

Extraction, caractérisation et évaluation de l'activité antioxydante de l'huile de *Chrysopogon Nigritanus*

Absa DIOP¹, Moussa KARÉ¹, Issa SAMB^{1*} et Mohamed Lamine GAYE²

¹ Université Alioune Diop de Bambey (UADB), Département de Chimie, Équipe de Recherche Chimie Organique et Thérapeutique (ECOT), Bambey, Sénégal

² Université Cheikh Anta DIOP (UCAD), Département de Chimie, Dakar, Sénégal

(Reçu le 16 Décembre 2022 ; Accepté le 02 Février 2023)

* Correspondance, courriel : issa.samb@uadb.edu.sn

Résumé

Le *Chrysopogon Nigritanus* est une plante aromatique médicinale très utilisée en Afrique de l'Ouest particulièrement au Sénégal. Dans le présent travail l'extraction, la caractérisation et l'évaluation de l'activité antioxydante de l'huile essentielle des racines de *Chrysopogon Nigritanus* ont été réalisées dans le but de valoriser et de rationaliser son usage traditionnel. L'huile a été obtenue par l'extraction au Soxhlet des racines de *Vetiveria Nigritana*, la teneur est de 2,61 %. La chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectroscopie de masse (GC/SM) a révélé que l'huile contient 36 composés avec une forte présence des sesquiterpènes, sesquiterpénols etc. L'activité antioxydante de l'huile a été évaluée par les tests DPPH et ABTS. Les résultats obtenus ont montré que l'huile essentielle testée possède un pouvoir réducteur modéré par rapport à l'antioxydant de référence qui est l'acide ascorbique. Les CI50 sont 0,02 contre 0,71 mg/mL pour le DPPH et 0,056 contre 1,6 mg/mL pour l'ABTS.

Mots-clés : *huile essentielle, activité antioxydante, pouvoir réducteur, DPPH, ABTS, CI50.*

Abstract

Extraction, characterization and evaluation of antioxidant activity of *chrysopogon nigritanus* oil

Chrysopogon Nigritanus is an aromatic medicinal plant widely used in West Africa, particularly in Senegal. In the present work the extraction, characterization and evaluation of the antioxidant activity of the essential oil of the roots of *Chrysopogon Nigritanus* were carried out with the aim of valorizing and rationalizing its traditional use. The oil has been obtained by Soxhlet extraction of *Vetiveria Nigritana* roots, the content is 2.61 %. Gas chromatography coupled with mass spectroscopy (GC/MS) has shown that the oil contains 36 compounds with a high presence of sesquiterpenes, sesquiterpenols etc. The antioxidant activity of the oil was evaluated by DPPH and ABTS tests. The results obtained showed that the tested essential oil has a moderate reducing power compared to the reference antioxidant which is ascorbic acid. The IC50s are 0.02 versus 0.71 mg/mL for DPPH and 0.056 versus 1.6 mg/mL for ABTS.

Keywords : *essential oil, antioxidant activity, reducing power, DPPH, ABTS, IC50.*

1. Introduction

Les plantes sont une source immense de molécules chimiques complexes exploitées par l'homme dans plusieurs industries telles que l'industrie cosmétique, l'industrie agroalimentaire, et l'industrie pharmaceutique. L'homme préhistorique, qui avait très peu de moyens, devait se nourrir des produits de cueillette et de chasse. En assimilant la flore locale, il a découvert les plantes utiles et indispensables pour survivre. Ce régime, essentiellement végétarien constitue le berceau de l'utilisation des produits naturels. A cette époque, bien que les huiles essentielles ne soient pas signalées nommément, les plantes aromatiques étaient largement employées [1]. Actuellement, une augmentation de l'utilisation de composés d'origine naturelle est observée, justifiant l'accroissement de la production de certaines plantes aromatiques et médicinales (PAM). Parmi ces PAM, un bon nombre d'entre elles sont utilisées pour leurs huiles essentielles (HE) qui sont le résultat de la synthèse et de l'accumulation des composés organiques volatils présentes sous forme de minuscules gouttelettes dans les feuilles, les écorces, les fruits, la résine, les branches et les racines. Ces huiles sont cependant dotées de propriétés antioxydantes [2]. Autrement dit ces plantes renferment des substances bioactives dont la plupart sont des métabolites secondaires. Ces dernières agissent directement sur la qualité nutritionnelle et sur la santé des consommateurs de ces plantes. Il est important de noter que la nature active de ces composées peut engendrer des effets bénéfiques, aussi bien que des effets néfastes sur les organismes vivants [3]. Les pays d'Afrique, en particulier le Sénégal, de par sa localisation possède une biodiversité de première importance avec beaucoup de plantes d'intérêts thérapeutiques. Celle-ci est répartie en plusieurs familles, classée en plusieurs genres dont de nombreuses espèces. C'est ainsi que nous nous sommes intéressés à l'espèce *Chrysopogon nigritanus* du genre *Chrysopogon*, sous genre *Plantae* appartenant à la famille des *poaceae* de classe *liliopsida*. Le *Chrysopogon nigritanus* est une plante aromatique médicinale très utilisée en Afrique de l'Ouest particulièrement au Sénégal [4, 5]. Le présent travail s'inscrit dans le cadre de la recherche et la valorisation des substances bioactives telles que les substances naturelles douées d'activité antioxydante qui présentent un intérêt dans le domaine de la bio pharmacologie. Il s'agit ici d'abord de faire une extraction de l'huile essentielle des racines de la plante *Chrysopogon Nigritanus*, d'énumérer sa composition chimique par la spectroscopie de masse (GC / SM) et enfin d'évaluer l'activité antioxydante.

