

## **Sélection de filtres naturels performants comme candidats pour l'élaboration d'une crème solaire au Mali**

***Aichata B. A. Mariko***

Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB), Faculté de Pharmacie de Bamako, Bamako, Mali  
Centre d'Excellence Africain de Formation, de Recherche et d'Expertises en Sciences du Médicament (CEA-CFOREM), Bamako, Mali

***Mahamane Haidara***

Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB), Faculté de Pharmacie de Bamako, Bamako, Mali  
Institut National de Recherche sur la Médecine et la Pharmacopée Traditionnelles, Mali

***Bakary Moussa Cissé***

Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB), Faculté de Pharmacie de Bamako, Bamako, Mali  
Centre d'Excellence Africain de Formation, de Recherche et d'Expertises en Sciences du Médicament (CEA-CFOREM), Bamako, Mali

***Denou Adama***

***Mamadou Lamine Diarra***

Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB), Faculté de Pharmacie de Bamako, Bamako, Mali

***Rasmané Semde***

Centre d'Excellence Africain de Formation, de Recherche et d'Expertises en Sciences du Médicament (CEA-CFOREM), Bamako, Mali  
Laboratoire de Développement du Médicament (LADME),  
Université Joseph Ki-Zerbo, Ouagadougou, Burkina Faso

***Rokia Sanogo***

Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB), Faculté de Pharmacie de Bamako, Bamako, Mali  
Institut National de Recherche sur la Médecine et la Pharmacopée Traditionnelles, Mali

[Doi:10.19044/esj.2026.v22n15p175](https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n15p175)

Submitted: 09 February 2026

Accepted: 28 May 2026

Published: 31 May 2026

Copyright 2026 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Mariko, A.B., Haidara, M., Moussa, C.B., Adama, D., Diarra, M.L., Semde, R., & Sanogo, R. (2026). *Sélection de filtres naturels performants comme candidats pour l'élaboration d'une crème solaire au Mali*. European Scientific Journal, ESJ, 22 (15), 175.  
<https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n15p175>

---

## Résumé

La survenue des cancers cutanés précoces induits par le soleil constitue un véritable défi auquel les personnes atteintes d'albinisme (PAA) sont confrontées en Afrique subsaharienne. Ils recourent à des produits de protection solaire (PPS) importés qui restent inaccessibles (économiquement ou géographiquement), ce qui affaiblit leur couverture d'utilisation. La présente étude vise à sélectionner des filtres naturels performants comme candidats pour l'élaboration d'une crème solaire au Mali. Pour ce faire, sur la base d'une enquête ethnobotanique réalisée au Mali et d'une revue de la littérature, dix plantes locales dotées de potentiel photoprotecteur ont été choisies. Les performances antiradicalaire et photoprotectrice de leurs extraits aqueux et hydroéthanoliques à 70% ont été évaluées. Des méthodes spectrophotométriques fondées sur une mesure de la réduction du radical DDPH et la détermination du Facteur de Protection Solaire (FPS) ont été utilisées pour déterminer respectivement les activités antiradicalaires et photoprotectrices. Trois extraits issus de deux plantes ont démontré une bonne activité antiradicalaire avec une concentration efficace 50 ( $CE_{50}$ )  $\leq 10$   $\mu\text{g/mL}$  et une bonne activité photoprotectrice avec un FPS  $\geq 15$ . C'étaient les extraits hydroéthanoliques des feuilles de *Lawsonia inermis* et des feuilles de *Mangifera indica* qui ont présenté des activités antiradicalaires avec une  $CE_{50}$  respectivement de  $6,8 \mu\text{g/mL} \pm 0,09$  et  $6,81 \mu\text{g/mL} \pm 1,04$ . Celle des extraits aqueux des feuilles de *Mangifera indica* était de  $4,2 \mu\text{g/mL} \pm 0,6$ . Les activités photoprotectrices (FPS) des feuilles de *Lawsonia inermis* et des feuilles de *Mangifera indica* étaient respectivement pour les extraits hydroéthanoliques de  $28,2 \pm 0,02$  et  $20,13 \pm 0,02$ . Celle des extraits aqueux des feuilles de *Mangifera indica* était de  $18,5 \pm 0,07$ . Cette phase constitue une avancée majeure qui permettra l'élaboration de PPS à base d'extraits des feuilles de plantes locales au Mali.

---

**Mots-clés:** Antiradicalaire, photoprotectrice, plantes médicinales, Mali

---

## **Selection of High-Performance Natural Filters as Candidates for the Development of Sunscreen in Mali**

***Aichata B. A. Mariko***

Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako  
(USTTB), Faculté de Pharmacie de Bamako, Bamako, Mali  
Centre d'Excellence Africain de Formation, de Recherche et d'Expertises en  
Sciences du Médicament (CEA-CFOREM), Bamako, Mali

***Mahamane Haidara***

Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako  
(USTTB), Faculté de Pharmacie de Bamako, Bamako, Mali  
Institut National de Recherche sur la Médecine et la Pharmacopée  
Traditionnelles, Mali

***Bakary Moussa Cissé***

Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako  
(USTTB), Faculté de Pharmacie de Bamako, Bamako, Mali  
Centre d'Excellence Africain de Formation, de Recherche et d'Expertises en  
Sciences du Médicament (CEA-CFOREM), Bamako, Mali

***Denou Adama***

***Mamadou Lamine Diarra***

Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako  
(USTTB), Faculté de Pharmacie de Bamako, Bamako, Mali

***Rasmané Semde***

Centre d'Excellence Africain de Formation, de Recherche et d'Expertises en  
Sciences du Médicament (CEA-CFOREM), Bamako, Mali  
Laboratoire de Développement du Médicament (LADME),  
Université Joseph Ki-Zerbo, Ouagadougou, Burkina Faso

***Rokia Sanogo***

Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako  
(USTTB), Faculté de Pharmacie de Bamako, Bamako, Mali  
Institut National de Recherche sur la Médecine et la Pharmacopée  
Traditionnelles, Mali

