

Type of the Paper (Original paper)

Evaluation de l'effet anti-oxydant des extraits de l'espèce Saharo-Endémique (*Myrtus nivellei* Batt & Trab.) obtenus *in situ* et *in vitro*

Meriem TOUAIBIA^{1,*}, Fatma Zohra CHAOUCH², Noria SMAÏL³, Fairouz SAÏDI¹

¹ Département de Biologie, Université Saad Dahleb de Blida, Algérie.

² Département d'Agronomie, Université Saad Dahleb de Blida, Algérie.

³ Laboratoire des produits Naturels, Université Mouloud Maameri de Tizi Ouzou, Algérie.

* Meriem TOUAIBIA, e-mail:biomeriem@hotmail.com

Received: 27/05/2014 /Accepted:25/07/2014

Résumé: *Myrtus nivellei* Batt & Trab. est une plante saharo-endémique, très réputée au sud algérien pour ses vertus thérapeutiques en médecine populaire. Cependant, ses usages restent, toutefois, exclusivement limités au savoir-faire ancestral. Ce travail apporte une première contribution à l'investigation du pouvoir anti-oxydant des extraits méthanoliques de cette espèce récoltée *in situ* ainsi que des calcs multipliés *in vitro*.

Les analyses spectrophotométriques effectuées ont montré que l'extrait méthanolique de la plante récoltée *in situ* s'est avéré plus riche en polyphénols par rapport à l'extrait des calcs. Il a éventuellement exprimé un bon pouvoir de capture des radicaux libres avec une $EC_{50}=0,98$ mg/ml, et un très bon pouvoir inhibiteur de la peroxydation de l'acide linoléique estimé à 74,01%, qui s'est avéré largement supérieur à celui exprimé par l'acide ascorbique (50,57%) utilisé comme contrôle positif. Néanmoins, les extraits méthanoliques préparés à partir des calcs ont exprimé le meilleur pouvoir chélateur des ions Fe^{2+} estimé à 66,71%.

Mots clés: *Myrtus nivellei* Batt & Trab., anti-oxydant, *in situ*, *in vitro*, extraits méthanoliques.

I. Introduction

L'utilisation des antioxydants de synthèse est actuellement remise en cause en raison des risques toxicologiques potentiels. Désormais, de nouvelles sources végétales d'antioxydants naturels sont recherchées [1]. En effet, les composés phénoliques sont des molécules naturelles très répandues dans le règne végétal. Ces derniers regagnent une importance croissante grâce à leurs effets bénéfiques sur la santé [2]. Leur rôle d'antioxydants naturels suscite un très grand intérêt, notamment pour la prévention et le traitement du cancer, des maladies inflammatoires et cardiovasculaires [3]; ils sont également utilisés en tant qu'additifs en industrie agroalimentaire, en pharmacie et en cosmétologie. *Myrtus nivellei* Batt & Trab. une espèce saharo-endémique, restreinte aux montagnes du Tassili n'Ajjer, Tassili n'Immidir, Tefedest et des massifs de l'Ahaggar algérien [4]. Elle apparaît au delà de 1400 à 2000 mètres d'altitude [5]. Cette plante est listée parmi les espèces en voie de disparition (décret exécutif N°93-285 du 23/11/1993 fixant la liste des espèces végétales protégées en Algérie).

Cette plante est très réputée au sud algérien pour ses vertus thérapeutiques en médecine populaire [6,7]. Pour traiter le mal de gorge et la fièvre, ses feuilles sont préparées en décoction avec des figues et des raisins secs, elles sont utilisées pour traiter les problèmes gastro-intestinaux, les mycoses et le diabète ainsi que les problèmes hépatiques [8]. Les baies très sucrées sont consommées soit fraîches ou séchées pour traiter les aphtes de la sphère bucco-dentaire [7]. Les feuilles sont utilisées également comme produit de beauté en macération dans du beurre fondu, servant à coiffer les cheveux et à parfumer le corps [9]. La population locale l'utilise aussi comme ressource pastorale pour la faune domestique, comme aromate ou condiment culinaire, et parfois même comme matériaux de l'artisanat et à la construction d'habitats ou à la production énergétique au même titre que l'acacias, l'olivier, le ficus et bien d'autres espèces encore, ainsi que pour teinter les peaux d'animaux destinées à la fabrication de sacs et des ceintures.