2. Méthodologie

2-1. Étude ethnobotanique du *Chrysopogon Nigritanus*

Le *Chrysopogon nigritanus*, plus connu sous le synonyme taxonomique de *Vétiveria Nigritana* est une grande herbe vivace dressée en touffes cespitueuses, entièrement glabre, qui atteint 3 m de hauteur. Les feuilles sont rudes, linéaires, terminées en pointe, souvent pliées, à marge scabreux. La gaine est comprimée, carénée, la ligule réduite à une ligne de poils. La grande panicule pyramidale composée de nombreux racèmes pourpres disposés en verticilles. Les épillets sont appariés, l'un sessile, hermaphrodite, l'autre pédicellé, uniquement mâle. Plante native de l'Asie du sud, elle est utilisée depuis plusieurs siècles, en Thaïlande et en Afrique subsaharienne [4].

Tableau 1 : Noms vernaculaires de la racine de vétiver

| Ethnie | Soninké | Wolofs | Peulh | Sérère | Diola |
|-------------|---------|--------|---------|---------|---------|
| Appellation | Khamaré | Ceep | Sodhorè | Sintché | Gongoli |

2-2. Utilisation en médecine traditionnelle

Différentes pharmacopées et traditions médicinales intègrent l'utilisation du vétiver.

2-2-1. Pharmacopée et médecine traditionnelle indienne

Dans les pratiques ayurvédiques, l'huile de vétiver était respectée pour son arôme spirituellement inspirant et pour ses qualités réparatrices. En conséquence, elle a été utilisée pour répondre à d'innombrables problèmes de santé, y compris les déséquilibres du tempérament psychosomatique, l'arthrite et d'autres troubles articulaires, les douleurs musculaires, les maux de tête, les fièvres, la perte d'énergie, les coups de chaleur et les problèmes de peau. Pendant les périodes de températures environnementales élevées, les propriétés rafraîchissantes de l'huile essentielle de vétiver la rendent idéale pour refroidir les températures corporelles élevées. L'huile de vétiver est devenue une partie intégrante des massages ayurvédiques pour ses capacités supplémentaires à renforcer le système nerveux en calmant les sens et en réduisant ainsi le stress et l'épuisement physique liés à une faible immunité. Avant les mariages, les mariées recevaient un massage purifiant à l'huile de vétiver [4]. Selon les médecines du sous-continent indien le vétiver possède différentes propriétés médicinales (anti-inflammatoire, antiseptique, cicatrisante, neurostimulante, sédative, immunostimulante, relaxante, tonique sanguin, antidouleur, cosmétique, soutien de la fertilité et antipyrétique).

2-2-2. Pharmacopée et médecine traditionnelle Africaine

Au Sénégal les racines de vétiver appelées « Ceep » sont utilisées pour purifier l'eau. Les jeunes filles utilisent l'infusion de racines pour soulager les crampes causées par les menstrues ou pour la toilette intime. Le macérât ou l'infusion de racine sont aussi utilisés pour calmer le stress et comme aphrodisiaque. En Casamance, la poudre de racines est utilisée pour accélérer la guérison des blessures et cicatriser les plaies ouvertes. Un autre usage traditionnel concerne l'usage des infusions ou décoction de feuilles pour traiter les maux de ventre et les douleurs menstruelles. Elles sont réputées pour le nettoyage des impuretés du ventre et d'empêcher les infections urinaires après l'accouchement. En Côte d'Ivoire où le vétiver est appelé « Gongoli », la racine de la plante est considérée comme essentielle pour la femme. Elle est réputée permettre de rétrécir le sexe féminin, prévenir ou traiter les infections vaginales ainsi que les plaies post partum. Elle est indiquée comme aphrodisiaque naturel pour la femme qui en outre lubrifie et donne un bon parfum au vagin. La racine est utilisée sous forme de macérât aqueux ou de décoction qui est bue quotidiennement [5]. La préparation d'un puissant aphrodisiaque pour la femme serait faite par insertion de brindilles de vétiver dans une bouteille contenant une infusion de graines de *Cyperus rotundus*, plante aquatique appelée « gowé en wolof ». Le tout est conservé au frais comme boisson [6]. Les racines de vétiver sont surtout utilisées et vendues comme purificateur pour l'eau. Boire une gorgée d'eau où des racines sont trempées, donne une sensation de fraîcheur comme si l'eau sortait du réfrigérateur, et dégage un parfum naturel légèrement mentholée. Ces racines sont utilisées pour éliminer les agents pathogènes de l'eau. Les propriétés essentielles font que l'eau trempée de racines de vétiver donne une bonne odeur intime lors des selles et permet l'humidification facile de l'organe féminin [6].



