



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Conditions de synergie d'action des extraits anti-radicalaires de *Flueggea virosa* (Roxb. Ex Wild.) Royle et de *Crataeva adansonii* Forst. f. avec inductions acido-basiques extérieures

Kokou Agbékonyi AGBODAN^{1*}, Oudjaniyobi SIMALOU², Pakoupati BOYODE², Mikagnamé ADANLEMEGBE² et Mawuégnigan Kodjovi Léonard AGBODAN³

¹Laboratoire de Génie des Procédés et Ressources Naturelles (LAGEPREN), Département de Chimie, Université de Lomé, 01 BP 1515 Lomé 01, Lomé, Togo.

²Laboratoire de Chimie Organique et des Substances Naturelles (LabCOSNat) Département de Chimie, Université de Lomé, 01 BP 1515 Lomé 01, Lomé, Togo.

³Laboratoire de Botanique et Ecologie Végétale (LBEV). Département de Botanique, Université de Lomé, 01 BP 1515 Lomé 01, Lomé, Togo.

*Auteur correspondant ; E-mail : akatologo@gmail.com

RESUME

En Afrique de l'Ouest, les tradithérapeutes utilisent les extraits de plantes pour traiter les affections courantes, avec souvent du jus de *Citrus limon* comme additif. Cette étude présente l'influence acido-basique du milieu et de la synergie d'action de mélanges d'extraits de *Flueggea virosa* et *Crataeva adansonii* sur leur comportement anti-radicalaire. A la concentration de 2.10^{-2} M, l'extrait de *Flueggeavirosa* s'est révélé plus antioxydant. L'acidification du milieu avec 6 μ l de citron a favorisé la réduction du radical DPPH[•]; par contre la basification produit toujours un effet contraire. Cependant, l'ajout de 100-250 μ l de citron produit un effet pro-oxydant. La cinétique des réactions du radical DPPH[•] avec les extraits est évaluée à des IC₅₀ de 0.72, 23.78 et 1.20 g.l⁻¹, respectivement pour *Flueggea virosa*, *Crataeva adansonii* et leur mélange. Des équivalents de 109.63, 108.948 et 110.722 mg de quercétine par g de matériel végétal ont été obtenus pour ces extraits dans le même ordre. On note également des effets pro-oxydants pour des grandes concentrations des extraits. La constante de vitesse de $1.444 \cdot 10^{-3} \text{M}^{-1} \text{s}^{-1}$ de l'extrait de *Crataeva adansonii* est la plus élevée. Ces résultats pourraient justifier l'utilisation populaire du jus de citron et des mélanges d'extraits dans les formulations proposées par les tradithérapeutes.

© 2017 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : *Flueggea virosa*, *Crataeva adansonii*, extraits, pouvoir anti-radicalaire, synergie, influence du milieu.

Joint actions of the anti-free radical extracts of *Flueggea virosa* (Roxb. Ex Wild.) Royle and *Crataeva adansonii* Forst. f. with acid-base external inductions

ABSTRACT

In West Africa, traditional healers use to add citrus juice into plant extracts to treat common diseases. This study develops the acid-base influence of the medium and the synergetic action of *Flueggea virosa* and

Crataeva adansonii extracts mixtures on their anti-free radical induction. It was found that at the concentration of 2.10^{-2} M, the extract of *Flueggea virosa* show high antioxidant. The acidification of the medium with 6 μ l of lemon favored the reduction of the DPPH $^{\bullet}$ radical. On the other hand basification always produces an opposite effect. However, the addition of 100-250 μ l of lemon produces pro-oxidant effect. The kinetics of the reactions of the DPPH $^{\bullet}$ radical with the extracts is evaluated at IC $_{50}$ of 0.72, 23.78 and 1.20 g.l $^{-1}$, respectively for *Flueggea virosa*, *Crataeva adansonii* and their mixture. Equivalents of 109.63, 108.948 and 110.722 mg of quercetin per g of plant material were obtained for these extracts in the same order. Pro-oxidizing effects are also observed for high concentrations of the extracts. The rate constant of $1.444 \cdot 10^{-3} \text{M}^{-1} \text{s}^{-1}$ of the *Crataeva adansonii* extract is the highest. These results could justify the popular use of lemon juice and mixtures of extracts in the formulations proposed by traditional healers.

© 2017 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: *Flueggea virosa*, *Crataeva adansonii*, extracts, antiradical power, synergy, influence of the medium.

