

Propriétés antiradicalaires de l'apigenidine extrait des gaines de *Sorghum caudatum* pour une éventuelle utilisation comme complément alimentaire

Remy K. BATIONO^{1,2*}, Constantin M. DABIRE¹, KABORE Boukarie¹, Ousséni SAWADOGO¹, Eloi Palé¹, Roger H. Ch. Nèbié²

Résumé

Ces dernières décennies un grand nombre de maladies cardiovasculaires est attribué aux additifs ou complément alimentaire de synthèse. Pour ce faire l'industrie agroalimentaire se tourne vers l'usage des molécules naturelles comme additifs alimentaires. Ce travail vise valoriser les anthocyanes des gaines de *Sorghum caudatum* pour une éventuelle utilisation comme complément alimentaire. Pour ce faire, des anthocyanes des gaines de *Sorghum caudatum*, sont obtenus par épuisement à l'aide l'éthanol acidifié à 1% par l'acide chlorhydrique. Par des méthodes courantes, simples et accessibles (*Trolox Equivalents Antioxydant Capacity*, *Ferric Reducing Antioxydant Power*, *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl*) nous avons déterminé les teneurs en antioxydants (TAO), le pouvoir antiradicalaire des extraits antocyaniques totaux et de la molécule majoritaire isolée. Les résultats montrent que capacité antiradicalaire est de 40,224 µg/mL et 90,375 µg/mL respectivement pour *Sorghum caudatum* et de *Hybicus sabdariffa* par la méthode DPPH et de 1993,344 µg/mL et 13401,960 µg/mL par la méthode ABTS pour *Sorghum caudatum* et de *Hybicus sabdariffa* respectivement. La molécule isolée est quant à elle 10 fois plus actif que les deux extraits bruts (199,124 µg/mL). La molécule peut donc être utilisée comme ou dans les formulations de complément alimentaire.

Mots clés: Extrait anthocyanique totaux, pouvoir anti-radicalaire, teneurs en antioxydants

Free radical scavenging properties of apigenidin extracted from *Sorghum caudatum* sheaths for a possible use in food supplement.

Abstract

During the last decades a large number of cardiovascular diseases are attributed to additives or food supplements of synthesis. For this reason, the food industry turns to the use of natural molecules as food additives. This work aims to valorize the anthocyanins of *Sorghum caudatum* sheaths for a possible use as food supplement. To do this, anthocyanins of *Sorghum caudatum* sheaths are obtained by exhaustion using ethanol acidified to 1% by hydrochloric acid. Using current, simple and accessible methods (*Trolox Equivalents Antioxydant Capacity*, *Ferric Reducing Antioxydant Power*, *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl*) we determined the antioxidant content (TAO), the free radical scavenging power of the total anthocyanin extracts and the isolated majority molecule. The results show that the free radical scavenging capacity is

¹ Laboratoire de Chimie organique et de Physique Appliquées (L.C.O.P.A), Université Joseph KI-ZERB, Ouagadougou, Burkina Faso ;

² CNRST/IRSAT/ Département Substances Naturelles. 03 BP 7047 Ouagadougou 03. Burkina Faso.

Auteur correspondant : kindanloun@gmail.com

40.224 µg/mL and 90.375 µg/mL respectively for *Sorghum caudatum* and *Hybicus sabdariffa* by DPPH method and 1993.344 µg/mL and 13401.960 µg/mL by ABTS method for *Sorghum caudatum* and *Hybicus sabdariffa* respectively. The isolated molecule is 10 times more active than the two crude extracts (199.124 µg/mL). The molecule can therefore be used as or in food supplement formulations.

Key words: anthocyanin extract, anti-radicalizing capacity, antioxidant contents

1. INTRODUCTION

Les phytonutriments sont des substances que renferment les végétaux et capables d'exercer des effets biologiques divers (Aberoumand. 2011 ; Ana et al., 2013 et Bationo. 2019). Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs et suscitent un intérêt croissant de la part des industries agroalimentaires. En effet ils sont utilisés comme des compléments alimentaires à cause de leurs propriétés antioxydantes et de leur rôle dans la prévention des diverses pathologies associées au stress oxydatif (Aberoumand. 2011 ; Ana et al., 2013 et Bationo. 2019)

