ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/287753198

Turpentine chemical composition and antimicrobial activity of Pinus pinaster and Pinus halepensis of Morocco

Article *in* Acta botanica Gallica: bulletin de la Société botanique de France · June 2007

CITATIONS
4

READS
294

7 authors, including:

Mohamed Ghanmi
Centre National de la Recherche Forestière
62 PUBLICATIONS **302** CITATIONS

SEE PROFILE

Badr Satrani
Centre de Recherche Forestière, Maroc
81 PUBLICATIONS **519** CITATIONS

SEE PROFILE

Abderrahman Aafi
National Forest School of Engineers Salé Morocco
48 PUBLICATIONS **274** CITATIONS

SEE PROFILE

Abdellah Farah
University of Sidi Mohamed Ben Abdellah, FEZ
164 PUBLICATIONS **728** CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:

Pharmacology of medicinal plants View project

Valorisation of medicinal and aromatic plants View project

All content following this page was uploaded by Abderrahman Aafi on 07 April 2018.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

*Acta Bot. Gallica, 2007, **154** (2), 293-300.*

Composition chimique et activité antimicrobienne de l'essence de térébenthine du pin maritime (*Pinus pinaster*) et du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) du Maroc

par Mohamed Ghanmi([1,2]), Badr Satrani([1]), Abdelaziz Chaouch([2]), Abderrahman Aafi([1]), Abdelhak El Abid([1]), Moulay Rchid Ismaili([1]) et Abdellah Farah([3])

(1) Centre de recherche forestière, BP 763, Rabat-Agdal, 10050, Maroc ; mghanmi@yahoo.fr

(2) Département de chimie, Laboratoire de chimie appliquée et de contrôle de la qualité, Faculté des sciences de Kénitra, Université Ibn Tofail, BP 133, Kénitra, Maroc

(3) Institut national des plantes médicinales et aromatiques, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, BP 7048, Fès-Ezzohour, Fès, Maroc

arrivé le 22 septembre 2006, accepté le 20 novembre 2006

Résumé.- Ce travail étudie le rendement, la composition chimique et l'activité antibactérienne et antifongique de l'essence de térébenthine issue de deux espèces de pins du Maroc, le pin maritime (*Pinus pinaster*) de la Mamora et le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) de Rommani. La gemme, objet de l'étude, provient d'un échantillon de 40 arbres de chaque espèce de pin. La composition chimique de l'essence de térébenthine de ces deux espèces se caractérise par un pourcentage élevé en α-pinène, soit 77% et 89% respectivement pour le pin maritime et le pin d'Alep. D'autres composés tels que le β-pinène, le camphène, le myrcène, le Δ-3-carène, le limonène et le caryophyllène ont été également détectés dans les térébenthines de ces espèces. Le biotest de l'essence de térébenthine de ces deux espèces a montré une bonne activité antibactérienne et antifongique.

Mots clés : *Pinus pinaster* - *Pinus halepensis* - essence de térébenthine - composition chimique - activité antibactérienne et antifongique.

Abstract.- This work tries to determine the chemical composition and antimicrobial activity of the turpentine of two moroccan pines species, the maritime pine (*Pinus pinaster*) from Mamora and the Aleppo pine (*Pinus halepensis*) from Rommani. The gum object of this study comes from a sample of 40 trees of every pine species. The turpentine's chemical composition of these two species is characterized by a high percentage of α-pinene as main compound: 77% and 89% are respectively fund for the maritime pine and the Aleppo pine. Also, β-pinene, camphene, myrcene, Δ-3-carene, limonene and caryophyllene were also detected in turpentine of these species. A biotest of the turpentine of these two species of pines showed the efficiente antibacterial and antifungal activity.

Key words : *Pinus pinaster* - *Pinus halepensis* - turpentine - chemical composition - antibacterial and antifungal activity.

I. INTRODUCTION

Le genre *Pinus* L. comprend naturellement au Maroc les espèces suivantes : pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.), pin maritime (*Pinus pinaster* Sol.) et pin noir (*Pinus nigra* Arn.). Ce dernier pin est limité à une centaine d'hectares dans le Rif centro-occidental (Aafi, 1995) alors que les deux autres espèces sont relativement bien présentes dans le paysage forestier marocain (*Grand Livre de la forêt marocaine*, 1999). Le pin maritime et le pin d'Alep ont retenu l'attention du reboiseur marocain tant pour leur plasticité écologique (espèces de plaine et de montagne) que pour leur réussite dans les reboisements et leur exploitation ; les superficies reboisées sont de 41 118 ha en pin maritime et 156 272 ha en pin d'Alep (*Grand Livre de la forêt marocaine*, 1999). Ces essences forestières sont destinées à la production du bois d'œuvre. Elles peuvent donner aussi d'autres produits forestiers non ligneux tels que la résine qui est considérée comme étant le plus ancien et le plus important des produits forestiers non ligneux (Coppen & Hone, 1995) ; elle est aussi appelée « produits de Navals Stores » (Mirov & Hasbrough, 1976).

