

Effet du solvant et de la méthode d'extraction sur la teneur en composés phénoliques et les potentialités antioxydantes d'*Euphorbia helioscopia*

S. BOURGOU^{1*}, R. SERAIRI BEJI^{1,2}, F. MEDINI¹, R. KSOURI¹

¹Laboratoire des Plantes Aromatiques et Médicinales, Centre de Biotechnologie de Borj-Cédria, BP 901, 2050 Hammam-Lif; Tunisie.

²Ecole Supérieure des Sciences et Techniques de la Santé de Tunis, BP 176, Bab Souika, Tunisie.

*Corresponding author: bourgousoumaya@yahoo.com

Abstract - This work proposes to optimize the parameters extraction of phenolic compounds from the aerial part of *Euphorbia helioscopia* native Sidi Thabet. The following first stage was designed to study to study the effect of solvent polarity and extraction technique on antioxidant capacities of the species. The results showed that the mixed aqueous extracts and have high levels of phenolic compounds, irrespective of the solvent used. Moreover, depending on the solvent studied, it was noted that the decoction showed high levels of the compounds. As against, the acetone and 70% ethanol extracts show strong antioxidant capabilities. The second step was devoted to the study of the effect of three extraction techniques on the antioxidant capacity of *E. helioscopia*. The results revealed that the sonication is most suitable for the extraction of phenolic compounds and thus showing high levels of polyphenols and very high antioxidant capacities relative to soxhlet and simple maceration extraction.

Keywords: *Euphorbia helioscopia*, phenolic compounds, antioxidant activity, solvent extraction, extraction techniques.

Résumé - Ce travail propose d'optimiser les paramètres d'extraction des composés phénoliques de la partie aérienne d'*Euphorbia helioscopia* originaire de Sidi Thabet. La première étape suivante fut destinée à l'étude de l'effet des différents solvants d'extraction sur les teneurs des composés phénoliques et les capacités antioxydantes de cette espèce. Les résultats ont montré que les extraits aqueux et ceux mixtes possèdent des teneurs élevées en composés phénoliques, ceci indépendamment du solvant utilisé. D'autre part, en fonction du solvant étudié, on a remarqué qu'au niveau de la partie aérienne, le décocté a montré les fortes teneurs en composés. Par contre, les extraits acétoniques et éthanoliques à 70% montrent les fortes capacités antioxydantes. La deuxième étape a été consacrée à l'étude de l'effet de 3 techniques d'extraction sur la capacité antioxydante d'*E. helioscopia*. Les résultats ont révélé que la sonication est la plus convenable pour l'extraction des composés phénoliques et montrant ainsi les fortes teneurs en polyphénols et des activités antioxydantes très élevées par rapport au soxhlet et à la macération.

Mots clés: *Euphorbia helioscopia*, composés phénoliques, activité antioxydante, solvant d'extraction, techniques d'extraction.

1. Introduction

L'histoire de la médecine à base des plantes a été connue depuis l'antiquité. Les plantes médicinales représentent une riche source d'antimicrobiens et d'antioxydants. Un certain nombre de plantes médicinales ont été consacrées pour traiter différentes maladies chez l'homme et les animaux (Saddiqi et al 2010), ceci est dû à la présence des molécules bioactives. Parmi ces composés bioactifs on trouve les alcaloïdes et les composés phénoliques (Hota 2007). Ces derniers constituent le principal groupe des métabolites secondaires ayant une forte capacité antioxydante (Macheix et al. 2005). Dans le cadre de la recherche de nouvelles molécules extraites des plantes et l'utilisation des organismes halotolérants de la flore tunisienne comme source de molécules bioactives, il nous a paru intéressant d'étudier des espèces extrêmophiles. Celles-ci ont déjà montré des résultats spectaculaires : des teneurs

