



Mémoire / Full paper

Caractérisation et mesure des activités anti-radicalaires d'anthocyanes de plantes du Burkina Faso

Éloi Palé *, Marie Kouda-Bonafos, Mouhoussine Nacro

Laboratoire de chimie organique appliquée, UFR « Sciences exactes et appliquées », université de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou 03, Burkina Faso

Reçu le 12 octobre 2003 ; accepté le 9 décembre 2003

Disponible sur internet le 27 août 2004

Résumé

De trois plantes du Burkina Faso, neuf anthocyanosides ont été isolés et caractérisés à l'aide de méthodes chimiques, chromatographiques (CCM, CPG et CLHP), spectrométriques (SM et RMN). Ainsi, les fleurs de *Adenium obesum* renferment la cyanidine 3-*O*-(4-*O*- α -L-rhamnopyranosyl)- β -D-galactopyranoside. La cyanidine 3-*O*- β -D-glucopyranoside, la cyanidine 3-*O*-(6-*O*- α -L-rhamnopyranosyl)- β -D-glucopyranoside, la pélargonidine 3-*O*- β -D-glucopyranoside et la pélargonidine 3-*O*-(6-*O*- α -L-rhamnopyranosyl)- β -D-glucopyranoside sont présentes dans les fleurs de *Jatropha integrerrima*. Les calices des fleurs de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa*) contiennent la delphinidine 3-*O*- β -D-glucopyranoside, la delphinidine 3-*O*-(2-*O*- β -D-xylopyranosyl)- β -D-glucopyranoside, la cyanidine 3-*O*- β -D-glucopyranoside et la cyanidine 3-*O*-(2-*O*- β -D-xylopyranosyl)- β -D-glucopyranoside. La mesure des activités anti-radicalaires a révélé des propriétés comparables à celles de l'acide ascorbique pris comme référence pour les extraits totaux de *H. sabdariffa* et pour la cyanidine 3-*O*- β -D-glucopyranoside isolée de *J. integrerrima*. **Pour citer cet article :** É. Palé et al., *C. R. Chimie* 7 (2004).

© 2004 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

Characterisation and antioxidative scavenging activities of anthocyanins in plants of Burkina Faso. Nine anthocyanins were isolated from three plants and their structures elucidated using chemical, GC, MS and NMR methods. *Adenium obesum* flowers anthocyanins were identified as cyanidin 3-*O*-(4-*O*- α -L-rhamnopyranosyl)- β -D-galactopyranoside. The cyanidin 3-*O*- β -D-glucopyranoside, the cyanidin 3-*O*-(6-*O*- α -L-rhamnopyranosyl)- β -D-glucopyranoside, the pelargonidin 3-*O*- β -D-glucopyranoside and the pelargonidin 3-*O*-(6-*O*- α -L-rhamnopyranosyl)- β -D-glucopyranoside were isolated and identified from the flowers of *Jatropha integrerrima*. From flower chalice of *H. sabdariffa*, four compounds were established as cyanidin 3-*O*- β -D-glucopyranoside, cyanidin 3-*O*-(2-*O*- β -D-xylopyranosyl)- β -D-glucopyranoside, delphinidin 3-*O*- β -D-glucopyranoside and delphinidin 3-*O*-(2-*O*- β -D-xylopyranosyl)- β -D-glucopyranoside. The DPPH assay allowed us to determine that the antioxi-

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : eloi_pale@univ-ouaga.bf (É. Palé).

relative activities of the crude extract of *H. sabdariffa* and the Cyanidin 3-*O*- β -D-glucopyranoside of *J. integrifolia* were similar to those of ascorbic acid used as reference. **To cite this article:** É. Palé et al., *C. R. Chimie* 7 (2004).

© 2004 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : *Adenium obesum* ; *Jatropha integrifolia* ; *Hibiscus sabdariffa* ; Cyanidine ; Delphinidine ; Pélargonidine ; RMN ; Activités anti-radicalaires

Keywords: *Adenium obesum*; *Jatropha integrifolia*; *Hibiscus sabdariffa*; Cyanidin; Delphinidin; Pelargonidin; NMR; Antioxydative

1. Introduction

Les anthocyanes sont des composés naturels de la famille des flavonoïdes. Leurs propriétés pharmacologiques, notamment antioxydantes, sont nombreuses et bien décrites dans la littérature [1].

