

## ÉTUDE MINÉRALOGIQUE, TENEURS EN POLYPHÉNOLS ET ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE IN VITRO DE *MENTHA ROTUNDIFOLIA*. L (HUDS), ORIGINAIRES DE TROIS RÉGIONS D'ALGÉRIE

BENTOURA Siham<sup>1\*</sup>, BENDJOUDI Djamel<sup>2</sup>, DAHMANI Nacéra<sup>3,4</sup> et SAIDI Fairouz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département de Biologie et Physiologie cellulaire, Laboratoire de recherche de Biotechnologie Environnement et Santé, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Blida 1 Algérie.

<sup>2</sup>Département de Biologie des Populations et des Organismes Laboratoire de recherche de Biotechnologie Environnement et Santé, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Blida 1 Algérie.

<sup>3</sup>Laboratoire d'Analyses Fonctionnelles et Organiques, Faculté de Chimie, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, BP 32 El Alia 16111 Bab Ezzouar Alger.

<sup>4</sup>Département de chimie, Faculté des Sciences, Université Mouloud Mammeri, Algérie.

Reçu le 16/11/2020, Révisé le 29/05/2021, Accepté le 10/06/2021

### Résumé

**Description du sujet :** Ce travail s'inscrit, dans le cadre de la valorisation des extraits méthanoliques d'une espèce spontanée *Mentha Rotundifolia*. L, Huds, récoltée dans trois régions de l'Algérie (Hamam Melouane, Tamezguida, Azzefoune).

**Objectifs :** cette étude nous permet de vérifier la variabilité minéralogique, la teneur en polyphénols et la variation de l'activité antioxydante des extraits méthanoliques, en vue d'une meilleure connaissance de la plante.

**Méthodes :** L'analyse minéralogique a été réalisée par Spectrométrie à Fluorescence des rayons X (SFX), L'évaluation des teneurs en phénols totaux et en flavonoïdes ont été déterminées par les méthodes du Folin-Ciocalteu (FC) et du trichlorure d'Aluminium (AlCl<sub>3</sub>) respectivement. L'activité antioxydante a été évaluée en ultra-violet par le test du piégeage du radical DPPH, le 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (C<sub>18</sub>H<sub>12</sub>N<sub>5</sub>O<sub>6</sub>).

**Résultats :** Les résultats obtenus montrent la présence d'éléments majeurs et d'oligoéléments et une grande variabilité minéralogique qualitative et quantitative entre les régions. L'ensemble des valeurs des teneurs en phénols totaux et en flavonoïdes sont appréciables et varient en fonction de la région récolte. L'activité antioxydante des extraits méthanolique des différentes régions varie entre 23.599 et 58.0683 µg/ml, les résultats choisis sont appréciables mais restent Faibles par rapport aux antioxydants synthétiques de références.

**Conclusion :** L'ensemble de nos résultats ont montré une variabilité marquée entre les régions de récolte et une meilleure connaissance de la plante dans le but de mieux valoriser ses ressources dans le domaine de l'industrie.

**Mots clés :** *Mentha rotundifolia*. L ; Polyphénols ; Activité antioxydante ; Etude minéralogique ; spectrométrie à fluorescence X (SFX).

## MINERALOGIC STUDY, POLYPHENOL CONENT AND ANTIOXYDANT ACTIVITY IN VITRO OF METHANOLIC EXTRACTS OF *MENTHA ROTUNDIFOLIA* L. (HUDS) ORIGINATING IN THREE REGIONS IN ALGERIA

### Abstract

**Description of the subject:** This work is part of valorization of Methanolic extracts of *Mentha rotundifolia*. L, Huds harvested in the three regions in Algeria (Hamam Melouane, Tamezguida, Azzefoune).

**Objective :** this study allows us to verify the mineralogical variability, polyphenols contents and variation the antioxidant of methanolic extracts.

**Methods:** The mineralogical analysis was carried out by X- ray Fluorescence Spectrometry (SFX), the evaluation of the total phenol contents is determinate by Folin Ciocalteu (FC) method, for flavonoids the technique used is that of Aluminium Trichloride (AlCl<sub>3</sub>). The antioxidant activity was determined according to the ability of the tested samples to scavenge the free radicals 2, 2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH).

**Results:** The results obtained show the presence of major elements and trace elements and a large qualitative and quantitative mineralogical variability between regions. The values of the total phenols and flavonoids are appreciable and vary depending to the regions of harvests. The antioxidant activity of methanolic extracts depends on the regions and varies between 23.599 µg / ml à 58.0683 µg/ml, the values are appreciable but remains lower compared to the synthetic antioxidants of references.

**Conclusion:** All of results showed marked variability between harvest regions and a better knowledge of the plant, in order to better value its resources in the field of industry.

**Keywords:** *Mentha rotundifolia* L., Methanolic extract, Antioxidant activity, Mineralogical study, X-ray Fluorescence Spectrometry (SFX).

