

---

Soumis le : 19/03/2018

Forme révisée acceptée le : 28/06/2018

Auteur correspondant : [kojanova1926@hotmail.fr](mailto:kojanova1926@hotmail.fr)

---



---

**Nature & Technology**

<http://www.univ-chlef.dz/revuenatec>

---

## Saponines des racines de *Securidaca longipedunculata* (Polygalaceae) : quantification et évaluation anti-oxydante

Fatou Diane Micheline BAGUIA-BROUNE<sup>a</sup>, Kohué Christelle Chantal N'GAMAN-KOUASSI<sup>a</sup>, Janat Akhanovna MAMYRBEKOVA-BÉKRO<sup>a\*</sup>, David VIRIEUX<sup>b</sup>, Yves-Alain BÉKRO<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Laboratoire de Chimie Bio-Organique et de Substances Naturelles (LCBOSN, [www.lablcbosn.com](http://www.lablcbosn.com)), UFR-SFA, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02 (Côte d'Ivoire)

<sup>b</sup>Laboratoire Architecture Moléculaire et Matériaux Nanostructurés, Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Montpellier (ENSCM), 8 Rue de L'Ecole Normale F- 34296 Montpellier Cedex 5, France

\*Auteure correspondante E-mail : [kojanova1926@hotmail.fr](mailto:kojanova1926@hotmail.fr)

---

### Résumé

Dans le dessein de valoriser les principes extractibles de *Securidaca longipedunculata* à des fins thérapeutiques, nous avons quantifié et évalué la capacité antioxydante des saponines extraites de ses racines. Il ressort de ce travail d'investigation que les teneurs en saponines triterpènes et stéroïdes sont respectivement de 6,840 et 78 10<sup>-6</sup>g/100g MS. Ainsi, l'analyse phytochimique quantitative a révélé que les racines de la plante contiennent essentiellement des saponines triterpènes. L'évaluation de la capacité antioxydante par les méthodes ORAC et FRAP a montré que les saponines des racines de *S. longipedunculata* sont anti-oxydantes par transfert d'hydrogène et d'électron, respectivement.

Mots-clés : *Securidaca longipedunculata*, quantification des saponines, activité antioxydante, ORAC, FRAP

---

### Abstract

In order to enhance the extractable principles of *Securidaca longipedunculata* for therapeutic purposes, we quantified and evaluated the antioxidant capacity of saponins extracted from its roots. It emerges from this investigative work that the contents of triterpenic saponins and steroids are respectively 68.40 and 78 10<sup>-6</sup> g/100g DM. Thus, the quantitative phytochemical analysis revealed that the roots of the plant contain mainly triterpene saponins. The evaluation of the antioxidant capacity by ORAC and FRAP methods has shown that the saponins from the roots of *S. longipedunculata* are antioxidant by transfer of hydrogen and electron respectively.

Keywords: *Securidaca longipedunculata*, saponins quantification, antioxidant activity, ORAC, FRAP

---

### 1. Introduction :

Les saponines constituent un vaste groupe d'hétérosides, largement distribués chez les plantes supérieures. Leur propriété tensio-active les distingue d'autres glycosides naturels [1]. En raison de la variabilité structurale des aglycones, les saponines présentent des propriétés biologiques diverses. Elles trouvent de nombreuses applications dans l'industrie pharmaceutique, alimentaire et cosmétique en raison de leurs propriétés moussante, émulsifiante, tensio-active, et en rapport avec leurs effets hypoglycémique, antioxydant, anti-cancer,

anti-cholinestérasique, etc. [2, 3]. Plusieurs plantes riches en saponines ont une application pratique dans différents domaines. Ce sont entre autres *Quillaja saponaria* Molina (Rosaceae), *Yucca schidigera* (Agavaceae), *Camellia sinensis* (Theaceae) [4, 5], *Panax ginseng* (Araliaceae) [6, 7]. L'espèce végétale, répandue en savane africaine tropicale que nous avons choisie pour notre étude est *Securidaca longipedunculata* (atteignant 4 -5 m de haut) [8]. C'est une plante à fleurs de la famille des Polygalaceae. Elle est connue pour ses nombreux et divers

usages en médecine traditionnelle africaine [9-12]. L'espèce ivoirienne est riche en saponines avec un indice de mousse de 5000 [13]. Selon les nombreuses et diverses informations en notre possession, les racines de cette plante trouvent usage dans le traitement traditionnel des troubles mentaux en Côte d'Ivoire. Pour une meilleure compréhension de ses effets pharmacologiques qui