---

### **Abstract**

The occurrence of early skin cancers induced by the sun constitutes a real challenge that people with albinism (PAA) face in sub-Saharan Africa. They use imported sun protection products (SPP) that are not accessible (economically or geographically), which weakens their usage coverage. This study aims to select high-performance natural filters as candidates for the development of sunscreen in Mali. To do this, based on an ethnobotanical survey carried out in Mali and a review of the literature, ten local plants with

photoprotective potential were chosen. The antiradical and photoprotective performance of their 70% aqueous and hydroethanolic extracts was evaluated. Spectrophotometric methods based on a measurement of the reduction of the DDPH radical and the determination of the Solar Protection Factor (SPF) were used to determine the antiradical and photoprotective activities, respectively. Three extracts from two plants demonstrated good anti-radical activity with an effective concentration 50 ( $EC_{50}$ )  $\leq 10 \mu\text{g/mL}$  and good photoprotective activity with an  $SPF \geq 15$ . Hydroethanolic extracts of *Lawsonia inermis* leaves and *Mangifera indica* leaves presented anti-radical activities with  $EC_{50}$  values of  $6.8 \mu\text{g/mL} \pm 0.09$  and  $6.81 \mu\text{g/mL} \pm 1.04$ , respectively. Aqueous extracts of *Mangifera indica* leaves showed  $4.2 \mu\text{g/mL} \pm 0.6$ . The photoprotective activities (FPS) of *Lawsonia inermis* leaves and *Mangifera indica* leaves were  $28.2 \pm 0.02$  and  $20.13 \pm 0.02$ , respectively, for the hydroalcoholic extracts. Aqueous extracts of *Mangifera indica* leaves were  $18.5 \pm 0.07$ . This phase constitutes a major advance that will allow the development of SPP based on extracts from the leaves of local plants in Mali.

---

**Keywords:** Anti-radical, photoprotective, medicinal plants, Mali

## Introduction

L'utilisation des produits de protection solaire (PPS) à fort indice est indispensable pour une partie de la population d'Afrique noire : les personnes atteintes d'albinisme (PAA) couramment appelées « albinos ». L'albinisme entraîne, après une exposition non protégée au soleil, des érythèmes solaires, un vieillissement actinique et un cancer cutané précoce qui peuvent être létaux (Arslan, 2020). Au Mali, les PAA se protègent conventionnellement avec des PPS importés, lesquels sont inaccessibles (économiquement et géographiquement), rendant ainsi leur couverture d'utilisation faible (Dicko, 2024).

L'amélioration du spectre d'utilisation inclut la mise en place d'une initiative de production locale basée notamment sur des plantes. Comme le cas du Gastrosedal\*, un médicament traditionnel amélioré à base de *Vernonia kotschyana*, produit par le Mali, qui a permis de renforcer la prise en charge des gastrites et ulcères duodénaux (Diarra 2018).

Une étude menée à l'Institut National de Recherche sur la Médecine et la pharmacopée traditionnelles (INRMPT) par Haidara *et al.* (2020) a montré que 70% des PAA associaient des plantes à la protection conventionnelle pour mieux se protéger des rayons du soleil. Ce travail précédemment cité, puis une revue de littérature ont permis de recenser *Bixa orellana* et neuf autres plantes locales sur la base de leurs propriétés antiradicalaires et photoprotectrices. Les neuf plantes étaient : *Carica papaya* (Jing *et al.*, 2019), *Hibiscus sabdariffa* (Mohamad *et al.*, 2018), *Lawsonia inermis* (Goudjil *et al.*, 2020), *Mangifera*

*indica* (Patel et Mashru, 2020), *Portulaca oleracea* (Lolo *et al.*, 2017), *Punica granatum* (Ranjithkumar *et al.*, 2016), *Solanum lycopersicum* (Sopyan *et al.*, 2018), *Spondias mombin* (Silva *et al.*, 2016), *Zea mays* (Laeliocattleya, 2019). Les affections photoinduites peuvent être corrigées grâce à l'utilisation d'un produit qui contient un filtre performant alliant la présence prouvée des deux activités citées plus haut, comme l'indique l'étude de Zouhri *et al.*, 2016.

L'efficacité est un critère majeur définissant la qualité d'un produit. À ce titre, elle doit obligatoirement être prouvée à travers une étude expérimentale. Ainsi, la présente étude a été initiée pour évaluer le potentiel antiradicalaire et photoprotecteur des extraits hydroéthanoliques et aqueux d'échantillons provenant de plantes récoltées au Mali. Des méthodes d'évaluation spectrophotométrique utilisant une mesure de la réduction du radical DDPH et la détermination du FPS grâce à l'équation mathématique développée par Mansur *et al.*, 1986 ont été utilisées. La finalité de cette étude a été l'identification de plantes candidates qui serviront à la mise au point d'un PPS local, efficace, accessible économiquement et sûr d'utilisation. Ce produit pourra être utilisé pour les soins, la prévention et la prise en charge des affections photoinduites chez les PAA.

## **I. Matériel et Methodes**

### **1. Matériel végétal**

Le matériel végétal était constitué d'organes séchés et pulvérisés en poudres fines de dix plantes locales : *Carica papaya*, *Hibiscus sabdariffa*, *Lawsonia inermis*, *Mangifera indica*, *Portulaca oleracea*, *Punica granatum*, *Solanum lycopersicum*, *Spondias mombin*, *Zea mays*. L'identité botanique des échantillons a été confirmée par M. Seydou DEMBELE, ingénieur des eaux et forêts de l'Institut National de Recherche sur la Médecine et la pharmacopée traditionnelles (INRMPT) de Bamako (Mali) et sur la base des herbiers disponibles. Les échantillons frais ont été séchés à l'ombre, dans la salle de séchage de l'INRMPT, pendant trois semaines. Après séchage, les échantillons ont été pulvérisés à l'aide d'un moulin (RETSCH SM 2000).

### **2. Préparation des extraits et rendements des extractions**

La préparation des extraits a été effectuée par macération de 10 g de poudres par échantillon dans l'éthanol à 70% (100 mL) pendant 24 heures pour les extraits hydroéthanoliques ; et par infusion de 10 g de poudres par échantillon dans l'eau distillée bouillante (100 mL) pendant 15 minutes pour les extraits aqueux. Les solutions ont été ensuite filtrées sur compresse puis sur papier filtre (Whatman N° 1). Les filtrats obtenus ont été concentrés au rotavapor puis lyophilisés. Le rendement de chaque extrait a été calculé grâce à la formule ci-après :

$$\text{Rendement (\%)} = \frac{P1 - P2}{P3} \times 100$$

P1 : poids du ballon après évaporation ; P2 : poids du ballon vide avant évaporation ; P3 : poids de la matière végétale sèche de départ.

### 3. Évaluation des activités et sélection des candidats performants

Deux critères cruciaux déterminent la performance des filtres naturels selon Zouhri *et al.* (2016) : la présence d'une combinaison efficace des activités antiradicalaires et photoprotectrices ; cette dernière détermine l'efficacité d'un filtre naturel.

Pour sélectionner les candidats, les extraits présentant une bonne activité antiradicalaire ( $CE_{50} \leq 10 \mu\text{g/mL}$ ) ont été retenus pour l'étape concernant l'activité photoprotectrice. Pour la sélection, les extraits ayant présenté un FPS moyen à fort [15-50 +] ont été retenus comme candidats performants.