La présente étude fait partie d'un vaste programme de recherche sur les composés anthocyaniques d'origine végétale. Elle porte sur trois plantes, *Adenium obesum*, *Jatropha integrifolia* et *Hibiscus sabdariffa*. Si les deux premières sont ornementales, la troisième, encore connue sous le nom d'oseille de Guinée, est très largement consommée en Afrique [2].

Cette étude décrit pour la première fois les anthocyanes des fleurs d'*Adenium obesum* et *Jatropha integrifolia* et fournit des données spectrales des anthocyanes des calices des fleurs de *Hibiscus sabdariffa*, jusque-là décrites par des méthodes chimiques [3,4]. Elle compare entre elles les propriétés antioxydantes de certaines des molécules isolées.

2. Méthodologie

Le matériel végétal étudié est décrit dans le Tableau 1.

Le matériel végétal fraîchement récolté est congelé, puis lyophilisé, broyé et conservé à l'abri de la lumière, de l'humidité et de la chaleur.

Les extraits totaux d'anthocyanes ont été obtenus par macération du matériel végétal dans un mélange éthanol–acide trifluoroacétique (TFA) 99:1, v/v.

Tableau 1
Matériel végétal étudié

Plante	Famille	Partie étudiée
<i>Adenium obesum</i>	Apocynaceae	Pétales des fleurs
<i>Jatropha integrifolia</i>	Euphorbiaceae	Pétales des fleurs
<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Malvaceae	Calices des fleurs

Après filtration et concentration, la purification des extraits a été effectuée à l'aide des méthodes CCM, CP, CC et CLHP [4–7]. Les composés majoritaires isolés ont été caractérisés à l'aide des spectrométries UV–visible, masse, RMN, et de la CLHP [5–9].

L'activité anti-oxydante des composés a été mesurée par la méthode au 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) décrite par Chang et al. [10,11]. Six solutions d'échantillons (de 500 μ l) de concentrations différentes sont préparées et 6 ml de solution de DPPH (9,85 mg/250 ml MeOH) y sont additionnés. La densité optique est lue au bout de 10 min au spectrophotomètre à 517 nm contre le méthanol comme blanc. La droite de régression « absorbance en fonction de la concentration » est ensuite établie et la détermination de la concentration correspondant à une variation d'absorbance de 50% par rapport à l'ordonnée à l'origine donne l'IC₅₀. La comparaison de cette valeur à celle de l'acide ascorbique, pris comme référence, mesure l'activité anti-radicalaire de l'échantillon.

3. Résultats

3.1. Identification

Au total douze composés anthocyaniques ont été détectés par *screening* à l'aide de la CLHP (Fig. 1) et neuf (Fig. 2) ont été isolés et identifiés.

Pour la CLHP, un gradient linéaire de système binaire de solvants d'élution a été appliqué : de 20 à 50% de B (MeOH–H₂O–HCO₂H, 75:24,5:0,5) dans A (H₂O–HCO₂H, 60:1) pendant 20 min, puis ces conditions finales d'élution ont été maintenues isocratiquement pendant 10 min [5,6].

Après purification, les *R_f* en CCM standard, les données du spectre électronique, les temps de rétention