La distillation de la gemme donne l'essence de térébenthine et la colophane. La production mondiale en térébenthine issue de la gemme est d'environ 100 000 tonnes (Dawson, 1994). Selon l'Office des changes (2005), le Maroc a importé 52 tonnes, l'équivalent de 600 000 dirhams. L'essence de térébenthine est une huile essentielle très demandée pour son utilisation dans diverses industries de peinture, chimie, pharmacie et alimentation (Coppen & Hone, 1995 ; Derfer, 1978 ; Faber, 1988 ; Delmond, 1998).

En général, la résine, qui donne la térébenthine, est naturellement le résultat de la réaction de l'arbre aux attaques des herbivores et microbes (Langenheim, 1994 ; Raffa & Smalley, 1995 ; Cates, 1996 ; Michelozzi *et al.*, 2004). Actuellement, plusieurs études ont été effectuées sur les principes bioactifs des huiles essentielles ainsi que sur leur activité contre un grand nombre de microorganismes pathogènes pour l'homme (Farag *et al.*, 1989 ; Paster *et al.*, 1990 ; Adam *et al.*, 1998 ; Smith-Palmer *et al.*, 1998 ; Hammer *et al.*, 1999 ; Marino *et al.*, 1999 ; Cosentino *et al.*, 1999 ; Satrani *et al.*, 2006).

Au Maroc, les essais expérimentaux de gemmage ont montré que la production annuelle de pin maritime de la Mamora et de pin d'Alep de Rommani est d'environ 3 kg par arbre (El Alami, 2003) ; ces quantités sont supérieures à celles de la FAO (1995) selon laquelle l'exploitation de cette matière n'est rentable que lorsque ces valeurs sont supérieures à 2 kg/arbre/an. L'étude de Ghanmi *et al.* (2005) confirme la possibilité d'introduire ces activités de gemmage et de transformation de gemme au Maroc pour combler le déficit national. Par ailleurs, l'exportation de ces produits vers l'Europe est l'un des objectifs visés puisque cette dernière continue actuellement à importer de la Chine une térébenthine et une colophane de moindre qualité (Chozas Bermudez, 1997).

Pour mettre en valeur le produit national et contribuer au développement économique de ce pays par des entrées de devises, nous nous sommes attachés à déterminer le rendement et la composition chimique de la térébenthine issue d'un mélange de gemme de quarante arbres de chaque espèce de pins (pin maritime et pin d'Alep). Cette étude vise aussi la détermination du pouvoir antibactérien et antifongique des huiles essentielles de la gemme des pins.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

A. Matériel végétal

Les échantillons proviennent d'un mélange de gemme extraite à partir de quarante arbres de chaque espèce de pin. La récolte des échantillons a été réalisée au mois de juillet 2004. La gemme du pin maritime provient du périmètre de Machraâ El Kettane, situé dans la zone de plaine du secteur occidental de la Mamora (nord-ouest du Maroc). Quant à celle du pin d'Alep, elle est issue du périmètre de Aïn Jebouja de la région de Rommani (plateau central du Maroc). Pour chaque mélange de gemme, on a effectué trois essais de distillation.

B. Pré-traitement et distillation de la gemme

Le pré-traitement consiste à faire fondre et à filtrer la gemme grâce à un système approprié. Cette étape a pour but d'éliminer les impuretés solides de type organique (aiguilles, écorces, etc.) et minéral (sables, poussières, etc.).

Le filtrat de la gemme fondue est soumis à l'hydrodistillation dans un appareil de type Clevenger (Clevenger, 1928) jusqu'à l'épuisement total de l'essence de térébenthine. Pour chaque échantillon de mélange de gemme, trois essais de distillation ont été effectués et chaque essai comporte 300 g.