élevées en composés phénoliques par comparaison aux glycopytes médicinales, une activité antioxydante dépassant parfois celle des antioxydants de synthèse, une activité anti-inflammatoire ainsi qu'une activité anticancéreuse marquante (Ksouri et al. 2012). La famille des *Euphorbiacées*, représentée par un large nombre de genres et d'espèces dans le monde, a déjà fait preuve d'être parmi ces plantes médicinales. Parmi les espèces de cette famille, notre intérêt s'est porté sur une euphorbe: *Euphorbia helioscopia*. Etant donné l'absence de recherche en Tunisie menée sur cet espèce, nous avons entrepris d'explorer et de comparer les potentialités biologiques de cet euphorbe utilisé en Tunisie, comme ailleurs, en médecine traditionnelle. Dans ce cadre nous sommes intéressés à l'étude de quelques paramètres qui influencent l'activité antioxydante et les teneurs en composés phénoliques tels que la nature du solvant et la méthode sur la capacité antioxydante de la partie aérienne d'*Euphorbia helioscopia*.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel végétal

Cette étude a porté sur une euphorbe *Euphorbia helioscopia*. La collecte a été effectuée au stade floraison, au début du mois d'Avril dans la localité de Sidi Thabet située à une soixantaine de kilomètres au nord-ouest de Tunis. Une fois ramenée au laboratoire, la partie aérienne de la plante a été séchée à l'ombre dans un endroit sec. L'échantillon a été ensuite broyé en poudre fine grâce à un broyeur à billes (type Dongoumeau) puis conservé dans des piluliers à l'obscurité pour les analyses ultérieures.

2.2. Optimisation des paramètres d'extraction des composés phénoliques

2.2.1. Recherche du meilleur solvant d'extraction

Dans cette première partie, on a choisi d'extraire la poudre végétale par macération simple en variant la polarité du solvant. Huit systèmes de solvants ont été choisis séparément acétone, éthanol et méthanol à l'état pur et ces mêmes solvants à 70% et eau à froid et à chaud. Les extraits sont préparés en ajoutant 10 ml du solvant d'extraction à 1 g de poudre végétale. Après une agitation pendant 30 minutes, le mélange est gardé au repos pendant 24 heures à 4°C. En outre, une décoction a été réalisée en portant un mélange constitué de 1g de matière végétale et 10 ml d'eau ultrapure à ébullition pendant 10 min. Les différents extraits obtenus sont filtrés à l'aide d'un papier Wattman N°4 (filtre sans cendre) et conservés à 4 °C pour les analyses ultérieures.

2.2.2. Recherche de la meilleure méthode d'extraction

Une fois les meilleurs solvants ont été choisis, l'étude de l'effet de la technique d'extraction a été analysée. Pour cela l'extraction a été faite par sonication et par soxhlet. Concernant la sonication, 1g de matière végétale est mélangé avec 10 ml du solvant choisi. Le mélange est agité par vortex pendant 1 min, puis extrait dans un bain à ultrason pendant 15 min. L'extrait est ensuite filtré avec du papier filtre sans cendre (Wattman N°4) puis conservé à 4°C. Concernant l'extraction par soxhlet, une quantité de 20g de poudre végétale (partie aérienne) sont placés dans une cartouche en présence de 200 ml du solvant choisi. L'extraction a duré 24 heures. L'extrait est récupéré, filtré avec du papier filtre sans cendre (Wattman N°4) puis conservé à 4°C.

2.3. Dosage des composés phénoliques

2.3.1. Polyphénols totaux

Une prise de 125 µl de l'extrait dilué 10 fois est mélangée avec 500µl d'eau distillée et 125µl du réactif de Folin-Ciocalteu. Après une agitation vigoureuse du mélange suivie d'un repos de 3min, une prise de 1250 µl de $\text{CO}_3(\text{Na})_2$ à 7 % est additionnée. Enfin le mélange obtenu est ajusté par de l'eau distillée à 3 ml. Après un repos de 90 min à l'obscurité, la lecture de l'absorbance est effectuée à une longueur d'onde de 760 nm. La gamme étalon est préparée avec de l'acide gallique à des concentrations variant de 50 à 500 mg.l⁻¹. Les teneurs en polyphénols sont exprimées en mg d'équivalent acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG.g⁻¹ MS).

2.3.2. Flavonoïdes totaux

Une prise de 0.25 ml de chaque extrait dilué 5 fois a été additionnée de 0.075 ml de NaNO_2 (5%). Le mélange est laissé pendant 6 min avant d'ajouter 0.15 ml de chlorure d'aluminium (AlCl_3 , 6 H_2O , 10%)

fraîchement préparé. Une seconde incubation de 5 min à une température ambiante est effectuée, suivie de l'ajout de 0.5 ml de NaOH (1M). Le mélange est par la suite ajusté avec de l'eau distillée à un volume final de 2.5 ml. La lecture de l'absorbance a été faite à 510 nm. La gamme étalon est préparée avec de la catéchine à des concentrations croissantes allant de 50 à 500 mg.l⁻¹. Les teneurs en flavonoïdes sont exprimées en mg d'équivalent catéchine par gramme de matière sèche (mg EC.g⁻¹ MS).

