

Manuscrit reçu le 25 janvier 2010 et accepté le 17 décembre 2010

**PROPRIÉTÉS ANTIOXYDANTES ET ANTI-INFLAMMATOIRES DES HUILES
ESSENTIELLES DES DIFFÉRENTES PARTIES DE *TETRACLINIS ARTICULATA*
(VAHL) MASTERS DU MAROC**

BOURKHISS M'barek¹, HNACH Mohamed¹, PAOLINI Julien², COSTA Jean²,

FARAH Abdallah³ et SATRANI Badr⁴

¹ Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université Moulay Ismail, BP 4010 Béni M'hamed, 50 000 Meknès, Maroc.

² CNRS UMR 6134, Laboratoire de Chimie des Produits Naturels, Université de Corse, BP 52, F20250 Corte, France.

³ Institut National des Plantes Médicinales et Aromatiques (INPMA), Taounate, Maroc

⁴ Centre National de la Recherche Forestière (CNRF), BP 763, Rabat Agdal, 1005, Maroc.

Résumé

L'utilisation routinière d'antioxydants et d'anti-inflammatoires de synthèse est remise en question du fait d'effets négatifs sur la santé du consommateur qui leur ont été récemment attribués. Ainsi, de nouvelles substances naturelles d'origine végétale dotées de propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires sont recherchées. Cette étude a pour but d'évaluer et de comparer l'activité antioxydante et anti-inflammatoire des huiles essentielles des feuilles, des rameaux et de la sciure de bois de tronc de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters, originaire du plateau central marocain (région de Khemisset).

Le contenu en phénols totaux des huiles essentielles a été mesuré par la méthode de Folin-Ciocalteu et l'analyse de leurs composants majoritaires a été effectuée par chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse. Les propriétés antioxydantes ont été évaluées par trois tests : le test de piégeage du radical diphenyl picryl hydrazyl (DPPH), le test de blanchiment du β -carotène et le pouvoir réducteur (FRAP). L'activité anti-inflammatoire est évaluée par la méthode enzymatique de la 5-lipoxygénase.

Les huiles essentielles du tronc et des feuilles, plus riches en phénols totaux, ont manifesté un important potentiel antioxydant, avec les trois méthodes, supérieur à celui du composé antiradicalaire de référence (butylhydroxytoluène ou BHT) et des rameaux respectivement. Par ailleurs, les trois organes, particulièrement le tronc, ont montré une activité anti-inflammatoire considérable mais cette activité reste inférieure à celle de l'acide nordihydroguaiarétique (NDGA) utilisé comme contrôle positif.

Mots-clés : *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters, huiles essentielles, feuilles, rameaux, tronc, activité antioxydante, activité anti-inflammatoire.

Abstract

The routine use of synthetic antioxidants and anti-inflammatory drugs is challenged because of negative effects on the health of consumers that have been recently awarded. Thus, new natural substances of plant origin equipped with antioxidant and anti-inflammatory drugs

are sought. This study aims to assess and compare the antioxidant and anti-inflammatory activities of essential oils from leaves, twigs and sawdust of *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters originating from the central plateau of Morocco (region of Khemisset).

The total phenol content of essential oils was measured by the Folin-Ciocalteu method and the analysis of their major compounds was performed by gas chromatography and mass spectrometry. The antioxidant properties were evaluated by three tests: the test of the radical trap diphenyl picryl hydrazyl (DPPH), the test bleaching of β -carotene and the reducing power (FRAP). The anti-inflammatory activity was assessed by the enzymatic method of 5-lipoxygenase.

The essential oils of the trunk and leaves, richer in total phenols, showed a significant antioxidant potential, with the three methods, higher than the reference antiradical compound: (butylhydroxytoluene or BHT) and twigs respectively. Moreover, the three organs particularly the trunk showed a significant anti-inflammatory activity but this activity remained below that of nordihydroguaiaretic acid (NDGA) used as positive control.

Key words: *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters, essential oils, leaves, twigs, trunk, antioxidant activity, anti-inflammatory activity.

1. INTRODUCTION

La peroxydation lipidique, causée par les radicaux libres de l'oxygène (ROS), est un phénomène général qui concerne tous les lipides contenant des acides gras polyinsaturés, quelle que soit leur origine (huiles, graisses, membranes cellulaires, lipoprotéines). La lipoperoxydation est impliquée dans de nombreuses pathologies notamment les maladies cardiovasculaires et neurodégénératives [1, 2]. L'oxydation des lipides pose également de sérieux problèmes pour les industries agroalimentaires. Elle conduit à des modifications de goût, d'odeur et de couleur et par conséquent à la perte de la qualité et de la sécurité des aliments [3].

L'inflammation est une réponse naturelle de l'organisme à une agression physique, chimique ou biologique. Elle est utile lorsqu'elle ne s'installe pas dans la durée. Son but est d'éliminer l'agent pathogène et de réparer les lésions tissulaires. Mais elle favorise également différents processus pathologiques. De récentes études ont montré que les enzymes pro-inflammatoires lipoxygénases (LOX), en particulier la 5-LOX, ainsi que les cyclooxygénases sont lourdement impliquées dans un certain nombre de maladies, incluant l'athérosclérose, le cancer et le diabète [4, 5, 6]. Avec les années, l'inflammation est de plus en plus présente dans l'organisme et prépare le lit des pathologies qui accompagnent souvent le vieillissement.