## 2. Méthodologie

La plante a été authentifiée par Dr. Malan D. François, ethnobotaniste (Université Nangui Abrogoua), et les racines ont été récoltées en juin 2015 à Dabakala (ville du centre de la Côte d'Ivoire dans la région de la Vallée du Bandama, 8° 21' 48" nord, 4° 25' 43" ouest). Après nettoyage avec une brosse, les racines ont été laissées sécher sous climatisation permanente (18 °C) pendant 2 semaines, ensuite broyées avec un broyeur électrique pour obtenir les poudres qui ont été soumises aux tests.

### 2.1. Tests phytochimiques

Les teneurs en saponines triterpènes (ST) et stéroïdes (SS) ont été déterminées respectivement selon les travaux décrits dans la littérature [14, 15]. Les standards utilisés ont été l'escine (pour ST) et la diosgénine pour (SS). Les longueurs d'onde maximale d'absorption de l'escine (281 nm) et de la diosgénine (475 nm) ont été mesurées avec un spectrophotomètre UV-visible (HP 8453, 191-1100 nm) par balayage de la longueur d'onde de 191 à 1100 nm. Tous les tests ont été répétés 3 fois.

#### 2.1.1. Quantification des saponines triterpènes

3,6 g de poudre ont été chauffés dans 94 ml de MeOH (70 %) pendant 1 h. A une quantité de l'extrait méthanolique prélevée (10 ml) ont été additionnés 10 ml de HCl (0,1 M). Les ST ont été extraites par 3 × 40 ml d'un mélange n-C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>OH : CHCl<sub>3</sub> (1 : 2,5). Le solvant d'extraction a été éliminé sous vide à l'aide d'un évaporateur rotatif (rotavapor Büchi type EL-131) entre 60-65 °C. Le résidu obtenu, a été lavé par 2 × 5 ml d'éther. Après filtration, il a été séché à la température ambiante sous une hotte, et solubilisé à chaud dans 25 ml d'acide acétique glacial (AcOH). La solution a été ensuite diluée 25 fois. A une quantité de la solution prélevée (1 ml), 2 ml de CoCl<sub>2</sub> (2 g/l) et 2 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ont été additionnés. Le mélange a été chauffé au bain-marie pendant 1 h. Les absorbances ont été mesurées à 281 nm par spectrophotométrie contre un blanc préparé dans les mêmes conditions (mélange de 1 ml d'AcOH, 2 ml de

justifieraient son usage en pratique médicale traditionnelle, et dans le but d'apporter notre part contributive à sa valorisation, la présente étude se consacre aux saponines des racines de *S. longipedunculata* de Côte d'Ivoire, à travers leur caractérisation, leur quantification et leur évaluation antioxydante.

CoCl<sub>2</sub> et de 2 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). La quantification a été faite en fonction de la courbe d'étalonnage de l'escine (0,0267 - 0,133 mg/ml) en présence de la solution de CoCl<sub>2</sub>. La teneur en ST (Q<sub>1</sub>) a été exprimée en équivalent escine par 100 gramme de matière sèche (g EE /100 g MS) suivant l'équation (1) :

$$Q_1 = V_1 \times C_1 \times d / m_1 \quad (1)$$

V<sub>1</sub>: volume d'extrait (ml) ; C<sub>1</sub> : concentration de l'extrait (mg/ml) ; d : dilution ; m<sub>1</sub> : masse de la matière sèche (g)

#### 2.1.2. Quantification des saponines stéroïdes

La poudre reprise dans le MeOH (2 mg/ml) et filtrée avant utilisation, a constitué l'analyte. 250 µl d'une solution de vanilline (8 %, m/v) dans de l'EtOH absolu, ont été ajoutés à 250 µl de l'analyte. A ce mélange, 2,5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (72 %, v/v) ont été additionnés. L'ensemble a été incubé au bain-marie à 60° C pendant 10 min, puis refroidi dans un bain de glace pendant 5 min. L'absorbance a été lue à 475 nm et comparée à celle de la diosgénine (10 - 40 µg/ml) dans les mêmes conditions que l'analyte à partir de la courbe d'étalonnage. La teneur en SS (Q<sub>2</sub>) a été exprimée en équivalent diosgénine par 100 gramme de matière sèche (g ED /100g MS) suivant l'équation (2) :

$$Q_2 = V_2 \times C_2 / m_2 \quad (2)$$

V<sub>2</sub>: volume de l'analyte (ml); C<sub>2</sub> : concentration de l'extrait (µg/ml); m<sub>2</sub> : masse de la matière sèche (g).