Au cours de la distillation, dès que la température avoisine 95 °C, une ébullition de l'eau contenue dans la gemme se produit et la vapeur entraîne avec elle l'essence de térébenthine. Ces vapeurs mixtes sont condensées dans le réfrigérant. Lorsque la température dépasse 100 °C et atteint environ 150 °C, on fait couler de temps en temps un filet d'eau jusqu'à épuisement total de la térébenthine. À la fin de l'opération, l'essence de térébenthine se sépare de la colophane qui reste comme résidu de la distillation.

C. Analyses chromatographiques

Les analyses chromatographiques de l'essence de térébenthine des deux espèces ont été effectuées sur un chromatographe en phase gazeuse à régulation électronique de pression de type Hewlett-Packard (série HP 6890), équipé d'une colonne capillaire HP-5 (5% phényl méthyl siloxane) (30 m x 0,25 mm, épaisseur du film : 0,25 mm), d'un détecteur FID (température : 270 °C) alimenté par un mélange de gaz H_2/air et d'un gaz injecteur Split-splitless (température : 275 °C). Le volume injecté est de 1 µl. Le mode d'injection est split (rapport de fuite : 1/50, débit : 66 ml/min). Le gaz vecteur utilisé est l'azote avec un débit de 1,7 ml/min. La température de la colonne est programmée de 50 à 250 °C à raison d'une montée de 4 °C/mn. L'appareil est piloté par un système informatique de type « HP ChemStation » gérant le fonctionnement de l'appareil et permettant de suivre l'évolution des analyses chromatographiques.

L'identification des constituants a été réalisée en se basant sur leurs indices de Kováts (IK ; Kováts, 1965) et sur la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG-SM). Celle-ci est exécutée sur un chromatographe en phase gazeuse Hewlett-Packard (série HP 6890) couplé avec un spectromètre de masse (série HP 5973). La fragmentation est effectuée en impact électronique sous un champ de 70 eV. La colonne utilisée est une colonne capillaire de type HP-5 SM (5% phényl méthyl siloxane ; 30 m x 0,25 mm, épaisseur du film : 0,25 mm). Le gaz vecteur est l'hélium dont le débit est fixé à 1,7 ml/min. La température de la colonne est programmée de 50 à 250 °C à raison de 4 °C/min. L'appareil est relié à un système informatique gérant une bibliothèque de spectres de masse NIST 98.

D. Tests antimicrobiens

Au cours de ce travail, les micro-organismes cités ci-après sont choisis pour leurs fréquences élevées à contaminer les denrées alimentaires et pour leur pathogénicité :

- bactéries : *Escherichia coli, Bacillus subtilis, Micrococcus luteus* et *Staphylococcus aureus* ;
- champignons : *Penicillium parasiticus* et *Aspergillus niger.*

Les quatre souches bactériennes sont des lots de « American type culture collection » (ATCC) ; elles sont entretenues par repiquage sur gélose nutritive favorable à leur croissance. Les trois moisissures sont cultivées sur le milieu nutritif « Potato dextrose agar » (PDA).

Les concentrations minimales inhibitrices (CMI) de l'essence de térébenthine du pin maritime et du pin d'Alep sont déterminées selon la méthode rapportée par Remmal *et al.* (1993) et Satrani *et al.* (2001).

III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

A. Rendement en essence de térébenthine issue du mélange de gemme

À la lumière de cette étude, il s'avère que le rendement de l'essence de térébenthine concorde avec celui de la littérature (Ghanmi *et al.*, 2005). La meilleure teneur de cette térébenthine est obtenue à partir des échantillons du pin d'Alep de la région de Rommani par rapport à celle du pin maritime de la Mamora, soit des taux respectifs de 29% et 22%. Ces résultats montrent que le rendement en essence qui dépend du type d'espèce est significatif. En plus, les conditions orographiques et bioclimatiques caractéristiques de chaque région peuvent aussi jouer un rôle dans cette différence (Ghanmi *et al.*, 2005). En effet, le périmètre de Aïn Jebouja de la région de Rommani se situe au sud-est de Rabat, à une altitude de 400 m, sur un sol schisteux et dans un bioclimat semi-aride avec une pluviométrie annuelle de 400 à 600 mm (MARA, 1997). La plaine de la Mamora se situe entre Rabat et Kénitra, à l'ouest, et Tifelt et Sidi Slimane, à l'est, à une altitude de 120 m. Elle se caractérise par un bioclimat semi-aride, une pluviométrie annuelle de 325 à 600 mm et par des sols sableux beiges et rouges sur argile (Aafi *et al.*, 2005). En effet, bien que les deux stations aient le même bioclimat, la station de Rommani subit l'effet de la continentalité et donc se caractérise par une forte chaleur en été, tandit que celle de la Mamora profite de l'humidité de l'air due à la proximité de l'océan Atlantique. Cette forte chaleur enregistrée à Rommani facilite l'écoulement de la résine du pin d'Alep par rapport à celle du pin maritime de la Mamora. Aussi, la récolte de la gemme sur le terrain et son traitement au laboratoire nous confirment la faible viscosité de la gemme du pin d'Alep par rapport à celle du pin maritime, ce qui explique la différence des rendements obtenus.