On peut citer : les caroténoïdes, les phytostérols, les phyto-œstrogènes, les glucosinolates les polyphénols. Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant un ou plusieurs groupements hydroxyles libres ou engagés avec un glucide. Parmi les composés phénoliques, les flavonoïdes sont les plus représentés (Ana et al., 2013). C'est la plus grande classe des composés phénolique subdivisé en plusieurs sous-classes dont les anthocyanes, très répandues et supposés contribuer à la pathogénie des maladies dégénératives (maladies cardiovasculaires, cancers, cataracte, tumeurs, etc.) (Palé. 2002)

Les industries agroalimentaires étant conscients des effets bioactifs des composés phénoliques en général et des anthocyanes en particulier contre les Formes Réactives de l'Oxygène (FRO) dans l'organisme, l'utilisation des anthocyanes des matériels végétaux comme additif alimentaire ne fera qu'augmenter leurs potentialités comme sources d'antioxydants naturels (Aberoumand. 2011 ; Ana *et al.*, 2013 et Bationo. 2019).

Ce travail est un travail préliminaire des investigations du Laboratoire de Chimie Organique et de Physique Appliquées (LCOPA) de l'Université de Ouagadougou au cours desquelles des anthocyanes isolées d'*Hybicus sabdariffa* et de *sorghum caudatum* seront utilisés comme alicament dans l'alimentation humaine. Il s'agit donc d'évaluer le pouvoir antiradicalaire des extraits anthocyaniques totaux de ces plantes. Plus précisément il s'agit de réaliser une étude comparative de l'activité antioxydante des extraits à l'éthanol des calices de *Hybiscus sabdariffa* et des gaines de *Sorghum caudatum*. Ce travail fournira des résultats pertinents qui permettront à l'industrie agroalimentaire de disposer de nouvelles sources d'anthocyanes.

2. Matériel et méthodes

2.1 Matériel végétal

Le présent travail a porté sur les calices de *Hybicus sabdariffa* et les gaines de *Sorghum caudatum* récoltées dans un champ expérimental à Gampéla entre le mois d'Octobre et de Novembre 2013. Le matériel végétal a été séché à l'air libre à l'abri du soleil et les différentes parties sont broyées et les poudres obtenues sont à la température ambiante dans un dessiccateur pour les analyses chimiques.

2.2 Extraction

500 g de poudre de chaque partie sont extraits avec 300 mL d'éthanol en macération sous agitation magnétique pendant 24h. Après filtration les résidus sont repris deux fois avec le même volume de solvant pendant 24h. Les extraits obtenus sont concentrés presque à sec sous vide. Les extraits secs sont conservés au réfrigérateur pour les différents tests.

2.3 Détermination de l'activité antiradicalaire par la méthode au 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

La capacité antioxydante de chaque extrait à réduire le radical DPPH est déterminée suivant la méthode décrite par Brand-Williams et al avec quelques modifications pour l'adapter au microplaques (Brand-Williams et al., 1995 and Remy et al. 2017). Les radicaux DPPH réduits par les composés antioxydants, ont une longueur d'onde d'absorption maximale de 515 nm. 50 μ L de chaque extrait sont ajoutés à 200 μ L de solution méthanolique de DPPH (2 mg/50 mL). Après 10 min d'incubation à 37 °C, la décroissance des absorbances est lue à 515 nm. L'absorbance du blanc, constitué de 100 μ L de méthanol et 200 μ L de solution méthanolique de DPPH, est également lue 515 nm. La teneur en antioxydant (TAO) des extraits est déterminée en rapportant les absorbances lues sur la courbe de calibration établie par le trolox ($y = -18,109x + 0,5889$ $R^2 = 0,9899$). Les résultats sont exprimés en microgramme d'équivalent de trolox par milligramme d'extrait (μ g d'ET/mg).

2.4 Détermination des Teneurs antioxydantes totaux (TAO)

- *Méthode à l'ABTS*

La capacité antioxydante des extraits est aussi évaluée en étudiant la décoloration du radical cation ABTS⁺. Cette méthode est basée sur la réduction du radical cation ABTS⁺ par les composés antioxydants dans les extraits végétaux. Cette méthode décrite pour la première fois par Miller and Rice-Evans (Miller et al., 1993) et nous l'avons modifiée également pour l'adapter aux microplaques (Remy et al., 2017). Le radical-cation ABTS⁺ est régénéré en mélangeant 10 mL de solution aqueuse de persulfate de potassium K₂S₂O₈ (39,2 mM) et 50 mL de solution aqueuse d'ABTS (7,01 mM). Le mélange est gardé dans l'obscurité à la température ambiante pendant 12 à 16 heures. Pour le dosage, la solution de ABTS⁺ est diluée convenablement avec de l'eau distillée pour avoir une absorbance d'environ 0,7 (±0,02) à 734 nm.