Figure 1 : Les racines sèches du vétiver tressé

2-3. Matériel et méthodes

2-3-1. Matériel végétal

L'échantillon de *Chrysopogon nigritanus* (CN) a été récolté au mois de septembre dans la région de Thiès au Sénégal plus précisément à Nguint, un quartier de la ville de Thiès (latitude : 14,8035° nord et longitude : 16,92586° ouest).

2-3-2. Extraction et identification de l'huile essentielle (HE) de CN

L'huile essentielle est extraite par l'extraction au solvant organique par un appareil de Soxhlet. Les racines coupées sont placées dans le Soxhlet et exposées au solvant (cyclohexane 500 mL) à reflux. Après environ 8 cycles d'extraction, le Soxhlet est retiré et le solvant chargé d'extrait de la plante est récupéré pour être concentré à sec sous vide à l'aide d'un évaporateur rotatif. La chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectroscopie de masse (CG/SM) a été effectuée avec le GC/MS SHIMADZU QP2010S.

2-3-3. Rendement d'extraction

Le rendement signifie la masse de l'extrait obtenu après évaporation du solvant par rapport à la masse initiale des racines de vétiver soumise à l'extraction. Le pourcentage en huile a été calculé.

2-3-4. Évaluation de l'activité antioxydant

2-3-4-1. Test avec le DPPH

Le principe de la méthode est basé sur la dégradation du radical DPPH. Ce dernier est un radical de coloration violette qui présente une bande d'absorption caractéristique à 517 nm liée à la résonance des électrons non appariés. En présence d'une substance antiradicalaire (antioxydant), les électrons non appariés sont capturés de façon stœchiométrique. Ce qui provoque une baisse de l'absorption liée à la décoloration de la solution de DPPH en jaune.

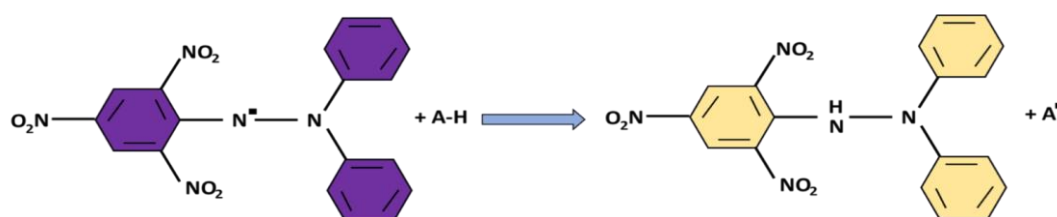


Figure 2 : Équation de réduction du radical DPPH

▪ **Mode opératoire du test avec le DPPH**

La détermination de l'activité antioxydante de l'huile essentielle de *Chrysopogon nigritanus* par le test au DPPH a été effectuée en utilisant la méthode décrite par Moyeux [7] légèrement modifiée.

▪ **Préparation de la solution de DPPH°**

Une quantité de 4 mg de poudre de DPPH° est dissoute dans 100 mL d'éthanol. La solution est conservée dans l'obscurité pour éviter une oxydation pendant 12H.

▪ **Préparation de l'échantillon**

L'échantillon a été préparé par dissolution de 62 mg d'huile dans 62 mL d'éthanol pour obtenir une concentration de 1 mg/mL. Cette solution dite solution mère subit ensuite des dilutions pour en avoir différentes concentrations 0,0185 ; 0,03745 ; 0,075 ; 0,15 mg/mL. Ces solutions sont dites solutions filles.

▪ **Préparation de l'antioxydant témoin (acide ascorbique)**

Partant d'une solution mère de 1mg/mL, nous avons effectué une série de dilutions pour avoir des solutions filles de concentrations 0,0039 ; 0,0079 ; 0,01575 ; 0,0315 mg/mL.

▪ **Préparation des essais**

Une série de tubes à essai a été préparée à l'abri de la lumière contenant 0,1 mL d'extrait à différentes concentrations de l'extrait d'huile d'une part et de l'acide ascorbique d'autre part aux quelles sont ajoutés 4 mL de la solution de DPPH° et on laisse incuber pendant 30 mn. La lecture de l'absorbance se fait au bout des 30 mn d'incubation à la spectrophotométrie à 517 nm en utilisant l'éthanol comme blanc. L'absorbance de la solution de DPPH° est mesurée à T0. Trois mesures sont effectuées pour chaque concentration testée (n = 3).