INTRODUCTION

Dans la littérature scientifique, les effets bénéfiques des antioxydants dans l'organisme humain ainsi que leur grande utilisation dans l'industrie agroalimentaire, sont beaucoup décrits et documentés (Poaty-Poaty, 2009; Cao et al., 2015). Ainsi, la recherche de molécules antioxydantes a connu un essor sans précédent pour des utilisations, entre autres, dans les industries agroalimentaires, en phytothérapie ou en médecine (Maloueki et al., 2015). Malgré l'intense intérêt porté à ces molécules, la synergie d'action des composés antioxydants est très peu étudiée. Une carence comme une surconsommation des molécules antioxydantes peuvent être dangereuses pour l'organisme humain. Il est reconnu également qu'un grand nombre de tradithérapeutes, en Afrique, utilisent du citron (*Citrus limon*) dans leurs préparations, alors que ce milieu va présenter une influence avérée sur l'issue de la réaction d'oxydation. Cette étude s'inscrit dans une approche de contribution à l'étude des conditions de synergie d'action des extraits de plantes à propriétés antioxydantes de *Flueggea virosa*, de *Crataeva adansonii* (Ahama et al., 2010). Ainsi, l'acide acétique (acide faible), l'ammoniaque et le jus de citron ont été utilisés pour définir l'état du

milieu afin également d'étudier l'influence de ce dernier sur le caractère anti-radicalaire des extraits de ces deux espèces végétales ainsi que de leur mélange (Ouedraogo et al., 2015).

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal et préparation des extraits

La matière végétale de *Crataeva adansonii* (jeunes feuilles) provient du quartier «Forever» de la ville de Lomé; celle de *Flueggea virosa* et le fruit de *Citrus limon* proviennent d'un champ situé à 24 km au Nord de Lomé. Les feuilles de chaque plante sont séchées pendant une semaine à l'abri de la lumière, rendues en poudre puis ont subi une extraction (Dieng et al., 2015). Huit grammes de matériel végétal ont été extraits avec 80 ml d'éthanol 95% par macération sous agitation régulière pendant 24 h. Pour le jus de citron, après lavage à l'eau de robinet puis à l'eau distillée, le fruit a été pressé. 92,82 g de citron ont donné 18,73 g de jus pur pour un volume de 19 ml (après un processus de filtration sur du papier Wattman). Ce jus, riche en acide citrique, est dosé avec la soude en présence de l'indicateur coloré, la phénolphtaléine. Ce dosage a donné une concentration initiale en acide citrique de 0,9 mol.l $^{-1}$. Tous les extraits sont gardés au réfrigérateur à 4 °C pour les tests ultérieurs.

Etude de l'influence du milieu

Protocole expérimental

On a préparé 100 ml de solutions d'acide acétique 2.10^{-2} mol.l⁻¹ (CH₃COOH) de la société «PANREAC QUIMICA SA, Barcelone, Espagne», et 100 ml de NH₄OH 2.10^{-2} mol.l⁻¹ (ammoniaque) provenant de «CARLO ERBA Reagents». Des dilutions successives sont effectuées pour donner des échantillons avec des titres compris entre 8.10^{-5} et 2.10^{-2} mol.l⁻¹. Vingt-cinq microlitres de l'acide ou de la base, aux différentes concentrations, sont préalablement ajoutés à 2 ml de la solution de DPPH (10^{-4} M). Cent microlitres d'extrait éthanolique, prélevés à la micropipette, sont introduits dans le mélange précédent et l'ensemble est agité au vortex. La lecture est faite après 30 minutes d'incubation à l'abri de la lumière. Chaque échantillon est préparé en triplicata et la moyenne comme l'écart type sont déterminés. L'évolution de l'absorbance en fonction de la concentration est suivie par spectrophotométrie. Le résultat, déterminé à partir de l'équation de la courbe d'étalonnage de la quercétine, est exprimé en mg d'équivalents de quercétine par gramme de matériel végétal (mg d'EQ/g de matériel végétal). Les extraits éthanoliques aux concentrations de 2.10^{-2} M sont comparés aux solutions influencées par les différentes concentrations d'acide comme de base. Des histogrammes montrant la comparaison des capacités antioxydantes sont réalisés et les caractéristiques cinétiques déterminées.

Etude cinétique

L'évolution de la vitesse de la réaction des extraits éthanoliques avec le radical DPPH est suivie, les intensités colorantes IC₅₀, les TCE₅₀ et les constantes de vitesse sont obtenus. Après avoir déterminé l'intervalle de concentrations dans lequel il y a une linéarité, des solutions de chaque extrait à différentes

concentrations sont préparées. Le suivi de l'évolution de l'absorbance en fonction de la concentration a permis de déterminer l'intensité colorante ou inhibitrice IC₅₀ et le TCE₅₀. L'évolution de la réaction de la DPPH' avec les extraits, en fonction du temps, est également suivie. La fin de la courbe pour tous les échantillons correspond à une concentration du radical DPPH de 10^{-4} M en large excès, conditions d'une réaction de pseudo ordre 1 permettant de mesurer la constante de vitesse (Poaty-Poaty, 2009). Au début d'une réaction de la DPPH' avec les extraits, la constante apparente de vitesse K_{app} peut se mettre sous la forme de l'équation (Volkov, 2010).

Equation:

$$K_{app} = K_1 \frac{(C_1)_0}{[AO]_0} + K_2 \frac{(C_2)_0}{[AO]_0} + \dots + K_n \frac{(C_n)_0}{[AO]_0}$$

Où : (C₁)₀, (C₂)₀, (C_n)₀ sont les concentrations initiales des différents composants qui confèrent à l'extrait sa capacité antioxydante, et K₁, K₂, K_n, les constantes de vitesse de ces composants avec le radical DPPH. D'une manière monotone, la constante de vitesse régresse suite à l'épuisement des molécules les plus antioxydantes au fur et à mesure que la réaction évolue. Avec la méthode de Guggenheim, des points de mesure à des intervalles T constants permettent de mesurer la constante de vitesse.

