

Etude chimique et évaluation de l'Influence de la granulométrie sur la cinétique d'extraction des polyphénols naturels de *Pterocarpus erinaceus* acclimaté au Bénin

[Chemical study and evaluation of granulometry influence on the natural polyphenols kinetic extraction from *Pterocarpus erinaceus* acclimated in Benin]

Gbohaïda Virginie, Mèdoatinsa Seindé Espérance, Nonviho Guévara, Bogninou-Agbidinokoun G. S. Reine, Agbangnan D. C. Pascal, and Sohounhloùé C. K. Dominique

Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi (LERCA/EPAC/UAC), 01 BP 2009 Cotonou, Bénin

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In the present study, Phenolic compounds of ethanolic extracts of three organs (leaves, stem barks and roots) of *Pterocarpus erinaceus* were studied in UV-Visible Spectrophotometer. Furthermore the antiradical activity of these extracts was determined at room temperature by the method based on the reactivity of the extracts with a free radical, stable in solution, the 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH). A synthetic antioxidant commonly used in the food and cosmetic industry, quercetin was used as reference to validate the antioxidant potential of phenolic extracts studied. The preliminary assessment of the phytochemical composition of this plant revealed the presence of polyphenols, tannins, free flavonoids, coumarins, terpenes, sterols and anthocyanins. The colorimetric assay revealed that the polyphenols are more concentrated in the bark of *Pterocarpus erinaceus* rod than in the leaf and root bark of the plant. Similarly, the stem bark of *Pterocarpus erinaceus* was more active than the leaf and bark of the root, although lower than the standard used (quercetin) activity. The evaluation of the granulometry influence revealed that the extraction solvent diffuses more easily inside the small particles to extract polyphenol molecules.

KEYWORDS: Polyphenols, scavenging activity, phytochemistry, plant, kinetic, granulometry.

RESUME: Dans la présente étude, les composés phénoliques de trois organes (feuilles, écorces de la tige et des racines) de *Pterocarpus erinaceus* extraits à l'éthanol ont été étudiés au Spectrophotomètre UV-Visible. De plus l'activité antiradicalaire de ses extraits a été déterminée à température ambiante par la méthode basée sur la réactivité des extraits avec un radical libre, stable en solution, le 1, 1-diphényl-2-picrylhydrazyle (DPPH). Un antioxydant synthétique, couramment utilisé dans l'industrie alimentaire et cosmétique, la quercétine a servi de référence afin de valider le potentiel antioxydant des extraits phénoliques étudiés. L'évaluation préliminaire de la composition phytochimique de cette plante a révélé la présence de polyphénols, de tanins, de flavonoïdes libres, de coumarines, de terpènes, de stérols et d'anthocyanes. Le dosage colorimétrique a révélé que les polyphénols sont plus concentrés dans les écorces de la tige de *Pterocarpus erinaceus* que dans les feuilles et dans les écorces de racine de la plante. De même les écorces de la tige de *Pterocarpus erinaceus* se sont révélées plus actives que les feuilles et les écorces de racine, bien qu'ayant une activité plus faible que celle du standard utilisé (quercétine). L'évaluation de l'influence de la granulométrie sur la cinétique d'extraction a révélé que le solvant d'extraction diffuse plus facilement à l'intérieur des petites particules pour extraire les molécules de polyphénols.

MOTS-CLEFS: Polyphénols ; activité antiradicalaire ; phytochimie ; plante ; cinétique ; granulométrie.

1 INTRODUCTION

L'utilisation des végétaux par l'homme se confond avec l'histoire même de l'humanité à des fins multiples : cosmétique, alimentaire et pharmacologique [1]. Des milliers d'études scientifiques ont examiné les composés bioactifs des plantes médicinales. Un grand nombre de leurs propriétés a ainsi été confirmé et ces travaux ont montré qu'il y a de nombreuses possibilités thérapeutiques dans le règne végétal alors que la chimiothérapie devient de plus en plus compliquée et n'apporte pas toujours les résultats attendus. Ces recherches permettent d'offrir plus de sécurité dans l'emploi des plantes et elles ouvrent de nouvelles perspectives en matière de prévention et de traitement de nombreuses pathologies. Contrairement aux médicaments de synthèse, la plante médicinale n'apporte pas seulement un principe actif mais une multitude de composés aux effets thérapeutiques complémentaires, formant un complexe biochimique équilibré, le totum. Son action plus douce et en profondeur permet d'équilibrer le corps en stimulant les défenses naturelles [2]. Les polyphénols sont quantitativement les plus importants métabolites secondaires des plantes. Ils possèdent une grande variété de structures allant de composés contenant un simple noyau phénolique (acide phénolique) à des composés polymériques complexes comme les tanins (polymères de catéchine et épicatechine présentant plusieurs dizaines d'unités). Les polyphénols ont la capacité de moduler l'activité d'un grand nombre d'enzymes et de certains récepteurs cellulaires. En outre, "in vitro", un grand nombre de polyphénols sont reconnus pour leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, antifongiques, antivirales et anticancéreuses [3].