Dans ce papier, nous ferons le point, pour la première fois, sur la composition en polyphénols des extraits de *M nivellei* Batt & Trab. obtenus *in situ* et *in vitro*, ainsi que leurs éventuels effets anti-oxydants. Cette étude s'intègre également dans le contexte plus global de la mise en valeur de la biodiversité des plantes aromatiques algériennes, ainsi que dans le cadre de la préservation des espèces endémiques du Sahara central.

II. Matériel et méthodes

II.1. Matériel végétal *in situ*

Les rameaux feuillés de *M nivellei* Batt & Trab. ont été récoltés sur des pieds adultes, à 146 km du chef lieu de la wilaya de Djanet, cette station est située à 94,8 km au sud de *Ihrir*, faisant partie du parc national du Tassili (tableau1). Le séchage est effectué dans une étuve réglée à 75°C durant 72h. La masse végétale séchée est ensuite réduite en poudre fine et bien conservée jusqu'à son utilisation.

Tableau 1: Coordonnées géographiques du site de récolte *M nivellei* Batt & Trab.

Région	Localisation	Altitude	Latitude	Longitude	Période de récolte	Etage bioclimatique
Tassili n'Ajjer	Wilaya de Djanet	2018 m	24°59' Nord	8°07' Ouest	09/2013	Aride à hiver frais (Sahara central)

II.2. Mise en place et suivi des cultures *in vitro*

Des cals ont été initiés à partir de limbes foliaires issus de vitro-semis, sur un milieu MS [10], contenant une combinaison hormonale équilibrée (Kinetine/ANA ou Kinetine/2,4-D: 0,5/0,5 mg/l) et additionné de saccharose (30g/l), de gélose (8g/l) et des vitamines de Morel. Des cals primaires se sont développés après 6 semaines, les cultures ont été entretenues par repiquages successifs chaque 21 jours. Les cals sont récupérés après 12 semaines, séchés ensuite broyés en poudre fine et bien conservés pour la suite des travaux.

II.3. Extraction

Elle est réalisée par épuisements de la poudre végétale à chaud par Soxhlet dans le méthanol, l'extrait brut obtenu est soumis à une double filtration, puis concentré à l'évaporateur rotatif [11]. Le résidu sec récupéré est pesé pour déterminer son rendement et conservé au frais, dans un flacon sombre bien fermé, jusqu'à leur usage.

II.4. Dosage

Les extraits obtenus ont été soumis à une série de dosages spectrophotométriques afin de quantifier leur teneur en polyphénols totaux selon la méthode Folin-Ciocalteu [12].

Un millilitre de la solution à analyser, contenant 1mg de l'extrait méthanolique sec, est ajouté à 46 ml d'eau distillée et 1 ml de FCR, l'ensemble est bien homogénéisé. Après trois minutes, 3 ml d'une solution de carbonate de sodium (2%) sont ajoutés au mélange, qui est maintenu en agitation permanente durant 2 heures à température ambiante, l'absorbance est lue à 760 nm. L'indice de Folin-Ciocalteu est exprimé en microgramme équivalent acide gallique par milligramme d'extrait sec ($\mu\text{g eq Ac gallique/mg ES}$), on utilise une gamme-étalon établie dans les mêmes conditions avec de l'acide gallique. La concentration des composés phénoliques est calculée selon l'équation obtenue à partir de la courbe d'étalonnage.

II.5. Evaluation du pouvoir anti-oxydant des extraits

Le pouvoir antioxydant des extraits a été évalué par le test DPPH [13]. Le pouvoir inhibiteur de la peroxydation de l'acide linoléique est déterminé par la méthode thiocyanate [14]. Cependant, le pouvoir chélateur des ions Fe^{2+} est mesuré selon le protocole rapporté par Decker et Welch [15].

III. Résultats et Discussion

III.1. Caractérisation physico-chimiques des extraits obtenus

Les extraits méthanoliques (MeOH) issus de la plante obtenue *in situ*, présentent une couleur marron très foncé avec un rendement de 59,15%, alors que les extraits des cals ont plutôt une couleur vert foncé associée à un rendement de l'ordre de 40,45% (tableau 2).