B. Analyse de la composition chimique de la térébenthine issue du mélange de gemme

Trois analyses chromatographiques de l'essence de térébenthine issue du mélange de gemme de quarante arbres de pins de chaque espèce ont été effectuées pour s'assurer de la reproductivité des résultats. Ces analyses ont révélé la présence de 21 constituants (Tableau I). Du point de vue chimique, la résine est un mélange de différentes classes des terpènes (monterpènes, sesquiterpènes et diterpènes) selon la répartition de Ruzicka (1953). La classe des monoterpènes est prédominante, avec l'α-pinène comme constituant majoritaire. La meilleure teneur de ce constituant est obtenue à partir du pin d'Alep par rapport au pin maritime, avec des taux respectifs de 89% contre 77% (Tableau I). En général, plu-

sieurs travaux ont montré que le pourcentage élevé de l'α-pinène est une caractéristique de la plupart des térébenthines du genre *Pinus* (Pardon, 1998 ; Coppen *et al.*, 1988a, b, 1993 ; Ghanmi *et al.*, 2005) à l'exception de *P. heldreichii* dont le limonène est le constituant majoritaire avec 79,44% (Werner *et al.*, 1994) et *P. roxburghii* avec comme principal composé le Δ-3-carène qui représente plus de 50% (Coppen *et al.*, 1988a). Le taux de β-pinène est d'environ 6% pour le pin maritime contre seulement 1% pour le pin d'Alep (Tableau I).

Ces résultats confirment la richesse en pinènes de la térébenthine issue du mélange de gemme. Aussi les taux de ces dernières sont-ils des indicateurs importants pour différencier entre les térébenthines de ces deux espèces de pins du Maroc (Ghanmi *et al.*, 2005). En général, l'analyse du profil chromatographique des monoterpènes nous permet de distinguer entre *P. halepensis, P. brutia* et *P. eldarica* (Baradat *et al.*, 1995 ; Schiller & Grunwald, 1987a, b ; Michelozzi *et al.*, 1990), et de caractériser les hybrides artificiels de pins (Squillace, 1976 ; Michelozzi *et al.*, 1990) et les hybrides d'*Eucalyptus* (Farah *et al.*, 2001, 2002a, b). Ces monoterpènes peuvent servir comme marqueurs biochimiques dans l'étude génétique des forêts pour la détermination de la variabilité géographique des espèces de conifères et pour l'identification des familles et des clones (Baradat *et al.*, 1991 ; Hanover, 1992 ; Michelozzi *et al.*, 1995).

Tableau I.- Composition chimique de l'essence de térébenthine issue d'un mélange de gemme des deux espèces de pin. PMM : pin maritime de la Mamora, PAR : pin d'Alep de Rommani, IK : indice de Kovats, - : constituant non détecté, tr : ≤ 0,04.

Table I.- Chemical composition of turpentine descended from mixture of gem of the two species of pine.

N°	IK	Composés	PMM	PAR
1	939	**α-Pinène**	**76,91**	**88,62**
2	953	Camphène	2,01	0,94
3	980	**β-Pinène**	**6,35**	**1,08**
4	991	Myrcène	0,9	1,16
5	1005	α-Phéllandrène	0,17	Tr
6	1011	Δ-3-Carène	Tr	0,42
7	1018	α-terpinène	0,23	Tr
8	1031	Limonène	2,74	0,87
9	1062	δ-Terpinène	0,11	Tr
10	1088	Terpinolène	1,08	0,49
11	1144	cis-β-Terpineol	tr	Tr
12	1163	Trans-β-Terpineol	0,32	0,46
13	1189	α-Terpineol	1,14	1,43
14	1282	α-Terpinen-7-al	0,07	-
15	1350	α-Acétate terpinyle	0,26	-
16	1351	α-Longipinène	tr	-
17	1372	Longicyclène	0,23	tr
18	1398	β-Longipinène	tr	-
19	1402	Longifollène	2,3	tr
20	1418	**Caryophyllène**	**2,31**	**2,26**
21	1581	Oxyde de caryophyllène	tr	Tr
	Total		**97,13**	**97,73**