120 µL de solution d'ABTS⁺ sont ajoutés à 50 µL de chaque extrait végétal et les absorbances sont lues à 734 nm après 10 min d'incubation à la température ambiante. Les absorbances sont rapportées sur la courbe d'étalonnage établie avec le trolox ($y = -19,41x + 0,7197$ $R^2 = 0,9953$). Les TAO sont exprimées en microgramme (µg d'ET/mg d'extrait).

- **Méthode FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)**

Dans cette méthode, un complexe de sel ferrique, le Fe (III) (TPTZ)₂ Cl₃ (TPTZ = 2,4,6-tripyridyl-s-triazine) est utilisé comme oxydant (Benzie et al 1996 ; Pulido, et al 2000 et Remy et al., 2017). Il est préparé en mélangeant 1 mL TPTZ (1 mL, 10 mM dans 40 mM de HCl), 10 mL d'une solution tampon d'acétate de sodium (pH = 3,6) et 1 mL de solution de Fe(III), 7 H₂O. Environ 30 µL d'eau distillée est mélangée avec 20 µL d'extrait, on y ajoute ensuite 200 µL de solution FRAP. On mesure l'absorbance de la recoloration en bleue intense à 595 nm avec le lecteur microplaque (spectrophotomètre MP96, SAFAS) environ 10 minutes après. Pour cela on établit d'abord une courbe d'étalonnage en utilisant le trolox comme antioxydant de référence. Les résultats, déterminés à partir de l'équation de la courbe d'étalonnage ($y = 40,648x + 0,3419$; $R^2 = 0,9904$), ont été exprimés en µg d'Equivalent de trolox (ET) par milligramme d'extrait. Toutes les mesures sont répétées trois fois.

2.5 Détermination des Teneurs en composés phénoliques (TCP)

La teneur en composés phénoliques (TCP) est déterminée par la méthode de Folin-Ciocalteu selon Nihal et al (2007) (Remy et al., 2017). L'acide gallique est utilisé comme référence. Une courbe d'étalonnage est établie en préparant une gamme de solution d'acide gallique de concentration variant de 0,001 à 0,5 mg/mL. On ajoute ensuite 60 µL du réactif de Folin-Ciocalteu (RFC) à la solution d'acide gallique à différentes concentrations. Le mélange est gardé à la température ambiante pendant 8 min, puis 120 µL d'une solution de Na₂CO₃ à 7,5 % sont ajoutés pour neutraliser le

réactif (RFC) résiduel. Les absorbances sont mesurées à 760 nm après incubation pendant 30 min à 37°C.

Les valeurs des TPP, exprimées en µg d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait (µg d'EAG/mg) sont déterminés en rapportant les valeurs des absorbances de extraits testés sur l'équation de la courbe-étalon $y = 45,187x + 0,2622$; $R^2 = 0,9921$

2.6 Teneur en anthocyanes totales

La teneur totale en anthocyane des extraits est estimée à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible par la méthode de pH-différentiel utilisant deux systèmes tampon (la solution de chlorure de potassium, pH_{1,0} (0,025 M) et la solution d'acétate, pH_{4,5} (0,4M) (Pale. 2002 ; kabore et al., 2020 et Noba et al., 2022).

Environ, 100 µL de l'extrait est mélangé à 200 µL des tampons correspondants et l'absorbance est lue contre un blanc à 510 et à 700 nm exactement 15 minutes plus tard. L'absorbance A a été calculée comme suit : $A = (A_{510} - A_{700})_{pH1.0} - (A_{510} - A_{700})_{pH4.5}$.

La concentration en colorants anthocyaniques dans l'extrait est calculée à l'aide de la formule suivante : $\left(mg / L = \frac{A \times PM \times FD \times 1000}{\epsilon \times l} \right)$ où **A** : absorbance ; **PM** : poids

moléculaire ; (449,2); **FD** : facteur de dilution ; **ε** : absorptivité molaire (26900). Tout le contenu d'anthocyanine a été exprimé en microgrammes d'apigenidine par millilitre d'échantillon.