L'utilisation des antioxydants synthétiques tels que le butylhydroxyanisole (BHA) et le butylhydroxytoluène (BHT) dans les industries agroalimentaire, cosmétique et pharmaceutique est suspectée à long terme d'effets tératogènes, mutagènes et cancérigènes [7]. D'un autre côté, l'usage de façon routinière des anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) conduit à des effets souvent graves, parfois mortels. Ils favorisent surtout l'apparition de troubles gastro-intestinaux, rénaux et asthmatiques [8, 9, 10, 11, 12].

Les plantes constituent une source potentielle de molécules naturelles bioactives. Elles font l'objet d'études scientifiques rigoureuses pour leur éventuelle utilisation comme alternative, particulièrement pour la protection contre la peroxydation lipidique et le traitement des maladies anti-inflammatoires.

Le Thuya de Berberie (*Tetraclinis articulata* Vahl Masters) appartient à la famille des Cupressacées. Il est endémique de la méditerranée sud occidentale. En dehors de son aire nord-africaine, on ne rencontre que deux stations limitées, l'une dans la province de Carthagène en Espagne et l'autre à Malte [13]. Il constitue un élément important de la végétation magrébinne (Maroc, Algérie et Tunisie) puisqu'il couvre plus d'un million d'hectares [14]. Au Maroc, sa surface actuelle est estimée à 560.670 ha [15], soit plus de la moitié de la réserve forestière mondiale. Différentes parties de Thuya sont employées en médecine populaire en raison de ses multiples effets thérapeutiques. Il est principalement utilisé contre les fièvres infantiles, les infections respiratoires et intestinales, les douleurs gastriques, le diabète et l'hypertension [16, 17].

Dans la littérature, peu de travaux ont été réalisés sur les activités biologiques des huiles essentielles de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters. Les quelques études effectuées ont montré que ces essences sont antibactériennes, antifongiques et cytotoxiques [18, 19, 20, 21]. Toutefois, à notre connaissance, aucune étude n'est signalée dans la littérature concernant l'efficacité antioxydante et anti-inflammatoire de ces huiles.

Dans ce travail, on se propose donc d'étudier et de comparer les activités antioxydantes et anti-inflammatoires des huiles essentielles extraites des feuilles, des rameaux (dépourvus de feuilles) et de la sciure de bois de tronc de *Tetraclinis articulata* (Vahl).

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Matériel végétal

Les échantillons de Thuya ont été prélevés dans le plateau central marocain (région de Khemisset). La récolte a été effectuée sur des arbres pris au hasard en Mars 2007. Les rameaux, dépourvus de feuilles, sont découpés en morceaux de trois centimètres environ et le bois de tronc est transformé en sciure à l'aide d'une raboteuse.

2.2 Extraction de l'huile essentielle

L'extraction de l'huile essentielle de chaque partie de l'arbre a été réalisée par entraînement à la vapeur d'eau à l'aide d'un appareil de type Clevenger. La distillation dure trois heures après récupération de la première goutte de distillat. L'huile essentielle est séchée avec du sulfate de sodium anhydre et stockée à 4 °C dans l'obscurité. Les rendements en huile essentielle sont exprimés par rapport à la matière sèche (en ml/100 g de matière sèche). Le pourcentage de matière sèche, sous forme broyée, est estimé par séchage de 5 g de chaque échantillon 4 heures à l'étuve à 102 °C.

2.3 Analyse chromatographique des constituants des huiles essentielles

2.3.1 Chromatographie en phase gazeuse (CPG)

Les analyses ont été réalisées grâce à un chromatographe Perkin Elmer Autosystem GC, équipé de deux détecteurs à ionisation de flamme (FID) permettant la détection des composés, d'un injecteur diviseur et de deux colonnes (60 m x 0,22 mm d.i. épaisseur du film : 0,25 µm) respectivement polaire (Rtx-Wax, polyéthylène glycol) et apolaire (Rtx-1, polydiméthylsiloxane).

Le gaz vecteur est l'hélium avec une pression en tête de colonne de 25 psi. La température de l'injecteur est de 250°C et celle du détecteur de 280°C. La programmation de la température de colonne consiste en une élévation de 60 à 230°C, à 2°C/min, puis en un palier de 45 min à 230°C. L'injection se fait par mode split avec un rapport de division de 1/50. La quantité d'huile essentielle injectée est de 0,2 µl.

2.3.2. Spectrométrie de masse (CPG/SM)

Les analyses ont été réalisées grâce à un chromatographe Perkin Elmer Autosystem XL, doté d'un injecteur automatique et de deux colonnes (60 m x 0,22mm d.i. épaisseur du film : 0,25 µm) polaire (Rtx-Wax) et apolaire (Rtx-1), couplé à un détecteur de masse Perkin Elmer TurboMass. Les molécules sont bombardées par un faisceau électronique de 70 eV, la détection se fait par un analyseur quadripolaire constitué d'un assemblage de quatre électrodes parallèles de section cylindrique. La température de la source est de 150°C. Les spectres de masse obtenus par impact électronique ont été acquis sur la gamme de masse 35-350 Da.

Le gaz vecteur est l'hélium avec une pression en tête de colonne de 43 psi. Le débit dans chaque colonne est de 1 ml/min. La programmation de la température est identique à celle utilisée précédemment pour la CPG. L'injection se fait par mode split avec un rapport de division de 1/80. La quantité d'huile essentielle injectée est de 0,2µl.