▪ **Expression des résultats**

Les résultats sont d'abord exprimés en pourcentage d'inhibition (PI) de l'activité antiradicalaire et en CI50. La CI50 s'obtient à partir du graphique représentant le pourcentage de piégeage de (PI) en fonction de la concentration (mg/mL). Cette valeur dépend de la concentration de DPPH° utilisée pour le test. Les pourcentages d'inhibitions sont calculés suivant la **Formule** :

$$PI = ((A_0 - A_i) / A_0) \times 100 \tag{1}$$

ou, A_0 est l'absorbance du DPPH° et A_i est l'absorbance après l'ajout de l'extrait à une concentration donnée après un temps donné.

2-3-4-2. Test avec l'ABTS

La méthode de radicale ABTS est l'un des tests les plus utilisés pour la détermination de l'activité anti radicalaire. Elle est basée sur la neutralisation d'un radical-cation résultant de l'oxydation mono électronique du chromophore synthétique 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonique acide) (ABTS).

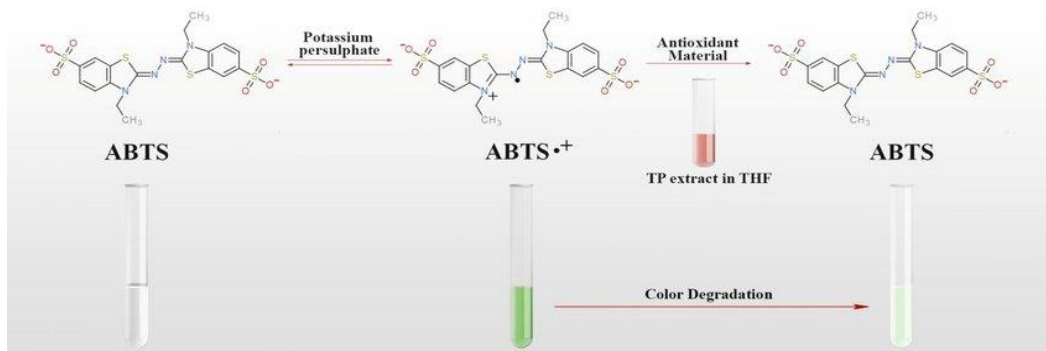


Figure 3 : Schéma représentant le processus des réactions entre l'ABTS et son radical

Cette réaction est suivie par spectrophotométrie par la variation de spectre d'absorption [8].

▪ **Protocole**

L'activité antioxydante a été également évaluée par le test de décoloration du radical cation $ABTS^{\circ+}$ selon la technique utilisée par Khan et al (2012) [9] avec une légère modification. L'ABTS a été dissous dans l'eau distillée à une concentration de 7 mM. La solution du radical cation $ABTS^{\circ+}$ a été obtenue en incubant pendant 12 à 16 heures à l'obscurité et à la température ambiante un mélange à volumes égaux de la solution mère d'ABTS avec une solution de persulfate de potassium à 2.45 mM. La solution d' $ABTS^{\circ+}$ a été diluée avec de l'éthanol jusqu'à une absorbance de 0.700 ± 0.02 à 734 nm avant utilisation. Ensuite, 1,5 mL de la solution d' $ABTS^{\circ+}$ a été mélangée avec 50 μ L d'extrait ou de la référence (acide ascorbique) à différentes concentrations (0,25 ; 0,125 ; 0,03125 ; 0,01565 mg/mL). Les absorbances sont mesurées à 734 nm après une incubation de 10 mn à l'obscurité et à température ambiante. Trois essais ont été effectués pour chaque concentration de produit testé et les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition (PI).

3. Résultats et discussion

3-1. Rendement

Après extraction et élimination des traces de solvant, le rendement obtenu est de 2,61 %. Cette teneur peut être variable et cela est due à plusieurs facteurs notamment l'interaction avec l'environnement (type de sol, climat, etc.), ainsi que le moment de la récolte et la méthode d'extraction.

3-2. Composition chimique

Les analyses de chromatographie en phase gaz couplée avec la spectroscopie de masse (GC-SM) ont montré la présence de 36 produits dans l'huile essentielle (HE) du *Chrysopogon nigritanus* (spectres en annexe). En analysant les spectres de masse des différents produits de l'HE et le spectre de l'IR, nous avons pu trouver que :