#### 3.1. Évaluation de l'activité antiradicalaire

L'activité antiradicalaire des extraits a été évaluée avec la méthode de réduction du radical 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyle (DPPH) selon la méthode utilisée par Sanchez-Moreno (2002). Les extraits secs à différentes concentrations (0,781-100  $\mu\text{g/mL}$ ) ont été mélangés à une solution méthanolique de DPPH (25  $\mu\text{g/mL}$ ). Les mélanges ont été incubés pendant 30 min à la température ambiante à l'abri de la lumière puis l'absorbance a été mesurée à 517 nm au spectrophotomètre (6705 UV/VIS Spectrophotomètre JENWAY). Le méthanol a été utilisé comme blanc, le DPPH comme contrôle négatif et l'acide gallique comme contrôle positif. Le pourcentage de réduction du radical DPPH a été calculé selon la formule suivante :

$$\% \text{ de Réduction} = \frac{\text{Absorbance contrôle} - \text{Absorbance échantillons}}{\text{Absorbance contrôle}} \times 100$$

Les  $CE_{50}$  de réduction du radical DPPH par les extraits et l'acide gallique ont été déterminées à l'aide de courbes de régression linéaire avec le logiciel GraphPad Prism version 6.0.

#### 3.2. Détermination de l'effet photoprotecteur

L'activité photoprotectrice des extraits a été évaluée sur les échantillons présélectionnés avec la méthode décrite par Dutra *et al.* (2004). Les extraits aqueux et hydroéthanoliques de concentrations allant de 10,1 et 0,200  $\text{mg/mL}$  ont été préparés séparément puis filtrés à l'aide de coton hydrophile. Les mesures ont ensuite été effectuées au spectrophotomètre à des longueurs d'onde comprises de 290 à 320 nm, avec des intervalles de 5 nm à l'aide d'une cellule en quartz de 1 cm. L'éthanol a servi de blanc et

l'homosalate de témoin. Le FPS a été calculé selon l'équation développée par Mansur *et al.* (1986) comme suit :

$$FPS = CF \times \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \times I(\lambda) \times Abs(\lambda)$$

Où  $EE(\lambda)$  est le spectre de l'effet érythémateux ;  $I(\lambda)$  est le spectre d'intensité solaire ;  $Abs(\lambda)$  est l'absorbance du produit de protection solaire ; et CF est le facteur de correction (= 10). Les valeurs de  $EE \times I$  sont des constantes (Sayre *et al.*, 1979), et sont présentées dans le tableau 1.

**Tableau 1** : Fonction produit normalisée pour le calcul du FPS d'après Sayre *et al.* (1979)

Longueur d'onde ( $\lambda$ nm)	EE x I (Normalisé)
290	0,0150
295	0,0817
300	0,2874
305	0,3278
310	0,1864
315	0,0839
320	0,0180
<b>Total</b>	<b>1</b>

## II. Resultats et Discussion :

### 1. Matériel végétal

Les résultats présentés au tableau 2, ont permis d'identifier plusieurs familles et lieux de culture au Mali. Les organes les plus utilisés ont été les feuilles, à l'exception de *Bixa orellana* et de *Zea mays* où des graines ont été utilisées. Deux plantes ne disposaient pas de numéro d'herbier à l'INRMPT (ex DMT), c'était *Punica granatum L.* et *Zea mays L.*

**Tableau 2** : Échantillons des dix plantes locales et leur lieu de récolte

N°	Plante	Famille botanique	Parties utilisés	Lieu de récolte	N° Herbier
1	<i>Bixa orellana L.</i>	Bixaceae	Graine	Sikasso	2931/DMT
2	<i>Carica papaya L.</i>	Caricaceae	Feuille	Kati	2916/DMT
3	<i>Hibiscus sabdariffa L.</i>	Malvaceae	Calice	Ségou	2213/DMT
4	<i>Lawsonia inermis L.</i>	Lythraceae	Feuille	Banamba	903/DMT
5	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae	Feuille	Kati	890/DMT
6	<i>Portulaca oleracea L.</i>	Portulacaceae	Feuille, tige, racine	Bamako	2637/DMT
7	<i>Punica granatum L.</i>	Lythraceae	Feuille	Kati	-
8	<i>Solanum lycopersicum L.</i>	Solanaceae	Feuille	Kati	1977/DMT
9	<i>Spondias mombin L.</i>	Anacardiaceae	Feuille	Kati	279/DMT
10	<i>Zea mays L.</i>	Poaceae	Graine	Ségou	-

Les plantes identifiées appartiennent à diverses familles, ce qui démontre la variabilité des sources potentielles de plantes à activité

photoprotectrice au Mali. Les feuilles ont été les parties les plus utilisées dans notre étude, suivies des graines ; ce choix a été guidé par une revue de la littérature qui nous a permis de confirmer la présence d'activité photoprotectrice ou antiradicalaire dans ces organes : *Bixa orellana* (Panchal *et al.*, 2014), *Carica papaya* (Kassi *et al.*, 2020), *Hibiscus sabdariffa* (Singh *et al.*, 2021), *Lawsonia inermis* (Goudjil *et al.*, 2020), *Mangifera indica* (Patel et Mashru, 2020), *Portulaca oleracea* (Lolo *et al.*, 2017), *Punica granatum* (Benyahkem et Lamri, 2018), *Solanum lycopersicum* (Da Costa *et al.*, 2015), *Spondias mombin* (Cabral *et al.*, 2016 ), *Zea mays* (Laeliocattleya, 2019). La simplicité de la récolte, la préservation de l'intégrité de la plante, la facilité de séchage des organes ont été des raisons secondaires ayant orienté notre choix vers les feuilles ou les graines.

Toutes les plantes, à l'exception de *Zea mays* et de *Punica granatum*, possédaient un numéro herbier au niveau de l'INRMPT, ce qui a permis de faciliter leur identification.

L'identification des zones de récolte des matériels végétaux était cruciale car cette information garantit la traçabilité, la qualité et la conformité des produits finis.