A_t = absorbance à l'instant t

A₀ = absorbance à t = 0

T = intervalle de temps constant qui est ici égal à 2 minutes ou 120 s.

k = constante de vitesse de la réaction.

$$A_t = A_0 e^{-kt}$$

$$A_{t+T} = A_0 e^{-k(t+T)} (1 - e^{-kT})$$

$$\Leftrightarrow \ln(A_t - A_{t+T}) = \ln A_0 - kt + \ln(1 - e^{-kT})$$

$$\Leftrightarrow \ln(A_t - A_{t+T}) = -kt + C$$

En traçant une droite d'équation $Y = aX + b$ la pente est la constante de vitesse k .

Test au radical DPPH

En présence des piègeurs de radicaux libres, comme les extraits de certaines plantes aromatiques ou à huiles essentielles, comportant des molécules bioactives à capacité antioxydante, le radical DPPH[•] (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) de couleur violette est réduit en 2,2-diphényl-1-picrylhydrazine de couleur jaune. Dans des tubes, 2 ml de la solution éthanolique de DPPH[•] (10^{-4} M) et 100 μ l de chaque extrait sont introduits. Le mélange est vigoureusement agité au vortex. Ce mélange est placé pendant 30 minutes à l'abri de la lumière, puis l'absorbance à 517 nm a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre UV-VIS 5100B SPECTRO PHOTOMETER. L'éthanol 95% constitue le blanc. Le traitement des données issues des tests au laboratoire est réalisé grâce au logiciel Origin 9.0. Les moyennes des essais, en triplicata, et les écarts types sont déterminés. Les résultats trouvés, à partir de la courbe d'étalonnage, sont exprimés en tant qu'activité anti-radicalaire, en mg d'équivalents de quercétine par gramme de matériel végétal (mg d'EQ/g matériel végétal) (Agbodan, 2016).

RESULTATS

L'absorbance de la solution DPPH[•], fraîchement préparée est de 0,956. L'équivalent (en mg d'EQ/g de matière végétal) de *Flueggea virosa* est de 109,63 et celui de *Crataeva adansonii* est de 108,94 (Figure 1). Dans l'intervalle de concentrations [$5 \cdot 10^{-5}$ - $2 \cdot 10^{-2}$ M], en milieu basique, l'équivalent en mg d'EQ/g de matériel végétal, augmente de 35,37 à 51,10 avec une moyenne de $45,12 \pm 5,27$ pour *Crataeva adansonii*; de 34,596 à 55,537 avec une

moyennede $46,455 \pm 6,94$ pour *Flueggea virosa* (Tableau 1). Ce tableau montre également les dilutions effectuées avec l'évolution de l'absorbance et une forte influence du milieu sur les absorbances. Dans les mêmes conditions de concentrations, les équivalents évoluent, en milieu acide, de 112,77 à 113,450 avec une moyenne de $113,158 \pm 0,23$ pour *Crataeva adansonii* ; de 109,70 à 110,18 avec une moyenne de $109,874 \pm 0,1568$ pour *Flueggea virosa* (Figures 2 et 3). Le suivi de l'évolution de la DPPH, montre qu'à ces concentrations, l'extrait de *Flueggea virosa* manifeste un effet pro-oxydant alors que pour *Crataeva adansonii*, cet effet ne se produit qu'aux concentrations supérieures ou égales à 65 g/l (Figure 3). Cette étude, pour le mélange des deux extraits a été effectuée entre 25 et 45 g/l et un effet pro-oxydant est observé (Figure 4). Ainsi, pour la détermination des intensités colorantes IC_{50} , des solutions de concentrations de 0,391 à 25 g/l ont été préparées (Tableau 2) et les intensités colorantes déterminées (Tableau 3). L'étude de la cinétique a porté sur les extraits avec des concentrations comprises entre 50 g/let 100 g/l. Les constantes de vitesse donnent $1,175 \cdot 10^{-3} M^{-1} \cdot S^{-1}$ pour *Flueggea virosa*, $1,44410^{-3} M^{-1} \cdot S^{-1}$ pour *Crataeva adansonii* et $1,05910^{-3} M^{-1} \cdot S^{-1}$ pour leur mélange (Tableau 4 et Figure 5). La température du milieu est constante et il n'y a ni catalyseur, ni amortisseur de réaction. Les facteurs cinétiques qui peuvent expliquer les constantes de vitesses trouvées ne peuvent être que les concentrations des réactifs. La luminosité peut aussi influencer la vitesse de réaction. Une élévation de la constante de réaction (*Crataeva adansonii*) signifie que la réaction est déplacée vers la formation des produits.

Tableau 1 : Evolution de la densité optique et de l'équivalent en quercétine en fonction du milieu.