3. Résultats et discussion

Evaluation de l'activité antiradicalaire

Les données ont été regroupées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Valeurs des IC50 des échantillons par les tests au DPPH et à l'ABTS

Echantillon	Concentration Inhibitrice 50% (IC50) en µg/ml					
	Apigenidine	<i>Sorghum caudatum</i>	<i>Hibiscus Sabdariffa</i>	Quercétine	Rutine	Acide ascorbique
DPPH	-7,987	40,224	90,375	5,994	17,588	9,053
ABTS	199,124	1993,344	13401,960	17,707	1120,631	7,174

De l'analyse de résultats du tableau nous pouvons dire que suivant les extraits et pour la méthode DDPH, l'extrait brut de *Sorghum caudatum* est plus actif (IC50=40,22 µg/ml d'extrait) que l'extraits de *Hibiscus Sapdarifa* (90,375 µg/ml d'extrait). On remarque également que les extraits bruts de *Sorghum caudatum* et *Hibiscus Sapdarifa* présentent

une activité faible vis-à-vis des autres standards utilisés (Quercétine, Rutine et Acide ascorbique). Les résultats de l'analyse des capacités antioxydantes des extraits par la méthode utilisant les cations radicalaires ABTS expriment également la même tendance. Toutefois, les valeurs des IC₅₀ (Tableau 1) obtenues par le test à l'ABTS permettent de dire que l'extrait de *Sorghum caudatum* est 4 fois plus actif que l'extrait de *Hibiscus Sapdarifa*. L'apigénidine à son tour est 10 fois plus actif que l'extrait brut de *Sorghum caudatum* par la méthode ABTS. Cette différence pourrait être attribuée aux autres composés anti-radicalaires que pourraient extraire le solvant utilisé en plus des anthocyanes. Nous avons donc pour cela évalué les teneurs en composés antioxydants.

Evaluation de la teneur en antioxydant

Les valeurs exprimées en moyennes ± ecatype sont regroupées dans le tableau 2. Ces valeurs ont été obtenues en rapportant les absorbances lues sur des courbes étalons préétablies.

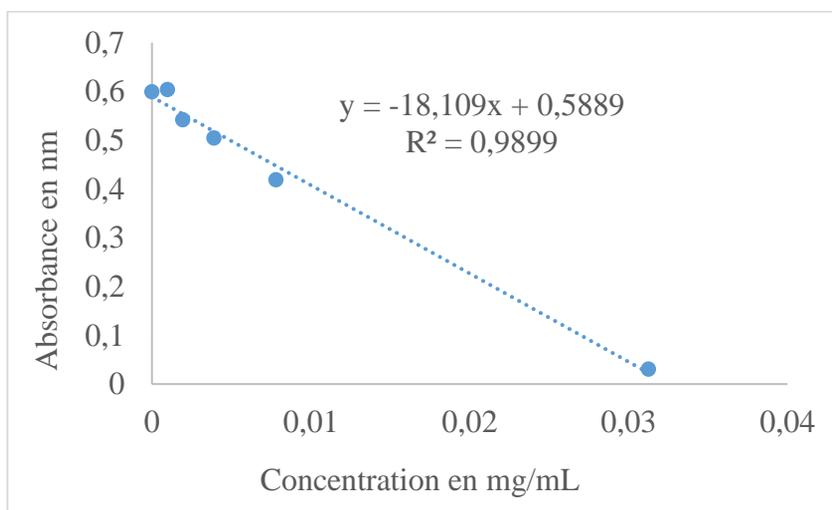


Figure 1 : Courbe d'étalonnage de Trolox par la méthode de DPPH

Tableau 2 : Teneurs en antioxydant (TAO)

Extraits	Méthodes Utilisées (Unités)		
	DPPH (µg ET/g)	FRAP (µg ET/g)	ABTS (µg ET/g)
Apigénidine	ND	ND	ND
<i>Sorghum caudatum</i>	49,389±7,85	103,340±27,18	9,637±2,88
<i>Hibiscus Sabdariffa</i>	23,222±2,69	34,666±0,73	3,053±0,31