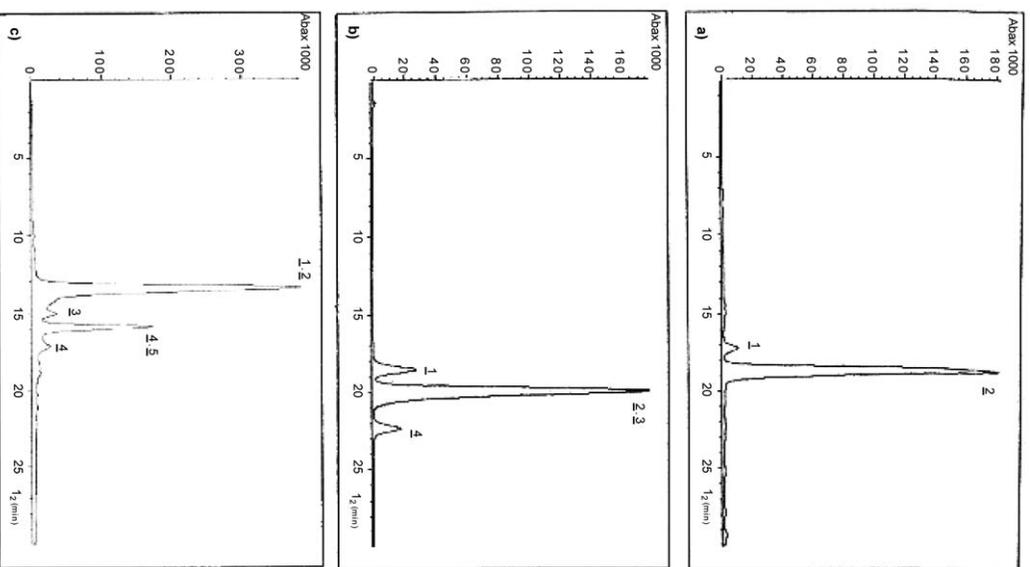


Fig. 1. Chromatogramme CLHP d'un extrait méthanolique des fleurs de *A. obesum* (a), *J. integriflora* (b) et *H. sabdariffa* (c).

en CLHP et CPG ainsi que les produits de l'hydrolyse totale des composés sont obtenus et consignés dans les Tableaux 2–4, entre lesquels l'on peut observer une parfaite concordance.

Les données des spectres électroniques et RMN-¹H (Tableaux 2–7) indiquent que les composés sont des anthocyanidines glycosylés. En effet, l'observation des déplacements chimiques des protons anomériques et des rapports $\epsilon_{440}/\epsilon_{\text{max,vis}}$ suggère des sucres liés en position 3 des anthocyanidines [12,13]. Les valeurs élevées des constantes de couplage observées pour les signaux des protons anomériques des sucres ($J \sim$

Tableau 2

Données spectrales et chromatographiques de l'anthocyanoside majoritaire 2 des fleurs d'*Adenium obesum*

R_f en CCM ($\times 100$)					CLHP	CPG t_R (min)	Données des spectres électroniques (0,1% MeOH-HCl)			SIMS	
BAW ^a	BuHCl ^a	HCl 1% ^a	AcHW ^a	EAFW ^b	t_R (min)	α	β	sucres correspondants	λ_{max} [log ϵ] en nm	E_{440}/E_{max} (%) [+AlCl ₃] ^c	m/z
27	12	13	32	33	18,70	12,90	14,42	rhsamnose	282 [4,13]	20 [+]	[M] ⁺ 595 [M–146]
						18,31	19,25	galactose	531 [4,42]		449 ; [M–308] 287

^a Adsorbant = cellulose microcristalline F₂₅₄ (0,1 mm ; Merck), BAW = butan-1-ol–acide acétique–eau (4:1:5), phase supérieure, BuHCl = butan-1-ol–2 N acide chlorhydrique (1:1), phase supérieure, HCl 1% = acide chlorhydrique conc.–eau (3:97), AcHW = Acide acétique–eau (15:85).

^b Adsorbant = silice 60 (0,1 mm ; Merck), EFW = acétate d'éthyle–acide formique–acide acétique–eau (100:11:11:26).

^c Addition de 2–3 gouttes de chlorure d'aluminium : + = effet bathochrome ; 0 = aucun d'effet.