Les pourcentages du camphène et du myrcène varient de 0,45% à 2,51%. Les autres monoterpènes tels que l'α-phéllandrène, le Δ-3-carène, les α et δ- terpinènes et le terpénolène ne dépassent pas une teneur de 1,1% pour les deux espèces. Le limonène se trouve à un taux de 2,74% pour le pin maritime et 0,87% pour le pin d'Alep (Tableau I). Le principal sesquiterpène de ces térébenthines est représenté par le caryophyllène avec une teneur de 2,31% pour le pin maritime et 2,26% pour le pin d'Alep.

Cependant, on note la présence de l'α-terpinène-7-al, l'α-acétate de terpinyle et α et β-longipinènes dans la térébenthine du pin maritime de la Mamora alors qu'ils sont absents dans le pin d'Alep. Cette différence de la composition chimique peut être expliquée par la nature de l'espèce en plus des conditions orographiques et bioclimatiques de chaque région. Ces résultats concordent avec ceux cités dans la littérature (Zinkel, 1977 ; Ghanmi *et al.*, 2005).

C. Bioactivité de l'essence de térébenthine des deux espèces de pins

L'essence de térébenthine du pin maritime s'est montrée active et a inhibé tous les microorganismes à la concentration de 1/100 V/V (Tableau II). À cette même concentra-

Tableau II.- Activité antibactérienne et antifongique des huiles essentielles de la gemme de *Pinus pinaster* (Pp) et de *Pinus halepensis* (Ph). T : témoin ; - : inhibition ; + : croissance.

Table II.- Antibacterial and antifungal activity of *Pinus pinaster* (Pp) and *Pinus halepensis* (Ph) essential oils gum's. T: control; -: inhibition; +: developement.

Concentration V/V	1/100		1/250		1/500		1/1000		1/5000		T
Échantillon	Pp	Ph	Pp	Ph	Pp	Ph	Pp	Ph	Pp	Ph	
Bactéries											
Escherichia coli	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
Bacillus subtilis	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
Staphylococcus aureus	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Micrococcus luteus	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Champignons											
Penicillium parasiticus	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Aspergillus niger	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+

tion, seul *Penicillium parasiticus* a résisté à l'huile essentielle de térébenthine du pin d'Alep. Le germe le plus sensible est *Bacillus subtilis* dont la croissance est inhibée à 1/1000 V/V de la térébenthine du pin maritime. En général, les bactéries étaient plus vulnérables à l'essence de térébenthine que les champignons. La même constatation a été faite par Knobloch *et al.* (1989) en étudiant l'activité antibactérienne et antifongique des composés des huiles essentielles.

Nos deux essences de térébenthine sont riches en α-pinène avec environ 77% pour le pin maritime et 89% pour le pin d'Alep. Une étude réalisée par Angioni *et al.* (2003) sur l'huile essentielle de *Juniperus oxycedrus* a montré qu'elle présente une bonne activité inhibitrice contre *Candida albicans* et *Staphylococcus aureus.* Cette huile, constituée majoritairement par l'α-pinène (environ 86%) suivie en plus faible quantité de β-pinène (1,03%), myrcène (1,20%) et limonène (0,83%), est proche sensiblement de notre essence de térébenthine du pin d'Alep. Aussi, les travaux de Martin *et al.* (2000) et de Aligiannis *et al.* (2001), sur respectivement les huiles essentielles de *Croton stellulifer* et de *Sideritis sipylea*, ont démontré que l'α-pinène, composé dominant de ces huiles, est responsable de l'activité observée contre les microorganismes testés. En ce qui concerne le β-pinène présent avec un taux de 6,30% dans l'essence de térébenthine du pin maritime, son pouvoir bioactif a été prouvé, ce qui a conduit à son utilisation comme désinfectant et insecticide (Nagalakshmi *et al.*, 2001). Cependant tout cela n'empêche qu'un effet synergique entre plusieurs constituants de l'essence de térébenthine peut aussi être pris en compte dans cette activité. Pattnaik *et al.* (1997) ont étudié les propriétés antimicrobiennes des constituants aromatiques de huiles essentielles, d'où ils ont conclu que le spectre d'activité de l'huile essentielle totale est parfois plus grand que ceux de leurs principaux constituants testés isolément.