ND = Non Déterminé ; µg ET/g = µg Equivalent Trolox / gramme extrait

L'analyse des données montre que, quel que soit la méthode utilisée, *Sorghum caudatum* renferme plus de composés antioxydants que *Hibiscus Sabdariffa*. On note également que les différentes méthodes utilisées pour déterminer les TAO ont fait ressortir d'importantes corrélations tant entre les méthodes qu'entre les solvants utilisés. Dans cette étude, en comparant les différentes méthodes ABTS, DPPH et FRAP utilisées pour la détermination de la teneur en antioxydants d'un extrait, une attention particulière a été accordée à la comparaison des valeurs entre les méthodes et entre les extraits. Suivant la méthode, il ressort que le test utilisant le réactif FRAP donne des valeurs significativement plus élevées que les deux autres (DDPH et ABTS). Ces résultats sont en accord avec la littérature. En effet, Hinneburg et al (2006) ont constaté que l'hydro-distillat du cumin avait une activité antioxydante, qui varie selon la méthode utilisée. Le même constat a été observé par Gachkar et al (2007) sur l'évaluation de l'activité antioxydante de l'huile essentielle du romarin et de cumin. Ceux ci ont constaté que la meilleure activité était observé avec l'huile du romarin par le test au radical DPPH, tandis que celle du cumin présentait la meilleure activité dans l'essai de blanchissement du β -carotène [126].

En réalité, la complexité (la taille) des molécules anthocyaniques contenues dans ces extraits serait à l'origine des différences observées. Un problème de gêne stérique peut se poser quant à l'accessibilité du site radicalaire du DPPH. Il faut noter que le spectrophotomètre utilisé est basé sur mesure colorimétrique. En effet, les radicaux DPPH, initialement de couleur pourpre, réduits par les composés antioxydants prennent une couleur jaune et absorbent à un maximum de 515 nm. Ainsi une solution de couleur jaune serait difficilement testable par le DPPH car sa couleur aurait une influence sur les mesures effectuées. C'est le cas de la solution d'apigénidine qui, initialement était de couleurs jaunes. En effet cette couleur interfère donnant ainsi des absorbances élevées d'où l'obtention des valeurs négatives en utilisant le DPPH.

Hong et collaborateurs (1997) ont montré que les groupements hydroxyles et méthoxyles ont une influence sur l'activité antioxydante. En effet, des aglycones ayant les mêmes noyaux A et C mais possédant un seul groupement OH en position 4' telles la pélargonidine, la malvidine et la péonidine ont une faible activité antioxydante par rapport à la cyanidine hydroxylée en positions 3' et 4' (Awika et al. 2003 ; Chan et al. 2003 ; Ou et al. 2002). Bors et ses collaborateurs (1990) ont montré que les hydroxyles en positions 3' et 4' du noyau B des anthocyanes sont très déterminants dans l'activité anti-radicalaire. Pourtant l'activité de l'apigénidine semble contredire ces données de la littérature. En effet, on remarque l'absence d'hydroxyles en positions 3' et 4' du noyau B (Figure 2). L'activité de l'extrait brut pourrait donc être attribuer à l'ensemble de molécules bioactives contenues dans l'extrait (synergie d'action). L'activité pourraient aussi être dûe à une sur évaluation. Les méthodes utilisées étant des méthodes colorimétriques la couleur naturellement jaune pourraient entrainer une élévation des densités optiques entrainant une valeur élevée en antioxydant.

La glycosylation influence également l'activité antioxydante des anthocyanes. Pour un même substituant, le nombre élevé de sucres a tendance à diminuer l'activité anti-radicalaire. Ainsi en comparant l'activité anti-radicalaire de la quercétine (5,994 µg/ml) à celle de la rutine (17,588 µg/ml) on remarque une baisse de l'activité.