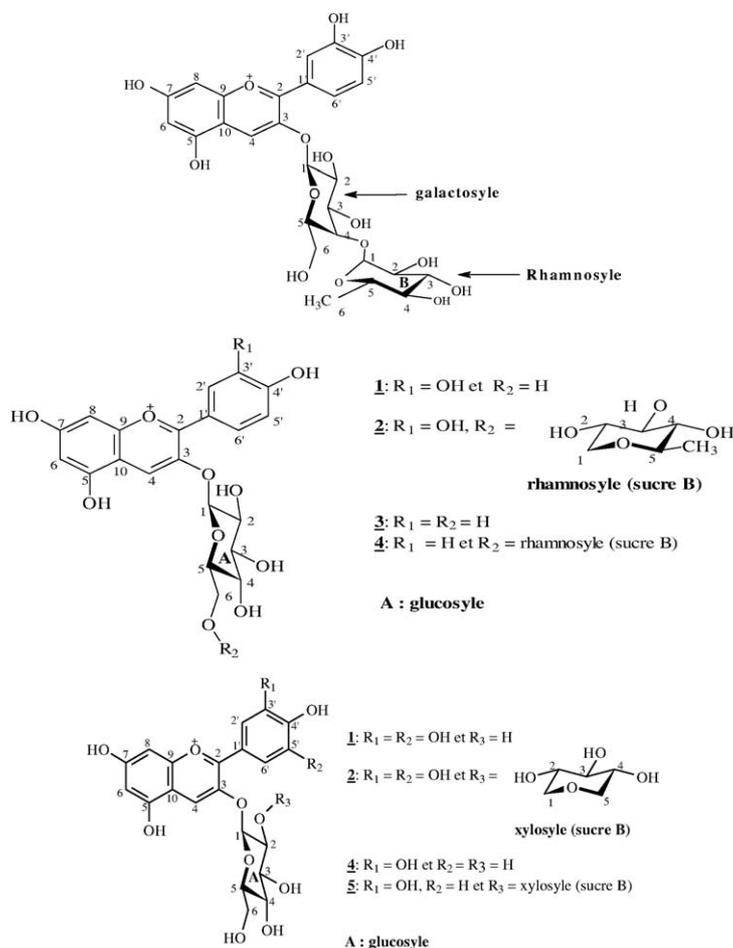


Fig. 2. (a) Structure complète du composé **2**, cyanidine 3-*O*-(4-*O*- α -L-rhamnosyl)- β -D-galactopyranoside isolé des fleurs d'*Adenium obesum*. (b) Structure complète des composés **1**, **2**, **3**, et **4** isolés des fleurs de *J. integririma* : cyanidine 3-*O*- β -D-glucopyranoside (**1**), cyanidine 3-*O*-(6-*O*- α -L-rhamnopyranosyl)- β -D-glucopyranoside (**2**), pélargonidine 3-*O*- β -D-glucopyranoside (**3**), pélargonidine 3-*O*-(6-*O*- α -L-rhamnopyranosyl)- β -D-glucopyranoside (**4**). (c) Structure complète des composés **1** (delphinidine 3-*O*- β -D-glucopyranoside), **2** (delphinidine 3-*O*-(2-*O*- β -D-xylopyranosyl)- β -D-glucopyranoside), **4** (cyanidine 3-*O*- β -D-glucopyranoside) et **5** (cyanidine 3-*O*-(2-*O*- β -D-xylopyranosyl)- β -D-glucopyranoside) isolés des calices des fleurs de *H. sabdariffa*.

7–8 Hz) suggèrent que ces derniers sont sous la forme β -D-glycopyranose, à l'exception du rhamnosyle (composés **2** et **4** de *J. integririma*, Tableau 5), pour lequel on observe de faibles valeurs de constantes de couplage des protons apparaissant vers 4,7 ppm. Ceci indique que ce sucre est sous la forme α -L-glucopyranose.

Pour les anthocyanidines diglycosylées, lorsqu'un déplacement du signal des protons H-2 des glycosyle A vers des champs plus faibles est observé, cela suggère que les glycosyles B sont pas liés en position 2 des

glycosyles A. C'est ce qui est observé pour les composé de *H. sabdariffa*.