## 2. Rendement des extractions

Les extraits ont été préparés et leurs rendements ont été obtenus à partir du matériel végétal des dix plantes comme présentées au tableau 3 ; les meilleures extractions ont été obtenues avec les extraits aqueux de *Carica papaya L.* (54,63%) et les plus faibles avec les deux extraits de *Zea mays L.* (4,1%). Les meilleurs rendements ont été identifiés en gras. Au total, cinq extraits aqueux ont présenté de meilleurs rendements (*Bixa orellana L.*, *Carica papaya L.*, *Hibiscus sabdariffa L.*, *Portulaca oleracea L.*, *Solanum lycopersicum L.*) contre trois extraits hydroalcooliques (*Lawsonia inermis L.*, *Mangifera indica L.*, *Punica granatum L.*). Les rendements de *Spondias mombin L.* étaient quasi égaux tandis qu'on obtenait une égalité avec ceux de *Zea mays L.*

**Tableau 3 :** Rendements (%) des extraits des dix plantes

Matériel végétal	Rendement (%)	
	Extrait aqueux	Extrait hydroéthanolique
Cire des graines de <i>Bixa orellana L.</i>	<b>29,73</b>	22,2
Feuilles de <i>Carica papaya L.</i>	<b>54,63</b>	21,8
Calice de <i>Hibiscus sabdariffa L.</i>	<b>52,49</b>	18,53
Feuille de <i>Lawsonia inermis L.</i>	24,3	<b>28,43</b>
Feuille de <i>Mangifera indica L.</i>	19,26	<b>27,43</b>
Plante entière de <i>Portulaca oleracea L.</i>	<b>24,16</b>	16,5
Feuille de <i>Punica granatum L.</i>	27,7	<b>39,5</b>
Feuille de <i>Solanum lycopersicum L.</i>	<b>24,33</b>	18,53
Feuille de <i>Spondias mombin L.</i>	<b>24,3</b>	<b>24,46</b>
Graine de <i>Zea mays L.</i>	4,1	4,1

Le choix des extraits a été guidé par une revue de la littérature qui nous a montré l'efficacité des solvants polaires comme le méthanol, l'éthanol et l'eau dans la photoprotection (Aburjai *et al.*, 2019 ; Chebil, 2018 ; Enaud, 2018). Dans la présente étude, les rendements les plus faibles ont été obtenus avec l'échantillon des graines de *Zea mays*. Ce résultat suggère que la poudre des graines de *Zea mays* contient très peu de substances extractibles par les solvants polaires. Ceci est confirmé par Kouamé (2023) qui a indiqué la présence majoritaire de glucides et de protéines, lesquels sont bloqués lors de l'étape de filtration, et de lipides qui ne sont pas extractibles par les solvants polaires. Benyahkem et Lamri (2018) ont trouvé des résultats divergents avec un rendement de 37,39%. Cette divergence résulte de la différence du type d'organe choisi puisque leur étude a été effectuée sur les styles de *Zea mays*.

La variation de rendement suivant le type d'extrait utilisé montre une meilleure extraction avec les infusés d'*Hibiscus sabdariffa*, ce qui est confirmé par l'étude de Singh *et al.*, 2021. Ces résultats ont montré, en plus de nos résultats communs, que la dilution de l'éthanol améliorerait le rendement des extraits éthanologiques de *Hibiscus sabdariffa*.

Les rendements des extraits hydroéthanologiques de *Punica granatum* et de *Lawsonia inermis* sont confirmés par l'étude de Benyahkem et Lamri (2018) qui a trouvé des résultats assez proches de cette étude avec des valeurs respectives de 39,72% et 27,18% pour les extraits hydroéthanologiques des feuilles des plantes suscitées.

Les rendements de *Spondias mombin* montrent par ailleurs que les solvants d'extraction (eau et solution hydroéthanologique) utilisés donnent approximativement le même résultat. Une étude réalisée par Nworu *et al.* (2011) sur l'extrait méthanolique de feuille de *Spondias mombin* a obtenu un résultat de 13,7%. Uchendu et Isek (2008) ont obtenu des rendements de 1,17% et 13,9% pour l'extrait d'éther de pétrole et l'extrait d'hydroéthanol à 70%, respectivement. Les résultats de cette étude divergent de ceux des deux auteurs susmentionnés en raison du type de solvant utilisé, notamment le méthanol et l'éther de pétrole. Les résultats de cette étude divergent également de ceux d'Uchendu et Isek (2008) pour les extraits hydroéthanologiques puisque l'étude a obtenu un résultat de 24,46%, contrairement à ceux des auteurs suscités qui ont obtenu 13,9%. Cette différence peut s'expliquer par une divergence dans le processus d'obtention des extraits puisque les auteurs expliquent avoir fait une macération à froid pendant trois jours et une concentration à sec à température ambiante. Lors de notre étude, nous avons fait une macération à froid pendant 24h puis les filtrats obtenus ont été concentrés au rotavapor et lyophilisés.

En conclusion, le mode d'extraction a une influence sur l'obtention des rendements dans la plupart des cas, comme le suggère aussi l'étude de Bourgou *et al.* (2016).

### 3. Activité antiradicalaire et sélection des candidats performants

#### 3.1. Activité antiradicalaire

Le tableau 4 présente les activités antiradicalaires des extraits aqueux et hydroéthanoliques des dix plantes d'intérêts. Les  $CE_{50} \leq 10 \mu\text{g/mL}$  ont été obtenues avec les extraits aqueux de *Mangifera indica L.* ( $6,81 \mu\text{g/mL} \pm 1,04$ ), *Punica granatum L.* ( $2,8 \mu\text{g/mL} \pm 0,8$ ), *Spondias mombin L.* ( $4,2 \mu\text{g/mL} \pm 0,6$ ) et les extraits hydroéthanoliques de *Lawsonia inermis L.* ( $6,8 \mu\text{g/mL} \pm 0,09$ ), *Mangifera indica L.* ( $4,2 \mu\text{g/mL} \pm 0,6$ ), *Punica granatum L.* ( $1,83 \mu\text{g/mL} \pm 0,5$ ), *Spondias mombin L.* ( $2,6 \mu\text{g/mL} \pm 0,4$ ). La  $CE_{50}$  la plus basse a été obtenue avec l'extrait hydroéthanolique de *Punica granatum L.* ( $1,83 \mu\text{g/mL} \pm 0,5$ ).