Les polyphénols sont les antioxydants les plus répandus dans notre alimentation. Plusieurs études ont été réalisées sur l'impact de la consommation de végétaux sur la santé. Ces études ont pour la plupart mis en évidence une baisse du facteur de risque pour de nombreuses affections telles que l'infarctus du myocarde, les cancers du poumon, du côlon, de l'estomac, du rein, de la prostate et du sein. En effet, l'oxydation est un phénomène largement répandu aussi bien dans le domaine alimentaire (oxydation des lipides) que physiologique (stress oxydant). L'ingestion de polyphénols par l'intermédiaire des fruits et des légumes pourrait permettre à notre organisme de renforcer ses moyens de défense contre les processus d'oxydation qui menacent quotidiennement nos cellules [4]. Les polyphénols, de par leurs propriétés antioxydantes, ont la capacité de piéger les radicaux libres, qui sont générés en permanence par notre organisme ou formés en réaction à des agressions de notre environnement (tabac, polluants, infections,...).

Pterocarpus erinaceus est une plante de la famille des Fabaceae dont l'arbre de taille moyenne 12 à 15 m de haut, généralement à feuilles caduques, se régénère facilement après la coupe pour le fourrage et le bois. Originaire de la forêt ouverte et de la savane boisée du Sénégal, cette plante est répandue un peu partout en Afrique. De par ses propriétés antioxydante, colorante, anti-inflammatoire, analgésique et antipyrétique, *Pterocarpus erinaceus* est une plante médicinale utilisée dans la prise en charge de nombreuses pathologies dont les maladies à composante inflammatoire. Il serait donc intéressant de caractériser les principes actifs de cette plante habituellement utilisée dans le traitement de plusieurs pathologies telles que le paludisme, la toux, les ulcères chroniques, les infections sexuelles, la diarrhée, la dysenterie et à beaucoup d'autres fins comme la menuiserie, le charbon de bois, le bétail, l'ornement comme haies vives, les colorants [5], [6].

Malgré les vertus de la plante, très peu de données ont été rapportées dans la littérature concernant sa composition chimique en composés phénoliques et sur les activités biologiques de ses extraits. Mais l'extraction est l'étape la plus importante dans l'analyse et la production des principes actifs du matériel végétal. Elle est influencée par la méthode d'extraction choisie en fonction des composés phytochimiques à étudier. Plusieurs facteurs, comme le pH, la température, le rapport quantité de matière au volume du solvant, les intervalles de temps, la granulométrie, le nombre et les étapes d'extractions individuelles, jouent également un rôle important dans ce procédé [7]. Ce qui sous-tend la présente étude dont l'objectif principal est d'évaluer l'influence de la granulométrie sur la cinétique d'extraction des polyphénols des feuilles et écorces de *Pterocarpus erinaceus*. Mais avant, il importe d'identifier les métabolites secondaires dont les polyphénols présents dans les différents organes et d'évaluer leurs teneurs en composés phénoliques de même que l'activité antioxydante des composés phénoliques qui s'y trouvent.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATERIEL

2.1.1 MATERIEL VEGETAL

Il est constitué de trois organes (feuilles, écorces de tige et de racine) de *Pterocarpus erinaceus* Poir (Fabaceae) récoltés à Bantè au Bénin. Après collecte, les échantillons ont été séchés à la température de laboratoire (20-25°C) pendant environ un mois jusqu'à stabilisation de leur masse afin d'éviter d'éventuelles risques d'oxydation des polyphénols, puis réduits en poudre à l'aide d'un broyeur de type Moulinette pour faciliter la pénétration du solvant lors de l'extraction.

2.1.2 MATERIEL DE LABORATOIRE

Au laboratoire, les réactifs et solvants utilisés sont de nature analytique. Deux tamis de mailles différentes (300 µm et 600 µm) ont été utilisés pour suivre l'influence de la granulométrie sur la cinétique d'extraction des polyphénols.