IV. CONCLUSION

Au cours de ce travail, il a été montré l'importance de l'essence de térébenthine issue du mélange de gemme de quarante arbres de pin maritime de la Mamora et de pin d'Alep de Rommani par le biais de l'étude du rendement, de la composition chimique et de l'activité antibactérienne et antifongique.

Les rendements des essences de térébenthine de ces deux espèces de pin dépendent de l'espèce et/ou des conditions orographiques et bioclimatiques de chaque région. Les analyses chimiques ont montré la richesse de la térébenthine marocaine issue du mélange de gemme des deux espèces de pin en pinènes, constituants de départ pour la synthèse d'une grande gamme de produits à haute valeur ajoutée, ce qui impose une réflexion pour son utilisation éventuelle dans le secteur industriel. Le taux de ces pinènes confirme les résultats de Ghanmi *et al.* (2005) pour distinguer entre pin d'Alep et pin maritime.

L'essence de térébenthine a montré son efficacité contre les bactéries et les champignons, ceci grâce à sa richesse en pinènes. Les résultats de ce travail indiquent que cette essence peut avoir une utilisation commerciale en tant qu'agent de prévention contre les microbes.

BIBLIOGRAPHIE

Aafi A., 1995.- *Contribution à l'étude et à la cartographie des groupements végétaux du Parc national de Talassemtane.* Mémoire de 3e cycle, ENFI, Salé, Maroc, 189 p + 2 cartes.

Aafi A., A.E. Achhal, A. Benabid & M. Rouchdi, 2005.- Richesse et diversité floristique de la subéraie de la Mamora (Maroc). *Acta Bot. Malac.*, **30**, 127-138

Adam K., A. Sivropoulou, S. Kokkini, T. Lanaras & M. Arsenakis, 1998.- Antifungal activities of *Origanum vulgare* subsp. *hirtum, Mentha spicata, Lavandula angustifolia* and *Salvia fruticosa* essential oils against human pathogenic fungi. *J. Agric. Food Chem.*, **46**,1739-1745

Aligiannis N., E. Kalpoutzakis, I.B. Chinou, S. Mitakou, E. Gikas & A. Tsarbopoulos, 2001.- Composition and antimicrobial activity of essential oils of five taxa of *Sideritis* from Greece. *J. Agric. Food Chem.*, **49**, 811-815.

Angioni A., A. Barra, M.T. Russo, V. Coroneo, S. Dessi & P. Cabras, 2003.- Chemical composition of the essential oils of *Juniperus* from ripe and unripe berries and leaves and their antimicrobial activity. *J. Agric. Food Chem.*, **51**, 3073-3078.

Baradat Ph., A. Marpeau & J. Walter, 1991.- Terpene markers. *In: Genetic variation in European populations of forest trees.* G. Müller-Starck & M. Ziehe (eds), Sauerländer's Verlag, Frankfurt-am-Main, 40-66.

Baradat Ph., M. Michelozzi, R. Tognetti, M.L. Khouja & A. Khaldi, 1995.- Geographical variation in the terpene composition of *Pinus halepensis* Mill. *In: Population genetics and genetic conservation of forest trees.* SPB Academic Publishing, Amsterdam, 141-158.

Cates R.G., 1996.- The role of mixture and variation in the production of terpenoids in conifer-insect pathogen interractions. *In: Phytochemical diversity and redundancy in ecological interactions.* J.T. Remeo, J.A. Saunders & J.A. Barbosa (eds), Plenum Press, New York, 179-216.

Chozas Bermudez A., 1997.- Exploitation forestière de matériaux non ligneux : la résine. XIe congrès mondial, 13-22 octobre 1997, Antalya (Turquie), 5 p.

Clevenger J.F., 1928.- Apparatus for the determination of volatile oil. *J. Am. Pharm. Assoc.*, **17**, 341-346.

Coppen J.J.W., C. Gay, J.J. Derek, J.M. Robinson & N. Supriana, 1993.- Variability in xylem resin composition amongst natural populations of Indonesian *Pinus merkusii. Phytochemistry*, **33** (1), 129-136.

Coppen J.J.W & G.A. Hone, 1995.- *Gum naval stores: turpentine and rosin from pine resin.* Natural Resources Institute, FAO, Rome, 62 p.