2.3.3 Identification et quantification des constituants des huiles essentielles

La méthodologie du laboratoire est basée sur l'utilisation conjointe (i) de la CPG associée à la détection par ionisation de flamme (FID) permettant le calcul des indices de rétention sur colonne polaire et sur colonne apolaire ainsi que la quantification des composés (les indices de rétention I_r sont déterminés par rapport aux indices de rétention d'une gamme étalon d'alcane C_5-C_{30} , par interpolation linéaire, en utilisant l'équation de Van den Dool et Kratz (1963) et (ii) du couplage en ligne CPG/SM qui permet d'obtenir le spectre de masse des composés individualisés. Les indices de rétention et les spectres ainsi obtenus sont comparés avec les données contenues dans une bibliothèque « Arômes » propre au laboratoire ou dans des bibliothèques commerciales (ou encore littérature).

2.4. Dosage des phénols totaux

La teneur en phénols totaux des différents échantillons a été déterminée selon la méthode décrite par Tsai *et al.* [22]. Cette méthode consiste à ajouter 46 ml d'eau distillée et 1 ml de réactif de Folin-Ciocalteu à 0,2 ml d'huile essentielle. Après 3 min d'agitation, 3 ml d'une solution de carbonate de sodium (7,5%) sont ajoutés. Après 2h d'incubation, l'absorbance à 760 nm est mesurée. Les résultats sont exprimés en mg d'équivalent d'acide gallique par gramme d'huile essentielle.

2.5 Évaluation de l'activité antioxydante

2.5.1 Mesure du pouvoir de piégeage du radical DPPH

La mesure de l'activité antiradicalaire a été testée selon la méthode de Blois [23] telle qu'elle a été décrite par Brand-Williams *et al.* [24] avec quelques modifications. Le principe de cette méthode est basé sur la mesure du piégeage des radicaux libres de DPPH (diphényl picryl hydrazyl) en solution dans le méthanol. L'addition d'un antioxydant dans une solution

de DPPH conduit à une décoloration de ce dernier qui est directement proportionnelle à la capacité antioxydante du produit ajouté. Cette décoloration peut être suivie par spectrophotométrie en mesurant la diminution de l'absorbance à 517 nm. Elle fournit donc un moyen pratique de mesurer l'activité antioxydante des huiles essentielles.

Des solutions de DPPH sont incubées pendant 30 minutes en absence (contrôle) ou en présence de concentrations croissantes d'huiles essentielles (200, 400, 600, 800 et 1000 mg/l).

À la fin de la période d'incubation, l'absorbance à 517 nm est lue et l'activité antioxydante est calculée selon la formule suivante :

$$AA (\%) = \frac{(Abs_{Contrôle} - Abs_{échantillon})}{Abs_{Contrôle}} \times 100$$

Avec :

AA, Activité Antioxydante ;

Abs, absorbance à la longueur d'onde 517nm.

2.5.2 Test de décoloration du β -carotène

Cette technique de spectrophotométrie dans l'ultraviolet a initialement été développée par Marco [25], puis légèrement modifiée par Miller [26]. Elle consiste à mesurer, à 470 nm, la décoloration du β -carotène résultant de son oxydation par les produits de décomposition de l'acide linoléique. L'addition d'antioxydants purs ou sous forme d'extraits végétaux induits un retard de la cinétique de décoloration du β -carotène.

2 mg de β -carotène ont été dissous dans 10 ml de chloroforme. On prélève 1 ml de cette solution qui est ajouté à une fiole contenant préalablement 20 mg d'acide linoléique et 200 mg de Tween 40. Après mélange des deux phases, le chloroforme a été complètement évaporé à l'aide d'un rotavapeur sous vide. Par la suite, 50 ml d'eau distillée saturée en oxygène ont été ajoutés au mélange précédent avec agitation rigoureuse. 5 ml de l'émulsion obtenue ont été additionnés à une série de tubes contenant 0,2 ml de l'huile essentielle à tester ou de BHT (antioxydant de contrôle). Les tubes ont été placés, à l'obscurité, dans un bain-marie à 50 ° C pendant 120 min. Les valeurs d'absorbance ont été lues à des intervalles de temps réguliers de 30 min.

L'activité antioxydante de l'huile essentielle est calculée selon l'équation suivante :

$$Inhibition(\%) = \frac{A_{antiox (120)} - A_{témoin (120)}}{A_{antiox (0)} - A_{témoin (120)}} \times 100$$

Avec :

A antiox (0) et A antiox(120), les absorbances en présence d'antioxydant à 0 et 120 min ;

A témoin (120), l'absorbance sans antioxydant à 120 min.

2.5.3 Test FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)

Le pouvoir réducteur des huiles essentielles est déterminé selon la méthode d'Oyaisu [27]. Dans un tube à essai contenant 1 ml de solution d'échantillon sont ajoutés 2,5 ml de tampon phosphate (0,2M, pH 6,6) puis 2,5 ml d'hexacyanoferrate de potassium [$K_3Fe(CN)_6$] (10g/l). L'ensemble est chauffé à 50°C au bain marie pendant 20 minutes. Un volume de 2,5 ml d'acide trichloracétique (100 g/l) est ensuite ajouté et le mélange est centrifugé à 3000 tours/min pendant 10 minutes. Enfin, 2,5 ml du surnageant ont été mélangés avec 2,5 ml d'eau distillée et 0,5 ml de chlorure ferrique [$FeCl_3$] (1 g / l). Un blanc sans échantillon est préparé dans les mêmes conditions. La lecture est mesurée à 700 nm. Le BHT est utilisé pour le contrôle positif.