- Les sesquiterpènes (exemple : cyclosativène, etc.), les sesquiterpénols comme énuméré dans la littérature font partie de la composition chimique de l'HE du *Chrysopogon nigritanus* avec une très forte présence. Cela est confirmé en plus de la SM par l'IR avec l'apparition des bandes comme celles des phénols, des C-O alcool, des C = C aromatiques, des C = C alcènes.
- L'analyse de la SM : la comparaison des fragments avec des molécules données nous démontre l'existence des cétones sesquiterpéniques mais aucune confirmation dans l'IR (absence des bandes C = O cétones qui sort aux environs de 1700 - 1670), mais cela peut être due par des réarrangements et isomérisation de ces molécules par l'effet du chauffage.
- Pour les acides, l'analyse de la SM montre des masses de pics parents ($m/z = 234.20$, $m/z = 235.20$ et $m/z = 238$) qui sont des fragments de molécules d'acides comme l'acide isovalencénique et l'acide zizanoïque ou khusenique ($M = 234.338$ g / mol).
- En ce qui concerne les esters sesquiterpéniques, on note d'après l'analyse de la SM l'existence d'une lactone diterpénique (l'andrographolide de masse molaire $M = 350$ g/mol avec le fragment $m/z = 189$ qui provient de pertes faciles de molécules d'eau ($3H_2O$ par des réactions de déshydratation lors du chauffage) et d'un fragment de $m/z = 107$).

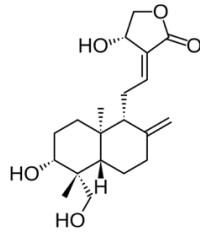


Figure 4 : Structure de l'andrographolide

Les analyses de spectroscopie de masse (GC-SM) et Infra-rouge (IR) ont permis de confirmer la présence de plusieurs composés parmi lesquels on peut citer en majorité les sesquiterpènes (vétrovone, khusimol), les sesquiterpènes lactones, les monoterpénols, les sesquiterpéniques, et les sesquiterpenones. Les squelettes de ces derniers sont bien confirmés par les spectres de GC-SM aux niveaux des pics 9.3 ; 9.9 ; 11.3 ; 11.8 ; 12 ; 12.05 ; 12.05 ; 12.2 et 12.35 (voir spectre en annexes).

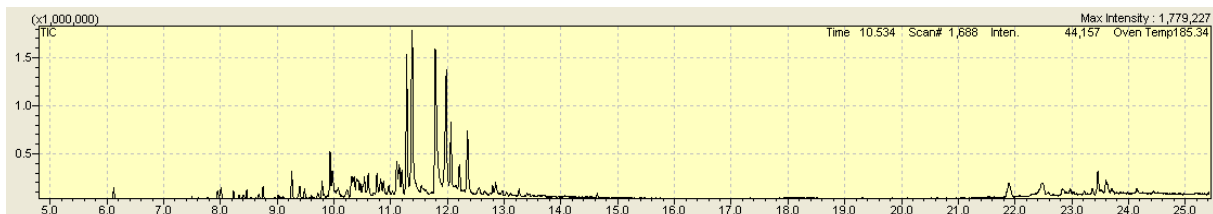


Figure 5 : Spectre GC/MS de l'huile des racines *Chrysopogon nigritanus*

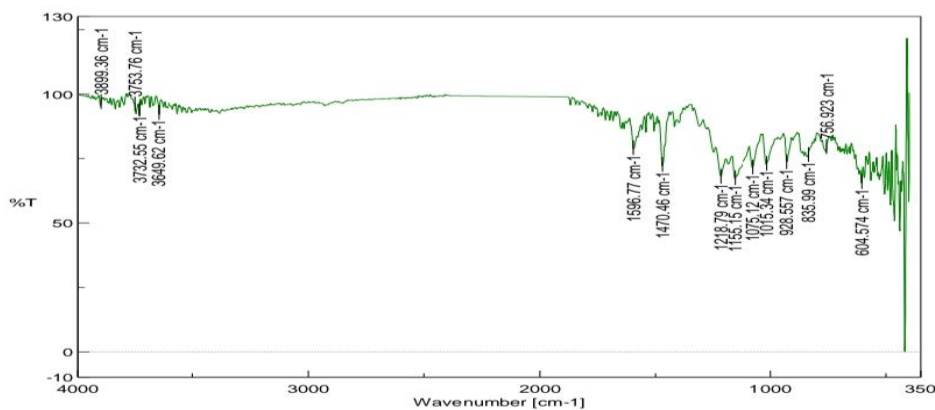


Figure 6 : Spectre de l'IR de l'huile des racines *Chrysopogon nigritanus*

3-3. Activité antioxydante de l'huile essentielle

La mise en évidence du pouvoir antiradicalaire de l'HE de *Chrysopogon nigritanus* étudiée a été réalisée par deux méthodes chimiques : le piégeage du radical libre DPPH et le piégeage du radical ABTS.

3-3-1. Test DPPH

L'activité antioxydante de l'huile extraite des racines de *Chrysopogon nigritanus* et de l'antioxydant standard (acide ascorbique) vis-à-vis du radical DPPH a été évaluée à l'aide d'un spectrophotomètre en suivant la

réduction de ce radical qui s'accompagne par son passage de la couleur violette (DPPH[•]) à la couleur jaune (DPPH-H) mesurable à 517 nm. Cette capacité de réduction est déterminée par une diminution de l'absorbance induite par des substances antiradicalaires.