### 2.2. Test anti-oxydant

Les échantillons utilisés pour l'évaluation de l'activité antioxydante ont été l'extrait brut des saponines totales hétérosides (SB) et celui des sapogénines totales (SG), obtenu par hydrolyse de SB. L'acide ascorbique (vitamine C) a été employé comme antioxydant standard positif. Tous les tests ont été réalisés en triplicata.

#### 2.2.1. Préparation des extraits

### 2.2.1.1. Extraction des saponines totales hétérosides

Les SB ont été extraites selon Louiz *et al.* [16]. 20 g de poudre dans 100 ml de MeOH (80 %), ont été chauffés à reflux dans un chauffe-ballon pendant 90 min. Après filtration et concentration sous pression réduite avec un évaporateur rotatif (rotavapor Büchi type EL-131), la fraction aqueuse a été traitée par l'éther de pétrole (4 × 30 ml), puis reprise par le mélange *n*-BuOH: H<sub>2</sub>O (2 : 1 ; 30 ml). Après élimination du solvant sous pression réduite, l'extrait SB a été récupéré et séché à l'étuve à 50 °C pendant 24 h.

### 2.2.1.2. Extraction des saponinées

0,57 g de SB a été dissout dans 10 ml de HCl (0,1 M). Après traitement de la solution par 3 × 40 ml d'un mélange *n*-C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>OH : CHCl<sub>3</sub> (1 : 2,5), puis élimination du solvant sous pression réduite avec un évaporateur rotatif à 60-65 °C jusqu'à siccité, le résidu sec de SG a été obtenu.

### 2.2.2. Test de capacité d'absorption des radicaux oxygénés (Oxygen Radical Absorbance Capacity) : ORAC

Les méthodes tirées de la littérature ont été utilisées pour ce test [17-19]. 150 µl de fluorescéine, 25 µl de chaque échantillon dilué avec 10 mM de tampon phosphate de sodium et de potassium (pH=7,4) ont été introduits dans chaque puits de la plaque. Les microplaques ont été scellées à 37 °C, et après 15 min d'incubation, 25 µl d'AAPH (2,2'-azobis-2-aminopropane dihydrochloride) (240 mM) y ont ajoutés. L'absorbance de la fluorescence a été immédiatement lue par spectrofluorimétrie à 485 nm d'excitation et à 530 nm d'émission toutes les 60 s pendant 30 min. Parallèlement, les absorbances du Trolox (antioxydant de référence utilisé comme standard, 25 µl) de concentrations variant de 3,125 à 100 µM et du tampon phosphate (pris comme témoin blanc, 25 µl) ont été mesurées dans les mêmes conditions que les échantillons analysés. Chaque concentration d'échantillon a généré une courbe cinétique différente. Ainsi, l'aire sous la courbe (AUC) de chaque échantillon reflétant les cinétiques de réaction ont été calculées suivant la formule :

$$AUC = 1 + f_1/f_0 + f_2/f_0 + f_3/f_0 + \dots + f_{29}/f_0 + f_{30}/f_0$$

où  $f_0$  est la fluorescence initiale lue à 0 min et  $f_i$  la fluorescence lue au temps  $i$ .