**Tableau 4 :**  $CE_{50}$  de réduction du radical DPPH par les extraits des dix plantes d'intérêts

Matériel végétal	$CE_{50}$ ( $\mu\text{g/mL}$ )	
	Extrait aqueux	Extrait hydroéthanolique
Cire des graines de <i>Bixa orellana L.</i>	> 100	> 100
Feuilles de <i>Carica papaya L.</i>	77,47±8,6	> 100
Calice de <i>Hibiscus sabdariffa L.</i>	69,74±7,3	85,8±6,2
Feuille de <i>Lawsonia inermis L.</i>	20,2±0,9	<b>6,8±0,09</b>
Feuille de <i>Mangifera indica L.</i>	<b>6,81±1,04</b>	<b>4,2±0,6</b>
Plante entière de <i>Portulaca oleracea L.</i>	60,8±0,5	26,09±5,8
Feuille de <i>Punica granatum L.</i>	<b>2,8±0,8</b>	<b>1,83±0,5</b>
Feuille de <i>Solanum lycopersicum L.</i>	11,9±0,05	38,9±3,5
Feuille de <i>Spondias mombin L.</i>	<b>4,2±0,6</b>	<b>2,6±0,4</b>
Graine de <i>Zea mays L.</i>	> 100	> 100
<i>Acide gallique 0,88±0,05</i>		

Sur les 20 extraits analysés, sept extraits provenant des échantillons des plantes suivantes : *Lawsonia inermis*, *Mangifera indica*, *Punica granatum* et *Spondias mombin* ont montré une bonne activité antiradicalaire avec des  $CE_{50} < 10 \mu\text{g/mL}$ . Plus la  $CE_{50}$  est faible, plus l'activité est meilleure. Une valeur de  $CE_{50} \leq 10 \mu\text{g/mL}$  dans le test de DPPH indique une activité antiradicalaire très forte. Cette valeur est proche des valeurs de référence des antioxydants synthétiques, souvent considérés comme très actifs. En effet, une revue de la littérature nous a permis d'identifier une fourchette d'activité des références les plus actives [0-10] : acide ascorbique (Zhang *et al.*, 2018 ; Maws *et al.*, 2011 ; Ndri *et al.*, 2025), BHT (Tchinda *et al.*, 2014), quercétine (Zhang *et al.*, 2018) ; aussi certains extraits de plantes comme *Allamanda cathartica* ont démontré une activité plus grande que des références avec une  $CE_{50} \leq 10 \mu\text{g/mL}$  (Dissanayake *et al.* 2023). Afin de se rapprocher des valeurs des références et de présenter des extraits très actifs, nous nous sommes fixés comme critères de choix des actifs présentant une  $CE_{50} \leq 10 \mu\text{g/mL}$ .

L'activité antiradicalaire est un atout clé dans la prévention des héliodermies chez les PAA. Les sujets à peau claire comme les albinos sont en effet plus sensibles au vieillissement actinique (Meunier 2023). En effet,

l'activité antiradicalaire protège la peau contre les dommages causés par les radicaux libres qui peuvent accélérer le vieillissement cutané en provoquant des rides, des taches brunes et une perte d'élasticité (Mavon et Bacqueville, 2007 ; Meunier, 2023). Les antioxydants aident aussi à améliorer les troubles de la vision photoinduits (Birlouez-Aragon et Saavedra, 2005).

Les meilleures activités ont été obtenues avec les extraits aqueux et hydroéthanoliques de *Punica granatum*, dont les valeurs ont été respectivement de 2,8 µg/mL et 1,83 µg/mL. L'activité antiradicalaire de l'épicarpe de *Punica granatum* est bien documentée, comme le rapportent Benyahkem et Lamri (2018) avec une CE<sub>50</sub> de 4,5 µg/ml pour les extraits éthanoliques de l'épicarpe. Une autre étude réalisée par Belkacem *et al.* (2014) sur les fractions d'acétate d'éthyle des épicarpes de *Punica granatum* démontre une très bonne activité antiradicalaire avec une CE<sub>50</sub> comprise entre 0,75 à 1 µg/ml en comparaison avec l'acide ascorbique (CE<sub>50</sub> = 1,09 µg/ml). Les résultats de l'étude suscitée étaient en accord avec les résultats de l'étude présentée, démontrant que certains extraits de *Punica granatum* peuvent surpasser l'activité de témoin comme l'acide ascorbique. Peu d'études sont disponibles sur les feuilles dans la limite de nos connaissances. L'étude réalisée montre une très bonne activité des extraits hydroéthanoliques et aqueux de *Punica granatum* ; cette très bonne activité a été décrite par Mokhtari (2019) qui a rapporté des valeurs faibles de 5 µg/mL. Les résultats de cette étude divergent de ceux de l'auteur susmentionné en raison du type de solvant utilisé, notamment eau/éthanol et eau/acétone.

### 3.2. Activité photoprotectrice et sélection des candidats performants

Les extraits de plantes dotés d'indices FPS ≥ 15 se présentent en gras dans le tableau 5. Les meilleurs indices ont été obtenus par les extraits hydroéthanoliques de *Lawsonia inermis* (28,2 ± 0,33), suivi de celui du *Mangifera indica* (20,13 ± 0,02). Enfin, les extraits aqueux de *Mangifera indica* ont obtenu un indice de 18,5 ± 0,07.

**Tableau 5** : FPS des extraits présentant une CE<sub>50</sub> < 10 µg/mL

Echantillons	FPS	
	Macérât hydroéthanolique	Infusé aqueux
<b>Extrait blanc</b>	1,4 ± 0,07	1,4 ± 0,07
Homosalate	39,7 ± 0,40	39,7 ± 0,40
<b>Feuille de <i>Lawsonia inermis</i></b>	<b>28,2 ± 0,33</b>	-
<b>Feuille de <i>Mangifera indica</i></b>	<b>20,13 ± 0,02</b>	<b>18,5 ± 0,07</b>
Feuille de <i>Punica granatum</i>	8,7 ± 0,12	6,1 ± 0,2
Feuille de <i>Spondias mombin</i>	6,4 ± 0,01	4,2 ± 0,12

Aujourd'hui, plusieurs études concourent à montrer l'efficacité des filtres naturels issus du règne végétal (Aburjai *et al.*, 2019 ; Zouhri *et al.*, 2016). Au sein de ces filtres naturels, on retrouve plusieurs phytoconstituants

bioactifs comme les polyphénols (Aburjai *et al.*, 2019 ; Chebil, 2018 ; Enaud, 2018 ; Rojas *et al.*, 2016) ou encore les caroténoïdes (Shaath, 2016).

L'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (Afssaps), à partir d'un rapport établi par un groupe d'experts, a établi des recommandations qui ont ensuite été validées par la Commission Européenne du 22 septembre 2006 sous le titre : Recommandations relatives aux PPS et aux allégations des fabricants quant à leur efficacité et notifiées sous le N C (2006) 4089 (parution en France au Journal officiel L265 du 26 septembre 2006). Selon ces recommandations, les PPS sont classés selon leur niveau FPS comme suit : faible protection (FPS mesuré de 6 à 14) ; protection moyenne (FPS mesuré de 15 à 29) ; haute protection (FPS mesuré de 30 à 59) ; très haute protection (FPS mesuré supérieur ou égal à 60) (Meunier, 2008 et Beani, 2012).