\* Auteur correspondant: Bentoura Siham, E-mail: aninesiham@gmail.com

## INTRODUCTION

Les plantes médicinales représentent le premier réservoir de nouveaux médicaments, elles sont considérées comme source de matières premières essentielles pour la découverte de nouvelles molécules nécessaires à la mise au point de futurs médicaments [1]. Ces plantes peuvent contenir des dizaines voire des centaines de métabolites secondaires, ou de principes actifs pouvant induire différentes actions physiologiques sur le corps humain [2]. L'étude de la chimie des plantes a toujours été d'une grande actualité malgré son ancienneté. Cela tient principalement au fait que le règne végétal représente une source importante de molécules bioactives. Parmi ces composés, on retrouve les acides phénoliques, les flavonoïdes, les tanins, les alcaloïdes, les terpènes et les coumarines [3]. Certains nutriments semblent être aujourd'hui découverts et connus pour leurs effets thérapeutiques et curatifs. Il s'agit, en particulier des vitamines et des oligoéléments ayant une activité antioxydante, permettant de lutter contre les radicaux libres. A cause de la grande réactivité et de l'action délétère de ces derniers sur les systèmes biologiques, ces derniers sont incriminés dans les mécanismes du vieillissement et interviennent dans la physiopathologie de plus d'une centaine de maladies. Renforcer les défenses antioxydantes de l'organisme semble donc un enjeu majeur pour préserver la santé [4]. Les mécanismes généraux d'action des polyphénols peuvent être identifiés, néanmoins chaque polyphénol peut exercer un rôle physiologique différent, selon sa constitution chimique, sa disponibilité biologique et son métabolisme [5]. Les polyphénols possèdent de multiples propriétés biologiques tels que l'effet antioxydant, antimicrobien, anti-thrombotique, antiallergique, anti-inflammatoire [6], antiulcéreux, anti-carcinogène et antimutagène [7]. Ces derniers ont également des propriétés contre les maladies cardiovasculaires, neuro dégénératives et divers types de cancer et de diabète. Connus également par leur activité antioxydante *in vitro*, mais *in vivo*, cet effet reste non confirmé [8]. Les antioxydants sont des composés qui protègent les cellules du corps contre les dommages causés par les radicaux libres.

Plusieurs antioxydants de synthèse tels que le Butylhydroxy-toluène et le Butyl-hydroxyanisole sont largement utilisés comme additifs alimentaires pour prévenir la détérioration des aliments. Ces derniers montrent une activité antiradicallaire plus puissante comparée à celle des antioxydants naturels comme l'acide ascorbique et l' $\alpha$ -tocophérol [9], néanmoins ils sont connus pour leurs effets néfastes sur la santé, car ils peuvent être impliqués dans les dommages hépatiques et carcinogènes [10]. La famille des Lamiacées englobe une grande variété de plantes aromatiques, distribuées principalement dans les pays à climat tempéré [11]. Elle comprend environ 220 genres et plus de 4000 espèces [12], dont le genre *Mentha* avec ses 25 espèces [13]. Les plantes appartenant à ce genre produisent plusieurs métabolites secondaires tels que les alcaloïdes, les flavonoïdes, les phénols, les terpènes et les quinones [14]. En raison de leurs propriétés utiles, ces plantes sont utilisées en industrie pharmaceutiques, alimentaire et cosmétique [15]. Compte tenu de ces données, nous nous sommes intéressés à l'étude minéralogique de cette espèce en précisant les teneurs en polyphénols et en flavonoïdes, Nous avons également étudié l'effet *in vitro* des extraits méthanoliques de *Mentha rotundifolia* L., Huds récoltée dans trois sites différents au nord de l'Algérie (Tamezguida, Azzefoune et Hamam Melouen).

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1. Matériel végétal

Les parties aériennes de *M. rotundifolia* ont été collectées au mois de juin au stade de floraison dans trois régions (Tableau 1) : Tamezguida (Tam, 83,6 Km Sud-Est d'Alger), Azzefoune (Azze, 198,2 km Est d'Alger) et Hamam Melouane (Heo, 50,1 km Sud-Ouest d'Alger). L'authentification des échantillons a été réalisée au niveau de trois laboratoires : laboratoire de biologie végétale (département de biologie, Université Blida 1, Algérie), laboratoire de Botanique (Département d'Agronomie, Université Blida 1, Algérie) et département de Botanique (École Nationale Supérieure d'Agronomie d'El Harrach (ENSA), Algérie). La matière végétale est séchée à température ambiante et à l'ombre pendant quinze jours, puis broyée en poudre fine et conservée à l'abri de la lumière à 4°C dans des sacs en papier Kraft.