Le calcul de l'effet protecteur a dérivé de l'intégration de l'aire sous la courbe entre l'échantillon et le blanc (AUC nette = AUC échantillon - AUC blanc). Les résultats ont été rapportés en équivalent Trolox et exprimés en micromole Trolox par 100 grammes de matière sèche (µM TE /100 g MS), en utilisant la formule :

AAO ORAC (activité antioxydante ORAC)=

$$\frac{AUC_{\text{échantillon}} - AUC_{\text{blanc}}}{AUC_{\text{Trolox}} - AUC_{\text{blanc}}} \times \frac{M_{\text{Trolox}}}{M_{\text{échantillon}}}$$

où M est la concentration molaire (mol/l)

### 2.2.3. Test de réduction du fer (Ferric ion Reducing Antioxidant Power) : FRAP

Le pouvoir réducteur a été évalué selon effectuée selon la méthode préconisée par Benzie et Strain, Gong *et al.* [20, 21]. Le réactif réducteur est composé de 3 solutions : tampon acétate de sodium (300 mM, pH=3,6), TPTZ [2,4,6-Tri-(2-pyridyl)-s-triazine] (10 mM dans 40 mM de HCl), FeCl<sub>3</sub> (20 mM) dans un rapport volumique 10 : 1 : 1. Au réactif fraîchement préparé (3 ml) et préalablement chauffé à 37 °C au bain-marie pendant 15 min, ont été additionnés 100 µl de chaque extrait (SB, SG) à 2,5 mg/ml. Le Trolox a été utilisé comme anti-oxydant de référence. L'absorbance du complexe (TPTZ-Fe<sup>3+</sup>) a été lue à 593 nm après 4 min par spectrophotométrie UV-visible (HP 8453, 191-1100 nm). Les absorbances du Trolox à différentes concentrations (0,187; 0,375; 0,75 ; 1,5 mM) mesurées dans les mêmes conditions que les extraits, ont permis de tracer la courbe d'étalonnage. Les résultats ont été exprimés en micromole Trolox par 100 grammes de matière sèche (µg TE /100g MS).

## 3. Résultats et discussion

### 3.1. Teneurs en saponines triterpènes et stéroïdes

La principale méthode actuelle de détermination quantitative des ST est la spectrophotométrie des produits colorés en interaction avec H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Les spectres d'absorption de ces composés présentent un maximum caractéristique. Toutefois, cette méthode présente un inconvénient important. En effet, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oxyde les

composants du mélange réactionnel pour former d'autres produits colorés qui interfèrent avec la quantification des ST [14]. Actuellement, pour doser les ST, la méthode à l'escine en présence d'une solution de  $\text{CoCl}_2$  est utilisée. Les ST donnent des complexes avec  $\text{CoCl}_2$  de longueur d'onde maximale 281 nm. Ainsi, nous avons construit la courbe d'étalonnage de l'escine en fonction des valeurs de l'absorbance (A1) selon l'expression :  $A1 = 25,80 \times C1 - 0,009$  ( $R^2 = 0,986$ ) où C1 est la concentration (mg / ml), au moyen de laquelle la teneur en ST dans les racines de *S. longipedunculata* évaluée à 6,84 g EE /100 g MS) soit 6,84 % (Tableau 1). La teneur des SS ayant un groupe OH en C-3 dans leur structure moléculaire, a été déterminée par la vanilline sulfurique [15]. La diosgénine (standard) a été utilisée. La teneur en SS a été obtenue par la droite d'étalonnage  $A2 = 8,635 \times C2 - 0,082$  ( $R^2 = 0,995$ ), où A2 est l'absorbance, C2 la concentration (mg / ml). La teneur en SS est de 78  $\mu\text{g}$  ED /100 g MS. (Tableau 1).

Cette quantification a mis en évidence la coexistence des ST et SS dans les racines de *S. longipedunculata*, toutefois avec la dominance des ST d'environ 87692 fois. Par ailleurs, les résultats obtenus sont en accord avec ceux rapportés dans la littérature. En effet, les saponines des angiospermes dicotylédones sont exclusivement à génine triterpène [22-23]. En sus, selon Lacaille-Dubois & Mitaine-Offier [24], la famille des Polygalaceae est bien connue pour renfermer les ST dont les teneurs fluctuent entre 5 et 10 %, et qui sont généralement des glycosides de la présénégénine [23]. Ce qui laisse à penser qu'une éventuelle manifestation de l'effet antioxydant des racines de *S. longipedunculata* serait le fait des ST. C'est pourquoi, il nous a paru opportun d'évaluer l'activité antioxydante des extraits enrichis en saponines totales hétérosides et en sapogénines obtenus des racines, étant entendu qu'ils sont majoritairement de type triterpène.