Tableau 2: Aspects, couleurs et rendements des extraits obtenus.

	Nature de l'extrait	Rendement de l'extrait (%)	Aspect de l'extrait	Couleur de l'extrait
In vitro	Extrait MeOH	40,45	Collant pâteux	Vert foncé
In situ	Extrait MeOH	59,15	Collant pâteux	Marron foncé

Touaibia et Chaouch [16] ont rapporté que le rendement des extraits de cette plante varie en fonction du protocole d'extraction choisi, de la nature du solvant utilisé, ainsi que de la période de récolte de cette plante, les extraits de cette plante récoltés au moi de Mai, ont présenté un rendement de 11,12% pour le macérât éthanoliques et 12,45% pour l'extrait méthanolique. Il paraît ainsi clairement que ce dernier atteint son maximum lorsque la plante est récoltée en pleine floraison.

III.2. Résultats des analyses spectrophotométriques

Les extraits ont été soumis à un dosage spectrophotométrique, afin de déterminer la teneur des polyphénols (tableau 3) dans l'extrait méthanolique de la plante obtenue *in situ*, qui se sont montrés nettement plus élevés que leurs homologues obtenus à partir des cals.

Tableau 3: Dosage des composés phénoliques dans les extraits méthanoliques.

Paramètre	Etalon sélectionné	Longueur d'onde (nm)	Teneur ($\mu\text{g eq/mg ES}$)*	
			<i>In situ</i>	<i>In vitro</i>
Polyphénols totaux	Acide gallique	760	348	73

*microgramme équivalent/milligramme d'extrait sec

Pour pallier au faible taux des polyphénols dans l'extrait obtenu *in vitro*, il conviendrait probablement de jouer sur certaines conditions de culture (l'intensité et/ou la durée d'éclairage) afin d'optimiser la synthèse de ces métabolites. Dans ce même contexte, une série de travaux portant sur l'optimisation des conditions de culture de *Fagopyrum esculentum* ont permis d'obtenir des quantités intéressantes en polyphénols, mais qui suggèrent l'exposition des cals à un éclairage permanent 24h/24h [17].

Bahorun et *al.* [18] ont rapporté que l'introduction de l'acide shikimique au milieu de culture augmente le rendement en polyphénols, ces résultats rejoignent aussi les observations faites par Shah et Mehta [19], qui ont amélioré la production de *Crotalaria* en introduisant différents acides phénoliques dans le milieu de culture.

En comparant ces résultats avec ceux obtenus dans un travail antérieur [16], nous pouvons conclure que la variation saisonnière n'influe pas sur la teneur en polyphénols des extraits méthanoliques obtenus *in situ* de cette plante. Cependant, cette dernière est fortement influencée par la nature chimique du solvant utilisé ainsi que la méthode d'extraction utilisée.

Selon Gardeli et *al.* [20], la teneur de l'extrait méthanolique en polyphénols chez *M. communis* varie entre 352 et 373 $\mu\text{g eq/mg ES}$, et atteint son maximum en période de pleine floraison. Cependant, Ammar et *al.* [21] rapportent que sa teneur égale 227 $\mu\text{g eq/mg ES}$.

III.3. Résultats du test DPPH

Une réduction de l'absorbance du DPPH en solution est observée avec l'augmentation de la dose des extraits (figure 1 et figure 2).

Les extraits ont manifesté un pouvoir anti-oxydant en piégeant les molécules du radical libre DPPH, mais cette capacité est d'une puissance accrue avec l'acide ascorbique, alors que l'extrait des cals a présenté une capacité faible en comparaison avec les contrôles positifs.