Tableau 1 : Les coordonnées géographiques des régions de récoltes

Régions	Climat/température annuelles moyenne (°C)	Précipitation (mm)	Données climatiques		
			Longitude	Latitude	Repères géographiques
Heo	tempéré chaud/18,1	850	36,469564	3,011947	36°28'10.4"N 3°00'43.0"E
Azze	tempéré chaud/16,6	721	36,811631	4,316077	36°48'41.9"N 4°18'57.9"E
Tam	tempéré chaud/17,3	701	36,366666	2,690904	36°22'00.0"N 2°41'27.3" E

Tam: Tamezguida; Azze: Azzefoune; Heo: Hamam Melouane

## 2. Etude minéralogique des cendres

- *Détermination de la teneur des cendres* : La teneur des cendres a été déterminée par l'incinération de 1 g de feuilles sèches dans un four à moufle entre 500 et 550°C pendant 6 heures jusqu'à la disparition totale de toutes les particules charbonneuses et l'obtention des cendres blanches. Après 24 heures, les cendres sont introduites dans un dessiccateur pendant 15mn avant d'être pesée [16]. Les teneurs de tous les échantillons ont été calculés en rapportant à 100g de matière sèche (MS) selon la formule suivante :  $T(\%) = (P_c / P_m) \times 100$ ,  $P_c$ : poids des cendres,  $P_m$ : poids de la matière végétale

- *Analyse minéralogique des cendres* : L'analyse des minéraux a été faite par Spectrométrie à Fluorescence des rayons X (SFX) au centre de recherche et technique en analyse physicochimique (CRAPC). Cette technique permet l'identification et la détermination de la plupart des éléments chimiques qui composent un échantillon (minéraux, céramiques, ciments, métaux, huiles, eau, verres...), sous forme solide ou liquide.

- *Conditions opératoires* : L'équipement Spectrophotomètre à Fluorescence X (SFX) utilisé est de marque Rigaku, ZSX Primus II, les Conditions opératoires se basent principalement sur l'utilisation d'une couverture élémentaire de 4B e à 92 U, avec un apport d'une fenêtre de fermeture, une Anode Rh, 4 KW, 40 KV ; le filtre à rayons X primaire doit être de référence, AI125, Ni 40 et Ni 400, suivi d'un détecteur d'éléments lourds et un compteur à scintillation (SC).

## 3. Préparation des extraits méthanoliques

Les extraits des plantes provenant de chaque région sont préparés par macération de 1g de poudre végétale sèche dans 10ml de méthanol. Après une agitation de 30 minutes, le mélange est conservé pendant 24 heures à 4°C puis filtré et

évaporé à sec sous pression réduite à 40°C à l'aide d'un rotavapeur.

Les extraits secs obtenus sont conservés à 4°C pour des analyses ultérieures [17].

## 4. Dosage des polyphénols totaux

La teneur des polyphénols totaux dans les trois extraits méthanoliques de feuilles de *M. rotundifolia* a été déterminée en utilisant la méthode de Folin-Ciocalteu [18]. Le mélange réactionnel a été préparé en mélangeant 0,2 ml de chaque extrait avec 0,8 ml de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  à (7,5%) et 1ml du réactif de Folin Ciocalteu. Le mélange est agité et incubé à l'obscurité à température ambiante pendant 2h. L'absorbance est mesurée à 765 nm par un spectrophotomètre UV-Visible. Le taux des polyphénols totaux a été calculé à partir d'une courbe d'étalonnage linéaire ( $Y = 0,0116 \text{ AG} (\mu\text{g}) + 0,0099$  ;  $R^2 = 0,9927$ ), établie avec des concentrations précises de l'acide gallique (AG) comme standard de référence dans les mêmes conditions que les extraits. Les résultats ont été exprimés en milligramme d'équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/gMS).

## 5. Dosage des flavonoïdes totaux

La quantification des flavonoïdes totaux dans les extraits méthanoliques de *M. rotundifolia* a été effectuée selon la méthode du trichlorure d'Aluminium ( $\text{AlCl}_3$ ) [19]. 1 ml d'extrait de la plante est ajouté à 1 ml d' $\text{AlCl}_3$  (2%), le mélange est rigoureusement agité. Après 10 minutes d'incubation, l'absorbance a été mesurée à 430 nm. Une courbe d'étalonnage linéaire ( $Y = 0,0048 \text{ Q} (\mu\text{g}) + 0,0013$  ;  $R^2 = 0,9847$ ) établie avec la quercétine (Q), comme standard de référence, a servi à la quantification des flavonoïdes. La teneur en flavonoïdes a été exprimée en milligramme d'équivalent de quercétine par gramme de matière végétale sèche (mg EQ /g MS).

