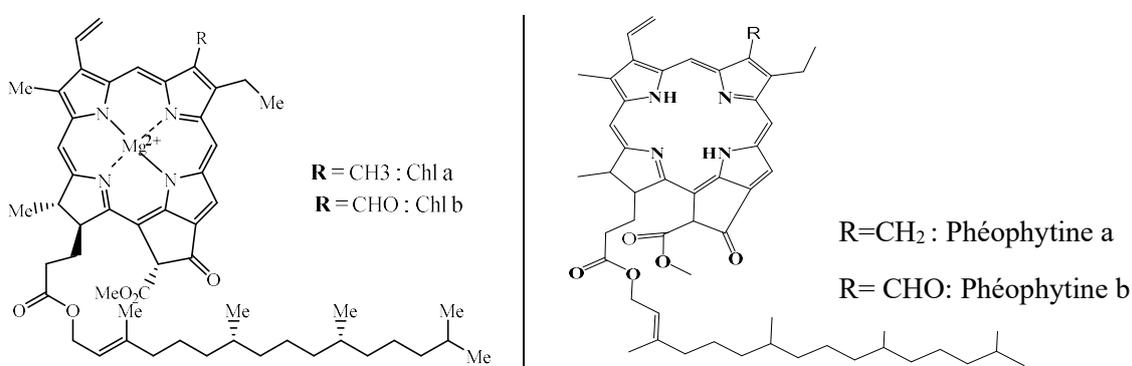


Figure 4 : Structures des chlorophylles et phéophytines a et b

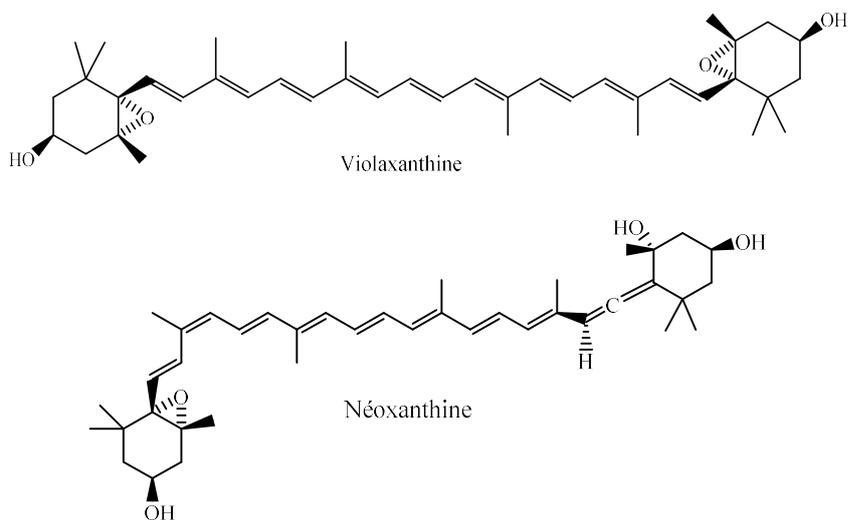


Figure 5 : Structures des xanthophylles

Tableau V : Teneurs en composés phénoliques et en antioxydants totaux

variétés	TCP (mg EAG/g)	Teneurs en antioxydants (mg ET/g)		
		DPPH	FRAP	ABTS
BF59XCIP4	10,221± 0,331 ^a	10,154± 0,302 ^{ab}	0,377± 0,030 ^{rtu}	40,414± 0,518 ^{gh}
TUSKEGEE Pourpre CAP VERT	15,539±0,165 ^x	10,900 ±0,131 ^{xv}	0,352± 0,005 ^r	41,165± 0,598 ^{gh}
TUSKEGEE-POURPRE	14,108±1,198 ^b	10,828± 0,426 ^{xv}	0,357± 0,001 ^{rt}	38,161± 1,188 ^{ik}
BF59XCIP1	15,160±0,785 ^x	10,183± 0,243 ^{ab}	0,349± 0,020 ^r	43,450 ± 0,642 ^{dq}
TIB 17	20,419±0,289 ^u	10,613 ±0,394 ^{xv}	0,263± 0,016 ^q	41,328 ± 0,539 ^{gh}
TUSKEGEE-ORANGE	19,104±0,248 ^k	16,323± 0,217 ^{hu}	0,451 ± 0,022 ^s	30,554 ± 0,503 ^{xcv}
CAROMEX	20,828±0,372 ^{uh}	13,999± 0,302 ^{rtm}	0,363 ± 0,010 ^{rt}	31,272 ± 0,652 ^{xcvn}
TIB13	21,442±0,248 ^{hv}	14,401± 0,258 ^{mo}	0,357 ± 0,026 ^{rt}	30,260 ± 1,047 ^{xcv}
MOTHER DELIGHT	27,374±0,537 ^t	13,655± 0,179 ^{rt}	0,197 ± 0,001 ^p	30,521± 0,259 ^{xcv}
TIB21	24,335±0,703 ^g	15,003± 0,172 ^{ed}	0,575 ± 0,021 ^k	29,248 ± 1,371 ^{xc}
TIB29	25,241±0,331 ^z	15,147 ±0,131 ^{ed}	0,692 ± 0,019 ^u	30,227± 0,259 ^{xcv}