Une légère augmentation des déplacements chimiques des protons H_{6a} des sucres A par rapport à leurs homologues libres indiquerait que les sucres B soient liés en position 6 des sucres A [5,6,8,9,14,15]. Ce cas correspond aux anthocyanosides de *J. integririma*. Ceci semble être exceptionnel, puisque la littérature indique que le rhamnosyle est presque toujours lié en position 4 du sucre qui le précède [16]. En effet, pour le composé de *A. obesum*, rien n'a été observé pour le

Tableau 3

Données spectrales et chromatographiques des anthocyanosides des fleurs de *J. integririma*

Antho- cyanosides	R_f en CCM ($\times 100$)					CLHP	CPG t_R (min)			Données des spectres élec- troniques (0,1% MeOH-HCl)		SIMS
	BAW ^a	BuHCl ^a	HCl 1% ^a	AcHW ^a	EAFFW ^b	T_R (min)	α	β	sucres correspon- dants	λ_{\max} [log ϵ] (nm)	E_{440}/E_{\max} (%) [+AlCl ₃] ^c	m/z
<u>1</u>	29	12	05	17	43	18,50	19,01	21,00	glucose	281 [4,33] 528 [4,61]	20 [+]	[M] ⁺ 449 ; [M-162] 287
<u>2</u>	29	14	14	34	33	20,00	12,96 19,00	14,45 20,97	rhamnose glucose	282 [4,16] 530 [4,43]	20 [+]	[M] ⁺ 595 ; [M-146] 449 [M-308] 287
<u>3</u>	40	22	12	29	48	20,00	18,97	20,94	glucose	269 — 433 — 510 —	37 [0]	[M] ⁺ 433 ; [M-162] 271
<u>4</u>	38	22	21	45	46	22,30	13,00 19,03	14,50 21,01	rhamnose glucose	270 [4,16] 433 [3,94] 511 [4,37]	37 [0]	[M] ⁺ 579 ; [M-146] 433 [M-308] 287

^a Adsorbant = cellulose microcristalline F₂₅₄ (0,1 mm ; Merck), BAW = butan-1-ol-acide acétique-eau (4:1:5), phase supérieure, BuHCl = butan-1-ol-2 N acide chlorhydrique (1:1), phase supérieure ; HCl 1% = acide chlorhydrique conc.-eau (3:97), AcHW = acide acétique-eau (15:85);

^b Adsorbant = silice 60 (0,1 mm ; Merck), EFW = acétate d'éthyle-acide formique-acide acétique-eau (100:11:11:26).

^c Addition de 2-3 gouttes de chlorure d'aluminium : + = effet bathochrome ; 0 = aucun effet.

Tableau 4

Données spectrales et chromatographiques des anthocyanosides du calice des fleurs de *H. sabdariffa*

Antho- cyanosides	R_f en CCM ($\times 100$)					CLHP	CPG t_R (min)			Données des spectres élec- troniques (0,1% MeOH-HCl)		SIMS
	BAW ^a	BuHCl ^a	HCl 1% ^a	AcHW ^a	EAFFW ^b	t_R (min)	α	β	sucres correspondants	λ_{\max} [log ϵ] (nm)	E_{440}/E_{\max} (%) [+ AlCl ₃] ^c	m/z
<u>1</u>	20	07	03	10	37	13,70	19,07	20,95	glucose	278 [4,15] 540 [4,49]	16 [+]	[M] ⁺ 465 ; [M-162] 303
<u>2</u>	27	13	23	44	23	13,70	14,73 19,07	15,96 20,95	xylose glucose	278 [4,16] 541 [4,46]	16 [+]	[M] ⁺ 597 ; [M-132] 465 [M-294] ⁺ 303
<u>4</u>	29	12	06	19	43	16,10	18,97	20,93	glucose	282 [4,31] 528 [4,59]	20 [+]	[M] ⁺ 449 ; [M-162] 287
<u>5</u>	29	16	17	44	28	16,10	14,84 19,10	16,07 21,05	xylose glucose	282 [4,23] 528 [4,51]	20 [+]	[M] ⁺ 581 ; [M-132] 449 [M-294] 287

^a Adsorbant = cellulose microcristalline F₂₅₄ (0,1 mm ; Merck), BAW = butan-1-ol-acide acétique-eau (4:1:5), phase supérieure, BuHCl = butan-1-ol-2 N acide chlorhydrique (1:1), phase supérieure, HCl 1% = acide chlorhydrique conc.-eau (3:97), AcHW = acide acétique-eau (15:85).