2.6. Activité anti-inflammatoire

Le potentiel anti-inflammatoire des différentes parties de Thuya de Berberie est évalué par la mesure de l'inhibition de 5-lipoxygénase. 10 μ l d'huile essentielle sont dissous dans le diméthylsulfoxyde (DMSO) et le Tween 20 (V/V=1), puis ajoutés à 2,95 ml de tampon phosphate de potassium (0,1 M, pH 6,3) et d'acide linoléique (100 UM). La réaction est initiée par l'ajout de 100 U de 5-lipoxygénase diluée en un tampon phosphate et conservée à 4 °C. On suit en continu pendant 10 minutes l'apparition du produit de la réaction par spectrométrie UV à 234 nm, et l'on compare la vitesse initiale de la réaction enzymatique sans ajout et avec ajout de quantités croissantes d'huiles essentielles à évaluer. L'inhibition se traduit par une diminution de la vitesse de réaction et l'on détermine la concentration (en mg/ml) qui correspond à une inhibition de 50% de la vitesse initiale (IC50). Le NDGA (acide nordihydroguaiarétique) est utilisé comme produit de référence.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Composition chimique des huiles essentielles

Les rendements en huiles essentielles, exprimés en poids de matière sèche, des feuilles, des rameaux non feuillés et de la sciure de bois de tronc de *Tetraclinis articulata* (Vahl) sont : 0,22% ; 0,41% et 1,63% respectivement. Ces huiles, de couleur jaune pâle, ont une forte odeur balsamique.

L'analyse par CPG et CPG/SM de l'huile essentielle des trois organes a permis de mettre en évidence cinq constituants majoritaires dans chaque essence (Tableau 1).

Les huiles essentielles des feuilles et des rameaux sont principalement constituées de monoterpènes hydrocarbonés (respectivement 30,8% et 55,53%) et oxygénés (respectivement 60,9% et 10,16%). Nous remarquons également que les rameaux sont relativement plus riches en sesquiterpènes (15,08%). Les constituants principaux des deux huiles sont l' α -pinène (respectivement 16,8% ; 30,22%), le limonène (respectivement 5,7% ; 22,29%) et l'acétate de bornyle (respectivement 30,6% ; 4,76%). L'huile essentielle de la sciure de tronc s'est avérée différente de celles des parties précédentes de l'arbre par une proportion importante de sesquiterpènes oxygénés (47,8%) et hydrocarbonés (24,3%) et par une abondance relative en diterpènes oxygénés (9,4%) notamment l' α -acorénol (20,9 %), le cédrol (17,9 %), le totarol (8,8 %), l' α -cédrene (8,7 %) et le β -acorénol (7,4 %).

Tableau 1 : Composés majoritaires des huiles essentielles des trois parties de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters

Constituants majoritaires	Concentration (%)		
	Feuilles	Rameaux	Tronc
α -pinène	16,8	30,22	
limonène	5,7	22,29	
camphre	18,6		
bornéol	4,7		
acétate de bornyle	30,6	4,76	
α -cédrène			8,7
cédrol			17,9
widdrol		5,41	
α -acorénol			20,9
β -acorénol			7,4
α -humulène		3,49	
totarol			8,8
Groupe de composés (%)			
Monoterpènes hydrocarbonés	30,8	55,53	
Monoterpènes oxygénés	60,9	10,16	0,8
Sesquiterpènes hydrocarbonés	1,5	8,77	24,3
Sesquiterpènes oxygénés	0,8	6,31	47,8
Diterpènes hydrocarbonés			1,9
Diterpènes oxygénés			9,4
Total identifié (%)	94	80,72	83,4

3.2. Dosage des phénols totaux

Le dosage quantitatif des composés phénoliques totaux des huiles essentielles des différents organes de *Tetraclinis* montre que ces huiles sont riches en composés phénoliques et que le tronc renferme une teneur notable en ces constituants par rapport aux feuilles et aux rameaux, respectivement 470,12, 320,54 et 189,76 mg d'équivalent d'acide gallique par g d'huile essentielle (figure 1).

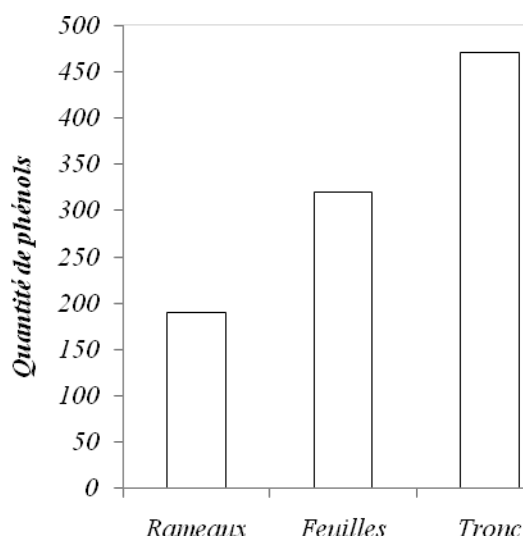


Figure 1 : Proportions de phénols totaux des organes de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters (en mg d'acide gallique par g d'huile essentielle)

3.3. Activité antioxydante

L'activité antioxydante in vitro a été évaluée de trois manières différentes : le test au DPPH, la technique de décoloration du β -carotène et la mesure du pouvoir réducteur. Les résultats du pourcentage d'inhibition du radical DPPH par les trois parties de *Thuja de Berberie* sont représentés par la figure 2.