Les résultats des teneurs en composés phénoliques et en antioxydants (par les méthodes de DPPH, ABTS et FRAP), sont exprimés sous la forme moyenne ± écart-type. Les comparaisons multiples entre les variétés sont effectuées par le " multivariate analysis spss 16.0". Différentes lettres d'une colonne indiquent une différence significative entre les feuilles des variétés de *Ipomoea batatas* ($P < 0,001$).

Tableau VI : Teneurs en chlorophylle a des feuilles de *Ipomoea batatas*

variétés	Chl a (mg/100 g de feuilles fraîches)	
	MeOH	Acétone-eau
BF59XCIP4	67,569 ±2,243 ^b	57,207±4,547 ^{ahk}
TUSKEGEE Pourpre CAP VERT	85,251 ±3,753 ^d	54,814±1,039 ^{ahk}
TUSKEGEE-POURPRE	70,774 ±5,447 ^b	53,678±1,439 ^{ah}
BF59XCIP1	67,125 ±5,819 ^b	74,945±3,389 ^{ji}
TIB 17	78,234 ±2,301 ^c	63,990±2,937 ^{km}
TUSKEGEE-ORANGE	66,765 ±4,700 ^b	71,334±2,940 ^{gi}
CAROMEX	57,218±4,112 ^a	51,842±2,886 ^{ah}
TIB13	58,964 ±1,470 ^a	60,122±3,266 ^k
MOTHER DELIGHT	70,250 ±1,483 ^b	59,997±1,947 ^k
TIB21	77,147 ±0,981 ^c	53,208±1,763 ^{ah}
TIB29	91,939 ±3,115 ^e	67,776±3,813 ^{mg}

NB : Les résultats des teneurs en chlorophylle a sont exprimés sous la forme moyenne ± écart-type. Les comparaisons multiples entre les variétés sont effectuées par le " multivariate analysis SPSS 16.0". Les moyennes dans chaque colonne suivies par une lettre différente sont significativement différentes ($P < 0,05$).