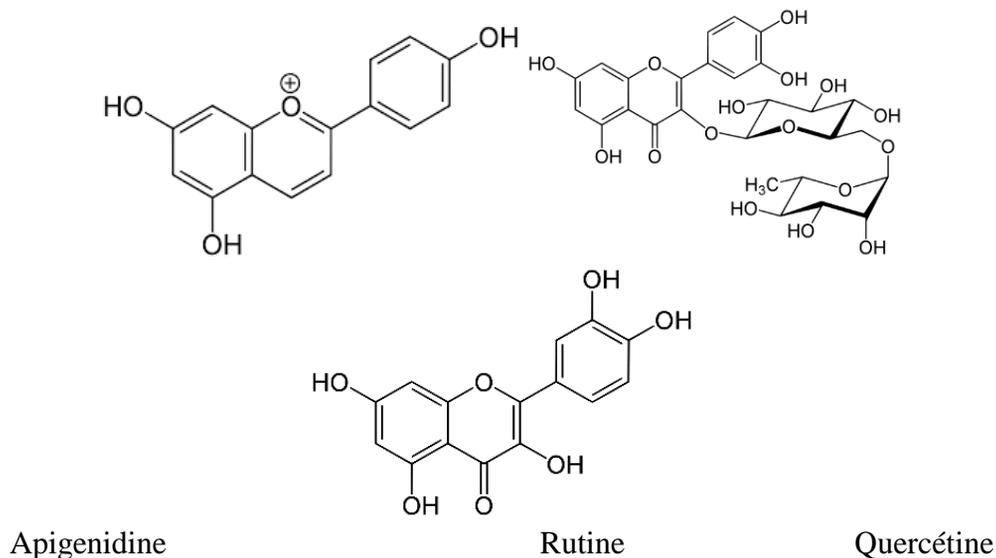


Figure 2 : Structure de quelques molécules

Le solvant utilisé n'étant pas spécifique, l'extraction d'autres substances non anthocyaniques est possible. Les anthocyanes ne sont pas aussi les seules molécules antioxydantes. Les extraits étant des mélanges complexes, les variations des Teneurs en Antioxydant (TAO) ne sauraient être expliquées par les seules considérations structurales des constituants anthocyaniques. Ainsi les teneurs totales en composés phénoliques (TCP) et en anthocyanes (TAT) furent évaluées pour une bonne corrélation.

Teneurs en composés phénoliques et en anthocyanes.

Les valeurs des teneurs en composés phénoliques et en anthocyanes exprimées en µg d'Equivalent de Cyanidine par milligramme d'extrait (µg EC/g) (pour les anthocyanes) et en µg d'Equivalent d'Acide Gallique par milligramme d'extrait (µg EAG/g) (pour les composés phénoliques) sont regroupées dans le tableau suivant (Tableau 3).

Tableau 3 : Teneur en anthocyanes total (TAT) et en composés phénoliques (TCP) des extraits

Extraits	<i>Sorghum caudatum</i>	<i>Hibiscus sabdariffa</i>
----------	-------------------------	----------------------------

TAT ($\mu\text{g EC/g}$)	12,215 \pm 0,39	6,842 \pm 0,483
TCP ($\mu\text{g EAG/g}$)	345,515 \pm 19,40	261,833 \pm 2,30

L'analyse des résultats montre que l'extrait brut de *Sorghum caudatum* contient plus d'anthocyanes (12,215 \pm 0,39 $\mu\text{g EC/g}$) et de composés phénoliques (345,515 \pm 19,40 $\mu\text{g EAG/g}$) que celui de *Hibiscus sabdariffa* 6,842 \pm 0,483 $\mu\text{g EC/g}$ (TAT) et 261,833 \pm 2,30 $\mu\text{g EAG/g}$ (TCP). Les composés phénoliques de façon générale sont reconnus pour leurs rôles dans l'inhibition des réactions d'oxydation. Pour cela nous avons évalué les teneurs en composés phénoliques en utilisant l'acide gallique comme standard.