## 6. Evaluation du pouvoir antioxydant in vitro

L'activité antioxydante exprime la capacité de réduction des radicaux libres, elle a été évaluée en ultra-violet par le test du piégeage du radical DPPH, le 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl ( $C_{18}H_{12}N_5O_6$ ), stable. 975  $\mu$ l de solution de DPPH (2,4 mg de DPPH dissout dans 100 ml de méthanol) sont ajoutés à 25  $\mu$ l des solutions méthanoliques (0,01 ; 0,02 ; 0,04 ; 0,06 ; 0,08 ; 0,1 mg/ml) des extraits méthanoliques de *M. rotundifolia* ainsi que celle des vitamines C et E après 30 min de réaction à 517 nm [20]. La moyenne sur trois essais des pourcentages de capture du radical ont été calculés à partir de la relation ci-dessous :  $I (\%) = \frac{Ac-As}{Ac} * 100$ , Où I (%) est le pourcentage d'inhibition, Ac et As sont les absorbances du contrôle et de l'échantillon après 30 min respectivement. Les  $IC_{50}$  moyenne ont été calculés à partir des courbes de régressions linéaires.  $IC_{50}$  correspond à la

concentration de l'échantillon qui inhibe 50% du radical DPPH.

## 7. Analyse statistique

Les valeurs obtenues sont la moyenne des trois répétitions  $\pm$  écart type (SD). L'analyse statistique a été réalisée par le test ANOVA suivi du test de comparaisons Student-Newman-Keuls à l'aide du logiciel Statistica.

## RÉSULTATS

### 1. Teneur des cendres

Les résultats de la teneur des cendres et de la matière organique des feuilles de *Mentha rotundifolia* des trois régions de récolte (Tamezguida, Azzefoune et Hamam Melouen) sont représentés dans la figure 1. Nous constatons ainsi, la variabilité des teneurs des cendres entre les trois régions. La région Tamezguida présente la teneur la plus élevée suivi de la région d'Azzefoune et Hamam Melouane.

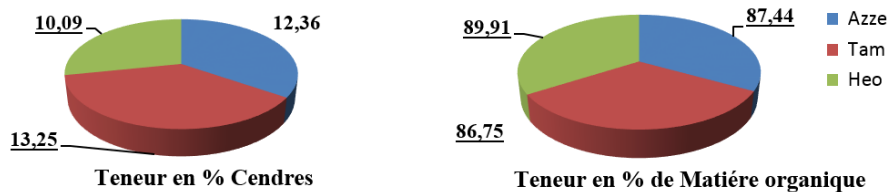


Figure 1: Teneurs des cendres et de la matière organique de la *M. rotundifolia* des trois régions

### 2. Etude minéralogique des cendres

Les éléments minéraux jouent un rôle important dans le développement des plantes, une carence de l'un d'entre eux est en mesure de freiner ou stopper la croissance de la plante [21]. L'étude de la matière minérale de la partie aérienne de la *M. rotundifolia* des trois régions par Spectrophotométrie à Fluorescence X (SFX) montre une grande variabilité qualitative et quantitative de la composition minéralogique dans les trois régions (Tableau 2). La région de Hamam Melouen se démarque des autres régions avec une teneur en bore très importante (27,9%) par contre les teneurs des autres éléments sont à l'état de trace excepter le chlore et le potassium dont la teneur ne dépasse pas les 2,25%. La région de Tamezguida est plutôt riche en calcium (10,07%) suivie de ; potassium, bore, carbone, silicium, chlore, magnésium, aluminium, soufre et le phosphore avec des teneurs qui varient entre 7,3 et 1,4%. Les autres éléments minéraux restent à l'état de trace. Cette variabilité est aussi

observée pour la région d'Azzefoune qui présente trois éléments majeurs dont la teneur varie entre 9,4 et 8,77% à savoir le calcium le carbone et le potassium suivis par le bore, le chlore et le Magnésium avec des teneurs qui varient entre 5,24 et 4,12% (Tableau 2).

### 3. Teneur des composés phénoliques

Les teneurs en polyphénols totaux des extraits méthanoliques des feuilles de *M. rotundifolia* montrent une variation en fonction des 3 régions. Pour les phénols totaux, la région Hamam Melouen présente la teneur la plus élevée (1,3863 mg EAG/g MS), suivie de la région de Tamezguida (1,1136 mg EAG/g MS) et enfin la région d'Azzefoune avec (0,7100 mg EAG/g MS). Concernant les flavonoïdes, la région de Hamam Melouen détient la valeur la plus élevée avec (0,0190 mg EQ/g MS). Alors que les régions Tamezguida et Azzefoune montrent des teneurs identiques (0,0112 et 0,0107 mg EQ MS) respectivement (Tableau. 3).

Tableau 2 : Composition minéralogique exprimée en % des extraits de la *M. rotundifolia*

Eléments	Régions		
	Azze	Tam	Heo
Potassium (K)	9,4	7,30	2,78
Carbone (C)	8,773	9,12	/
Calcium (Ca)	8,41	10,07	0,502
Bore (B)	5,24	6,53	27,9
Chlore (Cl)	5,13	4,48	3,25
Magnésium Mg	4,12	4,46	0,214
Souffre (S)	2,18	1,74	0,224
Silicium (Si)	1,63	5,06	0,37
Phosphore (P)	1,62	1,4	0,229
Sodium (Na)	1,07	0,21	0,0741
Aluminium (Al)	0,69	2,24	0,136
Fer (Fe)	0,284	1,03	0,0738
Titanium (Ti)	0,0381	0,0658	0,0148
Strontium (St)	0,0186	0,0283	0,0049
Zinc (Zn)	0,0139	0,00987	0,0013
Manganèse (Mn)	0,0114	0,0358	0,0026
Cuivre (Cu)	0,0083	/	0,0005
Brome (Br)	0,0037	0,0055	/
Rubidium (Rb)	/	0,0048	0,0007

Azzeffoune (Azze) ; Tamezguida (Tam) ; Hammam Melouane (Heo).