Milieu	<i>Flueggea virosa</i> (C= 100 g/l)			<i>Crataeva adansonii</i> (C = 100 g/l)	
	C	A	B	A	B
NH ₄ OH	5,00.10 ⁻⁵	0,541	55,54	0,574	51,10
	5,70.10 ⁻⁵	0,572	51,38	0,601	47,42
	6,15.10 ⁻⁵	0,587	49,33	0,608	46,465
	6,67.10 ⁻⁵	0,595	48,24	0,612	45,92
	7,27.10 ⁻⁵	0,619	44,96	0,623	44,42
	8,00.10 ⁻⁵	0,647	41,15	0,626	44,01
	2,00.10 ⁻²	0,695	34,60	0,683	35,37
CH ₃ COOH	5,00.10 ⁻⁵	0,143	109,9	0,122	112,77
	5,70.10 ⁻⁵	0,145	109,7	0,120	113,04
	6,15.10 ⁻⁵	0,141	110,18	0,120	113,04
	6,67.10 ⁻⁵	0,144	109,77	0,119	113,18
	7,27.10 ⁻⁵	0,143	109,9	0,118	113,314
	8,00.10 ⁻⁵	0,144	109,77	0,118	113,314
	2,00.10 ⁻²	0,143	109,9	0,117	113,450

La concentration des extraits dans tous les échantillons est de 100 g/l.

A = Densité Optique ; B = Equivalent en mg de quercétine par gramme de matériel végétal ; C = Concentration en mol.l⁻¹.

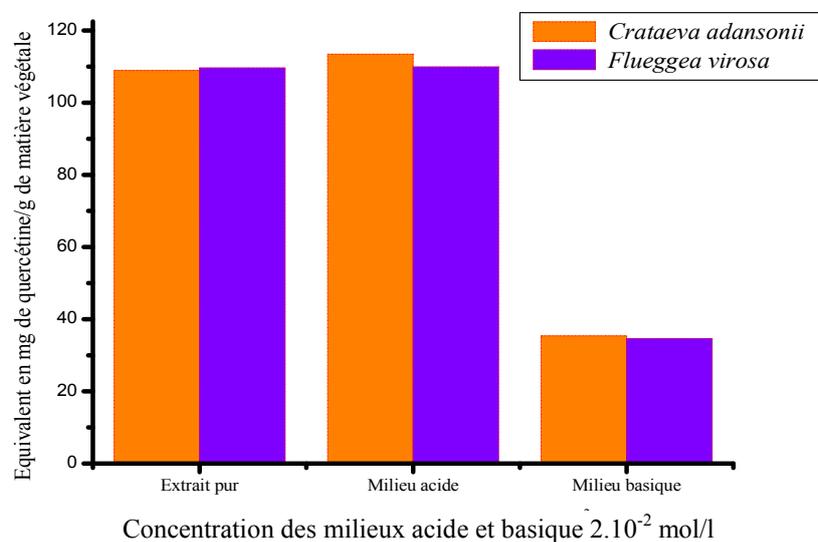


Figure 1 : Evolution de l'équivalent en mg de Quercétine/g de *Crataeva adansonii* et *Flueggea virosa* en fonction du milieu.