2.2 METHODES

2.2.1 CRIBLAGE PHYTOCHIMIQUE

La première étape d'une étude phytochimique est la recherche des grandes classes de composés chimiques appartenant aux métabolismes secondaires de la plante à étudier. En effet, le criblage phytochimique consiste à réaliser une analyse chimique qualitative basée sur des réactions de coloration ou de précipitation plus ou moins spécifiques à chaque classe de principes actifs. Les groupes phytochimiques recherchés sont entre autres : les alcaloïdes, les polyphénols (flavonoïdes, anthocyanes, tanins,...), les saponosides, les coumarines, les stérols, les terpènes, les mucilages, les protéines, les sucres réducteurs (oses-holosides).

Flavonoïdes: L'identification des flavonoïdes a été réalisée par le test à la cyanidine [8].

Tanins: Les tanins ont été mis en exergue par le test de Stiasny [9]

Saponosides: Les saponosides ont été déterminés par le test de mousse; degré de dilution d'un décocté aqueux donnant une mousse persistante après agitation [10], [11].

Polyphénols: La détermination des composés appartenant au groupe des polyphénols a été faite par la réaction au chlorure ferrique [10].

Stérols et terpènes: Les stérols et les terpènes ont été mis en évidence par le test de Liebermann-Burchard [12].

Alcaloïdes : Les alcaloïdes ont été identifiés par le test de Meyer et confirmés par le test de Bouchardat [13].

Anthraquinones : Les anthraquinones ont été identifiées par le test de Borntrager [11], [14].

Mucilages: L'obtention d'un précipité floconneux d'un décocté dans l'éther éthylique indique la présence des mucilages [15].

Coumarines: Les coumarines ont été mises en évidence par la fluorescence à l'UV à 365nm [9].

2.2.2 PREPARATION DE L'EXTRAIT ETHANOLIQUE

Pour quantifier les composés phénoliques, l'extraction liquide-solide a été réalisée par macération; le solvant utilisé est l'éthanol (95°) avec un ratio de 5 %. 50 g de poudre végétale ont été pesés puis mélangés avec un volume de 500 mL du solvant. Le mélange est maintenu sous agitation magnétique pendant 24 heures à température ambiante. La solution obtenue est ensuite filtrée sur papier filtre (Wattman N°1 de diamètre 0,16 mm) sous vide. Le filtrat a été ensuite récupéré et l'opération a été répétée 3 fois (soit 72 heures d'extraction au total) mais avec 250 mL du solvant dès le deuxième jour. Le volume total du filtrat est concentré sous vide à 60°C à l'aide d'un rotavapor de type Heidolph. L'extrait sec a été ensuite récupéré, pesé, étiqueté et conservé à + 4 °C jusqu'à l'utilisation.

Le rendement (R) d'extraction est calculé par la formule ci-dessous :

$$R (\%) = \frac{\text{Masse de l'extrait}}{\text{Masse de poudre végétale utilisée}} * 100$$

2.2.3 DOSAGE DES COMPOSES PHENOLIQUES

L'extrait éthanolique a été soumis au dosage colorimétrique par spectrophotométrie UV-Visible pour quantifier les composés phénoliques.

Polyphénols totaux: Les polyphénols totaux ont été dosés au réactif de Folin-Ciocalteu [16], [17]. Le réactif de Folin utilisé est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique et phosphomolybdique qui est réduit, lors de l'oxydation des phénols en mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène [18]. L'absorbance a été mesurée au spectrophotomètre (JENWAY 50/60 Hz) à 765 nm. L'acide gallique a été utilisé comme référence et la teneur en polyphénols totaux dans l'extrait a été exprimée en mg équivalent d'acide gallique par g de matière sèche.

Flavonoïdes totaux: Les flavonoïdes totaux ont été quantifiés par la méthode du trichlorure d'aluminium (AlCl₃). Cette technique est basée sur la formation du complexe flavonoïde-aluminium qui a une absorption maximale à 500 nm [19], [20].

Tanins condensés: Le dosage des tanins condensés a été réalisé par la méthode à la vanilline sulfurique [20], [21]. Le principe de ce dosage est basé sur la fixation du groupe aldéhydique de la vanilline sur le carbone en position 6 du cycle A de la catéchine pour former un complexe chromophore de couleur rouge qui absorbe à 510 nm.

Anthocyanes : Les composés anthocyaniques totaux ont été évalués par la méthode au bisulfite de sodium [22]. La méthode utilisée est basée sur une différenciation des absorbances à 520nm. La teneur en anthocyanes totaux dans l'extrait est exprimée en mg d'équivalent malvidine-3-glucoside par gramme de matière sèche.