Tableau 2 : Résultats test DPPH avec l'HE de CN

| Concentrations (mg/mL) | Pourcentage d'inhibition (PI) |
|------------------------|-------------------------------|
| 0,0185 | 2,84 ± 0,06 |
| 0,03745 | 3,44 |
| 0,075 | 10,33 |
| 0,15 | 11,18 ± 0,22 |

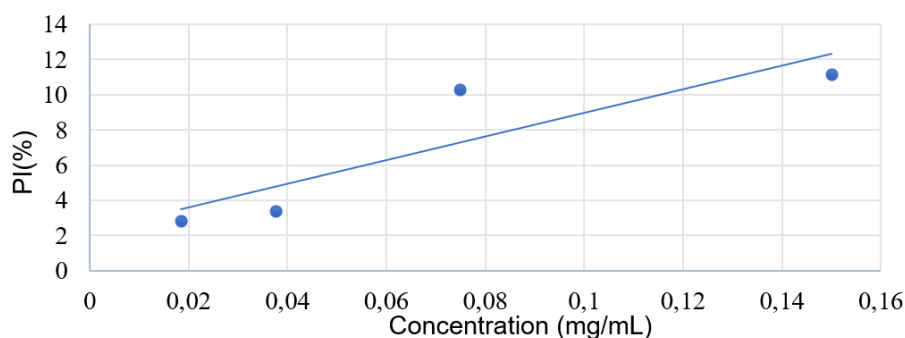


Figure 7 : Courbe d'évolution du PI en fonction de la concentration de l'HE du CN

Tableau 3 : Résultats test DPPH avec l'acide ascorbique

| Concentrations (mg/mL) | Pourcentage d'inhibition PI (%) |
|------------------------|---------------------------------|
| 0,00195 | 8,9 |
| 0,0079 | 10,96 ± 0,11 |
| 0,01575 | 33,93 ± 0,11 |
| 0,0315 | 72,18 |

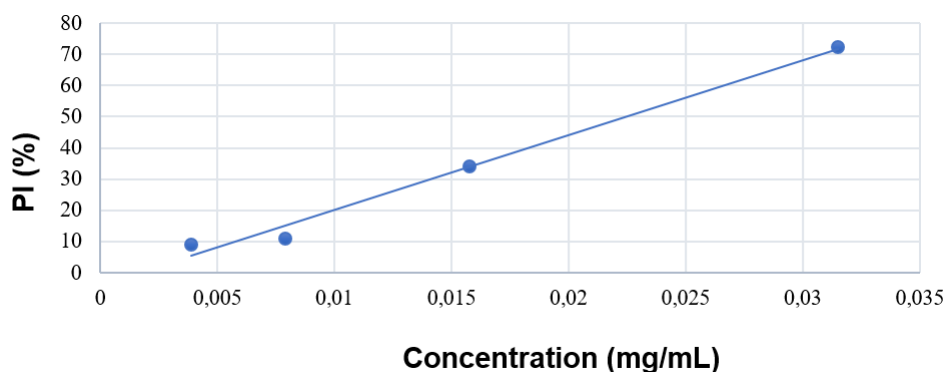


Figure 8 : Courbe d'évolution du PI en fonction de la concentration de l'acide ascorbique

3-3-2. Test ABTS

ABTS^{•+} (absorbant à 734 nm) est formé par arrachement d'un électron e⁻ à un atome d'azote de l'ABTS, ce qui entraîne la décoloration de la solution.

Tableau 4 : Résultats test ABTS avec l'HE de CN

| Concentrations (mg/mL) | Pourcentage d'inhibition PI (%) |
|------------------------|---------------------------------|
| 0,01565 | 11,46 ± 0,08 |
| 0,03125 | 12,11 |
| 0,125 | 14,08 |
| 0,25 | 17,37 ± 0,08 |

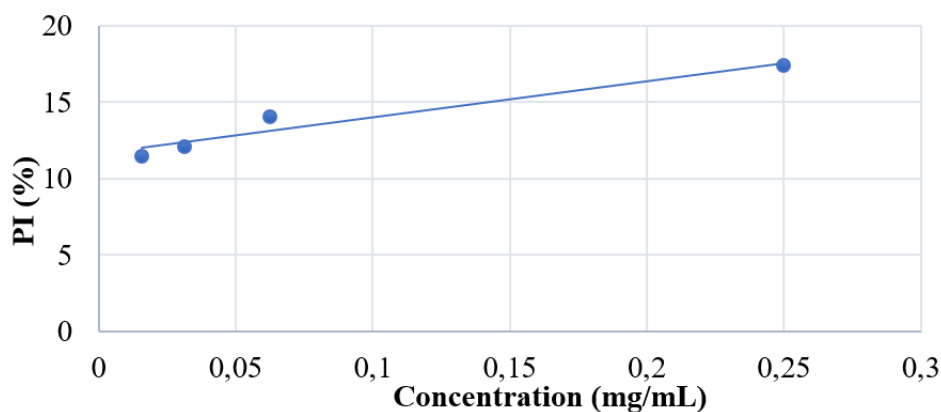


Figure 9 : Courbe d'évolution du PI en fonction de la concentration de l'HE du CN