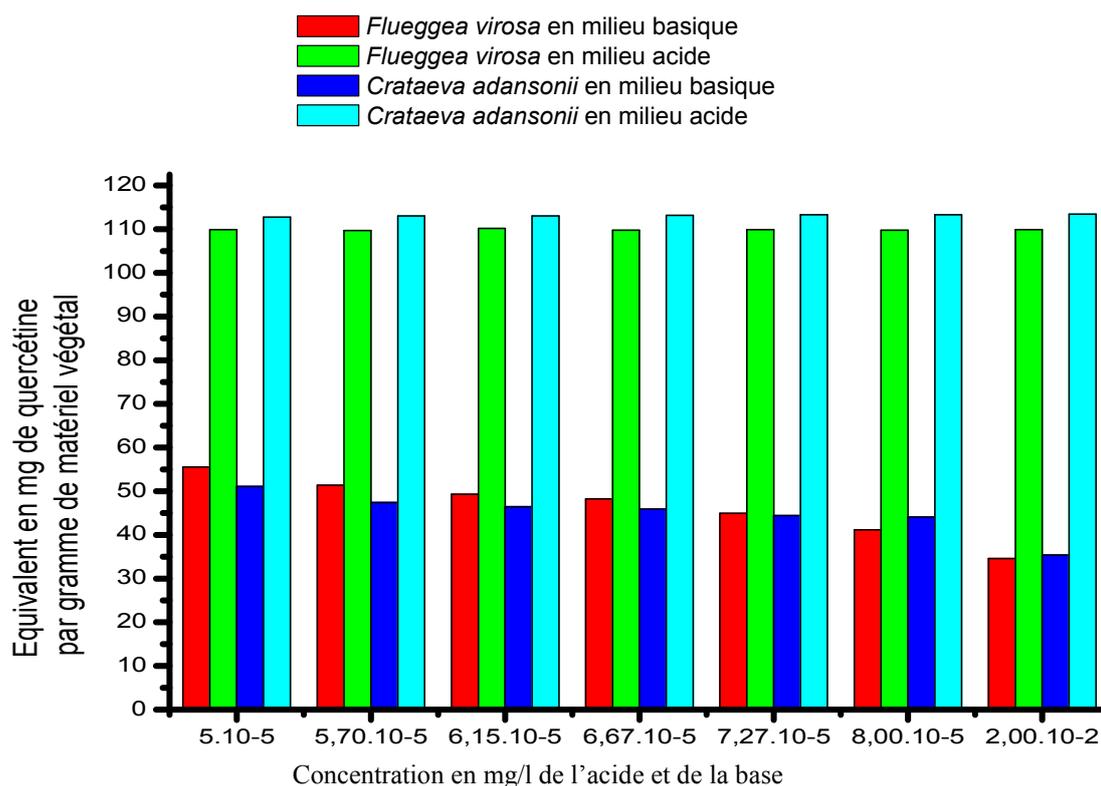


Figure 2 : Evolution de l'équivalent en mg de Quercétine/g de *Flueggea virosa* et de *Crataeva adansonii* en fonction de la concentration du milieu.

Tableau 2 : Données pour le tracé de la courbe pour la détermination d'IC₅₀.

Solution	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	
C (g/l)	25,000	12,500	6,250	3,125	1,562	0,781	0,391	
DO	1 ^{er}	0,068	0,054	0,053	0,056	0,088	0,355	0,525
	2 ^{ème}	0,069	0,056	0,053	0,058	0,085	0,347	0,565
	3 ^{ème}	0,068	0,055	0,052	0,056	0,087	0,353	0,564
	Moyenne	0,068	0,055	0,053	0,057	0,087	0,352	0,551
Ecart type	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,004	0,023	

DO est la densité optique

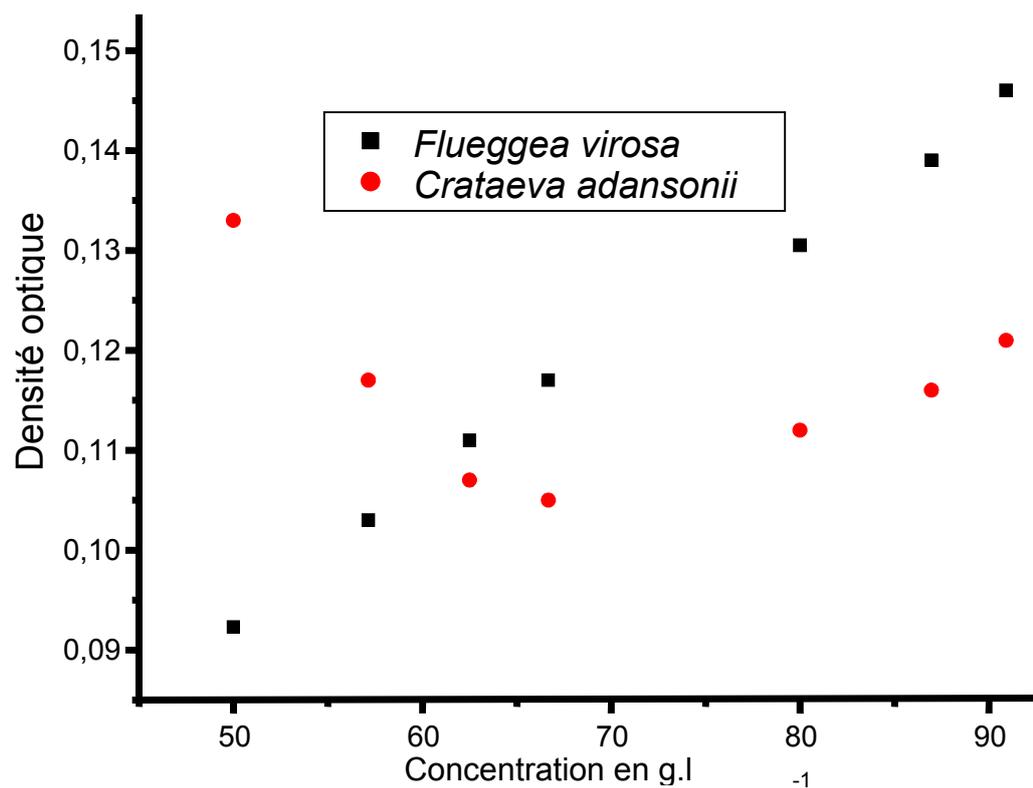


Figure 3 : Variation de l'absorbance en fonction de la concentration de l'extrait.

Tableau 3 : Intensités colorantes des extraits.