L'activité photoprotectrice de *Lawsonia inermis* est bien documentée puisque certains auteurs comme Zouhri *et al.* (2016) ont également démontré des FPS d'indice moyen à supérieur [20-50] sur des extraits lipidiques et Goudjil *et al.* (2020) qui a trouvé un FPS de 43 avec des extraits méthanoliques. Ces études ont rapporté des valeurs FPS plus élevées. L'efficacité de la réponse est fonction de la présence de phytoconstituants lipophiles dans les extraits. Renforcer la crème lors de la phase de fabrication avec des composantes lipophiles de cette plante aiderait à améliorer l'efficacité du produit fini. *Lawsonia inermis* est connu pour sa richesse en quinone, notamment en naphthoquinones telles que la lawsone, qui est un traceur chimique permettant l'identification de la plante (OOAS 2013). *Lawsonia inermis* pourrait contenir, selon les données de la littérature, en plus des quinones, d'autres polyphénols comme des flavonoïdes, des tannins, des xanthonnes ou d'autres phytoconstituants comme des caroténoïdes (OOAS 2013) qui sont bien documentés pour leur activité photoprotectrice (Aburjai *et al.*, 2019 ; Chebil, 2018 ; Rojas *et al.*, 2016 ; Shaath, 2016).

Les feuilles de *Mangifera indica* ont présenté lors de cette étude des FPS de  $18,5 \pm 0,07$  pour les extraits aqueux et  $20,13 \pm 0,02$  pour les extraits hydroéthanoliques. Ces résultats sont assez proches de ceux réalisés par Patel et Mashru (2020) qui ont trouvé un FPS de 19 avec des extraits méthanoliques des feuilles de *Mangifera indica*. *Mangifera indica* est connu pour sa richesse en xanthonnes, notamment la mangiférine qui a montré des activités photoprotectrices et qui pourrait être considérée comme un marqueur d'identité de cette plante (Kawakami et Gaspar, 2015 ; Eff *et al.*, 2019). On pourrait aussi retrouver d'autres polyphénols dans les feuilles, comme les flavonoïdes et des tanins (Aouissa 2002), qui présenteraient de bonnes activités photoprotectrices.

Lors de cette étude, nous avons obtenu des FPS  $< 10$ , ce qui est jugé faible pour les extraits hydroéthanoliques et aqueux de *Punica granatum* et de

*Spondias mombin*. Nos valeurs diffèrent de celles obtenues par d'autres auteurs. Ranjithkumar *et al.* (2016) ont trouvé un FPS moyen de 21,16 avec l'huile des graines provenant du fruit de *Punica granatum* ; aussi Silva *et al.* (2016) ont rapporté un FPS de 44 dans l'extrait méthanolique de l'épicarpe de *Spondias mombin*. Ces différences peuvent s'expliquer par une variabilité en termes d'organes des plantes utilisées.

Paradoxalement, *Lawsonia inermis*, qui avait montré l'une des activités antiradicalaires les plus basses ( $6,8 \mu\text{g/mL} \pm 0,09$ ) en comparaison des autres extraits présélectionnés lors de l'étape 2 (FPS), a démontré l'indice photoprotecteur FPS le plus élevé. Cette étude a révélé que les plantes dotées de l'activité antiradicalaire la plus élevée n'ont pas toujours été celles dotées d'un FPS élevé (*P. granatum*). L'étude a montré que lorsqu'on compare les performances FPS des extraits hydroéthanoliques et des extraits aqueux de la même plante, les meilleurs résultats étaient obtenus avec les extraits les plus antiradicalaires. L'étude de Belkoucem et Boubrioua en 2022 sur des extraits bioactifs d'une Fabaceae a démontré que les extraits les plus photoprotecteurs sont ceux dotés de meilleures activités antiradicalaires pour une même plante. L'activité antiradicalaire influence les paramètres de photoprotection mais ne peut pas à elle seule résumer l'activité. D'autres paramètres participeraient au renforcement de l'efficacité photoprotectrice, comme celle rencontrée dans les extraits de *L. inermis* et de *M. indica*.

## Conclusion

L'étude a consisté à sélectionner des filtres naturels performants comme candidats pour l'élaboration d'une crème solaire au Mali. Le choix d'un filtre naturel performant repose sur deux critères essentiels que sont une bonne propriété antiradicalaire et un bon indice de protection. À l'aide de méthodes *in vitro* spectrophotométriques, nous avons analysé séparément des extraits aqueux et hydroéthanoliques de dix échantillons de plantes locales que sont : *Carica papaya*, *Hibiscus sabdariffa*, *Lawsonia inermis*, *Mangifera indica*, *Portulaca oleracea*, *Punica granatum*, *Solanum lycopersicum*, *Spondias mombin*, *Zea mays*. Au total, sur vingt potentiels candidats, sept extraits ont démontré une très bonne performance antiradicalaire avec des  $CE_{50} < 10 \mu\text{g/mL}$  : quatre extraits hydroéthanoliques (*Lawsonia inermis*, *Mangifera indica*, *Punica granatum* et *Spondias mombin*) et trois extraits aqueux (*Mangifera indica*, *Punica granatum* et *Spondias mombin*). Sur ces sept extraits, trois extraits ont répondu aux deux critères établis pour être considérés comme des filtres naturels performants : c'étaient les extraits hydroéthanoliques de *Lawsonia inermis* avec une  $CE_{50}$  de  $6,8 \mu\text{g/mL} \pm 0,09$  et un FPS de  $28,2 \pm 0,33$ , suivi de celui du *Mangifera indica* avec une  $CE_{50}$  de  $4,2 \mu\text{g/mL} \pm 0,6$  et un FPS de  $20,13 \pm 0,02$ , et les extraits aqueux de *Mangifera indica* avec une  $CE_{50}$  de  $6,81 \mu\text{g/mL} \pm 1,04$  et un FPS de  $18,5 \pm 0,07$ . Ces

deux activités précitées pourraient être bénéfiques dans la prévention des affections photoinduites cutanées ou ophtalmologiques grâce à la mise au point de formes topiques et orales. En perspective, nous proposons l'élaboration des produits de protection pour les PAA à partir des extraits des feuilles de ces deux plantes.

### **Remerciements**

Au terme de ce travail, l'auteur principal tient à remercier :

- L'ensemble du personnel de l'Institut National de Recherche sur la Médecine et pharmacopée traditionnelles (INRMPT) dirigé par Pr Rokia Sanogo pour l'appui technique, pédagogique et humain.
- Le Centre de formation, de recherche et d'expertises en sciences du médicament (CEA-CFOREM) de l'Université Joseph Ki-Zerbo du Burkina Faso dirigé par Pr Semde Rasmané pour l'appui pédagogique
- Fondation Pierre Fabre pour le financement de cette étude.

### **Contributions des auteurs**

ABAM a participé à la collecte des documents, à l'analyse des données et à la rédaction du manuscrit. MH a participé à l'analyse des données et à la rédaction du manuscrit. BMC, AD, MLD, ont participé à la correction du manuscrit. RS et RS ont conçu l'étude et ont participé à la correction du manuscrit.