2.2.4 EVALUATION DE L'ACTIVITE ANTIRADICALEIRE

L'activité anti-radicalaire a été évaluée suivant la méthode au DPPH [11]. Le principe de cette méthode est basé sur la mesure du pourcentage de piégeage des radicaux libres d'une solution de DPPH. Ce piégeage est visualisé par la disparition de la couleur pourpre du DPPH. Les cuves sont laissées à l'obscurité pendant une heure et les absorbances ont été mesurées à 517 nm [23], [24]. Le pourcentage de piégeage a été calculé suivant la formule : $P = [(A_{bl} - A_{éch})/A_b] \times 100$.

P : pourcentage de piégeage ; A_{bl} : absorbance du blanc ; A_{éch} : absorbance de l'échantillon

2.2.5 INFLUENCE DE LA GRANULOMETRIE SUR LA CINETIQUE D'EXTRACTION

La méthode colorimétrique, basée sur l'utilisation du spectrophotomètre UV-visible, a été utilisée pour suivre la cinétique d'extraction des polyphénols de la matière végétale. 2 g du broyat de granulométrie 300 µm et 600 µm sont macérés dans 200 mL d'eau distillée. La diffusion des polyphénols dans l'eau distillée a été notée à travers le changement de coloration du milieu, avec le temps et suivant la granulométrie. Des prélèvements ont été effectués toutes les 10 minutes jusqu'à 1 heure et les polyphénols ont été quantifiés au colorimètre après filtration et dilution adéquate (1/5). L'eau distillée a été le solvant de référence utilisée comme blanc [7].

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 CRIBLAGE PHYTOCHIMIQUE

Les résultats du criblage phytochimique des différents organes (feuilles, écorces de tige et de racine) de *Pterocarpus erinaceus* sont reportés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Résultats du criblage phytochimique de trois organes de *Pterocarpus erinaceus*

Familles de composés recherchées		Ecorces de la tige	Ecorces de racine	Feuilles
Tanins	Tanins totaux	+	+	+
	Tanins catéchiques	+	+	±
	Tanins galliques	+	+	+
Flavonoïdes	Anthocyanes	+	+	+
	Flavonoïdes libres	+	+	+
	Leucoanthocyanes	+	+	-
Mucilages		-	±	-
Stérols et terpènes		+	+	+
Protéines		±	±	±
Sucres réducteurs		+	+	+
Alcaloïdes		±	±	±
Quinones libres		-	±	-
Anthraquinones combinés	O-hétérosides	-	-	±
	O-hétérosides à génine réduite	+	-	+
	C-hétérosides	±	±	+
Coumarine		±	±	+
Saponosides	Hauteur de mousse	-	+	-
	Indice de mousse	<100	230	<100

- : absent, ± : traces, + : abondant.

Le criblage phytochimique des trois organes (feuilles, écorces de tige et de racine) de *Pterocarpus erinaceus*, indique majoritairement la présence des composés chimiques tels que les tanins, les flavonoïdes libres, les anthraquinones combinés, les coumarines, les anthocyanes, les terpènes et les stérols. Les feuilles ne contiennent aucune trace de saponosides, de leucoanthocyanes, de mucilages ni d'alcaloïdes alors que la tige et la racine en contiennent en traces sauf que les saponosides sont très concentrés dans la racine. De plus cette plante est très riche en sucres réducteurs et moins riche en protéines. Ces résultats confirment ceux de Ouédraogo et al. [25] qui ont révélé dans les extraits aqueux de tige et de racine de *Pterocarpus erinaceus* la présence de tanins, de polyphénols, de flavonoïdes, de saponosides, de triterpènes et de stéroïdes. De plus les résultats de Trease et Evans [26] et de Harbone [27] ont confirmé ces mêmes résultats.

3.2 RENDEMENT D'EXTRACTION ET PROPRIETES PHYSIQUES DES EXTRAITS

L'extraction à l'éthanol des trois organes de *Pterocarpus erinaceus* a permis de calculer le rendement d'extraction et d'avoir une idée sur les propriétés physiques de ces extraits. Ces résultats sont respectivement présentés dans les tableaux 2 et 3. Le rendement le plus élevé (14,4 %) est obtenu au niveau des écorces de tige. Tous les extraits ont présenté un aspect pâteux. Seul l'extrait obtenu à partir des feuilles est soluble dans le méthanol et ceux des écorces dans le DMSO. Les travaux de Hage [28] sur les écorces de *Pterocarpus erinaceus* ont révélé un rendement d'extraction de 22 % pour l'extrait aqueux lyophilisé. La dissolution de nos extraits éthanoliques obtenus à partir des écorces de tige et de racine dans le DMSO est conforme aux résultats de Hage et al. [28] selon qui les extraits dont le solvant est organique sont solubles dans le DMSO. Le rendement obtenu au niveau des feuilles est le même que celui de Ezeja et al. [29] soit 12,1 %.