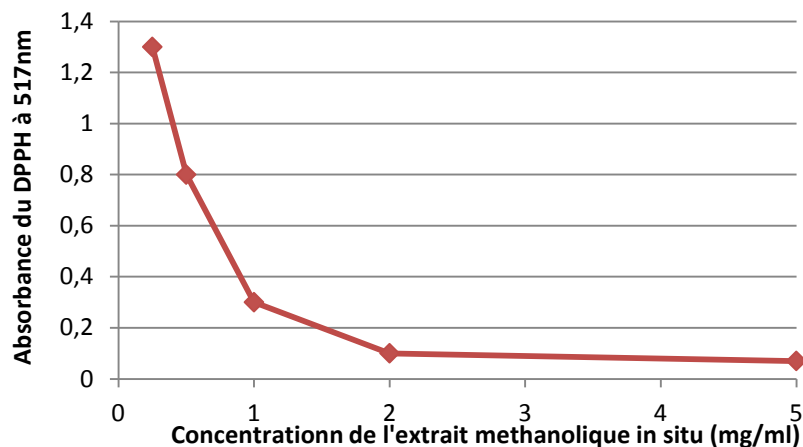


Figure 1: Réduction de l'absorbance du DPPH en fonction de la dose de l'extrait de *M. nivellei* Batt & Trab. (*in situ*)

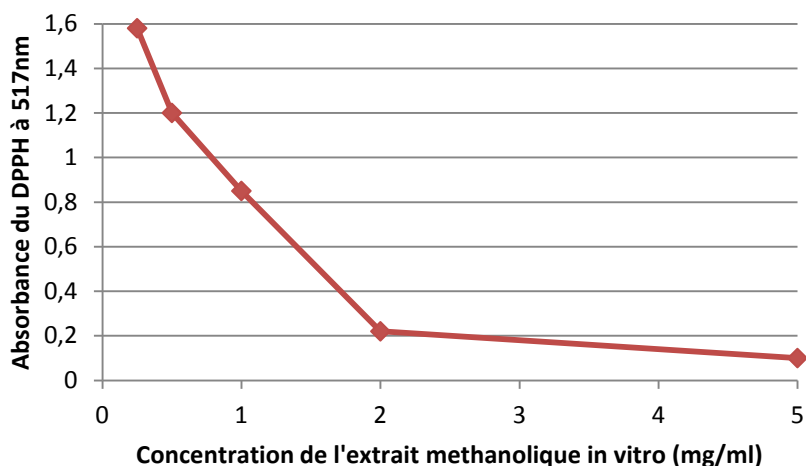


Figure 2: Réduction de l'absorbance du DPPH en fonction de la dose de l'extrait de *M nivellei* Batt & Trab. (*in vitro*)

Les valeurs EC₅₀ déterminées en mg/ml expriment la concentration efficace de l'extrait anti-oxydant nécessaire pour le piégeage et la réduction de 50% de molécules de DPPH mises en solution dans le méthanol (Tableau 4). Un autre paramètre exprimant la puissance anti-radicalaire à été calculé nommé "ARP" qui est égale à 1/EC₅₀.

Selon les résultats enregistrés, l'extrait de la plante obtenue *in situ* est doté d'un bon pouvoir anti-oxydant (EC₅₀=0,98mg/ml), meilleur que celui exprimé par l' α -tocophérol (EC₅₀=0,99mg/ml), mais il reste d'une efficacité moindre par rapport à celle exprimée par l'acide ascorbique et la quercétine respectivement. L'extrait des cals a présenté un pouvoir anti-oxydant très faible avec une EC₅₀=1,44mg/ml.

Pour l'acide ascorbique (Cp), la réaction de réduction du DPPH en solution est rapide et instantanée. Le changement de couleur, exprimant le passage du radical DPPH de la forme oxydée (DPPH[•]) à la forme réduite stable (DPPH-H), se fait dans un temps extrêmement court où l'état d'équilibre est atteint immédiatement et la réduction est presque complète.

En comparant les résultats obtenus avec les extraits de la plante et les standards, on peut classer l'activité et la puissance anti-oxydante selon l'ordre suivant:

Acide ascorbique > quercétine > extrait de la plante (*in situ*) > α -tocophérol > extrait des cals (*in vitro*)

Tableau 4: Effet anti-oxydant des extraits de *M nivellei* Batt & Trab.