2.4. Activités antioxydantes

2.4.1. Capacité antioxydante totale

Ce test est basé sur la réduction du molybdène (VI) en molybdène (V) par l'extrait de plante. Cette réduction induit, à pH acide, la formation du complexe phosphate/Mo (V) de couleur verte (Prieto et al. 1999). Une aliquote de 0,1 ml d'extrait est combinée à 1 ml de solution composée d'acide sulfurique (0.6 N), de phosphate de sodium (28 mM) et de molybdate d'ammonium (4 mM). Les tubes sont incubés à 95°C pendant 90 mn. Après un repos de 6 minutes à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 695 nm contre un blanc contenant du méthanol à la place de l'extrait. Comme pour les polyphénols totaux, l'activité antioxydante totale est exprimée en mg d'équivalent acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG.g⁻¹ MS).

2.4.2. Piégeage du radical DPPH

Selon la méthode de Hanato et al. (1988), une prise d'essai de 1ml de l'extrait à différentes concentrations (0.125; 0.250; 0.5; 5; 10; 20 mg.ml⁻¹) est mise en présence de 250 µl d'une solution de DPPH (0.2mM dans le méthanol). Le mélange demeure pendant 30 min au repos et à l'obscurité pour incubation, ensuite l'absorbance est mesurée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible contre un témoin (sans extrait). Les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition calculé suite à la diminution de l'intensité de la coloration du mélange selon l'équation:

$$PI = (DO \text{ témoin} - DO \text{ extrait} / DO \text{ témoin}) * 100 \quad (1)$$

PI: pourcentage d'inhibition (ou CI₅₀)

DO témoin: absorbance du témoin

DO extrait: absorbance de l'extrait

La réalisation de la cinétique de cette activité permet de déterminer la concentration qui correspond à 50% d'inhibition (CI₅₀), la valeur de CI₅₀ la plus faible correspond à l'efficacité de l'extrait la plus élevée.

2.5. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées en exploitant un logiciel STATISTICA où le test de DUNCAN est utilisé au seuil de significativité de $p < 0.05$.

3. Résultats et discussion

3.1. Choix du solvant d'extraction sur le rendement et les teneurs en polyphénols et flavonoïdes totaux

Dans la première partie de cette étude, quatre solvants de polarité croissante ont été employés pour l'extraction des composés phénoliques à partir d'*Euphorbia helioscopia*, à savoir l'éthanol (polarité de 5.2), l'acétone (polarité de 5.4), le méthanol (polarité de 6.6) et l'eau (polarité de 9.0). Les 3 premiers solvants ont additionnés de 30% de l'eau distillée. De plus, l'extraction avec l'eau a été envisagée à froid et à chaud (décocté). La variabilité des teneurs en polyphénols et en flavonoïdes totaux dans la partie aérienne d'*Euphorbia helioscopia* en fonction du solvant d'extraction sont indiquées dans le tableau 1. Les résultats décrits dans ce tableau révèlent une influence significative du pouvoir d'extraction du solvant sur le rendement. Les solvants mixtes se sont montrés particulièrement efficaces. En effet, le méthanol (70%), l'éthanol (70%) et l'acétone (70%) présentent les plus forts rendements suivi par les extraits purs et ceux aqueux. De plus, les résultats indiquent que les teneurs en polyphénols et en flavonoïdes totaux varient significativement selon le solvant utilisé, avec des teneurs allant de 2.77 mg EAG. g⁻¹ MS à 28,5 mg EAG. g⁻¹ MS pour les PPT et de 5.66 à 30.70 mg. EQ. g⁻¹ MS pour les FVT. La comparaison des teneurs en PPT entre les solvants nous a permis d'établir cet ordre:

Décocté > eau > éthanol 70% > acétone 70% > méthanol > éthanol > méthanol 70% > acétone.