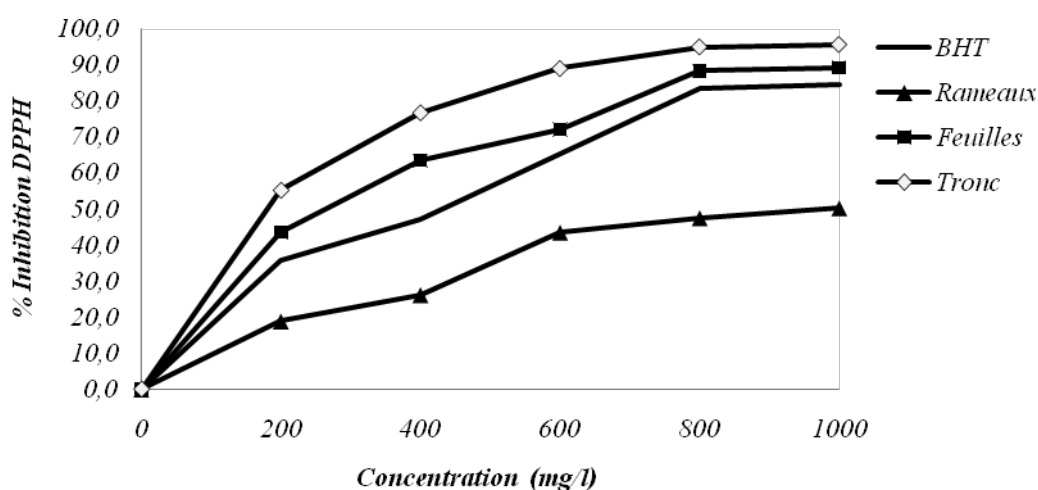


Figure 2: Activité de piégeage du radical DPPH

Les trois essences réduisent la concentration de ce radical libre. Les huiles essentielles du tronc et des feuilles présentent des activités importantes par comparaison à celle de l'antioxydant synthétique BHT. L'huile des rameaux reste la moins active. Les pourcentages d'inhibition sont pour les trois huiles essentielles respectivement 95,8%, 89,3%, 84,6% et pour le BHT 50,3%. On note que l'efficacité antioxydante augmente avec la concentration de l'huile essentielle.

L'aptitude des huiles essentielles à inhiber la peroxydation lipidique évaluée par la technique de décoloration du β -carotène (figure 3) montre que l'oxydation de l'acide linoléique est efficacement inhibée par les trois huiles. Cet essai montre que les trois parties de *Thuya* possèdent un pouvoir antioxydant élevé par rapport aux résultats obtenus par le DPPH. Cette technique confirme les résultats obtenus par le test précédent et montre que le tronc présente un meilleur profil antioxydant que les feuilles, le BHT et les rameaux avec respectivement 97,1%, 93,8%, 88,7% et 52,3% d'inhibition.

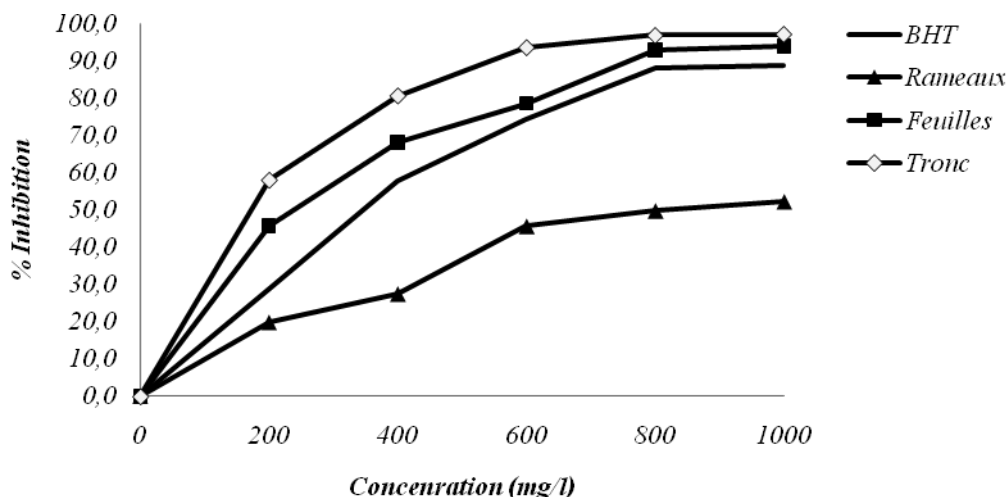


Figure 3 : Activité d'inhibition de la décoloration du β -carotène

Le pouvoir réducteur (FRAP) des huiles essentielles de *Tetraclinis articulata* (figure 4) augmente avec la concentration et atteint un plateau à partir de 600 mg/l. L'huile de tronc est la plus active, suivie de celle des feuilles. Ces activités sont très supérieures à celles de l'antioxydant de référence (BHT) et des rameaux.