Extrait	mg EQ/g de matériel végétal	Equation de la courbe	IC ₅₀ (g/l)
<i>Flueggea virosa</i>	109,63 ± 0,004	Y = - 0,5059 X + 0,8218	0,72
<i>Crataeva adansonii</i>	108,948 ± 0,007	Y = - 0,0165 X + 0,8494	23,78
Mélange V/V	110,722 ± 0,003	Y = - 0,3411 X + 0,8671	1,20

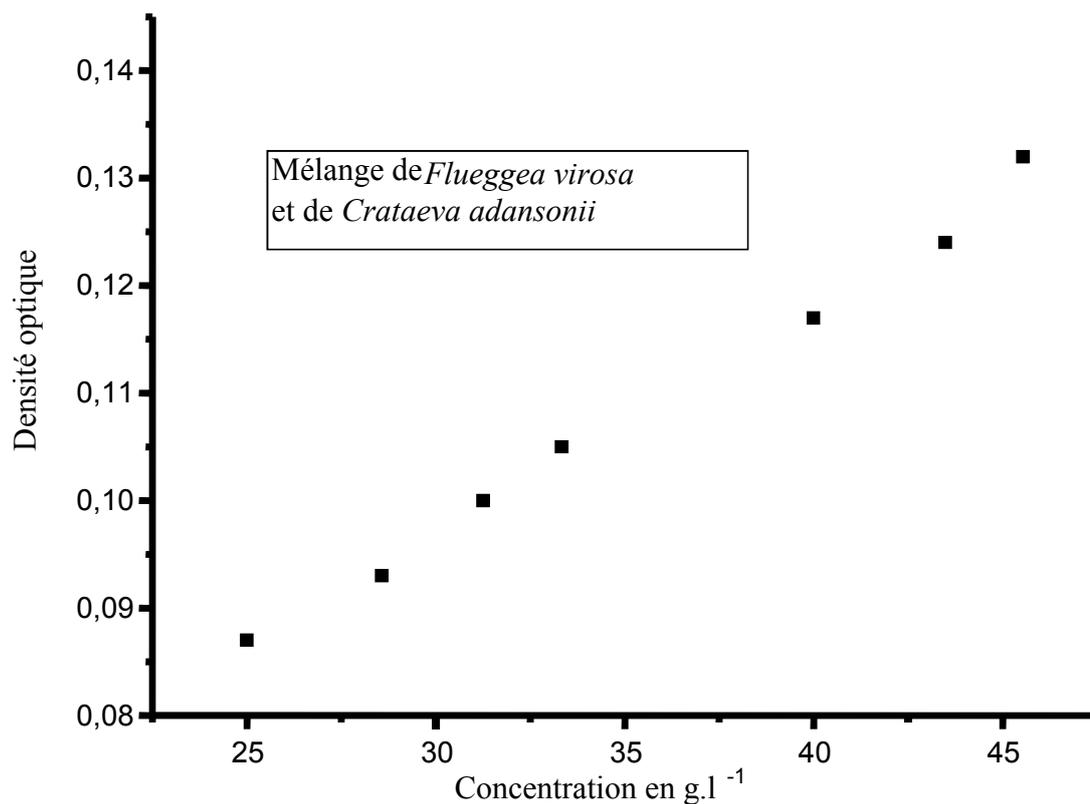


Figure 4 : Variation de l'absorbance en fonction de la concentration de l'extrait.

Tableau 4 : Constantes de vitesse de la réaction des extraits avec le radical DPPH[•].

Temps (s)	Ln(A _t -A _{t+T}) (<i>Flueggea</i>)	Ln(A _t -A _{t+T}) (Mélange)	Ln(A _t -A _{t+T}) (<i>Crataeva</i>)
240	-3,9633163	-4,07454193	-3,32423634
360	-4,26869795	-4,42284863	-3,61191841
480	-4,42284863	-4,60517019	-3,81671283
600	-4,60517019	-4,82831374	-4,01738352
720	-4,7105307	-4,96184513	-4,19970508
840	-4,8283137	-5,11599581	-4,34280592
K (M ⁻¹ .s ⁻¹)	1,175.10 ⁻³	1,059 10 ⁻³	1,444 10 ⁻³