Alors que pour les flavonoïdes totaux, les extraits peuvent être classés selon cet ordre: Décocté > éthanol 70% > méthanol pur > eau > éthanol pur > acétone pure > acétone 70% > méthanol 70%. Par ailleurs, la richesse d'*E. helioscopia* en composés phénoliques dans notre étude est en accord avec les travaux de Jelassi et al. (2012) qui se sont intéressés aux extraits éthanoliques et méthanoliques de l'espèce tunisienne, ils rapportent des teneurs en PPT variant de 13,54mg EAG. g⁻¹ MS à 21.27 mg EAG. g⁻¹ MS. Toutefois, ils rapportent des teneurs moindres en flavonoïdes que ceux obtenus dans nos extraits variant de 1.69 à 5.32 mg EQ g⁻¹ MS. Une telle différence serait dû au fait que ces chercheurs ont travaillé sur deux parties séparés (tige, feuilles) de la partie aérienne alors que nos résultats sont rapportés pour la partie aérienne entière. C'est ainsi que l'eau apparaît comme étant le solvant le plus efficace à extraire les polyphénols et les flavonoïdes totaux chez *E. helioscopia*. De plus, la supériorité du décocté par rapport au macérât aqueux suggère que la température jouerait un effet positif améliorant l'extraction. En outre, mis à part le méthanol, l'addition de 30 % d'eau distillée à l'acétone et à l'éthanol a augmenté de façon remarquable leurs pouvoirs extractants. Ces résultats sont en accord avec ceux de plusieurs auteurs qui ont révélé que les solvants mixtes sont très efficaces à extraire les polyphénols. Selon Mohammedi et Atik (2011) l'utilisation de solvants mixtes aboutit à un fort enrichissement des extraits en polyphénols. La supériorité des solvants mixtes seraient dues à l'augmentation de la solubilité des composés phénoliques dans les extraits obtenus par des solvants mixtes comparés à ceux obtenus par des solvants purs (Trabelsi et al. 2010).

3.2. Activités antioxydantes

La variabilité de l'activité antiradicalaire et de l'activité antioxydante totale chez *E. helioscopia* en fonction du solvant utilisé sont indiquées dans le tableau 1. Les résultats révèlent que l'activité antiradicalaire chez *E. helioscopia* est significativement influencée par la nature du solvant d'extraction. On remarque que les différents extraits présentent une forte capacité à piéger le radical DPPH avec des valeurs de la CI₅₀ allant de 5 à 62.5 µg/ml. Par ailleurs, les extraits à l'acétone pure, à l'acétone (70%) et l'éthanol (70%) ont montré les activités antiradicalaires les plus importantes en affichant les CI₅₀ les plus faibles de l'ordre de 5, 6 et 8 µg/ml, respectivement. De plus, ces activités sont deux fois plus fortes comparées à l'antioxydant de synthèse le BHT, largement utilisé en industrie, et qui présente une CI₅₀ égale à 11.5 µg/ml. En outre, la nature du solvant utilisé affecte de façon significative l'activité antioxydante totale de l'extrait. En effet, l'activité varie de 3.65 à 27.51mg EAG g⁻¹MS, avec la meilleure activité enregistrée au niveau de l'extrait à l'acétone (70%) (27.51mg EAG. g⁻¹MS) suivi du décocté (24.2 mg EAG g⁻¹MS). De plus, on note que l'extrait à l'éthanol (70%) présente une ATT importante de 17.31 mg EAG. g⁻¹ MS. Nos résultats sont en accord avec ceux de Trabelsi et al. (2012) qui ont montré que l'acétone mixte avait une forte capacité antioxydante. En effet, certains composés non phénoliques peuvent réagir avec le réactif de Folin-Ciocalteu, mais ne sont pas efficaces en tant que piègeurs de radicaux libres (l'acide citrique, le sulfate ferreux, le D-glucose).

Tableau 1. Variation des activités antioxydantes (AAT. test DPPH) de la partie aérienne d'*Euphorbia helioscopia* en fonction du solvant d'extraction.