Tableau VII : Teneurs en chlorophylle b des feuilles de *Ipomoea batatas*

Variétés	Chl b (mg/100 g de feuilles fraîches)	
	MeOH	Acétone-eau (80 : 20 v/v)
BF59XCIP4	57,637 ±0,825 ^{kvx}	25,063±1,541 ^t
TUSKEGEE Pourpre CAP VERT	70,460 ±3,070 ^{ji}	23,975±0,202 ^t
TUSKEGEE-POURPRE	55,904 ±1,817 ^{kvx}	29,061±1,719 ⁱⁱ
BF59XCIP1	56,139 ±5,432 ^{kvx}	38,383±1,449 ^{tiophk}
TIB 17	53,837 ±4,303 ^{kv}	31,392±2,250 ^{tiio}
TUSKEGEE-ORANGE	53,230 ±4,913 ^{kv}	35,972±2,109 ^{tioph}
CAROMEX	44,259 ±2,929 ^k	26,195±1,981 ^t
TIB13	48,220 ±3,522 ^k	29,130±1,091 ^{ti}
MOTHER DELIGHT	54,472 ±2,942 ^{kv}	29,489±1,762 ^{tiio}
TIB21	59,308 ±2,976 ^{kvx}	24,868±1,793 ^t
TIB29	68,484 ±5,755 ^{ji}	33,330±1,664 ^{tiop}

NB : Les résultats des teneurs en chlorophylle b sont exprimés sous la forme moyenne ± écart-type. Les comparaisons multiples entre les variétés sont effectuées par le " multivariate analysis SPSS 16.0". Les moyennes dans chaque colonne suivies par une lettre différente sont significativement différentes ($P < 0,05$).

Tableau VIII : Teneurs en caroténoïdes totaux des feuilles de *Ipomoea batatas*

Variétés	Caroténoïdes (mg/100 g de feuilles fraîches)	
	MeOH	Acétone-eau
BF59CIP4	4,943 ±0,406 ^f	11,985±0,501 ^k
TUSKEGEE Pourpre CAP VERT	8,825 ±0,787 ^{fvcbn}	12,110±0,627 ^{km}
TUSKEGEE-POURPRE	8,141 ±0,797 ^{fvcb}	9,852±0,459 ^p
BF59XCIP1	5,637 ±0,320 ^f	13,370±0,440 ^{k mgd}
TIB 17	8,921 ±0,701 ^{fvcbn}	12,185±0,772 ^{km}
TUSKEGEE-ORANGE	7,319 ±0,580 ^{fvc}	12,726±0,127 ^{k mg}
CAROMEX	6,441 ±0,497 ^{fv}	11,130±0,702 ^k
TIB13	5,456 ±0,336 ^f	11,951±0,731 ^k
MOTHER DELIGHT	5,703 ±0,368 ^f	11,718±0,259 ^k
TIB21	8,123 ±0,548 ^{fvcb}	11,032±0,207 ^k
TIB29	10,024 ±0,604 ^x	13,603±0,455 ^{k mgd}

NB : Les résultats des teneurs en caroténoïdes sont exprimés sous la forme moyenne ± écart-type. Les comparaisons multiples entre les variétés sont effectuées par le “ multivariate analysis SPSS 16.0”. Les moyennes dans chaque colonne suivies par une lettre différente sont significativement différentes ($P < 0,05$).

Tableau IX : Teneurs moyennes en chlorophylles a et b et en Caroténoïdes

Solvant d'extraction	Chlorophylle a	Chlorophylle b	Caroténoïdes
Méthanol	71,931±1,843 ^a	56,983±1,412 ^k	7,180±0,312 ^x
Acétone-eau	60,810± 1,380	29,714±0,829	11,969±0,195 ^u

Les résultats des teneurs en caroténoïdes et en chlorophylles a et b sont exprimés sous la forme moyenne ± écart-type. Les comparaisons multiples entre les variétés sont effectuées par le “ multivariate analysis SPSS 16.0”. Les moyennes dans chaque colonne suivie par une lettre différente sont significativement différentes ($P < 0,05$).