^b Adsorbant = silice 60 (0,1 mm ; Merck), EFW = acétate d'éthyle-acide formique-acide acétique-eau (100:11:11:26).

^c Addition de 2-3 gouttes de chlorure d'aluminium : + = effet bathochrome ; 0 = aucun effet.

Tableau 5
Données RMN-¹H de l'anthocyanoside majoritaire (**2**) des fleurs d'*Adenium obesum*

	<u>2</u> δ (ppm) ; J (Hz)
Aglycones	cyanidine
H ₄	8,89 ; s
H ₆	6,85 ; d 1,3
H ₈	6,67 ; d 1,9
H _{2'}	8,04 ; d 2,3
H _{5'}	6,99 ; d 8,8
H _{6'}	8,18 ; dd 2,3 ; 8,8
Sucre A ^a	β-D-galactopyranosyle
H ₁	5,26 ; d 7,7
H ₂	4,07 ; d 7,7
H ₃ , H ₄ , H ₅ , H _{6a} et H _{6b}	3,36 ~ 4,05
Sucre B ^a	α-L-rhamnopyranosyle
H ₁	4,71 ; d 1,3
H ₂ , H ₃ , H ₄ , H ₅	3,36 ~ 4,05
CH ₃	1,28 ; d 6,2

Multiplicité : s = singulet, d = doublet, dd = double doublet.

^a Attribution faite d'après les constantes de couplage et les données de la littérature [5,6,8,9,17].

signal des protons H-2 et H-6 du sucre A, ce qui suggère un rhamnosyle lié en position 4.

Ainsi, les structures complètes des neuf composés isolés sont données sur la Fig. 2.

3.2. Mesure des activités anti-radicalaires mesurées

Pour *H. sabdariffa*, les extraits totaux ont été testés, car c'est sous cette forme que sont consommés les calices de ses fleurs. Des travaux sont en cours pour la détermination des activités anti-radicalaires des anthocyanosides isolés et caractérisés.

Ainsi, les données du Tableau 8 indiquent que les extraits totaux de *H. sabdariffa* et le composé **1** de *J. integririma* possèdent des activités anti-radicalaires très voisines de celle de l'acide ascorbique. Cependant, les activités anti-radicalaires des composés **2** de *A. obesum* et *J. integririma*, dans lesquels on note la présence en position terminale d'un rhamnosyle, sont faibles.

4. Conclusion

Neuf anthocyanosides ont été isolés dans les trois plantes récoltées au Burkina Faso (cf. Fig. 2). La me-

Tableau 6
Données RMN-¹H des anthocyanosides des fleurs de *J. integririma*

	<u>1</u> δ (ppm) J (Hz)	<u>2</u> δ (ppm) J (Hz)	<u>3</u> δ (ppm) J (Hz)	<u>4</u> δ (ppm) J (Hz)
Aglycones	cyanidine	cyanidine	pélagonidine	pélagonidine
H ₄	9,01 ; s	8,91 ; s	9,10 ; s	9,01 ; s
H ₆	6,88 ; d 1,3	6,80 ; d 1,3	6,93 ; d 1,3	6,93 ; d 1,3
H ₈	6,68 ; d 1,9	6,70 ; d 1,9	6,71 ; d 1,9	6,72 ; d 1,9
H _{2'}	8,06 ; d 2,3	8,03 ; d 2,2	8,61 ; d 9,1	8,60 ; d 9,0
H _{3'}			7,01 ; d 9,1	7,08 ; d 9,0
H _{5'}	7,02 ; d 8,7	7,02 ; d 8,7	7,01 ; d 9,1	7,08 ; d 9,0
H _{6'}	8,21 ; dd 2,3 ; 8,7	8,21 dd 2,2 ; 8,7	8,61 ; d 9,1	8,60 ; d 9,0
Sucre A ^a	β-D-glucopyranosyle			
H ₁	5,31 ; d 7,6	5,28 ; d 7,5	5,29 ; d 7,6	5,27 ; d 7,6
H ₂ , H ₃ , H ₄ , H ₅ , H _{6b}	3,4 ~ 3,8	3,40 ~ 4,00	3,40 ~ 3,80	3,40 ~ 3,80
H _{6a}	3,98 ; d 10,4	4,10 ; 10,35	3,95 ; 12,4	4,10 ; d 10,00
Sucre B ^a		α-L-rhamnopyranosyle		
H ₁		4,71 ; d 1,0		4,70 ; d 1,2
H ₂ , H ₃ , H ₄ , H ₅		3,50 ~ 4,00		3,50 ~ 4,00
CH ₃		1,2 ; d 6,2		1,2 ; d 6,2