Substance chimique testée	% d'inhibition	EC ₅₀ (mg/ml)	PAR
Extrait méthanolique (<i>in situ</i>)	52,00	0,98	1,02
Extrait méthanolique (<i>in vitro</i>)	33,49	1,44	0,69
Quercétine (Cp)	85,56	0,43	2,33
Alpha tocophérol (Cp)	51,27	0,99	1,01
Acide ascorbique (Cp)	86,62	0,39	2,56

L'activité anti-oxydante des extraits dépend essentiellement du taux des polyphénols accumulés durant le cycle végétatif de la plante [22]. La EC₅₀ de l'espèce *M communis* L., rapportée par les travaux de Gardeli et al. [20] est incluse entre 0,17 et 0,95mg/ml, ils ont aussi démontré que les extraits de *M communis* L. récoltés en période estivale étaient les plus anti-oxydants.

Il a été démontré que les molécules anti-oxydantes telles que l'acide ascorbique, l' α -tocophérol ainsi que les composés phénoliques réduisent et décolorent le radical DPPH à cause de leur capacité à céder l'hydrogène [23,24,25,26]. La richesse de l'extrait méthanolique *in situ* en composés

phénoliques témoigne de son remarquable effet anti-oxydant enregistré par rapport à son homologue *in vitro*. Les valeurs de l' EC_{50} des extraits méthanoliques de l'espèce méditerranéenne *Myrtus communis* L., rapportée dans un travail antérieur [27] ont montré également que l'extrait *in situ* avait un excellent effet anti-oxydant ($EC_{50}=0,69\text{mg/ml}$) par rapport à l'extrait *in vitro*. Cela revient au fait que les composés phénoliques sont plus abondants dans les plantes adultes.

III.3. Résultats de l'activité anti-peroxydasique de l'acide linoléique

Pour évaluer l'action des extraits sur l'inhibition de la peroxydation de l'acide linoléique, le test a été prolongé sur une période d'une semaine (168h). L'extrait obtenu *in situ* et celui préparé à partir des cals ont respectivement montré, des pourcentages d'inhibition de la lipo-peroxydation qui se sont avérés largement supérieurs au contrôle positif (tableau 5).

Tableau 5 : Pourcentages d'inhibition de la peroxydation de l'acide linoléique.

Extraits de <i>M nivellei</i> Batt & Trab.	Pourcentage d'inhibition (%)
<i>In situ</i>	74,01
<i>In vitro</i>	82,88
Acide ascorbique (Cp)	50,57

Quant à l'aspect biochimique des cals, Thorpe et Gasper [29] ont montré une augmentation de l'activité peroxydasique au cours de la formation de cals issus de différents explants, et ont constaté que la perte de l'activité caulogène d'un cal correspond à une perte graduelle de l'activité peroxydasique. Cet accroissement de l'activité peroxydasique préalable à l'initiation des bourgeons végétatifs pourrait indiquer une réduction du niveau auxinique endogène. Cet accroissement de l'activité peroxydasique préalable à l'initiation des bourgeons végétatifs pourrait indiquer une réduction du niveau auxinique endogène.

III.4. Résultats du pouvoir chélateur du fer

Le pourcentage de chélation des ions Fe^{2+} exercé par l'acide ascorbique est égal à 43,22%, il paraît être dix fois plus important, que celui de la quercétine n'ayant exprimé que 4,98% (figure 3). Quant aux extraits testés, nous pouvons déduire que l'extrait des cals présente un pouvoir chélateur de 66,71%, ce dernier est largement supérieur à son homologue *in situ* (3,31%) ainsi qu'à celui des contrôles positifs (Quercétine :4,98%, Acide ascorbique:43,22%).

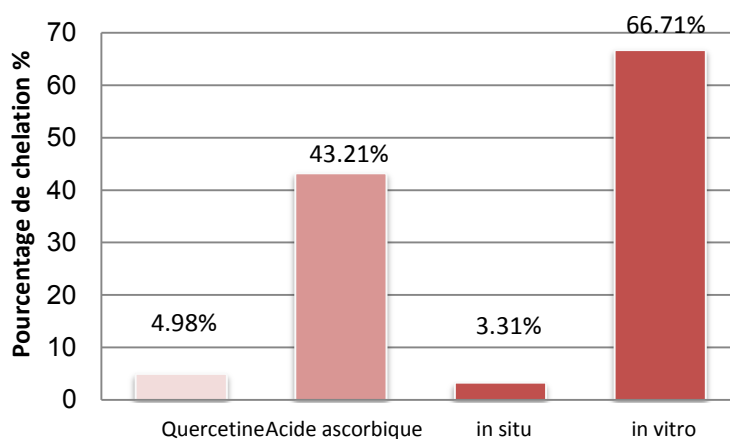


Figure 3: Pouvoir chélateur des ions Fe^{2+} exercé par les extraits de *M nivellei* Batt & Trab. obtenus *in situ* et *in vitro*