Coppen J.J.W., J.M. Robinson & A.N. Kaushal, 1988a.- Composition of xylem resin from *Pinus wallichiana* and *Pinus roxburghii. Phytochemistry*, **27** (9), 2873-2875.

Coppen J.J.W., J.M. Robinson & L.J. Mullin, 1988b.- Composition of xylem resin from five Mexican and Central American species growing in Zimbabwe. *Phytochemistry*, **27** (6), 1731-1734.

Cosentino S., C.I.G. Tuberoso, B. Pisano, M. Satta, E. Arzedi & F. Palmas, 1999.- *In vitro* antimicrobial activity and chemical composition of Sardinian *Thymus* essential oils. *Lett. Appl. Microbiol.*, **29**, 173-179.

Dawson F.A., 1994.- The amazing terpenes. *Naval Stores Review*, **104** (21), 6-12.

Delmond B., 1998.- *La gemme du Pin maritime (*Pinus pinaster *Aiton) : ses utilisations industrielles.* Actas Scientificas, Colegio Universitario, Segovia, 154 p.

Derfer J.M., 1978.- Turpentine as a source of perfume and flavour materials. *Perfume and Flavorist*, **3** (1), 45-50.

El Alami A., 2003.- *Actes atelier sur le gemmage du pin maritime et du pin d'Alep.* Centre de recherche forestière, Rabat, 31 p.

Faber J.A., 1988.- Perfume from the tree; an update on turpentine derivatives as fragrance raw materials. 15th International Naval Stores Meeting, Lisbon, 10-13 October.

FAO, 1995.- *Non-wood forest products.* **1** - Flavours and fragrances of plant origin. Forestry Departement. Ch. 8, M-37, ISBN 92-5-103648-9.

Farag R.S.R., Z.Y. Daw, F.M. Hewedi & G.S.A. El-Baroly, 1989.- Antimicrobial activity of some Egyptian spice essential oils. *J. Agric. Food. Chem.*, **52**, 665-667.

Farah A., M. Fechtal & A. Chaouch, 2001.- Contribution of chiral gaz chromatography to the chemical characterization of essential oils in *Eucalyptus* hybrids. *Ann. Fals. Exp. Chim.*, **957**, 387-396.

Farah A., M. Fechtal & A. Chaouch, 2002a.- Interspecific hybridization effect on the content and the chemical composition of essential oils of *Eucalyptus* grown in Morocco. *Biotechn. Agro. Soc. Environm.*, **6** (3), 163-169.

Farah A., M. Fechtal, A. Chaouch & S. Zrira, 2002b.- The essential oils of *Eucalyptus camaldulensis* and its natural hybrid (clone 583) from Morocco. *Flavour Flagr. J.*, **17**, 395-397.

Ghanmi M., A. El Abid, A. Chaouch, A. Aafi, M. Aberchane, A. El Alami & A. Farah, 2005.- Étude du rendement et la composition de l'essence de térébenthine du Maroc : cas du pin maritime (*Pinus pinaster*) et du pin d'Alep (*Pinus halepensis*). *Acta Bot. Gallica*, **152**, 3-10.

Grand Livre de la forêt marocaine, 1999.- Margada (édit), Belgique, 280 p.

Hammer K.A., C.F. Carson & T.V. Riley, 1999.- Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *J. Appl. Microbiol.*, **86**, 985-990.

Hanover J.W., 1992.- Application of terpene analysis in forest genetics. *New Forests*, **6**, 159-178.

Knobloch K., A. Paulis, B. Iberl, H. Weignaud & N. Weis, 1989.- Antibacterial and antifungal properties of essential oil components. *J. Ess. Oil Res.*, **1**, 118-119.

Kováts E., 1965.- Gas chromatographic characterization of organic substances in the retention index system. *Advances in Chromatography*, **1**, 229-247.

Langenheim J.H., 1994.- Higher plant terpenoids: a phytocentric overview of their ecological roles. *J. Chem. Ecology*, **20**, 1223-1280.

MARA (ministère de l'Agriculture et de la Réforme agraire), Direction des eaux et forêts et de la conservation des sols, 1997.- *Avant-projet d'aménagement de la forêt d'El Khatouat (Ben Slimane)*. **1**, 72 p. + annexes.

Marino M., C. Bersani & G. Comi, 1999.- Antimicrobial activity of the essential oils of *Thymus vulgaris* L. measured using biompedometric method. *J. Food Prot.*, **62**, 1017-1023.