Tableau 1

Teneur en saponines dans les racines de *S. longipedunculata*

Type de saponine	Teneur (g/100 g MS)
ST*	6,84
SS**	0,000078

\*Saponines stéroïdes ; \*\*Saponines triterpènes

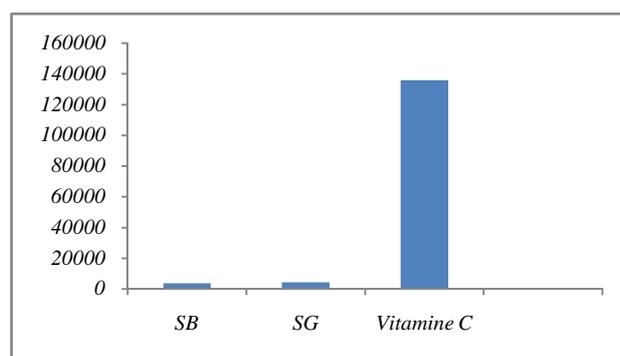
### 3.2. Activité anti-oxydante des extraits SB et SG

Les espèces radicalaires impliquées dans le stress oxydatif sont nombreuses et réagissent avec des mécanismes différents, d'où la nécessité de combiner différents tests pour avoir une indication exacte sur la capacité antioxydante de l'échantillon. Notre étude est axée sur la mesure de l'activité antioxydante (AAO) des

échantillons SB et SG au moyen de 2 tests ORAC et FRAP, se déroulant par transfert d'atome d'hydrogène et d'électrons, respectivement.

#### 3.2.1. Protection de l'oxydation de la fluorescéine

La méthode ORAC a été réalisée par spectrofluorimétrie. Elle évalue la capacité anti-oxydante d'un échantillon qui inhibe l'oxydation de la fluorescéine par des radicaux peroxy ( $\text{ROO}^\bullet$ ), générés par l'oxydant thermolabile 2,2'-Azobis(2-méthylpropionamide)di-hydrochloride (AAPH). Ici, la fluorescéine soumise à l'action oxydante de l'AAPH, s'oxyde progressivement par  $\text{ROO}^\bullet$  en un produit non fluorescent. Cependant, en présence d'une substance anti-radicalaire, sa dégradation est ralentie et sa fluorescence s'intensifie proportionnellement au pouvoir anti-oxydant de l'échantillon testé. Plus ce dernier est actif et plus la fluorescence de la sonde se stabilise [25]. L'inhibition de la perte de la fluorescence induite par les échantillons testés de saponines a été calculée en mesurant l'aire sous chaque courbe en fonction du temps. Chaque courbe a été par la suite normalisée par rapport à celle d'un blanc (sans anti-oxydant). Les AAO ORAC SB et SG ont été déterminées à partir de la courbe d'étalonnage de Trolox  $y = 0,0922 x + 5,1789$ , ( $R^2 = 0,9884$ ) à 2,5 mg/ml, et exprimés en  $\mu\text{M}$  Trolox équivalent par 100 g de Matière sèche ( $\mu\text{M}$  TE/g MS). La figure 1 montre les résultats obtenus.

Figure 1 : Profil antioxydant ( $\mu\text{M}$  TE/100 g MS) de SB, SG et de la vitamine C par le test ORAC

Il ressort que les SG se sont révélées par une AAO ORAC (43000,73  $\mu\text{M}$  TE/100 g MS) plus significative que celle des SB (3700,3  $\mu\text{M}$  TE/100 g MS), ce qui semble être la responsabilité des sapogénines. Autrement dit, la présence d'un fragment glycone lié à une sapogénine, diminue probablement l'effet antioxydant. Cette assertion corrobore celle d'autres auteurs qui ont montré que les

génines ont un pouvoir antioxydant supérieur à leurs équivalents hétérosides [26, 27]. Par ailleurs, le figure 1 indique que la vitamine C (135800  $\mu\text{M TE}/100\text{ g MS}$ ) est 30 fois plus anti-oxydante que SB et SG. La comparaison des potentiels antioxydants ORAC des SB et SG avec ceux rapportés par Eversley [28] sur une série de fruits et de légumes, a montré qu'ils sont significativement plus élevés que celui de l'avocat (1922  $\mu\text{MTE}/100\text{ g}$ ), du pamplemousse (1640  $\mu\text{M TE}/100\text{ g}$ ), de la laitue (1423  $\mu\text{M TE}/100$ ) et de l'épinard (1513  $\mu\text{M TE}/100\text{ g}$ ).