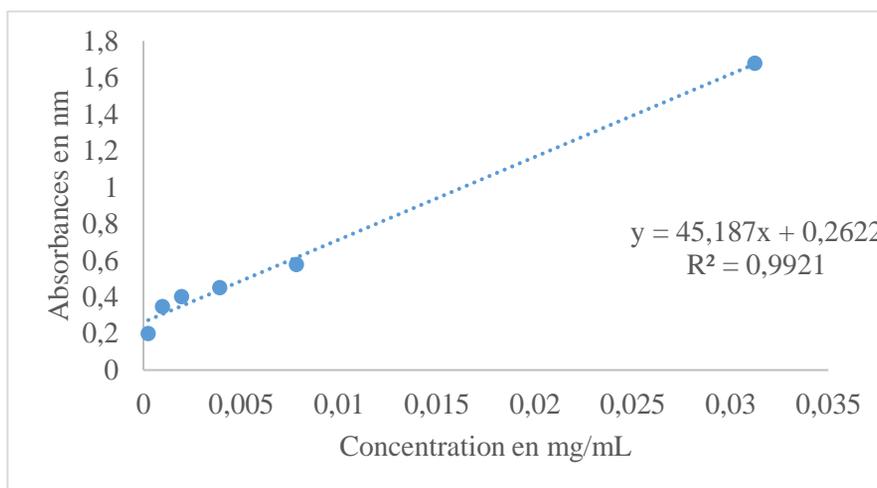


Figure 3: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

En effet, en comparant les activités anti-radicalaires et les TPP des extraits on constate que l'extrait de *Sorghum caudatum* présente les meilleures teneurs en antioxydant et en composés phénoliques. Les polyphénols présents dans les extraits biologiques seraient responsables des TAO de ces extraits (Wojdylo et al. 2007 ; Ou et al. 2003). L'efficacité optimale d'un extrait peut ne donc pas être due à un constituant actif majoritaire, mais plutôt à l'action combinée (synergie) de différents composés. Psarra et al, ont montré une faible corrélation entre le pouvoir de réduction et la teneur en composés phénoliques dans plusieurs échantillons de vin (Psarra et al 2002).

Conclusion

Notre travail qui a porté sur une étude comparative des teneurs en antioxydant en utilisant trois méthodes courantes nous a permis d'identifier les extraits bruts

anthocyaniques des gaines de *sorghum* comme présentant la meilleure teneur en antioxydant. La plupart des études ont montré que ces ERO altèrent la bicouche lipidique des membranes cellulaires, provoquant le vieillissement tissulaire. Compte tenu des intérêts pharmacologiques et alimentaires des composés anthocyaniques, une amélioration riche en anthocyane serait bénéfique pour l'organisme. L'apigénidine (flavonoïde), serait donc une alternative potentielle. Les extraits de *sorghum caudatum* peuvent donc servir d'additif alimentaire.

Remerciements

Les auteurs remercient l'Université Joseph KI-ZERBO et le Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST) à travers l'Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT) pour la réalisation de cette étude.

Références

Aberoumand A., 2011. A Review Article on Edible Pigments Properties and Sources as Natural Biocolorants in Foodstuff and Food Industry, *World J.Dairy and Food Sci.*, 6 (1), 71-78

Ana Anastácio, Isabel S. Carvalho. 2013. Phenolics extraction from sweet potato peels: Key factors screening through a Placket-Burman design. *Industrial Crops and Products*. 43 99–105.

Andzi-Barhé T., 2000. Caractérisation des anthocyanes de Glycine max ; Etude comparative de l'activité antioxydante des polyphénols totaux de Hibiscus sabdariffa, de Glycine max, du Thé et du vin rouge. DEA de chimie, Université de Ouagadougou. 47 pages.

Awika, J. M.; Rooney, L. W.; Wu, X.; Prior, R. L.; Cisneros-Zevallos, L. 2003. Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 6657.

Bationo, Remy K., 2019. Phytochemical Study and Evaluation of the Biological Properties of Extracts from Different Organs of *Cymbopogon Giganteus*. PhD Thesis. Joseph KIZERBO University of Ouagadougou Burkina Faso, p. 192.

Benzie, I. F. F.; Strain, J. J. 1999. Ferric reducing/antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Methods Enzymol*, 299, 15.

Bors W., Heller W., Michel C and Saran M., 1990. Flavonoids as antioxidants: Determination of radical-scavenging efficiencies. *Methods Enzymol.*, 186, 343–355

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm.-Wiss-Technol.*, 28, 25.

Chan, T. S.; Galati, G.; Pannala, A. S.; Rice Evans, C.; O'Brien, P. J. 2003 Simultaneous Detection of the Antioxidant and Pro-oxidant Activity of Dietary Polyphenolics in a Peroxidase System. *Free Radical Research*, 37, 787.

Corinne Gouget. 2008. Additifs alimentaires Danger : Le guide indispensable pour ne plus vous empoisonner Éditions Chariot d'Or – 8 e édition. 24 pages

Eugène Emile Nicoué, Sylvain Savard and Khaled Belkacemi. 2007. Anthocyanins in Wild Blueberries of Quebec: Extraction and Identification *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (14), 5626 -5635

Folin, O.; Ciocalteu, V. 1927. Tyrosine and tryptophan determinations proteins *J. Biol. Chem.*, 73, 627.