Martin A.R., L.R. Salgueiro, M.J. Goncalves, R. Vila, F. Tomi, T. Adzet & J. Casanova, 2000.- Activity and chemical composition of the bark oil of *Croton stellulifer. Planta Medica*, **66** (7), 647-650.

Michelozzi M., A.E. Squillace & G.G. Vendramin, 1990.- Monoterpene in needles and cortex of an artificial *P. brutia* Ten. x *P. halepensis* Mill. *Hybrid. Genet & Breed*, **44**, 241-246.

Michelozzi M., R. Tognetti, F. Maggino & M. Radicati, 2004.- Seasonal variations in monoterpene profiles and ecophysiological traits in Mediterranean pine species of group *halepensis. Forêts*, **1** (1), 37-50

Michelozzi M., T.L. White, A.E. Squillace & W.J. Lowe, 1995.- Monoterpene composition and fusiform rust resistance in slash and loblolly pines. *Can. J. Forest.*, **25**, 193-197

Mirov N.T & J. Hasbrough, 1976.- *The story of pines*. Indiana University Press, 148 p.

Nagalakshmi M.A.H., D. Thangadurai, T. Anuradha & T. Pullaiah, 2001.- Essential oil constituents of *Melia dubia*, a wild relative of *Azadirachta indica* growing in the estern Ghats of pininsular India. *Flavour Fragr. J.*, **16**, 241-244.

Office des changes, ministère du Commerce et de l'Industrie, 2005.- Annuaire du commerce extérieur. Importations par produits et pays, Maroc, 500 p.

Pardon P., 1998.- *La qualité des produits résineux, analyse et contrôle*. 1ro simposio de aprochamiento de resinas naturales, Segovia, 154 p.

Paster N., B.J. Juven, E. Shaaya, M. Menasherov, R. Nitjan, H. Weisslowicz & U. Ravid, 1990.- Inhibitory effect of foodborne bacteria. *Lett. Appl. Microbiol.*, **11**, 33-37

Pattnaik S., V.R. Subramanyam, M. Bapaji & C.R. Kole, 1997.- Antibacterial and antifungal activity of aromatic constituents of essential oils. *Microbios*, **89**, 39-46.

Raffa K.F & E.B. Smalley, 1995.- Interaction of pre-attack and induced monoterpene concentrations in host conifer defense against bark beetle-fungal complexes. *Oecologia*, **102**, 285-295

Remmal A., A. Tantaoui-Elaraki, T. Bouchikhi, K. Rhayour & M. Ettayebi, 1993.- Improved method for determination of antimicrobial activity of essential oils in agar medium. *J. Ess. Oil Res.*, **5**, 179-184

Ruzicka L., 1953.- The isoprene rule and the biogenesis of terpenic compounds. *Experimentia*, **9**, 357-396.

Satrani B., M. Aberchane, A. Farah, A. Chaouch & M. Talbi, 2006.- Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles extraites par hydrodistillation fractionnée du bois de *Cedrus atlantica* Manetti. *Acta Bot. Gallica*, **153** (1), 97-104.

Satrani B., A. Farah, M. Fechtal, M. Talbi, M. Blaghen & A. Chaouch, 2001.- Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Satureja calamintha* et *Satureja alpina* du Maroc. *Ann. Fals. Exp. Chim.*, **94** (956), 241-250.

Schiller G. & C. Grunwald, 1987a.- Resin monoterpenes in range wide provenance trials of *Pinus halepensis* Mill. in Israel. *Silvae Genetica*, **38**, 109-114

Schiller G. & C. Grunwald, 1987b.- Cortex resin monoterpene composition in provenances grown in Israel. *Biochem. System. Ecology*, **4**, 389-394.

Smith-Palmer A., J. Stewart & L. Fyfe, 1998.- Antimicrobial properties of plant essential oils and essences against five important food-borne pathogens. *Lett. Appl. Microbiol.*, **26**, 118-1222.

Squillace A.E., 1976.- Biochemical genetics and selection composition of volatil terpenes. IUFRO, joint Meeting on Advanced Generation Breeding, Bordeaux, France, 167-178.

Werner L., S.J. Tatjana & S. Marianna, 1994.- Cembratienols and other components of white bark Pine (*Pinus heldreichii*) oleoresin. *Phytochemistry*, **36** (5), 1277-1279.

Zinkel D.F. 1977. Pine resin acids as chemotaxonomic and genetic indicators. *For. Biol. Wood Chem.*, 53-56.

View publication stats