Tableau 2: Rendement d'extraction des composés phénoliques dans l'éthanol

Echantillon	Masse de matière sèche (g)	Volume de solvant (mL)	Masse d'extrait récupérée (g)	Rendement (%)
Ecorces de tige	50	1000	7,2	14,4
Ecorces de racine	50	1000	5	10
Feuilles	47	1000	5,9	12,5

Tableau 3: Propriétés physiques des extraits

Echantillon	Aspect physique	Couleur	Soluble dans
Ecorces de racine	Pâteux	Rouge	DMSO
Ecorces de tige	Pâteux	Pourpre	DMSO
Feuilles	Pâteux	Vert	Méthanol

3.3 DOSAGE DES COMPOSES PHENOLIQUES

Le tableau 4 traduisant la composition phénolique des extraits exprimée en mg équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche de *Pterocarpus erinaceus* montre une forte teneur en polyphénols totaux au niveau des écorces de tige (64,88mg/g) suivi des feuilles (28,08mg/g) alors que les écorces de racine ont une teneur relativement très faible (2,31mg/g). Les résultats de Karou et al. [30] ont confirmé que les polyphénols sont plus concentrés dans les écorces de la tige de *Pterocarpus erinaceus* que dans ses feuilles. Selon certains auteurs, la plante développe plus de polyphénol au niveau de ses organes aériens qu'au niveau de ses organes souterrains pour se protéger contre les rayons solaires. Dans le cas d'espèce, on note une forte teneur au niveau de la tige comparativement aux feuilles. La fonction chlorophyllienne est principale et vitale pour la plante. Donc elle se doit de la privilégier par rapport à sa protection contre les agressions environnementales. La feuille est l'organe principal de la fonction chlorophyllienne ; d'où certainement la faible teneur en polyphénol dans la feuille par rapport à la tige. Nos résultats sont conformes à ceux de Fahmi et al. [31] selon qui les plantes réagissent en augmentant leur pool phénolique, surtout les flavonoïdes, pour faire face aux agressions de l'environnement.

Tableau 4 : Composition phénolique des extraits de *Pterocarpus erinaceus*

Echantillon	IC ₅₀ (mg/mL)	PAR
Ecorce de tige	0,29	3,45
Ecorce de racine	3,9	0,26
Feuilles	3,15	0,32
Quercétine	0,1	10

n.d. : non déterminé

3.4 ACTIVITE ANTIRADICALAIRE

L'activité antiradicalaire des extraits par la méthode au DPPH a été déterminée en se référant à la quercétine (Q), un antioxydant standard (IC₅₀ = 0,1 mg/mL). Tous les extraits ont présenté un pouvoir antiradicalaire plus faible que celui du composé de référence (Tableau 5). L'écorce de tige s'est révélée la plus active (0,29 mg/mL) suivie des feuilles (3,15mg/mL) et de l'écorce de racine (3,9 mg/mL). Les travaux de Ouédraogo et al. [25] ont aussi révélé l'activité anti-radicalaire de la tige de *Pterocarpus erinaceus*. De même, Karou et al. [30] dans leurs investigations, ont révélé l'activité antioxydante des feuilles et des écorces de *Pterocarpus erinaceus* en se référant au radical cation ABTS.

Tableau 5 : Activité antiradicalaire des extraits de *Pterocarpus erinaceus*

Echantillon	Polyphénols totaux (mg/g)	Flavonoïdes totaux (mg/g)	Tanins condensés (mg/g)	Anthocyanes totaux (mg/g)
Feuilles	28,08	23,51	n.d.	0,28
Ecorces de tige	64,88	4,77	23,06	0,52
Ecorces de racine	2,31	1,90	n.d.	0,45

PAR (Pouvoir antiradicalaire)= 1/ IC50.

Par ailleurs on observe que l'activité anti-radicalaire est en corrélation avec les teneurs en composés phénoliques. Des résultats similaires ont été trouvés par d'autres auteurs qui ont montré qu'il y a une bonne corrélation entre la teneur en phénols totaux et l'activité antioxydante des extraits de plantes suggérant ainsi que les composés phénoliques sont bien responsables de l'activité antioxydante de ces extraits [30], [32], [33].

3.5 INFLUENCE DE LA GRANULOMETRIE SUR LA CINETIQUE D'EXTRACTION

Les résultats de l'influence de la granulométrie sur la cinétique d'extraction des polyphénols des différents organes de *Pterocarpus erinaceus* étudiés sont reportés sur les figures 1, 2 et 3.