Tableau 3 : Composition des polyphénols et des Flavonoïdes des extraits de *M. rotundifolia*.

Composition	Régions		
	Azze	Heo	Tam
Phénols totaux (mg EAG/g MS),	0,71±0,002	1,3863±0,002	1,1136±0,013
Flavonoïdes (mg EQ/g MS)	0,0107±0,0004	0,019±0,0004	0,0112±0,0004

Tam :Tamezguida ; Azze : Azzeffoune; Heo: Hammam Melouane

#### 4. Activité antioxydante

Les antioxydants réduisent le diphenyl picryl-hydrate ayant une couleur violette en un composé jaune, le diphenyl picryl-hydrazine, dont l'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons. Ainsi, plus la perte de couleur est rapide plus le donneur d'hydrogène est considéré comme un antioxydant fort [22]. Le DPPH est caractérisé par son adaptation à plusieurs échantillons dans une courte durée, aussi il est assez sensible pour détecter les ingrédients actifs à des basses concentrations, à cet effet, il a été employé pour le criblage des activités anti radicalaire des extraits végétaux [19].

L'essai DPPH de l'extrait méthanolique de la plante *Mentha rotundifolia* dans les trois régions, varie entre 23,599 µg / ml et 58,0683µg/ml. L'extrait méthanolique de *Mentha rotundifolia* de la région d'Azzeffoune a montré une très forte activité antioxydante 23,599 µg/ml comparé à l'extrait de la région de Hammam Melouane (31,232µg/ml) et la région de Tamezguida (58,0683µg/ml). Cependant, la capacité antioxydante de l'extrait méthanolique pour les trois régions reste faibles par rapport aux antioxydants synthétiques de références, Les résultats démontrent que la vitamine C (3,6381µg/ml) est le piègeur du radical DPPH le plus puissant comparé à la vitamine E (9,3526 µg/ml) (Tableau 4).

Tableau 4: Activités antioxydante des extraits méthanoliques des différentes régions de récoltes

Echantillons	Activité radicalaire DPPH [IC <sub>50</sub> (µg/ml)]
Azze	23,599±1,009
Heo	31,232±1,002
Tam	58,0683±0,0003
Vitamine C	3,6381
Vitamine E	9,3526

Tam :Tamezguida ; Azze : Azzeffoune; Heo: Hammam Melouane Les valeurs prises sont la moyenne ± écart type (n=3).

Les résultats de l'étude statistique sur la corrélation entre les composés phénoliques et flavonoïdes et l'IC<sub>50</sub> se résument dans le Tableau 5. Le test statistique Student-Newman-Keuls montre que les teneurs moyennes des phénols totaux sont significativement différentes pour les 3 régions avec la plus basse teneur pour Azzefoune (0,71) et la plus élevée pour Hamam Melouane (1,3863). La comparaison des teneurs en flavonoïdes de la *M rotundifolia* des différentes régions montre que les extraits méthanolique de Hamam Melouen et de Tamezguida présentent des valeurs plus significatives comparées à celle de l'extrait d'Azzefoune. Le test statistique Student-Newman-Keuls montre que les teneurs moyennes des flavonoïdes sont identiques pour Azzefoune et Tamezguida ( $\approx 0,011$ ). Par contre la teneur de l'extrait de Hamam Melouane (0,019) est significativement plus élevée. Le test ANOVA est hautement significative pour les IC<sub>50</sub> ( $p < 0,001$ ). Les IC<sub>50</sub> moyens sont significativement différents pour les 3 régions avec la valeur plus faible valeur pour Azzefoune (23,60) et la plus élevée est observée pour Tamezguida (58,07). Le coefficient de corrélation est égal à 0,32 avec  $p = 0,79 > 0,05$  Il ne semble donc pas y avoir de corrélation entre teneurs en phénols totaux flavonoïdes et IC<sub>50</sub>.

Tableau 5 : La corrélation entre les polyphénols et l'activité antioxydante.

Corrélations		
	Pol	IC <sub>50</sub>
Pearson Correlation	1	0,319
Sig. (2-tailed)		0,794
Sum of Squares and Cross-products	0,232	3,926
Covariance	0,116	1,963
N	3	3

## DISCUSSION

Les résultats montrent une grande variabilité des teneurs en éléments minéraux chez *Mentha rotundifolia* au sein de la même région et entre les trois régions de récolte. Cependant les régions Tamezguida et azzefoune sont plus riches en éléments minéraux, et semblent être très rapprochées dans leurs compositions minéralogiques qualitative et quantitative, comparées à la région Hamam Melouen qui semble être en situation nutritionnelle déséquilibrée avec un taux très élevé en Bore. Les travaux de Delas [23],

montre que chez la vigne une carence en bore provoque des altérations marquées au niveau des surfaces foliaires.