Solvants	AAT (mg EAG.g ⁻¹ MS)	DPPH (CI ₅₀ en µg/ml)
Ethanol pur	3.65	14.50
Acétone pur	4.11	6.00
Méthanol pur	9.91	14.00
Ethanol 70%	17.31	8.00
Acétone 70%	27.51	5.00
Méthanol 70%	14.08	30.53
Eau	19.83	62.5
Décoctée	24.2	12.5
BHT		11.50

En vue de ces différents résultats, les extraits acétoniques à 70% et éthanoliques à 70% apparaissent comme les plus doués d'activités antiradicalaire et antioxydante totale tout en étant riches en PPT et FVT et avec un haut rendement, ces deux solvants ont été choisis comme étant les plus appropriés pour l'extraction des composés antioxydants chez *E. helioscopia*. De plus, pour optimiser encore plus la capacité antioxydante de la plante, l'effet de la technique d'extraction a été analysé; pour cela 2 autres techniques couramment utilisées notamment le soxhlet et la sonication ont été choisis et comparés à la macération.

3.3. Effet de la méthode d'extraction

3.3.1. Rendement, teneurs en polyphénols et en flavonoïdes totaux

Les résultats relatifs aux variations des teneurs en PPT et en FVT ainsi que le rendement sont indiqués dans le tableau 2. D'après les résultats obtenus on remarque une amélioration du rendement par extraction par sonication (2.50% pour l'acétone (70%) et 2.20% pour l'éthanol (70%)) comparée à la macération (2.25% pour l'acétone (70%) et 1.85% pour l'éthanol (70%)) alors qu'on assiste à une baisse des rendements lors de l'utilisation du soxhlet (1.20% pour l'acétone (70%) et 1.70% pour l'éthanol (70%)). La macération et le soxhlet sont considérés comme étant des méthodes conventionnelles d'extraction des composés phénoliques approuvées par divers auteurs pour leurs efficacités (Liu et al. 2013). Les ultrasons perturbent la structure de la paroi cellulaire induisant ainsi la lyse des cellules et accélérant la diffusion des molécules à travers les membranes et en brisant les membranes cellulaires. Les ultrasons sont l'avantage de réduire considérablement le temps d'extraction et d'augmenter le rendement d'extraction. Ceci est en accord avec nos résultats qui révèlent que les plus importants rendements ont été mentionnés par la méthode d'extraction par sonication avec des valeurs allant de 25 mg/ml pour l'acétone (70%) à 22 mg/ml pour l'éthanol (70%) suivi par la méthode d'extraction par simple macération et enfin la méthode d'extraction par soxhlet qui affiche les rendements les plus faibles. Par ailleurs mis à part l'extrait à l'acétone (70%) obtenu par soxhlet. les résultats ont montré que les extraits acétoniques et éthanoliques à 70% obtenus par les deux méthodes d'extraction (soxhlet et sonication) accusent un net enrichissement en PPT (37.28 et 45 mg EG.g⁻¹ MS respectivement) par rapport à ceux obtenus par macération (21 et 23.7 mg EG.g⁻¹ MS). la plus forte teneur étant enregistrée dans l'éthanol (70%) obtenue par soxhlet. Ces résultats nous permettent d'établir cet ordre:

sox E70% >soni E70% >soni A70% > mac E70% > mac A70% >sox A70%

Concernant les FVT, l'utilisation du soxhlet et de la sonication dans le cas de l'acétone (70%) améliore l'extraction de ces composés alors que les teneurs restent voisines de ceux de la macération quand on utilise l'éthanol (70%). Ces résultats nous permettent d'établir cet ordre:

mac E70% >sox E70% >soni E70% >soni A70% >sox A70% >mac A70%

Nos résultats montrent que la méthode d'extraction influence significativement le rendement et les teneurs en composés phénoliques chez *E. helioscopia* et que l'extraction par sonication et par soxhlet permettent un enrichissement des extraits en PPT et en FVT comparée à la macération. Des résultats similaires indiquant une variation significative des teneurs en PPT et en FVT en fonction de la technique utilisée ont été rapportés par plusieurs travaux. Conformément à nos résultats, Annegowda et al (2011) ont montré chez *Bauhinia purpurea* que les extraits obtenus par sonication présentent des teneurs élevés en PPT et en FVT, comparés à ceux obtenus par soxhlet et par macération.