Multiplicité : s = singulet, d = doublet, dd = double doublet.

^a Attribution faite d'après les constantes de couplage et les données de la littérature [5,6,8,9,17].

Tableau 7
Données RMN-¹H des anthocyanosides du calice des fleurs de *H. sabdariffa*

	<u>1</u> δ (ppm) J (Hz)	<u>2</u> δ (ppm) J (Hz)	<u>5</u> δ (ppm) J (Hz)
Aglycone	delphinidine	delphinidine	cyanidine
H ₄	8,92 s	8,88 s	8,96 s
H ₆	6,81 d 1,3	6,84 d 1,6	6,90 d 1,6
H ₈	6,62 d 1,8	6,65 d 1,9	6,68 d 1,9
H _{2'}	7,71 s	7,74 s	8,05 d 2,27
H _{5'}			7,03 d 8,7
H _{6'}	7,71 s	7,74 s	8,26 dd 2,3 ; 8,7
Sucre Aa	β-D-glucopyranosyle	β-D-glucopyranosyle	β-D-glucopyranosyle
H ₁	5,29 d 7,8	5,47 ; d 7,8	5,41 d 7,8
H ₂	3,44–3,80	4,04 ; dd 7,8 ; 8,4	3,98 ; dd 7,8 ; 9,0
H ₃	"	3,85 ; dd 8,4 ; 9,6	3,80 ; dd 9,0 ; 9,6
H ₄	"	3,60 ; t 9,6	3,55 ; t 9,6
H ₅	"	3,66 ; dd 5,4 ; 9,6	3,60 ; dd 5,4 ; 9,6
H _{6a}	3,94 dd 1,3 ; 10,4	3,83 ; dd 5,4 ; 12,0	3,78 ; dd 5,4 ; 12,0
H _{6b}	3,78 d 10,4	3,99 ; d 10,2	3,94 ; d 11,0
Sucre B ^a		β-D-xylopyranosyle	β-D-xylopyranosyle
H ₁		4,75 ; d 7,8	4,77 d 7,8
H ₂		3,26 ; dd 7,8 ; 9,0	3,24 ; dd 7,8 ; 9,0
H ₃		3,36 ; t 9,0	3,33 ; t 9,0
H ₄		3,43 ; m	3,42 ; m
H _{5a}		3,66 ; dd 5,4 ; 11,4	3,60 ; dd 5,4 ; 12,0
H _{5b}		3,04 ; dd 10,8 ; 11,4	3,02 ; d 11,6 ; 12,0

Multiplicité : s = singulet, d = doublet, dd = double doublet.

^a Attribution faite d'après la technique TOCSY 1D, les constantes de couplage et les données de la littérature [5,6,8,9,17].