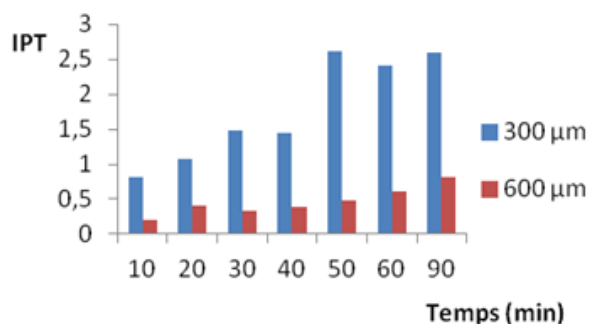


Figure 1 : Influence de la granulométrie sur la cinétique d'extraction des polyphénols des feuilles de *Pterocarpus erinaceus*

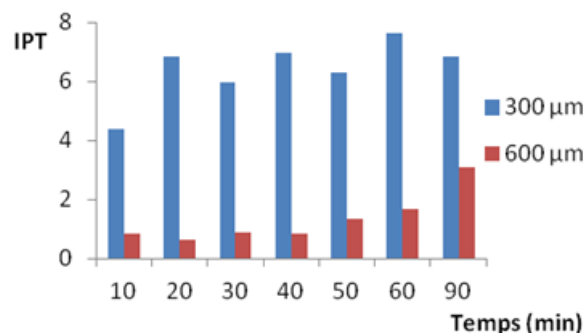


Figure 2 : Influence de la granulométrie sur la cinétique d'extraction des polyphénols des écorces de tige de *Pterocarpus erinaceus*

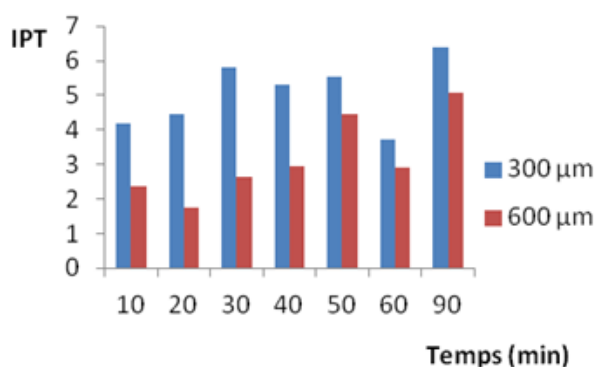


Figure 3 : Influence de la granulométrie sur la cinétique d'extraction des Polyphénols des écorces de racines de *Pterocarpus erinaceus*

On note que quel que soit le temps considéré, le meilleur taux d'extraction est obtenu avec la granulométrie la plus faible. De plus avec la granulométrie de 300 µm, on constate qu'en 30 minutes une forte quantité de composés phénoliques est extraite alors qu'avec la granulométrie de 600 µm, il a fallu 50 minutes pour atteindre le même taux d'extraction que celui obtenu en 20 minutes avec la plus petite granulométrie. Il ressort de ce qui précède qu'avec les fines particules, les composés chimiques sont plus facilement transférés de la matière végétale vers le solvant d'extraction. Cela s'expliquerait par le fait que le solvant diffuse plus facilement à l'intérieur des petites particules pour extraire les molécules de polyphénols. Petko *et al.* [34] ont aussi montré que le taux d'extraction devient meilleur en cas des particules plus petites.

4 CONCLUSION

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'influence de la granulométrie sur la cinétique d'extraction des polyphénols des différents organes (feuilles, écorces de tige et de racines) de *Pterocarpus erinaceus*, une plante très recherchée en pharmacopée traditionnelle au Bénin, pour le traitement de nombreuses affections.

Les trois organes de cette plante contiennent majoritairement les métabolites secondaires tels que les tanins, les flavonoïdes libres, les anthraquinones combinés, les coumarines, les anthocyanes, les sucres réducteurs, les stérols et les terpènes. Les écorces de la tige sont plus riches en ces métabolites secondaires que les deux autres parties de la plante.

Le meilleur rendement est obtenu au niveau de l'extrait éthanolique des écorces de tige de *Pterocarpus erinaceus*.

Concernant la composition phénolique des extraits, les écorces de tige de *Pterocarpus erinaceus* ont révélé la forte teneur en polyphénols totaux.

Quant à l'activité anti-radicalaire, l'écorce de tige, partie la plus riche en composés phénoliques s'est révélée plus active que les autres organes avec un pouvoir antiradicalaire plus proche de celui de la quercétine.