D'après Gardeli et al. [20], l'extrait méthanolique de *M communis* L. exerce un important effet chélateur en pourcentage de réduction des ions Fe^{2+} estimé entre $63,4\pm 0,4$ et $70,2\pm 2,3$ mmol Fe^{2+}/l , il a aussi confirmé qu'il varie significativement selon les saisons.

IV. CONCLUSION

Les extraits méthanoliques de *Myrtus nivellei* Batt & Trab. obtenus *in situ* et *in vitro* sont potentiellement riches en composés polyphénoliques et peuvent être considérés comme une source naturelle très importante de constituants phytopharmaceutiques utilisés pour éradiquer les radicaux libres responsables de nombreuses pathologies.

Cependant, ces extraits sont constitués d'un mélange de plusieurs composés de nature chimique différente. Il est ainsi très probable qu'ils contiennent des molécules susceptibles d'avoir des propriétés anti-oxydantes similaires à celle de l'acide ascorbique, ce qui ouvre de larges perspectives pour établir des études plus approfondies afin de les isoler et les identifier.

V. Références

- [1] Tadhani, M.B., Patel, V.H., et Subhash, R. In vitro antioxidant activities of Stevia rebaudiana leaves and callus. Journal of Food Composition and Analysis. 20 (2007) 323-329.
- [2] Koechlin-Ramonato, C. Oxygen, oxidative stress and antioxidant supplementation, or another way for nutrition in respiratory diseases. Nutrition Clinique et Métabolique. 20 (2006) 165-177.
- [3] Vârban, D.I., Duda, M., Vârban, R., et Muntean, S. Research Concerning the Organic Technology for *Satureja Hortensis* L. Culture. Bulletin UASVM Agriculture. 66 (2009) 225-229.
- [4] Ozenda, P. Flore du Sahara. Edition CNRS. Paris. 1977. 623p.
- [5] Maka, M. Fleurs du Sahara, arbres et arbustes au cœur de leurs usages avec les touareg du Tassili. Phytotherapia. 2 (2004) 191-197.
- [6] Bouzabata, A., Bazzali, O., Cabral, C., Gonçalves, M.J., Cruz, M.T., Bighelli, A., Cavaleiro, C., Casanova, J., Salgueiro, L., Tomi, F. New compounds, chemical composition, antifungal activity and cytotoxicity of the essential oil from *Myrtus nivellei* Batt & Trab., an endemic species of Central Sahara. Journal of Ethnopharmacology. 149 (2013) 613-620
- [7] Hammiche, V., Maiza, K. Traditional medicine in Central Sahara: pharmacopeia of Tassili N'ajjer. Journal of Ethnopharmacology. 105 (2006) 358-367.
- [8] Maiza, K. Pharmacopée traditionnelle saharienne: Sahara algérien. Thèse de doctorat. Université AbouBakr Belkaid (Ph.D.).Algerie. 2008. p. 386.
- [9] Wichens, G.E. Ecophysiology of economic plants in arid and semi arid lands. Edition Springer. 1998. 343p.
- [10] Murashige, T., Skoog, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiology of plants. 15 (1962) 473-497.
- [11] William, B. J. The original of the Soxhlet extractor. Journal of chemical education. 84 (2007) 1913-1915
- [12] Slinkard, K. et Singleton, V.L. Total phenol analyses: Automation and comparison with manual methods. American journal of viticulture. 28 (1977) 49-55.
- [13] Cuendet, M., Hostettmann, K., Potterat, O. Iridoid glucosides with free radical scavenging properties from *Fagraea blumei*. Helvetica. Chimica. act. 80 (1997) 1144-1152.
- [14] Jayaprakasha, G.K., Singh, R.P., Sakariah, K.K. Antioxidant activity of *Vitis vinifera* extracts on peroxidation modes in vitro. Food chemistry. 73 (2001) 285-290.
- [15] Decker, E.A., Welch, B. Role of ferritin as a lipid oxidation catalyst in muscle food. Journal of Agricultural and food chemistry. 38 (1990) 674-677.
- [16] Touaibia, M. et Chaouch, F.Z. Evaluation de l'activité anti-oxydante des extraits aqueux, méthanolique et éthanolique de l'espèce saharo-endémique *Myrtus nivellei* Batt et Trab. (Myrtaceae). international journal of applied science. 6 (2014) 407-413
- [17] Pousset, J.L. Plantes médicinales africaines: utilisation pratique. Paris. (1989). In: Keita, Y., Koné, O., Ly, A.K., Häkkinen, V. Étude chimique et de l'activité anti-bactérienne des distillats de quelques variétés de mangue de Guinée. Comptes rendus de chimie. 1 (2004) 1095-1100.
- [18] Bahorun, T. Substances naturelles actives: La flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle. Edition Mauritius. 1997. 133p
- [19] Shah, R.R. et Mehta, A.R. Influence of phenolic acids on growth and production of phenolic compounds in *Crotalaria callus* cultures. Bangladesh journal of botany. 7 (1978) 51-57.