4. Conclusion

Les feuilles des variétés de patates douces à chairs orange et pourpre contiennent 86 % d'eau et les chlorophylles a et b et leurs produits de 6. dégradation : les phéophytines. Elles renferment en outre des caroténoïdes tels que le β-carotènes, le lycopène et leurs isomères, la violaxanthine et la néoxanthine. L'étude révèle que ces feuilles possèdent respectivement en moyenne 66,37; 43,35 et 9,57 mg/100g de feuilles de chlorophylles a et b et de caroténoïdes totaux. Par ailleurs, elles renferment 19,43 mg/g de matériel végétal, de composés phénoliques qui contribuent aux activités antioxydantes des extraits. Ces extraits des feuilles renferment en moyenne 12,84; 35,15 et 0,394 mg/g de matériel végétal, d'antioxydants totaux évalués respectivement par les méthodes au DPPH, à l'ABTS et au FRAP.

5. Remerciements

Les auteurs remercient l'Académie de Recherche et d'Enseignement Supérieur/Commission de la Coopération au Développement (ARES/CCD) pour le financement du *Mini PRD ARES-CCD N°3* dans lequel cette étude a été réalisée. Aussi, les auteurs

sont reconnaissants à l'Université Joseph Ki-ZERBO et le CNRST/INERA pour la réalisation de cette étude.

6. Références bibliographiques

- [1] MEDOUA, : *Potentiels Nutritionnels et Technologique des Tubercules Durcis de l'igname Dioscorea Dumetorum* (Kunth) pax : Etude du Durcissement post-récolte et des conditions de transformations des tubercules durcis en farine. Thèse doctorat au département de sciences (2005). Université de Ngaoundéré
- [2] Stahl, E., Zur Biologie des Chlorophylls, G. Fischer Verlag, Jena, (1909). 132.
- [3] Konan Yao, Mamidou W. Kone, Kagoyire Kamanzi. Contribution des Légumes Feuilles à la Nutrition des Populations en Zones Urbaines de la Côte D'ivoire. *European Journal of Scientific Research* (2015) 130(4), 338-351.
- [4] Islam S. Medicinal and Nutritional Qualities of Sweetpotato Tops and Leaves. *Plant Science*. University of Arkansas at Pine Bluff, United States. Department of Agriculture, and County Governments Cooperating FSA135.(2014)
- [5] *Claudine Richard*. Fans de légumes, mangez aussi les feuilles (2010)
- [6] Ferruzzi, M.G., and Blakeslee, J. Digestion, absorption, and cancer preventative activity of dietary chlorophyll derivatives. *Nutr. Res.* (2007) 27, 1–12.