Gachkar Latif., Davood Yadegari., Mohammad Bagher Rezaei., Masood Taghizadeh., Shakiba Alipoor Astaneh., Iraj Rasooli: Chemical and biological characteristics of *Cuminum cyminum* and *Rosmarinus officinalis* essential oils (2007). *Food Chemistry* 102 898–904

Giusti, M. M. and Wrolstad, R.E. 1996: Characterization of radish anthocyanins. *J. Food Sci.*, 61, 322.

Hinneburg Iris, H.J. Damien Dorman, Raimo Hiltunen Antioxidant activities of extracts from selected culinary herbs and spices (2006). *Food Chemistry* 97 122–129

Hong, V. and Wrolstad, R.E. 1990: Characterization of anthocyanin containing colorants and fruit juices by HPLC/ photodiode array detection. *J. Agric. Food Chem.*, 38, 698.

Hong, W. Guohua C., and Ronald, L.P. 1997. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. *J. Agric. Food Chem.*, 45: 304.

Kaboré D. Saga, Adama Héma, Elie Kabré et al., 2020. Identification of Five Acylated Anthocyanins and Determination of Antioxidant Contents of Total Extracts of a Purple-Fleshed *Ipomoea batatas* L. Variety Grown in Burkina Faso. *International Research Journal of Pure & Applied Chemistry* 22(7): 48-66, 2021; Article numéro IRJPAC.73800. DOI: 10.9734/IRJPAC/2021/v22i730420.

Miller, N. J.; Diplock, A. T.; Rice-Evans, C.; Davies, M. J.; Gopinathan, V.; Milner, A. 1993. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clin. Sci.*, 84, 407.

Noruma, T.; Kikuchi, M.; Kawakami, Y. 1997. Proton-donative antioxidant activity of fucoxanthin with 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH). *Biochem. Mol. Biol. Int.*, 42, 361.

Okuda, T. 1993. Natural polyphenols as antioxidant and their potential use in cancer prevention, dans polyphenolic phenomena Ed. INRA, Paris. pp. 221-235.

Ou, B. ; Prior, R. L. ; Huang, D. 2005. The chemistry behind dietary antioxidant capacity assays. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 1841.

Ou, B.; Huang, D.; Hampsch-Woodill, M.; Flanagan, J.; Deemer, E. 2002. Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 3122.

Palé, E. 2002. Etude des anthocyanes de plantes du Burkina Faso : Structures et activités antioxydantes. Thèse d'état, Université de Ouagadougou. 145 pages.

Palé, E. 1998. Contribution à l'étude des composés anthocyaniques des plantes : cas de *Hibiscus sabdariffa*, *Lansea microcarpa*, *Vigna subterranea* et *Sorghum caudatum* du Burkina Faso. Thèse de troisième Cycle, Université de Ouagadougou 115 pages.

Palé, E., Nacro, M., Vanhaelen, M. and Vanhaelen –Fastré, R. 1997. Anthocyanins from Bambara Groundnut (*Vigna subterranea*) *J. Agric. Food Chem.*, 45, 3359.

Palé, E., Nacro, M. and Kouda-Bonafos, M. 1998: Anthocyanins from fruits of *Lansea microcarpa*. *Trop. Sci.*, 38, 20.

Palé, E., Nacro, M., Vanhaelen, M., Vanhaelen-Fastré, R. And Ottinger, R. 1998. Acylated anthocyanins from the flowers of *Ipomoea asarifolia*. *Phytochemistry*, 48, 1433.

Remy K. Bationo, Dabire, Constantin M., Hema, Adama, Bonzi, Shemaeza, Nebie, Roger H Ch, Pale, Eloi, Somda, Irene, Dhanabal, S.P., Nacro, Mouhoussine, 2017. Phytochemical screening, total phenolics, flavonoids contents, total antioxidant capacity and antifungal activity of cymbopogon giganteus extracts from Burkina Faso. *Nat. Prod. Ind. J.* 13 (2), 1141–11412.

Renaud S.C. ; Guéguen, R.; Schenker, J.; d'Houtand, A. 1998. Alcohol and mortality in middle-age men from Eastern France. *Epidemiology*, 9, 184.

Ribéreau-Gayon, P. 1968. Les composés phénoliques des végétaux. Ed. Dunod, Paris. 254 pages.

Rice-Evans, C., Miller, N.J., Paganga, G. 1996. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biol. Med.* 20(7), 933.