Tableau 5 : Résultats test ABTS avec l'AA

| Concentrations (mg/mL) | Pourcentage d'inhibition PI (%) |
|------------------------|---------------------------------|
| 0,00781 | 26,99 ± 0,08 |
| 0,03125 | 31,97 |
| 0,0625 | 40,14 |
| 0,25 | 51,88 ± 0,08 |

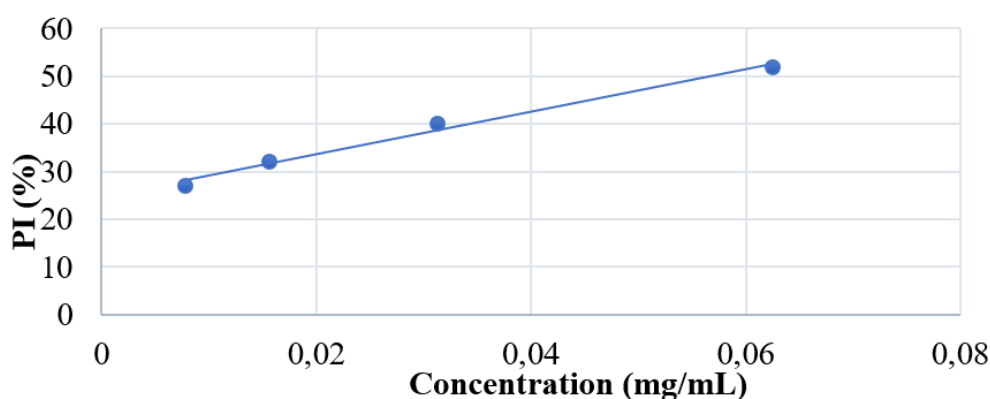


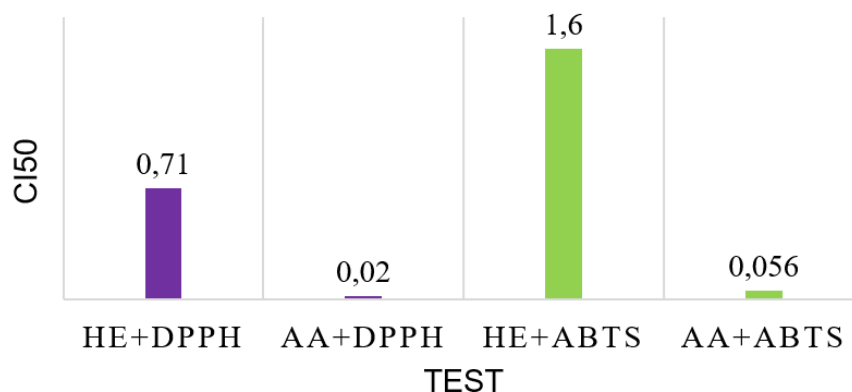
Figure 10 : Courbe d'évolution du PI en fonction de la concentration de l'acide ascorbique

3-3-3. Les valeurs des CI50 calculées à partir des courbes détalonnage

Selon [10], la CI50 est inversement lié à la capacité antioxydante d'un composé, car elle exprime la quantité d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du radical libre de 50 %. Plus la valeur de CI50 est basse, plus l'activité antioxydante d'un composé est grande [11 - 14]. Toutes les CI50 sont calculées à partir de l'équation de régression linéaire des pourcentages d'inhibition en fonction de la concentration des composés. Les valeurs des CI50 sont rapportées dans le **Tableau**.

Tableau 6 : Les valeurs des CI50 calculées à partir des courbes détalonnage

| Tests | Concentration des CI (mg/mL) |
|----------------------------|------------------------------|
| Huile avec DPPH | 0,71 |
| Acide ascorbique avec DPPH | 0,02 |
| Huile avec ABTS | 1,6 |
| Acide ascorbique avec ABTS | 0,056 |

**Figure 11 :** Diagramme représentant les CI50 des différents tests réalisés

D'après les résultats obtenus (tableau et figure), toutes les valeurs des CI50 des différents tests sont supérieures à celles marquées par l'acide ascorbique (0,71 contre 0,02 mg/mL pour le DPPH et 1,6 contre 0,056 mg/mL pour l'ABTS). Ceci montre que l'HE de *CN* étudiée (extrait par cyclohexane) a une capacité antioxydante significative mais très modérée par rapport à celle de l'acide ascorbique. On peut en tirer que ces résultats sont intéressants pour notre recherche d'activité biologique sur l'huile essentielle *Chrysopogon nigritanus* qui révèle une activité antioxydante à l'état brut. L'extraction par Soxhlet a un pouvoir d'extraction plus élevé par le fait que les extraits ne contiennent pas uniquement des huiles essentielles, mais également un bon nombre de composés tels que des cires, des pigments, des acides gras et bien d'autres substances. Cela peut expliquer les résultats de nos activités antioxydantes qui restent inférieurs à celle de notre référence.