Le seuil de toxicité du bore est très souvent proche de son niveau optimum, son excès chez la même plante a montré un développement exagéré des rameaux secondaires (entre-nœuds), ce qui donne à la plante un aspect buissonnant [24]. Par ailleurs la variabilité de la composition et la production minérale sont fortement influencées par les facteurs de l'environnement, les caractéristiques physico-chimiques du sol et facteurs du climat (lumière, température et pluviométrie). Ces derniers influent sur les possibilités d'absorption des éléments minéraux [25]. Ils sont en grande partie des facteurs déterminant dans l'alimentation minérale de la plante et interviennent dans la régulation de ses fonctions physiologiques [26, 24].

L'analyse du sol permet entre autre d'évaluer la contribution potentielle à l'alimentation de la plante. Lévy [27], souligne clairement que le niveau d'absorption du potassium chez la vigne dépend beaucoup plus de la texture granulométrique des sols que par leur composition chimique. Le pH du sol influe considérablement sur l'absorption des éléments minéraux. Son augmentation se traduit par une diminution des teneurs en azote des feuilles, du potassium et du magnésium, alors que celle du phosphore reste constante [28]. Cependant l'absorption d'un élément minéral ne se fait pas d'une manière totalement indépendante de celle des autres éléments. Le potentiel d'assimilation spécifique d'une espèce végétale et la disponibilité des éléments fertilisants dans le sol sont perturbés par les interactions entre les éléments nutritifs [24]. La comparaison des teneurs en polyphénols de la *Mentha rotundifolia* des différentes régions montre que les extraits méthanoliques de Hamam Melouen et de Tamezguida présentent des valeurs plus significatives comparées à ceux d'Azzefoune. Cependant les résultats obtenus sont largement supérieurs à ceux rapportés par Nickavar et al. [29], pour *Mentha rotundifolia* de l'Iran ( $0,331 \pm 6,51$  mg/EAG/g MS) et ceux obtenus pour *Mentha rotundifolia* de la région de Sétif ( $0,1415$  mg EAG /g MS) [30].

Par contre, les travaux de Bouhini [31], sur l'extrait aqueux de *M. rotundifolia* du Maroc montre une différence très marquée qui se traduit par des teneurs très élevée avec ( $37,005$ mg EAG/g MS),

comparée à nos résultats très faibles qui varient en moyenne entre 0,71 et 1,38 selon les régions choisies.

Toutefois, la variation des teneurs en phénols totaux et en flavonoïdes résulte du fait que le réactif du Folin-Ciocalteu ne réagit pas uniquement avec les polyphénols mais rentre en réaction avec beaucoup de composés organiques comme dioxyde de soufre, acide ascorbique, les sucres, les amines aromatique, les acides organiques [32]. Selon Bourguou et al. [33], le contenu phénolique d'une plante est fonction d'un certain nombre de facteurs intrinsèques et extrinsèques tels que les conditions de stockage après la récolte, la maturité, les pratiques culturales et les facteurs climatiques. Les résultats des  $IC_{50}$  de la *Mentha rotundifolia* des trois sites sont compris entre 3,6381  $\mu\text{g/ml}$  et 58,068  $\mu\text{g/ml}$ ., la comparaison des  $IC_{50}$  démontrent que l'activité antioxydante de l'extrait de la région d'Azzefoune est plus significative comparée à celle obtenue pour les extraits des deux régions Hamam Melouen et Tamezguida, néanmoins ces résultats restent faibles comparés aux standards de références (Vitamine C et Vitamine E). Beaucoup de chercheurs ont étudié l'effet antioxydant des extraits méthanoliques de *Mentha rotundifolia* en Algérie et dans le monde. Les résultats obtenus dans notre étude pour les trois sites (23,599 ; 31, 232, 58,0683  $\mu\text{g/ml}$ ) corroborent avec ceux obtenus par Riahi.L et al. sur la même espèce (*Mentha rotundifolia*) du Nord et le Nord-Est de la Tunisie (26,11 ; 29,52  $\mu\text{g/ml}$ ) [34], et *Mentha rotundifolia* d'Iran (21,71  $\mu\text{g/ml}$ ) [29]. De très faibles activités antioxydantes ont été observées chez *Mentha rotundifolia* du Nord Est Algérien (265,491  $\mu\text{g/ml}$ ) [30], *Mentha rotundifolia* de Khemis Miliana (2222,2  $\mu\text{g/ml}$ ) [35] et *Mentha rotundifolia* de l'Ouest Algérien (700,1380  $\mu\text{g/ml}$ ) [36].