- [20] Gardeli, C., Vassiliki, P., Athanasios, M., Kibouris, T. et Komaltis, M. Essential oil composition of *Pistacia lentiscus* L. et *Myrtus communis* L.: Evaluation of antioxidant capacity of methanolic extracts. Food chemistry. 107 (2008) 1120-1130.
- [21] Ammar, H., Lopez, S. et Gonzalez, J.S. Assessment of the digestibility of some mediterranean shrubs by in vitro techniques. Animal feed science and technology. 119 (2005) 323-331
- [22] Burda, S. et Oleszek, W. Antioxidant and antiradical activities of flavonoids. Journal of Food chemistry. 49 (2001) 2774-2779.
- [23] De Pooter, L.H. et Schamp, N. Comparaison of the volatils composition of some *Calamintha satureja* species. In : Progress in essential oil research. Ed. E-J. Brunk, Walter De Gruyter, Berlin. (1986) 139-150.
- [24] Chu, Y., Sun, J., Wu, X. et Liu, R.H. Antioxidant and antiproliferative activities of common vegetables. J Agric Food Chem., 50 (2002) 6910-6916.
- [25] Oboh, G. et Rocha, J.B.T. Antioxidants in foods: A new challenge for food processors: Leading edge antioxidants research. New York: Nova Science Publishers Inc. (2007) 35-64.
- [26] Oboh, G., Raddatz, H. et Henle, T. Antioxidant properties of polar and non-polar extracts of some tropical green leafy vegetables. J. Sci. Food Agric. 88 (2008) 2486-2492.
- [27] Touaibia, M. et Chaouch F.Z. Pouvoir antioxydant des extraits de *Myrtus communis* L. obtenus in situ et in vitro. Nature et technologie. 10 (2014) 3-8.
- [28] Banerjee, A., Dasgupta, N., De, B. In vitro study of antioxidant activity of *Syzygium cumini* fruit. Journal of Food chemistry. 90 (2005) 727-733
- [29] Thorpe, T.A. et Gasper, T.H. Changes in isoperoxidase during shoot formation in tobacco callus in vitro. Journal of Physiology. 14 (1978) 522-526.

Please cite this Article as:

Meriem TOUAIBIA , Fatma Zohra CHAOUCH, Noria SMAIL, Fairouz SAIDI, Evaluation de l'effet anti-oxydant des extraits de l'espèce Saharo-Endémique (*Myrtus nivellei* Batt & Trab.) obtenus *in situ* et *in vitro*, **Algerian J. Nat. Products**, 2:2 (2014) 56-63

www.ajnp.webs.com

www.univ-bejaia.dz/ajnp

Online ISSN: 2353-0391

Editor in chief: Prof. Kamel BELHAMEL