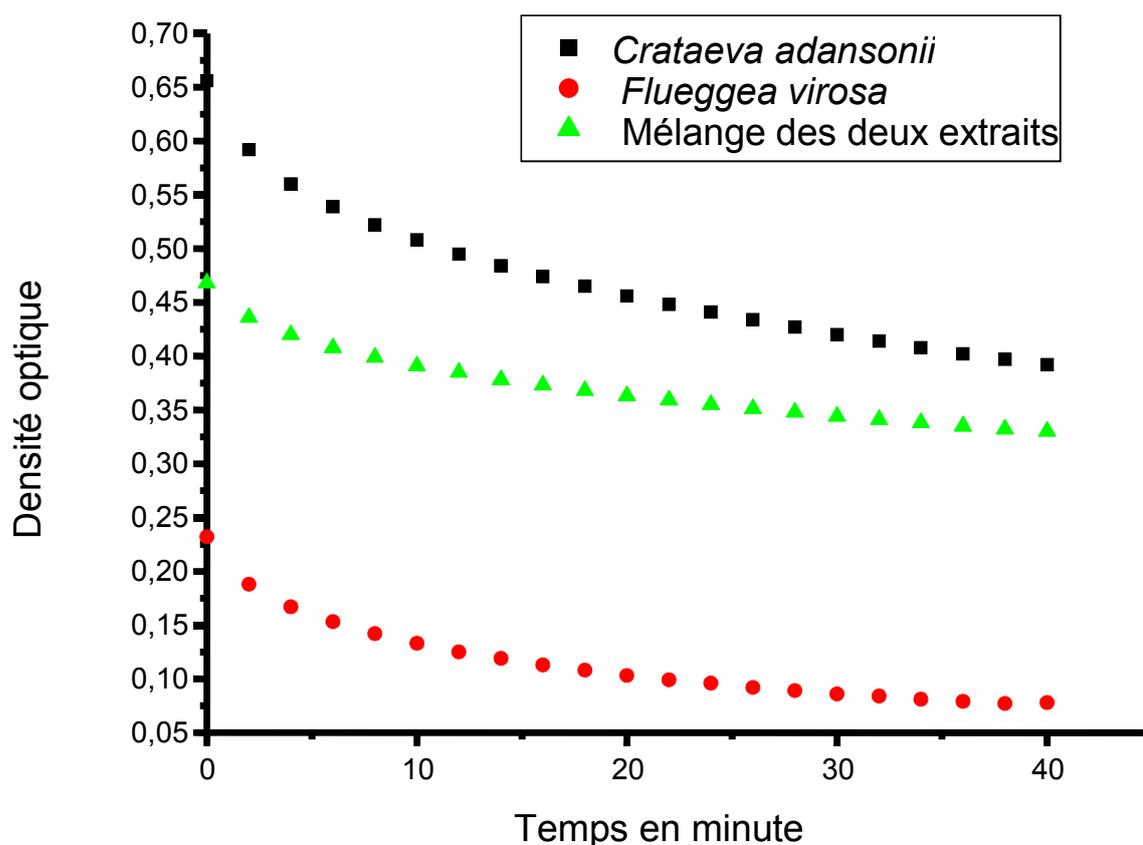


Figure 5 : Evolution de la densité optique en fonction du temps.

DISCUSSION

L'influence du milieu est plus marquée dans les solutions basiques avec une chute drastique de la capacité antiradicalaire par rapport aux extraits purs, aussi on note une évolution de l'absorbance dans un intervalle plus large. Par contre, le milieu acide renforce la capacité antioxydante, ce qui n'est pas surprenant lorsqu'on sait que ce milieu apporte les ions H^+ . L'évolution de l'absorbance en milieu acide est moindre et les valeurs atteignent vite un seuil (Figures 1, 2). La réduction du radical DPPH $^{\bullet}$, favorisée par l'ajout de 0,25 ml de CH_3COOH , dépend aussi bien du milieu que de la concentration en acide faible ou en base faible (Figures 1 et

2). Sur la Figure 3, on remarque qu'à une grande concentration de la base de 2.10^{-2} M, la réaction de la formation de la DPPHH est très perturbée et instable. Le grand écart entre les densités optiques, en milieu acide et en milieu basique, montre aussi cette dépendance. Des effets aussi bien de synergie comme d'antagonisme ont été détectés dans des solutions modèles qui contiennent de différentes molécules fonctionnelles à activité anti-radicalaire. Popovici et al. (2006) ont étudié un mélange d'acide gallique, d'épicatéchine et d'acide tannique. Ils ont expliqué l'augmentation de l'absorbance qu'ils ont remarquée, dans certains cas de mélanges, par des différences qualitatives

dans la nature des composés qui peuvent participer à la capacité anti-radicalaire, les polyphénols (Popovici et al., 2006). Ces explications peuvent, peut-être, donner des arguments (Volkov, 2010) pour interpréter les résultats de la présente étude, en considérant que dans les extraits naturels, il y a plus de molécules et que leurs interactions seraient plus poussées que dans des échantillons modèles, des molécules pures. Ainsi, l'effet pro-oxydant serait dû à l'instabilité, à la décomposition, aux interactions se passant dans les extraits qui renferment à priori un grand nombre de composés (Popovici et al., 2006). Les valeurs des intensités colorantes confirment que *Flueggea virosa* a une capacité antioxydante meilleure que *Crataeva adansonii* et leur mélange dans l'intervalle de concentrations considérées 0-25 g/l. A des concentrations plus grandes, l'effet pro-oxydant pourrait expliquer la performance du mélange, avec un équivalent de 110,72 mg de quercétine supérieur à ceux des extraits éthanoliques des deux espèces (Tableau 3). Le citron a été testé à des volumes de 100 et 250 μ l et une décoloration spontanée est observée. Après plusieurs essais, un volume de 6 μ l, permettant l'étude de la cinétique, est trouvé. La constante de la vitesse est supérieure pour la réaction de la DPPH \cdot avec l'extrait de *Crataeva adansonii*, ce qui ne peut être expliqué que par les effets pro-oxydants moins poussés dans cet extrait (après une concentration de 60 g/l par comparaison à l'extrait de *Flueggea virosa* dans lequel cet effet a débuté à une concentration inférieure à 50 g/l) (Figure 3). Ces résultats sur la constante de vitesse concordent avec ceux observés sur l'évolution de la réaction.