### 3.2.2. Pouvoir réducteur du fer

Les antioxydants pour la plupart, sont de bons réducteurs, par conséquent le pouvoir réducteur d'un composé peut servir d'indicateur significatif de son AAO potentielle [29-31].

Le test FRAP a servi à évaluer l'AAO *in vitro* des SB et SG en mesurant leur potentiel de réduction de  $\text{Fe}^{3+}$  en  $\text{Fe}^{2+}$  [32]. La présence des ions  $\text{Fe}^{2+}$  a été évaluée en mesurant l'augmentation de sa densité par la couleur bleue dans le milieu réactionnel [20, 33]. L'AAO (activité antioxydante) a été déterminée à l'aide de la droite d'étalonnage du Trolox (antioxydant standard) à différentes concentrations, d'équation de régression  $y = 0,5419x + 0,1062$  ( $R^2 = 0,9993$ ). Les AAO FRAP des extraits mesurés à 2,5 mg / ml, et exprimées en  $\mu\text{M TE}/\text{g MS}$ , montrent que les SB et SG sont capables de réduire dans une certaine mesure les ions  $\text{Fe}^{3+}$  en  $\text{Fe}^{2+}$  (Figure 2).

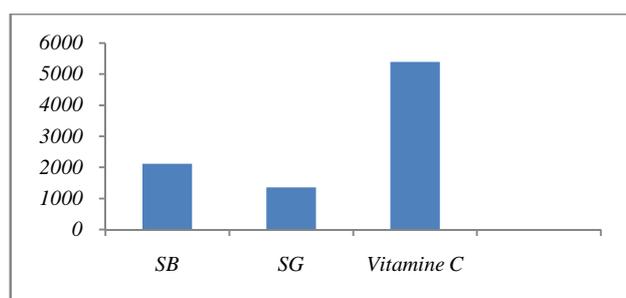


Figure 2 : Profil antioxydant ( $\mu\text{M TE}/\text{g MS}$ ) de SB, SG et de la vitamine C par le test FRAP

Par ailleurs, le classement AAO ORAC et AAO FRAP en fonction du type des saponines n'est pas le même. L'AAO FRAP a révélé que les SB ont un pouvoir réducteur plus fort que les SG, ce qui est contraire aux résultats obtenus du test ORAC (Figure 1). Cette différence peut être expliquée par le type de mécanisme de réduction. Le mécanisme du test ORAC est un transfert d'hydrogène alors que le test FRAP se fonde sur un

transfert d'électrons [18]. Les SB possèdent la plus haute AAO FRAP (2114  $\mu\text{M TE}/\text{g MS}$ ), comparée aux SG (1359,2  $\mu\text{M TE}/\text{g MS}$ ); et sont par conséquent 1,55 fois plus actives. Ces valeurs sont supérieures aux valeurs AAO FRAP des feuilles séchées de différentes variétés de thé vert (272-1144  $\mu\text{M}/\text{g}$ ) [34]. Les valeurs AAO FRAP obtenues restent néanmoins inférieures à celle de la vitamine C (5393,7  $\mu\text{M TE}/\text{g MS}$ ).

## 4. Conclusion

Le présent travail avait pour but la quantification des saponines triterpènes et stéroïdes des racines de *Securidaca longipedunculata* de Côte d'Ivoire et l'évaluation de leur profil antioxydant par spectrofluorimétrie (méthode ORAC) et spectrophotométrie (méthode FRAP). Les différents résultats obtenus révèlent :

- la coexistence des 2 types de saponines avec une large dominance nette des saponines triterpènes dans les racines ;
- l'activité antioxydante des racines est due aux saponines triterpènes ;
- le profil antioxydant quasiment similaire des saponines triterpènes hétérosides et des saponogénines correspondantes par la méthode ORAC. En revanche, les saponines triterpènes hétérosides sont plus antioxydantes que les saponogénines correspondantes par la méthode FRAP. Au demeurant, les saponines triterpènes sont anti-oxydantes par transferts d'hydrogène et d'électrons ;
- la justification de l'usage en pratique médicale traditionnelle des racines de *S. longipedunculata* dans le traitement des déclinis cognitifs ; ce qui ouvre une piste d'investigation en cours des propriétés anticholinestérase desdites racines ;
- l'opportunité pour les pays en développement d'encourager le développement et l'accessibilité des phytothèmes normalisés pour couvrir les soins de santé primaire des populations économiquement fragiles.