## CONCLUSION

Notre présente étude sur le dosage des polyphénols des extraits méthanoliques de *Mentha rotundifolia* et leurs effets antioxydants pour les trois régions de récolte a permis de montrer la présence d'une variation quantitative des polyphénols et flavonoïdes. Une activité anti radicalaire variable entre les trois régions et une absence de corrélation entre la teneur des composés polyphénoliques et l'effet antioxydant.

Les divergences dans la propriété antioxydante peuvent être dues à la composition et la synergie des différents antioxydants, présents dans un extrait. L'étude minéralogique a permis entre autre, de vérifier une grande variabilité dans la composition qualitative et quantitative des éléments majeurs et oligoéléments. L'ensemble de ces résultats a permis également une meilleure connaissance de la plante et ainsi cerner son intérêt biologique pour mieux la valoriser et la vulgariser en utilisant ses ressources, dans tous les domaines confondus ayant des vertus thérapeutiques. Elle peut être utilisée comme bio agresseur contre les insectes qui attaquent es denrées de stockage. Il serait donc très intéressant de mener une étude plus approfondie sur cette plante afin d'isoler, de purifier et d'identifier les principes actifs responsables de ces activités biologiques.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Maurice N. (1997). *L'herboristerie d'antan à la phytothérapie moléculaire du XXI siècle*. Ed. Lavoisier, Paris.
- [2]. Edeoga H.O., D. E. Okwu et B.O Mbaebie. (2005). Phytochemical constituents of some Nigerian medicinal plants. *African Journal of Biotechnology* 4 (7): 685-688.
- [3]. Bahorun T., Gressier B., Troitin F., Brunet C., Dine T., Luyckx M., Vasseur J., Cazin M., Cazin J.C. et Pinkas M. (1996). Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arznei. Forschung*. 46:1086-1089.
- [4]. Pastre Justine., Odile., Carole. (2005). Intérêt de la supplémentation en antioxydants dans l'alimentation des carnivores domestiques, thèse de doctorat des sciences vétérinaires. Université Paul-Sabatier, Toulouse ,p.12
- [5]. Savini I., Catani M. V., Evangelista D., Gasperi V. et Avigliano L. (2013). Obesity-associated oxidative stress: strategies finalized to improve redox state. *Int. J. Mol. Sci.* 14: 10497-10538.
- [6]. Arribas A. S., Martínez-Fernández M., Moreno M., Bermejo E., Zapardiel A. et Chicharro M. (2013). Analysis of total polyphenols in wines by FIA with highly stable amperometric. *Food Chemistry* 136: 1183–1192.
- [7]. Haseeb Nawaz A., John Shi B., Gauri S., mittal A. et Yukio Kakuda. (2006). Extraction of polyphenols from grape seeds and concentration by ultrafiltration Separation and Purification. *Technology* 48 : 176–181.
- [8]. Yeddes N., Chérif J. K., Guyot S., Sotin H. et Ayadi M. T. (2013). Comparative study of antioxidant power, polyphenols, flavonoids and betacyanins of the peel and pulp of three Tunisian *Opuntia* forms. *Antioxidants* 2: 37-51.