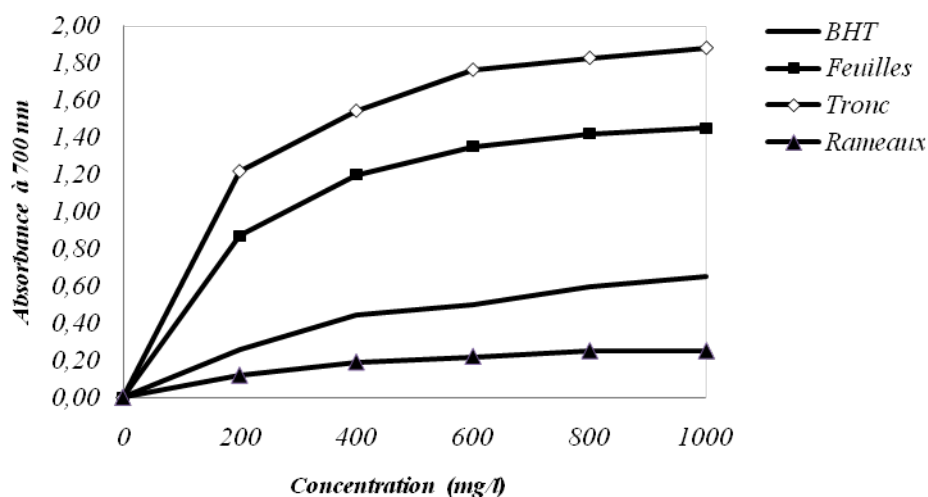


Figure 4 : Pouvoir réducteur des trois huiles essentielles et du contrôle positif (BHT)

On constate qu'il existe une corrélation entre la teneur en phénols totaux, et l'activité antioxydante des huiles essentielles de *Tetraclinis articulata*. Ces résultats sont en accord avec les données de la littérature. En effet, plusieurs auteurs ont rapporté qu'il existe une relation étroite entre les composés phénoliques et les activités antioxydantes [28, 29, 30, 31].

Les rameaux et les feuilles plus riches en monoterpènes hydrocarbonés (respectivement 55,53% et 30,8%), sont moins antioxydants que la sciure de bois. Ces composés particulièrement l' α -pinène et le limonène [32, 33] sont connus par leurs faibles effets antioxydants [34]. En revanche, le camphre, prédominant dans l'huile des feuilles, est doté d'un pouvoir antioxydant considérable [35, 36]. L'activité plus élevée de la sciure de bois est liée sans doute à sa teneur relative en diterpènes. Plusieurs auteurs ont déjà rapportés que les phénols diterpéniques particulièrement le totarol sont des composés antioxydants très puissants [37, 38]. Toutefois, un effet de synergie entre les différentes molécules pourrait avoir joué.

3.4. Activité anti-inflammatoire

Le potentiel anti-inflammatoire des huiles essentielles de Thuya de Berberie est évalué par la méthode enzymatique de la 5-lipoxygénase (figure 5). Les trois parties de la plante montrent une activité anti-inflammatoire considérable avec une IC₅₀ de 10,71, 18,21 et 57,32 $\mu\text{g/ml}$ respectivement pour le tronc, les rameaux et les feuilles, même si le NDGA a une IC₅₀ de 0,7 $\mu\text{g/ml}$. Ces résultats pourraient s'expliquer par la différence de teneur de ces organes en sesquiterpènes et en diterpènes. En effet, ces deux groupes de composés sont connus pour leurs activités anti-inflammatoires élevées [39, 40, 41, 42].

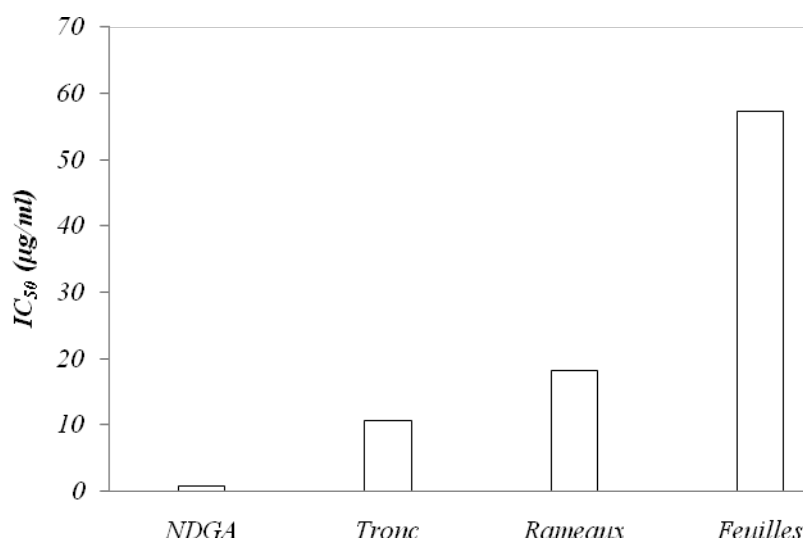


Figure 5 : Activité anti-inflammatoire des trois huiles essentielles et du contrôle positif (NDGA)

4. CONCLUSION

Cette étude a pour but d'évaluer et de comparer l'efficacité antioxydante et anti-inflammatoire des huiles essentielles des feuilles, des rameaux et de tronc de Thuya de Berberie du Plateau Central Marocain.

Le dosage en composés phénoliques des trois extraits d'huiles a révélé des teneurs considérables en polyphénols avec des teneurs appréciables dans l'huile essentielle de tronc et des feuilles. Les deux essences précédentes ont manifesté un important potentiel antioxydant supérieur à celui du composé de référence (BHT) et des rameaux, respectivement. Par ailleurs, les trois parties de l'arbre, particulièrement pour l'huile de la sciure de tronc, ont

montré une activité anti-inflammatoire exploitable qui reste, toutefois inférieure à celle de NDGA utilisé comme contrôle positif.

Les résultats obtenus permettent de suggérer l'utilisation des huiles essentielles de *Tetraclinis articulata* dans différents domaines, agroalimentaire, cosmétique, et pharmaco-médical pour remplacer les antioxydants et les anti-inflammatoires synthétiques. D'autres études doivent être conduites pour évaluer *in vivo* l'innocuité et l'efficacité de ces essences.