## Remerciements

Les auteurs remercient Dr. MALAN Dja François, Maître de Conférences à l'Université Nangui Abrogoua pour l'authentification de la plante d'étude.

## Références

- [1] Bruneton, J. (2009). Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. 4<sup>e</sup> Edition Tec & Doc, *Edition médicales internationales*, Paris France, 1292 p.
- [2] Lacaille-Dubois M.A. (2005). Bioactive saponins with cancer related and immunomodulatory activity: Recent developments. *Stud. Nat. Prod. Chem.* 32: 209–246
- [3] Deore S.L., Khadabadi S.S., K.P.Chittam, Bhujade P.G., Wane T.P., Nagpurkar Y.R., Chanekar P.D., Jain R.G. (2009), Properties and pharmacological applications of saponins. *Pharmacologyonline* 2:61-84
- [4] Kobayashi K., Teruya T., Suenaga K., Matsui Y., Masuda H., Kigoshi H. (2006). Isotheasaponins B1–B3 from *Camellia sinensis* var. *sinensis* tea leaves. *Phytochemistry* 67:1385–9.
- [5] Wojciechowski K. (2013). Surface activity of saponin from *Quillaja* bark at the air/water and oil/water interfaces. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 108:95–102.
- [6] Fukuda N., Tanaka H., Shoyama Y., (2000). Isolation of the pharmacologically active saponin Ginsenoside Rb1 from ginseng by immunoaffinity column chromatography. *Journal of Natural Products*, 63:283–285
- [7] Lee D. G., Lee J., Cho I. H., Kim H. J., Lee S. W., Kim Y. O., Park C. G., Lee S. (2017). Ginsenoside Rg12, a new dammarane-type triterpene saponin from *Panax ginseng* root. *Journal of Ginseng Research*, 41 : 531-533.
- [8] Kibungu Kembelo A.O. (2004). Quelques plantes médicinales du Bas-Congo et leurs usages. DFID, London, United Kingdom. 197 p.
- [9] Delaude C. (1992). Les Polygalaceae et leurs saponines. *Bull. Soc. Roy. Soc. Liège*, 61: 245–288.
- [10] Meyer J.J.M., Rakuambo N.C., Hussein A.A. (2008). Novel xanthenes from *Securidaca longepedunculata* with activity against erectile dysfunction. *J. Ethnopharmacol.* 119: 599–603.
- [11] Stevenson P.-C., Dayarathna T.K., Belmain S-R. and Veitch N-C. (2009). Bisdesmosidic Saponins from *Securidaca longepedunculata* Roots: Evaluation of Detergency and Toxicity to Coleopteran Storage Pests. *J. Agric. Food Chem.*, 57: 8860-8867
- [12] Mitaine-Offer A.-C., Pérez N., Miyamoto T., Delaude C., Mirjolet J-F., Duchamp O., Lacaille-Dubois M-A. (2010). Acylated Triterpene saponins from the roots of *Securidaca longepedunculata*. *Phytochemistry*, 71 (1): 90-94.
- [13] Baguia-Broune F.D.M., N'Gaman-Kouassi K.C.C., Mamyrbekova-Békro J.A., Békro Y-A. J. Soc. Ouest-Afr. Chim. (2018), soumis pour publication
- [14] Gloushko T.V., Ermolinskaya T.M., Sougakova A.V. (2010). Etude des méthodes d'identification et d'analyses quantitatives des médicaments. *Travaux de l'Université de Biélorussie*, 5(2) : 63-68.
- [15] Kongkaneramt L., Witoonsaridsilp W., Peungvicha P., Ingkaninan K., Waranuch N. and Sarisuta N. (2011). Antioxidant activity and antiapoptotic effect of *Asparagus racemosus* root extracts in human lung epithelial H460 cells. *Experimental and Therapeutic Medicine* 2: 143-148.
- [16] Louiz I, Sellem F, Tekitek A, Langar H. et EL Abed A. (2003). Etude des saponines isolées d'une espèce d'holothurie *Holothuria tubulosa* de la lagune de Bizerte. *Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô*, 30.
- [17] Cao, G., Alessio, H. M., Cutler, R. G. (1993) Oxygen-radical absorbance capacity assay for antioxidants. *Free Radical Biol. Med.* 140: 303-311.