- [9]. Bougateg A., Hajji M., Balti R., Lassoued I., Triki-Ellouz Y. et Nasri M. (2009). Antioxidant and free radical-scavenging activities of smooth hound (*Mustelus mustelus*) muscle protein hydrolysates obtained by gastrointestinal proteases. *Food Chemistry*, 114: 1198-1205.
- [10]. Gulcin I., Alici H.A. et Cesur M. (2005). Determination of in vitro antioxidant and radical scavenging activities of propofol. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 53(3) : 281-285.
- [11]. Derwich E., Chabir R., Taouil R. et Senhaji O. (2011). In-vitro antioxidant activity and GC/MS studies on the leaves of *Mentha piperita* (Lamiaceae) from Morocco. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research*, 3(2): 130-136.
- [12]. Arijit S. et Arpita B. (2013). Documentation of some ethno-medicinal plants of family Lamiaceae in bankura district, West Bengal, India. *International Research Journal of Biological Sciences* 2(6):63.
- [13]. Rodrigues L., Póvoa O., Teixeira G., Figueiredo A.C., Moldão M. et Monteiro A. (2013). Trichomes micromorphology and essential oil variation at different developmental stages of cultivated and wild growing *Mentha pulegium* L. populations from Portugal. *Industrial Crops and Products* 43: 692-700.
- [14]. Erum S., Naemullah M. et Masood S. 2012. Phenotypic variation among *Mentha* spp. Pakistan J. Agric. Res 25(1): 55-61.
- [15]. Andro A.R., Atofani D., Boz I., Zamfirache M., Burzo I. et Toma C. (2011). Studies concerning the histo-anatomy and biochemistry of *Mentha longifolia* (L.) Huds. During vegetative Phenophase. *Analele științifice à la Universităţii Al. I. Cuza, Iași*(2):25-30.
- [16]. Martin P.P., Gagnard J., Gautier, P. et Drouineau, G. (1984). *L'analyse variétale de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales*. Lavoisier, Paris. 1P.
- [17]. Bourgou S., Ksouri, R., Skandranf I., Chekir-Ghedira L. et Marzouk B. (2008). Antioxidant and antimutagenic activities of the essential oil and methanol extract from tunisian *Nigella sativa* L. (Ranunculaceae). *Italian Journal of Food Science* 20: 191-201.
- [18]. Singleton V. L., Orthofer R. et Lamuela-Raventos R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*. 299: 152-178.
- [19]. Yi M. L., Zhi P.R. et Liang L.Z. (2008). Evaluation of the Antioxydant Activity of *Syzygium cumini* Leaves, *Molecules*, 13: 2545-2555.
- [20]. Menaceur F., Benchabane A., Hazzit M. et Aoumeur Baaliouame. (2013). Chemical Composition and Antioxidant Activity of Algerian *Juniperus phoenicea* L. Extracts, *Journal of Biologically Active Products from Nature*, 3(1): 87-96, DOI: 10.1080/22311866.2013.782754.
- [21]. Mansouri A., Embarek G., Kokkalou E., et Kefalas P. (2005). Phenolic profile and antioxydant activity of the Algerian ripe date fruit (*Phoenix dactylifera*), *Food Chemistry*, 89: 411-420.
- [22]. Blois M.S. (1958). Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200.
- [23]. Delas J.,(2000.).Fertilisation de la vigne. » *Édit. Féret., Bordeaux*, 21-80 p.
- [24]. Martin P.P., Gagnard, J., Gautier, P., Drouineau, G., (1984). *L'analyse variétale de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales* » Lavoisier, Paris, 1P.
- [25]. Le Falcon et Millier.C. (1970). Influence des conditions de nutrition minérale sur la croissance de l'Epicéa commun sur les plateaux calcaires de l'Est de France. *Ann. Sci. Forest.* 27 (4), 335-355.
- [26]. Scheidecker D., (1959).Méthodes d'étude des besoins minéraux des plantes. *ORSTOM., Paris*,113 p.
- [27]. Lévy, J.F., (1965). Identification et étude par l'analyse foliaire de quelques carences alimentaires de la vigne dans le Midi de France. *Vignes et Vins.*, 138, 18-24 p.
- [28]. Fregoni, M., (1975), Recherche sur les facteurs génétiques biologiques qu'ils influent la nutrition minérale de la vigne. 4ème coll. Intern. Contr. *Alim. Plantes. Cult., Gent*, 327-341 p.
- [29]. Nickavar B, Alinaghi A et Kamalinejad M. (2008). Evaluation of the Antioxidant Properties of Five *Mentha* Species. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research* 7(3): 203-209.
- [30]. Ferdjoui S. (2014). Activités antioxydante et antimicrobienne des extraits méthanoliques et de l'huile essentielle de la plante *Mentha rotundifolia*. Mémoire de Magister, Université de Farhat Abbas, Sétif.
- [31]. Bouhini A. (2016). Criblage phytochimique, Étude Toxicologique et Valorisation Pharmacologique de *Melissa officinalis* et de *Mentha rotundifolia* (Lamiacées), Thèse de Doctorat Nationale en sciences du médicament Maroc.
- [32]. Medina-Remón A., Barrionuevo-González A., Zamora-Ros R., Andres-Lacueva C., Estruch R., Martínez González M. A., Diez-Espino J. et Lamuela-Raventos R. (2009). Rapid Folin-Ciocalteu method using microtiter 96-well plate cartridges for solid phase extraction to assess urinary total phenolic compounds, as a biomarker of total polyphenols intake. *Analytica Chimica Acta* 634: 54-60.
- [33]. Bourgou R., Serairi Beji F., Medini 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* S), journal of new sciences. Volume 28, Article 12
- [34]. Riahi L. Elferchichi M., Ghazghazi M.H., Jebali J., Ziadi S., Aouadhi C., Chograni H., Zaouali Y., Zoghalmi N., et Mliki A. (2013). Phytochemistry, antioxidant and antimicrobial activities of the essential oils of *Mentha rotundifolia* L. In Tunisia, *Ind. Crops Prod.*, 49: 883-889.
- [35]. Brahmi F., Boulkbatche-Makhlouf L., Yalaoui-Guellal D., Chibane M. et Madani K. (2014). Comparative study on the antioxidant effect of aqueous and ethanolic extracts of *Menthapulegium* L. grown at two different locations. *Phyto. Chem. Bio Sub. J.* 8(3): 138-149.
- [36]. Selladji M. (2014). Etude phytochimique, activités antioxydantes et antimicrobiennes des extraits de cinq plantes médicinales et analyse de leurs huiles essentielles. Thèse de doctorat en Biologie Cellulaire et Biochimie. Université Abou Bekr Belkaid. Tlemcen.