Références

- [1]. FAVIER A. (2003), Le stress antioxydant. Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique, *L'actualité chimique*, 108-115.
- [2]. ATAWODI S.E. (2005), Antioxidant potential of African medicinal plants, *African Journal of Biotechnology*, **4** (2), 1281 – 133.
- [3]. MAU J.L., HUANG P.N., HUANG S.I., and CHEN C.C., (2004), Antioxidant properties of methanolic extracts from two kinds of *Antrodia camphorate mycella*, *Food Chemistry*, **86**, 25 – 31.
- [4]. VIDAL C., GÓMEZ-HERNÁNDEZ A., SÁNCHEZ GALÁN E., GONZÁLEZ A., ORTEGA L., GÓMEZ-GERIQUE J.A., TUÑÓN J., and EGIDO J.(2007), Licofelone, a balanced inhibitor of cyclooxygenase and 5-lipoxygenase, reduces inflammation in a rabbit model of atherosclerosis, *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, **320** (1). 108-116.
- [5]. HENNIG R., DING X.Z., TONG W.G., SCHNEIDER M.B., STANDOP J., FRIESS H., BÜCHLER M.W., POUR P.M., and ADRIAN T.E., (2002), 5-Lipoxygenase and leukotriene B (4) receptor are expressed in human pancreatic cancers but not in pancreatic ducts in normal tissue, *American Journal of Pathology*, **161**, 421 – 42.
- [6]. NATARAJAN R and NADLER J L., (2004), Lipid inflammatory mediators in diabetic vascular disease, *Arterioscler Throm Vasc Biol.*, **24**, 1542 – 8.
- [7]. CHAVÉRON H., (1999). Molécules toxiques. Dans « Introduction à la toxicologie nutritionnelle ». TEC & DOC, Lavoisier, Paris, p. 98.
- [8]. GUPTA S. *et al.*, (2001), Lipoxygenase-5 overexpressed in prostate adenocarcinoma, *Cancer*, **15**, 91 (4), 737 – 43.
- [9]. REDDY B.S. *et al.*, (2002), Novel approaches for colon cancer prevention by cyclooxygenase-2 inhibitors, *J. Environ. Pathol. Toxicol. Oncol.*, **21**(2), 155 – 64.
- [10]. FRIES J.F., MILLER S.R., SPITZ P.W., WILLIAMS C.A., HUBERT H.B., and BLOCH D.A., (1989), Toward an epidemiology of gastropathy associated with non steroidal anti-inflammatory drug use, *Gastroenterology*, **96**, 647 – 55.
- [11]. TILLMAN MT and SCHLESINGER PA., (1990), Nonsteroidal anti-inflammatory drug nephrotoxicity. *Arch Intern Med*; **150**, 268 – 270.

- [12]. KANTOR T. G., (1988), New strategies for the use of anti-inflammatory agents. In: Proceedings of the Vth World Congress on Pain, Dubner R, Gebhart GF, Bond M. eds, Elsevier Science Publisher, 80 – 86.
- [13]. A. ACHHAL, M. BARRERO, S. ECH-CHAMIKH, (1985). Productivité du thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters) dans le bassin versant du N'fis. *Ecologia Mediterranea*. Tome XI. Fascicule 2/3.
- [14]. HADDAD A., LACHENAL D., MARECHAL A., KAID-HARCHE M. et JANIN G., (2006), Caractéristiques papetières de la pâte de bois de thuya de Berberie (Algérie) (*Tetraclinis articulata* Vahl) obtenue par un procédé soude-anthraquinone, *For. Sci*, **63**, 493 – 498.
- [15]. AEFC, Inventaire National Forestier, (1994), Maroc.
- [16]. TOUAYLI J.(2002). Valorisation des sous-produits du thuya de Berberie (*Tetraclinis articulata* Vahl) du Maroc. - Mémoire 3^{ème} Cycle Inst.Agron. Véter. Hassan II, Rabat, Maroc. 90 p.
- [17]. ZIYYAT A. LEGSSYER A., MEKHFY H., DASSOULI A., SERHROUCHNI, M. and BENJELLOUN W. (1997), Phytotherapy of hypertension and diabetes in oriental Morocco, *J. Ethnopharmacol.*, **58** (1), 45 – 54.
- [18]. BOURKHISS M., HNACH M., BOURKHISS B., OUHSSINE M. et CHAOUCH A. (2007), Composition chimique et propriétés antimicrobiennes de l'huile essentielle extraite des feuilles de *Tetraclinis articulata* (Vahl) du Maroc, *Afrique Science* **3**, 232 – 242.
- [19]. BOURKHISS B., OUHSSINE M., HNACH M., BourkhiSS M., SATRANI B. et FARAH A, (2007). Composition chimique et bioactivité de l'huile essentielle des rameaux de *Tetraclinis articulata*, *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, **146**, 75 – 84.
- [20]. BOURKHISS M., HNACH M., LAKHLIFI T., BOURKHISS B., OUHSSINE M. et SATRANI B., (2010), Production et caractérisation de l'huile essentielle de la sciure de bois de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters, *Bul. Soc. Roy. des Sciences de Liège*, **79**, 2010, 4 – 11.
- [21]. BUHAGIAR J.A., PODESTA M.T., WILSON, A.P., MICALLEF M.J., and ALI S. (1999). The induction of apoptosis in human melanoma, breast and ovarian cancer cell lines using an essential oil extract from the conifer *Tetraclinis articulate*, *Anticancer Res.*, **19**, 5435 – 5443.
- [22]. TSAI, T.H., CHIEN Y.C., LEE C.W., and TSAI P.J., (2008), In vitro antimicrobial activities against Cariogenic streptococci and their antioxidant capacities: A comparative study of green tea versus different herbs, *Food Chem.*, **110**: 859 – 864.
- [23]. BOIS MS. (1958), Antioxidant determinations by the use of stable free radical, *Nature* **26**, 1199 – 1200.
- [24]. BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER M.E., and BERSET, C., (1995), Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, Food Science and Technology*, **28**, 25 – 30.