Tableau 2. Variation du rendement et des teneurs en polyphénols et en flavonoïdes totaux de la partie aérienne d'*Euphorbia helioscopia* obtenues par différents méthodes d'extraction

Méthode d'extraction	Rendement (%)	PPT (mg EAG.g ⁻¹ MS)	FVT (mg EQ.g ⁻¹ MS)
Sox A70%	1.20	5.61	7.09
Sox E70%	1.70	44.45	16.71
Soni A70%	2.50	27.91	10.14
Soni E70%	2.20	36.85	10.66
Mac A70%	2.25	21.00	3.71
Mac E70%	1.85	23.70	17.38

3.3.2. Activité antioxydante

Afin d'optimiser encore la méthode d'extraction des composés antioxydants chez *E. helioscopia*, une comparaison des activités antioxydantes des extraits obtenus par les trois techniques décrites précédemment, a été réalisée. Les variations des teneurs en activités antioxydante totale et antiradicalaire dans la partie aérienne d'*E. helioscopia* en fonction de la méthode d'extraction sont indiquées dans le tableau 3.

Tableau 3. Variation des activités antioxydantes (AAT et test DPPH) de la partie aérienne d'*Euphorbia helioscopia* en fonction de la méthode d'extraction

Méthode d'extraction	AAT(mg EAG.g ⁻¹ MS)	DPPH (IC 50% en µg/ml)
Sox A 70%	48.80	10.10
Sox E 70%	103.02	4.80
Soni A70%	80.59	6.40
Soni E 70%	52.96	3.60
Mac A70%	27.51	5.00
Mac E 70%	17.31	8.00
BHT		11.5

Les résultats montrent que l'éthanol (70%) obtenu par sonication présente la plus importante capacité à piéger le radical DPPH (CI₅₀= 3.6 µg/ml) suivi du même solvant obtenu par soxhlet (CI₅₀= 4.8 µg/ml). Ces activités antiradicalaires sont plus élevées que celles obtenues par macération (CI₅₀= 8 µg/ml pour l'éthanol 70% et 5 µg/ml pour l'acétone 70%). Curieusement on constate que l'extraction par sonication et par soxhlet affectent négativement le pouvoir antiradicalaire de l'extrait acétone 70%. Ces résultats nous permettent d'établir cet ordre:

Soni E70% >sox E70% > mac A70% >soni A70% > mac E70% >sox A70%

En accord avec nos résultats, Annegowda et al. (2011) ont révélé que les extraits obtenus par sonication sont est plus efficaces à piéger le radical DPPH comparés à ceux obtenus par macération. En ce qui concerne l'activité antioxydante totale, elle varie significativement en fonction de la méthode d'extraction utilisée (tableau.3). Nos résultats nous a permis d'établir cet ordre:

Sox E70% >soni A70% >soni E70% >sox A70% > mac A70% > mac E70%

On constate surtout un enrichissement des extraits par extraction par les 2 systèmes sonication et soxhlet de 3 à 6 fois plus que les teneurs obtenues par macération. En effet les teneurs varient de 48.8 à 103.02 mg EAG g⁻¹MS pour les extraits acétoniques (70%) et éthanoliques (70%), obtenus respectivement par soxhlet et de 80.59 mg EAG g⁻¹MS à 52.96 mg EAG g⁻¹MS pour les mêmes extraits obtenus respectivement par sonication. Une amélioration de la capacité antioxydante des extraits obtenus par sonication a été révélée par Annegowda et al. (2011) qui ont montré que les meilleures activités antioxydantes sont obtenues par la méthode des ultrasons comparée au soxhlet et à la macération.

En conclusion, les résultats montrent une amélioration des pouvoirs antioxydants des extraits d'*E. helioscopia* et ce en utilisant les méthodes d'extraction par sonication et par soxhlet par rapport à la simple macération avec une légère supériorité de l'extrait l'éthanol (70%). De plus, l'augmentation de l'activité antioxydante s'accompagne d'un net enrichissement en PPT et en FVT et une amélioration du rendement d'extraction. Même si les deux techniques ont présenté des résultats intéressants, on peut considérer que la sonication à l'éthanol (70%) est la meilleure technique d'extraction des composés antioxydants à partir de la partie aérienne d'*E. helioscopia* et ce en se basant sur la comparaison des paramètres de chaque technique. En effet, le soxhlet est une méthode assez lourde qui présente plusieurs inconvénients, y compris: (1) la nécessité d'utiliser de grands volumes de solvants organiques (2) une longue durée d'extraction et (3) la dégradation des composés ciblés en raison de la haute température et des réactions enzymatiques (Santana et al. 2009). Alors que la sonication est une méthode rapide nécessitant des délais d'extraction relativement courts et une faible consommation de la quantité du solvant (Khoddami et al. 2013).