Tableau 8
Ensemble des activités anti-radicalaires mesurées

Matériel végétal	Composés	IC ₅₀ (en ppm)	Teneur ^a (%)
<i>Hibiscus sabdariffa</i>	extraits totaux	20,00	1,50
<i>Adenium obesium</i>	<u>2</u> : cyanidine 3-O-(4-O-α-L-rhamnosyl)-β-D-galactopyranoside	38,80	0,60
<i>Jatropha integerrima</i>	<u>1</u> : cyanidine 3-O-β-D-glucopyranoside	23,60	2,40
	<u>2</u> : la cyanidine 3-O-(6-O-α-L-rhamnopyranosyl)-β-D-glucopyranoside,	27,50	
Référence	acide ascorbique [10]	22,00	

^a Teneur estimée en anthocyanes totales pour 100 g de matière sèche

sure des activités anti-radicalaires a été effectuée sur les composés majoritaires ou les extraits totaux dans le cas des calices de *H. sabdariffa*. Ces derniers et le composé 1 de *J. integerrima* présentent des activités anti-radicalaires voisines de celle de l'acide ascorbique, que nous avons pris comme référence.

Presque tous les extraits végétaux présentent des teneurs en anthocyanes totales comprises entre 0,5 et 2,5 g pour 100 g de matière sèche. Ce sont donc des sources potentielles d'anthocyanes à usages divers.

Il apparaît que l'activité anti-radicalaire des composés 2 de *A. obesium* et *J. integerrima*, dans lesquels

un rhamnosyle est présent en position terminale, est plus faible (IC₅₀ plus élevée) que celle de l'acide ascorbique. Nos travaux en cours permettront de préciser l'influence de la structure sur l'activité anti-radicalaire de ces composés.

Remerciements

Ces travaux ont été financés par la Fondation internationale pour la science (FIS), Stockholm, Suède.

Références

- [1] P. Morazzoni, M.J. Magistretti, *Fitoterapia* 61 (1990) 13.
- [2] M. Nacro, J. Millogo-Rasolodimby, *Plantes tinctoriales et plantes à tannins du Burkina Faso*, Scientifika, Amiens, France, 1994, p. 152.
- [3] M. Iaderoza, V.L.S. Baldini, I.D.S. Draetta, M.L.A. Bovi, *Trop. Sci.* 32 (1992) 41.
- [4] T.C. Du, J.F. Francis, *J. Food Sci.* 38 (1973) 810.
- [5] E. Palé, M. Nacro, M. Vanhaelen, R. Vanhaelen-Fastré, R. Ottinger, *Phytochemistry* 48 (1998) 1433.
- [6] E. Palé, M. Kouda-Bonafos, M. Nacro, M. Vanhaelen, R. Vanhaelen-Fastré, *Phytochemistry* 64 (2003) 1395.
- [7] H. Wagner, S. Bladt, *Plant drug analysis, Plantes tinctoriales et plantes à tannins du Burkina Faso*, Springer, 1996, p. 286.
- [8] N. Terahara, N. Saito, T. Honda, T. Kenjiro, T. Osajima, *Tetrahedron Lett.* 31 (1990) 2920.
- [9] N. Terahara, M. Oda, T. Matsui, Y. Osajima, N. Saito, K. Toki, T. Honda, *J. Nat. Prod.* 59 (1996) 139.
- [10] W.-S. Chang, Y.-J. Lee, H.-C. Chiang, *Anticancer Research* 13 (1993) 2165.
- [11] E.J.C. Gamez, L. Luyengi, S.K. Lee, L.-F. Zhu, B.-N. Zhou, H.H.S. Fong, J.M. Pezzuto, A.D. Kinghorn, *J. Nat. Prod.* 61 (1998) 706.
- [12] P. Ribéreau-Gayon, *Composés phénoliques des végétaux*, Dunod, Paris, 1968, p. 143.
- [13] K. Odake, N. Terahara, N. Saito, K. Toki, T. Honda, *Phytochemistry* 31 (1992) 2127.
- [14] R.M. Silverstein, G.C. Bassler, T.C. Morrill, *Identification spectrométrique de composés organiques*, De Boeck Université, Paris, 1991, p. 267.
- [15] T. Goto, S. Takase, T. Kondo, *Tetrahedron Lett.* (1978) 2413.
- [16] J.B. Harbone, *Dictionary of Natural Products*, Chapman & Hall, London, 1994, p. 94.
- [17] N. Saito, F. Tatsuzawa, A. Honko, W.K. Win, M. Yokoi, A. Shigihara, T. Honda, *Phytochemistry* 41 (1996) 1613.