- [18] Apak R., Gorinstein S., Böhm V., Schaich M.K., Özyürek M., and Güçlü K. (2013). Methods of measurement and evaluation of natural antioxidant capacity/activity. *Pure Appl. Chem.*, 85(5): 957–998.
- [19] Jung T.D., Shin G.H., Kim J.M., Choi S.I., Lee J.H., Lee S.J., Park S.J., Woo K.S., Oh S.K., Lee O.H. (2017). Comparative Analysis of  $\gamma$ -Oryzanol,  $\beta$ -Glucan, Total Phenolic Content and Antioxidant Activity in Fermented Rice Bran of Different Varieties. *Nutrients*, 9, 571: 1-12.
- [20] Benzie I. F. F. et Strain J. J., (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of Antioxidant Power: The FRAP Assay. *Analytical biochemistry* 239: 70-76
- [21] Gong J., Huang J., Xiao G., Chen F., Lee B., You Y., Liu S., Zhang Y. (2016). Antioxidant Capacities of Fractions of Bamboo Shaving Extract and Their Antioxidant Components. *Molecules*, 21 (996) : 1-14.
- [22] Yoshiki, Y., Kudou, S., Okubo, K. (1998). Relationship between chemical structures and biological activities of triterpenoid saponins from soybean. *Bioscience Biotechnology Biochemistry*. 62 : 2291-2299
- [23] Bruneton, J. (2016). Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. 5<sup>e</sup> Edition Lavoisier Tec & Doc, Paris France, 1487 p.
- [24] Lacaille-Dubois M. A., Mitaine-Offer A. C. (2005) Triterpene saponins from Polygalaceae. *Phytochemistry Reviews*, 4 (2-3): 139-149.
- [25] Dávalos, A.; Gomez-Cordovés, C.; Bartolomé, B. (2004) Extending Applicability of the Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC-Fluorescein) Assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 : 48-54.
- [26] Heim K.E., Tagliaferro A.R., Bobilya D.J. (2002). Flavonoïds oxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *J Nutr Biochem*, 13:572-84
- [27] Traoré L., Békro Y.A., Mamyrbekova-Békro J.A., Guessenn N.K., Boua B.B., Méité S. (2014). In vitro comparative screening of anti-inflammatory effect of crude extracts from *Cassia sieberiana* DC. (Caesalpiniaceae) and *Khaya grandifoliola* C. DC. (Meliaceae). *Pharm. Sin.* 5(6):86-90.
- [28] Eversley T.C. (2012). Le potentiel antioxydant de l'alimentation tel qu'estimé par le score ORAC : une comparaison des apports des personnes âgées avec démence du type Alzheimer avec ceux des témoins sans problèmes cognitifs, Thèse de l'Université de Montréal, 176 p
- [29] Jeong S.M., Kim S.Y., Kim D.R., Jo S.C., Nam K.C., Ahn D.U., and Lee S.C. (2004). Effects of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 52: 3389-3393.
- [30] Kumaran A. et Karunakaran R.J. (2007). In vitro antioxidant activities of methanol extracts of five *Phyllanthus* species from India. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*. 40: 344-352.
- [31] Tsupko T.G., Petrakova I.S., Brilenok N.S., Nikolaeva N.A., Tchouprynina D.A., Temerdashev Z.A., Vershinin V.I. (2011). Détermination de la teneur totale en antioxydants par la méthode FRAP. *Analytique et contrôle*, 15 (3): 287-298.
- [32] Hinneburg I., Dorman, H.J.D. and Hiltunen R. (2006). Antioxidant activities of extracts from selected culinary herbs and spices. *Food chemistry*, 97 : 122-129.
- [33] Amarowicz R., Pegg R.B., Rahimi-Moghaddam P., Barl B., et Weil J.A. (2004). Free radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. *Food Chemistry*. 84: 551-562 .
- [34] Benzie I.F.F., Szeto Y.T. (1999). Total Antioxidant Capacity of Teas by the Ferric Reducing/Antioxidant Power Assay, *J.Agric.Food Chem.*, 47 (2): 633–636.