- [25]. MARCO GL.,(1968), A rapid method for evaluation of antioxidants, *J. Am. Oil Chem. Soc.* **45**, 594 – 8.
- [26]. MILLER, H.E. (1971), Simplified method for the evaluation of antioxidants, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **48** (2), 91 – 97.
- [27]. OYAIZU M. (1986), Studies on products of browning reaction prepared from glucoseamine, *Jpn J. Nutr.*, **44**, 307 – 314.
- [28]. WANG, M., LI J., RANGARAJAN M., SHAO Y., LA VOIE E.J., HUANG T.C., and HO C.T., (1998), Antioxidative phenolic compounds from sage (*Salvia officinalis*), *J. Agric. Food Chem.*, **46**, 4869 – 4873.
- [29]. RUBERTO G. and BARATTA M.T., (2000), Antioxidant activity of selected essential oil components in two lipid model systems, *Food Chem.*, **69**, 167 – 174.
- [30]. OZKAN, G., SAGDIC O., GOKTURK S., UNAL O., and Albayrak S., (2010), Study on Chemical composition and biological activities of essential oil and extract from *Salvia pisidic*. *LWT, Food Sci. Technol.*, **43**, 186 – 190.
- [31]. ALBAYRAK S., AKSOY A., SAGDIC O., and HAMZAOGLU E., (2010), Compositions, antioxidant and antimicrobial activities of *Helichrysum* (Asteraceae) species collected from Turkey, *Food Chem.*, **119**, 114 – 122.
- [32]. REBELO M.M., DA SILVA J.K.R., ANDRADE E.H.A., MAIA J.G.S., (2009), Antioxidant capacity and biological activity of essential oil and methanol extract of *Hyptiscrenata* Pohl ex Benth., *Rev. Bras. Farmacogn.*, **19** (1b), 230 – 235.
- [33]. OBAME L.C., EDOU P., BASSOLÉ I.H.N., KOUDOU J., AGNANIET H., EBA F., and TRAORE A.S., (2008), Chemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of the essential oil of *Dacryodesedulis* (G. Don) H. J. Lam from Gabon, *African Journal of Microbiology Research*, **2** (6), 148 – 152.
- [34]. TEPE B., SOKMEN M., AKPULAT H.A., DAFERARA D., POLISSIOU M., and SOKMEN A., (2005), Antioxidative activity of the essential oils of *Thymus sipyleus* subsp. *sipyleus* var. *sipyleus* and *Thymus sipyleus* subsp. *Sipyleus* var. *rosulans*, *J. Food. Eng.* **66**, 447 – 454.
- [35]. DAMIEN H.J., FIGUEIREDO A.C., BARROSO J.G., and DEANS, S.G.,(2000), Flavour and Fragrance J., **15**, 12 – 16.
- [36]. TEIXEIRA DA SALIVA J.A., (2004), Mining the essential oils of the Anthemideae, *African Journal of Biotechnology*. **3** (2), 706 – 720.
- [37]. BERNABEU A, SHAPIRO S, and VILLALAIN J., (2002), A MAS-NMR study of the location of (+)-totarol, a diterpenoid bioactive molecule, in phospholipid model membranes, *Chem. Phys. Lipids*, **119** (1-2), 33 – 9.
- [38]. Haraguchi H., Ishikawa H., and Kubo I., (1997), Antioxidative action of diterpenoids from *Podocarpusnagi*, *Planta medica*, Coden plmeaa., **63** (3), pp. 213 – 215.

- [39]. KASTNER U., SOSA S., TUBARO A., BREUER J., RÜCKER G., DELLA LOGGIA R., and JURENITSCH J., (1993), Anti-edematous activity of sesquiterpene lactones from different taxa of the *Achillea millefolium* group, *Planta Med.* **59**, Suppl. Iss. A 699.
- [40]. SOSA S., TUBARO A., KASTNER U., GLASL S., JURENITSCH J., and DELLA LOGGIA R., (2001), Topical anti-inflammatory activity of a new germacrane derivative from *Achillea pannonica*, *Planta Med.* **67**, 654D 658.
- [41]. KANG O.H., CHAE H.S., CHOI J.G., OH Y.C., LEE, Y.S., KIM J.H., SEUNG M.J., JANG, H.J., BAE K.H., LEE J.H., SHIN D.W., and KWON D.Y. (2008), Ent-pimar-8(14), 15-dien-19-oic acid isolated from the roots of *Aralia cordata* inhibits induction of inflammatory mediators by blocking NF- κ B activation and mitogen-activated protein kinase pathways, *European Journal of Pharmacology*, **601**, Issues 1-3, 28, 179 – 185.
- [42]. DANG N.H., ZHANG X., ZHENG M., SON K.H., CHANG H.W., KIM H.P., BAE K., and KANG S.S., (2005), Inhibitory Constituents against Cyclooxygenases from *Aralia*, *Arch. Pharm. Res.*, **28**, 28-33.