- [7] EDMOND ROCK,: Stress oxydant, Micronutriment et Santé ; Université d'été de Nutrition 2003 Clément Ferrand (2003) 40 - 41 INRA France.
- [8] Laurie, S. M., & Van Heerden, S. M. Consumer acceptability of four products made from beta-carotene-rich sweet potato. *African Journal of Food Science* (2012) 6(4), 96-103. <http://dx.doi.org/10.5897/AJFS12.014>.
- [9] Bouayed J. Étude de la corrélation anxiété / statut oxydatif des granulocytes chez la souris et évaluation des effets antioxydants / neuroactifs des polyphénols extraits de *Prunus domestica L.* (2007). Thèse de doctorat, Université Verlaine-Metz.
- [10] Tapiero H., Tew K.D., Nguyen Ba G., Mathe G Polyphenols: do they play a role in the prevention of human pathologies. *Biomed. Pharmacother* (2002) 56, 200-207.
- [11] Islam, S. Sweet potato (*Ipomoea batatas L.*) Leaf: Its potential effect on human health and nutrition. *Journal of Food Science* (2006) 71(2), R13-21. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.tb08912.x>.
- [12] Nozipho Mgcibelo Modtso, Albert Theminkosi Moddi, Tafadzwanashe Mabhaudhi. Influence of agro-ecological production areas on antioxidant activity, reducing sugar content, and selected phytonutrients of orange-fleshed sweet potato cultivars. *Food Sci. Technol, Campinas* (2015) 35(1),32-37.
- [13] Odongo, N.O., Abong', G.O., Okoth, M.W. and Karuri, E.G. Development of High Protein and Vitamin A Flakes from Sweet Potato Roots and Leaves. *Open Access Library Journal* (2015) 2: e1573. <http://dx.doi.org/10.4236/oalib.1101573>.
- [14] Lam, W.C., Sze, C., and Lin, K. Food waste valorisation for high value chemicals and energy production. *American Chemical Society*, (2014), 1186, 187-202. <https://doi.org/10.1021/bk-2014-1186.ch010>
- [15] Peschel, W., Sánchez-Rabameda, F., Diekmann, W., Plescher, A., Gartzía, I., Jiménez, D., Lamuela-Raventós, R., Buxaderas, S., and Codina, C. An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruit wastes. *Food Chem.* (2006) 97, 137–150.
- [16] Pellegrini N. Del Rio, Colombi B, Bianchi M, Brighenti F Application of the 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical-cation assay to a flow injection system for the evaluation of antioxidant activity of some pure compounds and beverages *J. Agric. Food chem.* (2003) 51, 260-264.
- [17] Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm.-Wiss-Technol* (1995), 28, 25.
- [18] Benzie IF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal. Biochem* (1996) 239, 70-76.
- [19] Pulido R, Bravo L, Saura-Calixto F. Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/ antioxidant power assay. *J. Agric. Food Chem* (2000) 48, 3396-3402.
- [20] Stephanie D, Xavier V, Philippe C, Marion W, Jean-Michel M. Comparative Study of Antioxidant Properties and Total Phenolic Content of 30 Plant Extracts of Industrial Interest Industrial Interest Using DPPH, TEAC, FRAP, SOD, and ORAC Assays. *J. Agric. Food Chem* (2009) 57,1768-1774.
- [21] Nihal TY, Sedat V, Ferda S, Gokce P. Effect of Extraction Conditions on Measured Total Polyphenol Contents and Antioxidant and Antibacterial Activities of Black Tea. *Molecules* (2007) 12, 484-496.
- [22] Ronald E. Wrolstad ; Terry E. Acree ; Eric A. Decker ; Michael H. Penner ; David S. Reid ; Steven J. Schwartz ; Charles F. Shoemaker ; Denis M. Smith ; Peter Sporns. Handbook of food analytical chemistry pigments, colorants, flavors, texture, and bioactive food components (2005) 171-178.
- [23] Olagoke, O.V. and Oyewale, O.O "Phytochemical Screening and Analysis of orange-Fleshed Sweet Potato Leaf". *Annals of Microbiology and Infectious Diseases* (2019) 2(1), 38-42.
- [24] Huang, S.C., Hung, C.F., Wu, W.B., and Chen, B.H. Determination of chlorophylls and their derivatives in *Gynostemma pentaphyllum* Makino by liquid chromatography-mass spectrometry. *J Pharm Biomed Anal* (2008) 48, 105-112.
- [25] Pumilia, G., Cichon, M.J., Cooperstone, J.L., Giuffrida, D., Dugo, G., and Schwartz, S.J.. Changes in chlorophylls, chlorophyll degradation products and lutein in pistachio kernels (*Pistacia vera L.*) during roasting. *Food Res. Int.* (2014) 65, Part B, 193–198.
- [26] Hongnan Sun, Taihua Mu, Lisha Xi, Miao Zhang, Jingwang Chen. Sweet potato (*Ipomoea batatas L.*) leaves as nutritional and functional foods. *Food Chemistry* (2014) 156, 380–389.
- [27] Melle Azzouz Fatiha. Les réponses morphophysiologiques et biochimiques chez le haricot (*Phaseolus vulgaris L.*) soumis à un stress hydrique. Mémoire de Magister (2009). 82 pages.
- [28] Stéphanie Pourlier. Mesure de quelques paramètres environnementaux du lagon de Papeete, Tahiti. Adaptation des dosages de la chlorophylle a et du phosphore organique particulière. Mémoire Génie de l'Environnement Marin, INTECHMER : Cherbourg (1996). 63 pages.