Conclusion

Cette étude montre qu'entre les extraits de *Flueggea virosa* et de *Crataeva adansonii*, le premier a manifesté un pouvoir anti-radicalaire supérieur. Ces résultats indiquent que l'ajout du jus de *Citrus limon* a une

influence avérée sur la capacité antioxydante. L'ammoniaque, milieu basique, ralentit la formation du DPPHH tandis que l'acide acétique favorise cette réaction. De plus, l'ajout d'un grand volume de citron (100 et 250 μ l) a joué un rôle inhibiteur sur le piégeage du radical DPPH \cdot dans tous les échantillons testés. Il est ainsi donc recommandé l'utilisation du citron à de faibles concentrations lors des formulations de phytomédicaments, si le résultat souhaité est en rapport avec son pouvoir anti-radicalaire. Ces extraits et leurs mélanges ont manifesté aussi bien des effets antioxydants que pro-oxydants. Par conséquent, ils ne sont pas stables, éventuellement à cause des différences qualitatives dans la nature des composés qui peuvent participer à la capacité anti-radicalaire. Les concentrations en acide et en base des réactions se situent dans l'intervalle 5.10^{-5} M et 2.10^{-2} M, qui est conseillé pour l'étude de l'influence du milieu alors que pour les extraits, les concentrations ne doivent pas dépasser 50 g/l. Le suivi de la cinétique de la réaction a permis de trouver, les intensités colorantes IC_{50} et les constantes de vitesse qui sont de $1,175.10^{-3} M^{-1}S^{-1}$ pour *Flueggea virosa*, de $1,444 10^{-3} M^{-1}S^{-1}$ pour *Crataeva adansonii* et $1,059 10^{-3} M^{-1}S^{-1}$ pour leur mélange.

CONFLIT D'INTÉRÊTS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

L'auteur KAA est l'investigateur principal et a participé à toutes les étapes des manipulations ; OS a participé à toutes les étapes et a participé à la mesure des densités optiques; PB a analysé les données; MA a participé à toutes les étapes des manipulations ainsi qu'à la recherche bibliographique ; MKLA a caractérisé les plantes utilisées et a aidé à la préparation du manuscrit.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'ex-Laboratoire des Extraits Végétaux et Arômes Naturels pour avoir mis son cadre à leur disposition.

REFERENCES

- Agbodan KA, Dotse K, Koumaglo KH, Saloufou KI. 2015. Effets d'un acide fort sur la réaction de la DPPH' avec deux huiles essentielles de deux plantes aromatiques acclimatées au Togo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(6): 2932-2939. doi : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i6.32>
- Agbodan KML. 2016. les plantes alimentaires mineures de la région maritime-Est du Togo : diversité et potentiel antioxydant. Mémoire de Master de l'Université de Lomé. Togo. p 81
- Ahama KYS, Quashie M-LA, Agbonon I, Koumaglo KH. 2010. Activités antioxydantes in vitro des feuilles de *Crataeva adansonii*. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, **16**: 153-164. DIO.
- Cao S, Chen H, Xiang S, Hong J, Wen L, Zhu H, Liu Q. 2015. Anti-cancer effects and mechanisms of capsaicin in chili peppers. *American Journal of Plant Science*, **6**(19): 3075. doi: 10.4236/ajps.2015.619300.
- Dabire C, Nèbie RHC, Belanger A, Nacro M, Sib SF. 2011. Effet du séchage de la matière végétale sur la composition chimique de l'huile essentielle et l'activité antioxydante d'extraits de *Ocimum basilicum* L. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **5**(3): 1082-1095. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v5i3.72218>
- Dieng M, Fall AD, Diatta K, Diatta W, Bassene E. 2015. Dosage des polyphénols et activité antioxydantes de feuilles et d'inflorescences mâles de *Borassus aethiopum* Mart. (Arecaceae). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(1): 1067-1071. Doi: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i2.41>
- Maloueki U, Kaptshi J, Kabena NO, Ndimbo KSP, Ngbolua KNJP, Mbomba NB, Muganza CDM. 2015. Activités antimicrobiennes et antioxydantes des extraits aqueux totaux des fruits de *Dialium corbisieri* et *Dialium gossweileri* (Fabaceae-Cesalpinoideae), consommés par les bonobos, Bolobo, République Démocratique du Congo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(2): 633-642. Doi: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i2.5>
- Ouedraogo RA, Koala M, Dabire C, Hema A, Bazie V, Ouattara LP, Gnoula C, Pale E, Nebie RHC. 2015. Teneur en phénols totaux et activité antioxydante des extraits de trois principales variétés d'oignons (*Allium cepa* L.) cultivées dans la région du Centre-Nord du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(1): 281-291. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i1.25>
- Poaty-Poaty B. 2009. Modification chimique d'antioxydants pour les rendre lipophiles: application aux tanins. Thèse de l'Université Henri Poincaré – Nancy I. France, 193 p.
- Popovici I, Saykova I, Tylkowsky B. 2006. Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH. *Revue de Génie Industriel*, **4**: 25-39. DOI : [info/docannexe.php?id=1061](http://info.docannexe.php?id=1061).
- Volkov VA. 2010. Caractéristiques physico chimiques de la réaction de la 2,2'-diphényl-1-picrylhydrazyle avec des antioxydants provenant des plantes. Thèse de doctorat, Université d'Etat de Tverse. Russie.