4. Conclusion

A l'issue de ce travail, on a montré qu'*E. helioscopia* exhibe une activité antioxydante élevée mise en évidence via différents systèmes. De plus, la plante s'est avérée riche en composés phénoliques principalement des flavonoides. Notre étude a révélé que la sonication est la méthode adéquate pour extraire les composés antioxydants de cette plante. Des travaux sont nécessaires pour isoler et identifier les composés responsables de cette activité antioxydante élevée.

5. References

- Annegowda HV, Bhat R, Tze LM, Karim AA, Mansor SM (2011)** The free radical scavenging and antioxidant activities of pod and seed extract of *Clitoria fairchildiana* (Howard) - an underutilized legume. *J Food Sci Technol* 50: 535-41.
- Hatano T, Kagawa HT, Okuda T (1988)** Two new flavonoids and other constituent in licore root: their relative astringency and radical scavenging affects. *Chem Pharm Bull* 36: 1090-2097.
- Hota B, Ellenbogen C, Hayden MK, Aroutcheva A, Rice TW, Weinstein RA (2007)** Community-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* skin and soft tissue infections at a public hospital: do public housing and incarceration amplify transmission. *Arch Intern Med* 167:1026-33.
- Jelassi Ben Mohamed Maoulainine A, Hassen I, and Ould Mohamed Salem Ould Boukhari A (2012).** Antioxidant proprieties of methanolic and ethanolic extracts of *Euphorbia helioscopia*. (L.) aerial parts. *Inter Food Res J* 19: 1125-1130.
- Khoddami A, Wilkes MA and Roberts TH 2013.** Techniques for Analysis of Plant Phenolic Compounds. *Molecules*.18: 2328- 2375.
- Ksouri R, Megdiche W, Falleh H, Trabelsi N, Boulaaba M, Smaoui A, Abdely C (2012)** Influence of biological, environmental and technical factors on phenolic content and antioxidant activities of Tunisian halophytes. *Compt Rend Biol* 331: 865-873.
- Liu JB, Chen F, Chen J, Xu Q, Xia D, Wang Z, and Li Y (2013)** Magnetic signature of environmental change reflected by lacustrine sediments from the *Ningwu Gonghai* Lake. Shanxi. China: a record of Humid Medieval Warm Period. *Chinese Sci Bull* 49:447-464.
- Macheix JJ, Fleuriet A, Jay-Allemand C (2005)** Les composés phénoliques des végétaux: Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. pp. 192.
- Mohammedi Z, Atik F (2011)** Impact of solvent extraction type on total polyphenols content and biological activity from *Tamarix aphylla* (L.) karst. *Inter J Pharma Bio Sci* 2:609-615.
- Prieto P, Pineda M, Aguilar M (1999)** Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Analyt Biochem* 269:337-341.
- Santana ALBD, Maranhão CA, Santos JC, Cunha FM, Conceição GM, Bieber LW, Nascimento MS (2010)** Antitermitic activity of extractives from 368 Biodegradation - Life of Science three Brazilian hardwoods against *Nasutitermes corniger*. *Inter Biodet Biodeg* 64: 7-12.
- Siddiqui MH, Mohamed Al-Wahaibi H, Mohammed Basalah O (2010)** Role of nitric oxide in tolerance of plants to abiotic stress. *Protoplasma* DOI 10.1007/s00709-010-0206-9.
- Trabelsi N, Megdiche W, Ksouri R, Falleh H, Oueslati S, Bourgou S, Hajlaoui H, Abdely C (2010)** Solvent effects on phenolic contents and biological activities of the halophyte *Limoniastrum monopetalum* leaves. *Food Sci Tech* 43: 632-639.
- Trabelsi N, Falleh H, Jallali I, Ben Daly A, Hajlaoui H, Smaoui A, Ksouri R, Abdely C (2012)** Variation of phenolic composition and biological activities in *Limoniastrum monopetalum* L. organs. *Acta Physiol Plant* 34:87-96