**Conflit d'intérêts :** Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

**Disponibilité des données :** Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

**Déclaration de financement :** Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

### **References:**

1. Aburjai, T. et Tayseer, II. I. (2019). Green sunscreens, in book : Sunscreens, pp. 245–276, Nova.
2. Aouissa, I W-R. (2002). Étude des activités biologiques et de la toxicité aiguë de l'extrait aqueux des feuilles de *Mangifera indica L.* (Anacardiaceae), thèse de doctorat. Université de Bamako.
3. Arslan, L. (2020). Les bienfaits et les méfaits du soleil sur la santé et les risques de photosensibilisation médicamenteuse, diplôme de doctorat d'État en Pharmacie, U.F.R. des Sciences pharmaceutiques, Université de Bordeaux, France, pp 120.

4. Beani, JC (2012). Produits de protection solaire : efficacité et risques. In *Annales de Dermatologie et de Vénérologie* (Vol. 139, No. 4, pp. 261-272). Elsevier Masson.
5. Belkacem, N., Djaziri, R., Lahfa, F. (2014). Analyse phytochimique et activité antioxydante in vitro de différents extraits d'écorce de *Punica granatum* L. d'Algérie : étude comparative. *Phytothérapie* 12, 372–379. <https://doi.org/10.1007/s10298-014-0850-x>
6. Belkoucem, M. et Boubrioua, S. (2022). Analyse quantitative des extraits bioactifs d'une Fabaceae : activité antioxydante et photoprotectrice, master académique en chimie, option : chimie organique, Université Mohamed Seddik Ben Yahia-Jijel, Faculté des Sciences Exactes et Informatique, Département de Chimie (Algérie)
7. Benyahkem, M. et Lamri, K. (2018). Contribution à l'étude de l'activité antioxydante des extraits phénoliques des trois espèces : *Punica granatum* L. (*Grenadier*) ; *Zea mays* L. (Maïs) et *Lawsonia inermis* L. (Henné) (Doctoral dissertation, Université Kasdi Merbah Ouargla).
8. Birlouez-Aragon, I. et Saavedra, G. (2005). Rôle de la nutrition sur le vieillissement des yeux, *Medicine et nutrition*, 41(3), 97-107.
9. Bourgou, S., Beji, R. S., Medini, F. et Ksouri, R. (2016). Effet du solvant et de la méthode d'extraction sur la teneur en composés phénoliques et les potentialités antioxydantes d'*Euphorbia helioscopia*. *Journal of New Sciences*, 28.
10. Cabral, B., Siqueira, EM, Bitencourt, MA, Lima, MC, Lima, AK, Ortmann, CF, Zucolotto, SM (2016). Phytochemical study and anti-inflammatory and antioxidant potential of *Spondias mombin* leaves. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 26, 304-311.
11. Campos, C., Zerlotti, RM, Gomes, A., Fernandes, E., Lima, JL et Bragagnolo, N. (2011). In vitro scavenging capacity of annatto seed extracts against reactive oxygen and nitrogen species, *Food Chem.*, vol. 127.
12. Chebil, L. (2006). Acylation des flavonoïdes par les lipases de *Candida antarctica* et de *Pseudomonas cepacia*: études cinétique, structurale et conformationnelle, *Sciences agricoles*. Institut National Polytechnique de Lorraine, France, P 231.
13. Da Costa, GAF, Morais, MG, Saldanha, AA, Assis Silva, IC, Aleixo ÁA, Ferreira, JMS, Lima S. (2015). Antioxidant, Antibacterial, Cytotoxic, and Anti-Inflammatory Potential of the Leaves of *Solanum lycocarpum* A. St. Hil. (Solanaceae). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015 (1), 315987.
14. Diarra, M., Denou, A., Coulibaly, B., Togola, A., Sanogo, D., Sanogo, R., Traoré, M., Diallo D. et Noba K. (2018). Caractéristiques

- botaniques et phytochimiques de *Vernonia kotschyana* Sch. Bip. Ex Walp. Mise en culture et utilisée dans le traitement des gastrites et de l'ulcère gastroduodéal au Mali. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 12(1): 381-391.
15. Dicko, A. (2024). Accessibilité des produits ophtalmologiques et dermatologiques aux personnes atteintes d'albinisme dans les officines privées de Pharmacie de Bamako, Doctoral dissertation, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, pp 118.
  16. Dissanayake, DMWL, Bandara, JMVRJ, Tennakoon, TMSA, Kavindhya, IS, Sandeepa, KD et Ratnayake, WMKM (2024). Variation de la capacité antioxydante dans différentes parties de la plante *Allamanda cathartica* (trompette dorée). Journal académique CINEC, 6 (2).
  17. Dutra, EA, Oliveira, DAGDC, Kedor-Hackmann, ERM et Santoro MIRM (2004). Determination of sun protection factor (SPF) of sunscreens by ultraviolet spectrophotometry. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, 40, 381-385.
  18. Eff, ARY, Rahayu, T. et Saraswati, H. (2019). Formulation and Evaluation of Sunscreen Gels Containing Mangiferin Isolated from *Phaleria macrocarpa* Fruits. Int. Journal of Pharmaceutical Investigation, 9(3).
  19. Enaud, E. (2004). Fonctionnalisation enzymatique de composés phénoliques : synthèses d'esters aromatiques de flavonoïdes glycosylés catalysées par la lipase B de *Candida antarctica*, Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Lorraine, Ecole doctorale : Ressources Procédés Produits Environnement, pp 287.
  20. Goudjil, R., Mekhaldi, A., Benamar, H., Bensouici, C. et Kahoul MA (2021). Phenolic Content, Antioxidant Properties, Key Enzyme Inhibitory Potential and Photoprotective Activity of *Lawsonia inermis* L., Current Bioactive Compounds, 17(9), 65–74.
  21. Haidara, M., Amani, AC, Mariko, ABA, Gassama, M., Mahamadou, T. et Sanogo R. (2020). Enquête ethnobotanique des plantes utilisées pour la protection cutanée des personnes atteintes d'albinisme dans le district de Bamako (Mali) et analyse qualitative de *Bixa orellana* L.(Bixaceae). European Scientific Journal [Internet], 30.
  22. Jing, SL, Yen, KP et Dash GK. (2019). In vitro antioxidant and photoprotective activities of *Carica papaya* fruits, In vitro, 12 (4).
  23. Kassi, ABB, Ballo, D., Kabran, AF, Sissouma, D. et Adjou, A. (2020). Évaluation du pouvoir antioxydant et de la teneur en polyphénols totaux de six plantes médicinales utilisées dans le traitement des maladies cardiovasculaires. Journal of Applied Biosciences. 53 (1), 15788-15797.