L'utilisation de la plante *Pterocarpus erinaceus* dans le traitement des affections aurait donc pour socle sa diversité en métabolites secondaires et le pouvoir antiradicalaire observé au niveau des extraits éthanoliques de ses différents organes étudiés.

Il s'avère donc intéressant d'isoler et de caractériser les composés phénoliques de ces plantes et, pour une meilleure compréhension du mode d'action des dérivés polyphénoliques, d'évaluer "in vitro" et "in vivo" l'activité antioxydante de chacun de ces composés pris séparément.

REFERENCES

- [1] D. C. P. Agbangnan, "Extraction et concentration d'extraits polyphénoliques naturels, bioactifs et fonctionnels par procédés membranaires : Caractérisation des structures moléculaires d'extraits du sorgho rouge (*sorghum caudatum*) du Bénin," Thèse de doctorat, Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, pp. 355, 2011.
- [2] J. C. Autran, *Le guide de phytothérapie créole: Se soigner par les plantes créoles*, Ile Reunion, édition Orphie, 2010.
- [3] Omar J.M. Hamza, Carolien J.P. van den Bout-van den Beukel, Mecky I.N. Matee, Mainen J. Moshi, Frans H.M. Miikx, Haji O. Selemani, Zakaria H. Mbwambo, Andr'e J.A.M. Van der Ven, Paul E. Verweij, "Antifungal activity of some Tanzanian plants used traditionally for the treatment of fungal infections," *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 108, no. 1, pp. 124-132, 2006.
- [4] M. K. Khan, "Polyphénols d'Agrumes (flavanones) : extraction de glycosides de la peau d'orange, synthèse de métabolites chez l'homme (glucuronides) et étude physico-chimique de leur interaction avec le sérum albumine," Thèse de doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, pp. 169, 2010.
- [5] I. Soerianegara, R. H. M. J. Lemmens (eds.), "Plant Resources of South-East Asia: Timber trees: major commercial timbers," *Backhuys Publishers, Leiden*, Vol. 5, no. 1, pp. 230-238, 1993.
- [6] H. J. von Maydell, *Trees and shrubs of the Sahel - their characteristics and uses*. GTZ GMBH, Eschborn, 1986.
- [7] Petko Ivanov Penchev, "Etude des procédés d'extraction et de purification de produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions," Thèse de doctorat, Université de Toulouse, France, pp. 239, 2010.
- [8] J. Bruneton, *Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales, Lavoisier Technique & Documentation, 3^{ème} édition*, Paris, 1999.
- [9] T.Y. Soro, F. Traore, J.Y. Datte, & A.S. Nene-Bi, "Activité antipyrétique de l'extrait aqueux de *Ximenia americana*," *Phytothérapie*, pp. 297-303, 2009.
- [10] J. Bruneton, *Pharmacognosie, phytochimie, Plantes médicinales (2e édition), Tec et Doc., Lavoisier*, Paris, pp. 915, 1993.
- [11] N. Dohou, K. Yamni, S. Tahrouch, L. M. I. Hassani, A. Bodoc & N. Gmira, "Screening phytochimique d'une endémique Ibero-marocain, *Thymelaea lytroides*," *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, pp. 61-78, 2003.
- [12] Y .A. Bekro, J. A. M. Bekro, B. B. Boua, B. F. H. Tra, E. E. Ehile, "Etude ethnobotanique et screening phytochimique de *Caesalpinia benthamiana* (Baill.) Herend. Et Zarucchi (Caesalpinaceae)," *Re. Sci. Nat.*, vol. 4, no. 2, pp. 217-225, 2007.
- [13] K. N'Guessan, B. Kadja, G. N. Zirihi, D. Traore, & L. Ake-Assi, "Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays Krobou (Agboville, Côte-d'Ivoire)," *Sciences & Nature*, vol. 6, no. 1, PP. 1-15, 2009.
- [14] A. M. Rizk, "Constituents of plants growing in Qatar," *Fitoterapia*, vol. 52, no. 2, pp. 35-42, 1982.
- [15] F. Traoré, "Proposition de formulation d'un sirop antipaludique à base de *argemone mexicana* L. papaveraceae," Thèse de doctorat, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie du Mali, Université de Bamako, pp. 95, 2010.
- [16] C. C. Wong, H. B. Li, K. W. Cheng and F. Chen, "A systematic survey of antioxidant activity of 30 Chinese medicinal plants using the ferric reducing antioxidant power assay," *Food Chem.*, 97, pp. 705-711, 2006.
- [17] P. Siddhuraju, P. S. Mohan and K. Becker, "Studies on the Antioxidant Activity of Indian Laburnum (*Cassia fistula* L.), a Preliminary Assessment of Crude Extracts from Stem Bark, Leaves, Flowers and Fruit Pulp," *Journal of Food Chemistry*, vol. 79, no. 1, pp. 61-67, 2002.
- [18] P. Ribereau-Gayon, *Les composés phénoliques des végétaux*, Editions Dunod, Paris, pp. 254, 1968.