4. Conclusion

Ce travail s'articule autour de la connaissance de l'activité antioxydante et de la composition phytochimique de l'huile essentielle d'une espèce de vétiver très commune en particulier en Afrique Subsaharienne, et, à ce jour, très peu connue scientifiquement : *Chrysopogon nigritanus*. Cette étude du pouvoir réducteur par la méthode de DPPH et celle de l'ABTS montre que l'huile essentielle des racines de *Chrysopogon nigritanus* contient beaucoup de produits biologiquement actifs et une activité antioxydante modérée par rapport à la référence (acide ascorbique). L'ensemble de ces résultats obtenus ne constituent qu'une première étape dans la recherche de substances naturelles biologiquement actives de l'huile de *Chrysopogon nigritanus*. Les résultats préliminaires obtenus sont particulièrement intéressants en ce qui concerne l'extraction par Soxhlet, les GC-SM et les premiers essais de mesure de l'activité antioxydante. Il ouvre cependant une belle perspective de trouver un financement pour la suite des travaux de recherche et il serait donc nécessaire et intéressant de faire des études approfondies sur l'huile de *Chrysopogon nigritanus* à savoir avec d'autres méthodes d'extraction dans le but d'avoir une huile essentielle plus propre et plus fine ainsi que d'autres tests biologiques par rapport à l'utilisation traditionnelle et la pharmacopée de *Chrysopogon nigritanus*.

Références

- [1] - TAREK BEN ABDELKADER, Biodiversité, bioactivité et biosynthèse des composés terpéniques volatils des lavandes ailées, *lavandula stoechas sensu lato*, un complexe d'espèces méditerranéennes d'intérêt pharmacologique. Thèse de doctorat, Université Jean Monnet-Saint Etienne, (2002)
- [2] - RACHID ISMAILI et al. Étude de l'action antioxydante des huiles essentielles de plantes aromatiques et médicinales marocaines. *Journal scientifique européen*, 13 (12) (2017) 323
- [3] - FERITAS HADJER et BEN YOUSEF FATIMA ZOHRA, Approche photochimique et activités biologiques (in vitro et vivo) d'une plante médicinale : *SILYBUM MARIANUM L.* Mémoire de master. Université des Frères Mentouri Constantine, (2018)
- [4] - P. CHAMPAGNAT et al. Une étude sur la composition des huiles essentielles de Vétiver de différentes origines géographiques. *Journal de recherche sur les huiles essentielles*, 18 (4) (2006) 416 - 422
- [5] - <https://limafoodboat.com/tout-sur-lhuile-de-vetiver>
- [6] - <https://lavierebelle.org/vetiver-etonnante-plante-primitive>
- [7] - P. MOLYNEUX, The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxydant activity. *J Sci Techno*, 26 (2003) 211 - 219
- [8] - JIRI and al., Fully automated spectrometric protocols for determination of antioxydant activity : advantages and disadvantages. *Molécule*, (15) (2010) 8618 - 8640
- [9] - KHAN et al., Activité antioxydante, teneur en polyphénols totaux et en flavonoïdes totaux des extraits de plantes entières *Torilis Ceptophylla L.* BMC Médecine complémentaire et alternative, 12 (22) (2012)
- [10] - I. LAIB and M. BARKAT, Antioxydant activity of the essential oil from the flowers of *lavandula stoechas*. *Journal of pharmacognosy and phytherapy*, 4 (7) (2012) 96 - 101
- [11] - POLJSAK and al., Achieving the balance between ROS and antioxydants. When to use the synthetic antioxydants. *Oxydative medicine and cellular longevity*, (2013) 1 - 11
- [12] - MOUFFOUK CHAIMA, Évaluation des activités biologiques et étude de la composition chimique de la plante *Scabiosa stellata L.* Thèse de doctorat. Université de Batna 2, (2019)
- [13] - M. DIENG et al., Dosage des phénols et activité antioxydante de feuilles et d'inflorescences mal de *Borassus Aethiopum*, Mart. (Arecaceae). *Int. J. Bio. Chem. Sci.*, 9 (1) (2015) 1067 - 1071
- [14] - W. BRAND-WILLIAMS, M. E. CUVELIER, C. BERSSET, Utilisation d'une méthode radicalaire pour évaluer l'activité antioxydante. *Science et technologie alimentaires*, 8 (1) (1995) 25 - 30

Annexes

Spectres GC/MS détaillés des composés