24. Kawakami, CM et Gaspar, LR. (2015). Mangiferin and naringenin affect the photostability and phototoxicity of sunscreens containing avobenzone. *Journal of Photochemistry and Photobiology B : Biology*, 151, 239-247.
25. Kouamé, DM (2023). Étude de la qualité du maïs (*Zea mays* L.) stocké de différentes régions de la Côte d'Ivoire : valeur marchande, qualité sanitaire (Université Félix Houphouët-Boigny).
26. Laeliocattleya, RA (2019). The potential of methanol and ethyl acetate extracts of corn silk (*Zea mays* L.) as sunscreen, in AIP Conference Proceedings, vol. 2099, n° 1, AIP Publishing.
27. Lolo, WA, Sudewi, S. et Edy, HJ (2017). Determination of sun protecting factor (SPF) of krokot herbs extract (*Portulaca oleracea* L.), *Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, 2, 1-5.
28. Mansur, JS, Breder, MNR, Mansur, MCA et Azulay, RD (1986). Determinação do fator de proteção solar por espectrofotometria. *An Bras Dermatol Rio de Janeiro*, 61, 121-124.
29. Mavon, A. et Bacqueville, D. (2007). UV et peau : mécanismes et traitement du photo vieillissement, *Actualité Chimique*, 308, 35.
30. Maw, SS, Mon, MM et Oo, ZK (2011). Study on antioxidant and antitumor activities of some herbal extracts. *World Acad. Sci. Eng. Technol*, 75, 450-455.
31. Meunier L. (2008). Photoprotection : une nouvelle classification des produits de protection solaire. *Annales de Dermatologie et de Vénérologie* ;135 :157- 9.
32. Meunier, L. (2023). Bien vivre avec sa peau. *Bulletin de l'Académie des Sciences et lettres de Montpellier*, 54.
33. Mohamad, NR, Abd Gani, SS, Wahab, RA et Zaidan, UH (2018). In-Vitro Photoprotective Activities of Different Solvent Extraction of *Hibiscus Sabdariffa*, *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 22(6), 1078-1083.
34. Mokhtari, M. (2019). Étude phytochimique et activité antioxydante des feuilles de *Punica granatum* et *Prunus cerasus*, thèse de master de Biochimie, Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen, Faculté des Sciences de la nature et de la vie, Sciences de la Terre et de l'Univers Département de Biologie.
35. N'dri, QE, Kporou, KE, Ouattara, S., Beugre, AGM et Kouakou-siransy, G. (2025). Quantification des métabolites spécialisés, activités antiradicalaire et immunostimulante d'un thé codé « THE » formulé à partir d'essences aromatiques de la Côte d'Ivoire. *Pharmacopée et médecine traditionnelle africaine*, 24(1), 117-125.
36. Nworu, CS, Akah, PA, Okoye, FB, Toukam, DK, Udeh, J. et Esimone, CO (2011). L'extrait de feuilles de *Spondias mombin* L. présente un

- effet anti-inflammatoire et inhibe la formation induite du facteur de nécrose tumorale  $\alpha$  et de l'oxyde nitrique (NO). *Journal of Immunotoxicology*, 8(1), 10–16.
37. OOAS (2013). La pharmacopée des plantes médicinales de l'Afrique de l'Ouest, Kumasi : KS Printcraft GH, Ltd.
  38. Panchal, CB, Sapkal, EA, Choudhary, HD, Padhiar, JS et Deshmuk, SN (2014). Determination of Sun Protecting Factor of Pigment Isolated from *Bixa Orellana*. *International Journal for Pharmaceutical Research Scholars (IJPRS)*, 3(4), 228-231.
  39. Patel, I. et Mashru, R. (2020). Development of herbal SPF formulation. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(1), 40–44.
  40. Ranjithkumar, J., Sameesh, A. et Ramakrishnan, H. (2016). Sunscreen efficacy of *Punica granatum* (pomegranate) and *Citrullus colocynthis* (Indrayani) seed oils, *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 3, 198-206.
  41. Rojas, J., Londoño, C. y Ciro, Y. (2016). The health benefits of natural skin UVA photoprotective compounds found in botanical sources, *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 8(3), 13-23.
  42. Sánchez-Moreno, C. (2002). Méthodes utilisées pour évaluer l'activité de piégeage des radicaux libres dans les aliments et les systèmes biologiques. *Food Science and Technology International*, 8 (3), 121-137.
  43. Sayre, RM, Agin, PP, LeVee, GJ et Marlowe, E. (1979). A comparison of in vivo and in vitro testing of suncreening formulas. *Photochemistry and Photobiology*, 29(3), 559–566.
  44. Shaath, NA (2016). The chemistry of ultraviolet filters. *Principles and practice of photoprotection*, 143-157.
  45. Silva, RV, Costa, SC, Branco, CR et Branco, A. (2016). In vitro photoprotective activity of the *Spondias purpurea* L. peel crude extract and its incorporation in a pharmaceutical formulation, *Industrial Crops and Products*, 83, 509-514.
  46. Singh, M., Thrimawithana, T., Shukla, R. et Adhikari B. (2021). Extraction and characterization of polyphenolic compounds and potassium hydroxycitrate from *Hibiscus sabdariffa*, *Future Foods*, 4.
  47. Singleton, VL, Orthofer, R. et Lamuela-Raventós RM (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. In *Methods in Enzymology* (vol. 299, pp. 152–178). Academic press.
  48. Sopyan, I., Gozali, D. et Tiassetiana, S. (2018). Formulation of tomato extracts (*Solanum lycopersicum* L.) as a sunscreen lotion, *National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology*, 8(3), 453–458.

49. Tchinda Tiabou, A., Agbor, GA, Tsala, DE, Yaya, AJG, Nga, EN, Talla, E. et Frederich, M. (2014). Antioxidant activity of flavonoids isolated from the fruits of *Xylopia parviflora* (A. Rich.) Benth. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research, 6.
50. Uchendu, CN et Isek, T. (2008). Activité anti fertilité de l'extrait aqueux éthanolique de feuilles de *Spondias mombin* (Anacardiaceae) chez le rat. African Health Sciences, 8(3), 163.
51. Zhang, X., Guo, Y., Guo, L., Jiang, H. et Ji, Q. (2018). In vitro evaluation of antioxidant and antimicrobial activities of *Melaleuca alternifolia* essential oil. BioMed Research International, 2018(1), 2396109.
52. Zouhri, A., Bousfiha, A. et Aarab, L. (2017). Évaluation des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et photoprotectrices des lipides de *Lawsonia inermis*, Phytothérapie, 15(2), 67.