- [19] V. N. Enujiugha, "The Antioxidant and Free Radical-Scavenging Capacity of Phenolics from African Locust Bean Seeds (*Parkia biglobosa*)," *Advances in Food Sciences*, vol. 32, no. 2, pp. 88-93, 2010.
- [20] P. Agbangnan, C. Tachon, C. Bonin, A. Chrostowka, E. Fouquet and D. C. K. Sohounhloué, "phytochemical study of a tinctorial plant of benin traditional pharmacopoeia: The red sorghum (*sorghum caudatum*) of Benin," *Scientific Study & Research*, vol. 13, no. 2, pp. 121-135, 2012.
- [21] B. J. Xu and S. K. C. Chang, "A Comparative Study on Phenolic Profiles and Antioxidant Activities of Legumes as Affected by Extraction Solvents," *Journal of Food Science*, vol. 72, no. 2, pp. 160-161, 2007.
- [22] P. Ribereau-Gayon, E. Stonestreet, *Bulletin de la Société Chimique de France*, 9, pp. 2649-2652, 1965.
- [23] W. Brand-Williams, M. E. Cuvelier, C. Beret, "Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity," *Lebensm. Wiss.U. Technol*, pp. 25-30, 1995.
- [24] C. P. D. Agbangnan, J. P. Noudogbessi, A. Chrostowska, C. Tachon, E. Fouquet and D. C. K. Sohounhloué, "Phenolic compound of benin's red sorghum and their antioxidant properties", *Asian J. Pharm Clin. Res.*, vol. 6, no. 2, pp. 277-280, 2013.
- [25] N. Ouédraogo, A. Tibiri, R. W. Sawadogo, M. Lompo, A. E. Hay, J. Koudou, M. G. Dijoux and I. P. Guissou, "Antioxidant, anti-inflammatory and analgesic activities of aqueous extract from stem bark of *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae)," *Journal of Medicinal Plants Research*, vol. 5, no. 10, pp. 2047-2053, 2011.
- [26] G. E. Trease, W. C. Evans, *Pharmacognosy. 15th Edn.*, W. B. Saunders, London, 2002.
- [27] J. B. Harborne, *Phytochemical methods: A guide to modern techniques of plants analysis. 3rd Edn*, Chapman and Hall, London, 1998.
- [28] S. Hage, P. Kienlen-Campard, J.-N. Octave, J. Quetin-Leclercq, "In vitro screening on β -amyloid peptide production of plants used in traditional medicine for cognitive disorders," *Journal of Ethnopharmacology*, 131, pp. 585-591, 2010.
- [29] M. I. Ezeja, I. I. Ezeigbo, K. G. Madubuike, N. E. Udeh, I. A. Ukwani, S. C. Akomas and D. C. Ifenkwa, "Antidiarrheal activity of *Pterocarpus erinaceus* methanol leaf extract in experimentally-induced diarrhea," *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, pp. 147-150, 2012.
- [30] D. Karou, M. H. Dicko, J. Simporé, S. Yameogo, S. Sanon, A. S. Traoré, "Antioxidant and antibacterial activities of polyphenols from ethnomedicinal plants of Burkina Faso," *African Journal of Biotechnology* vol. 4 no. 8, pp. 823-828, 2005.
- [31] F. Fahmi, S. Tahrouch, Z. Bouzoubâa, A. Hatimi, "Effet de l'aridité sur la biochimie et la physiologie d'argania spinosa," *Actes du Premier Congrès International de l'Arganier*, Agadir, pp. 299-308, 2011.
- [32] Z. Tunalier, M. Kozar, N. Ozturk, K. H. C. Baser, H. Duman, N. Kirimer, *Chem. Nat. Comp.* 40, pp. 206-210, 2004.
- [33] M. S. Fernández-Pachón, D. Vilaño, M. C. Garcia-Parilla, et A. M. Troncoso, *Anal. Chim. Acta.* 513, pp. 113-118, 2004.
- [34] P. Penchev, G. Angelov, J.-S. Condoret, "Extraction des agents antioxydants (acide rosmarinique) à partir de la mélisse (*Melissa officinalis* L.)," *Revue de Génie Industriel*, 5, pp. 115-123, 2010.