

# Diversité phénotypique de quelques populations de romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) en Tunisie

Dhahbia Khiari & M Boussaid\*

Keywords : Rosmary - genetic variability - Natural populations - Principal component and discriminant analysis - Tunisia.

## Résumé

La diversité phénotypique de cinq populations naturelles de romarin a été abordée par l'analyse de 10 paramètres morphologiques. Les analyses en composantes principale et discriminante effectuées sur les caractères considérés ont révélé une forte hétérogénéité entre les populations, liée aux conditions éco-géographiques des stations. La gamme de la variabilité est toutefois continue dans l'aire prospectée. Les variations constatées pourraient être utilisées dans des programmes d'amélioration de l'espèce.

## Summary

### Phenotypic Diversity of some Populations of Rosmary (*Rosmarinus officinalis* L.) in Tunisia

The phenotypic diversity of five rosmarin populations was estimated by the analysis of 10 morphological characters. The principal component (ACP) and the discriminant (DISC) analysis performed on the chosen characters have shown a strong inter-population heterogeneity linked to the different eco-geographic origins. However the variability is continuous in the prospected area. The observed variations can be exploited in the species improvement program.

## Introduction

Le Romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) est une labiée pérenne, diploïde ( $2n=24$ ) et à régime de reproduction préférentiellement allogame. Dans les conditions naturelles, la reproduction sexuée est associée à une propagation végétative à partir de tiges radicantes localisées à la base de la plante. L'espèce se présente sous forme d'arbrisseaux à tiges ligneuses pouvant atteindre 2 m de hauteur.

Les feuilles, étroites et linéaires sont sessiles et opposées. Elles sont réfléchies sur les bords, luisantes et verdâtres sur la face supérieure. La face inférieure, blanchâtre et tomenteuse, présente une nervure médiane saillante.

Les fleurs, insérées en grappes axillaires, ont une corolle à teinte blanchâtre, bleue (pâle à intense) ou pourpre mouchetée de violet (1). Le calice, plus court que la corolle, est pulvérulent et de coloration verdâtre ou violacée. L'androcée est constitué de 4 étamines dont deux stériles réduites à des crochets et deux fertiles portant des anthères, au sommet du filet terminé par une petite dent. Les fruits, quatre par fleur, sont des akènes simples. Les graines sont exalbuminées. La plante est exploitée depuis la plus haute antiquité pour ses propriétés médicales et aromatiques. De nombreuses actions thérapeutiques (diurétique, emménagogue, asthmatique...) ont été constatées depuis le huitième siècle par Ibn El Beithar (2, 5, 6). Plus de 48 spécialités différentes, renfermant le romarin, ont été rapportées dans de nombreux travaux (1, 5, 6). L'essence du romarin renferme plusieurs composés actifs qui exercent une action antiseptique, astrin-

gente, antalgique (5, 6) et hépatoprotectrice (4, 9). Des propriétés antioxydantes de ces huiles ont été également mises en évidence par plusieurs auteurs (1, 10). La composition qualitative des huiles essentielles est la même quelle que soit l'origine de l'espèce. Toutefois, la teneur en ces substances semble varier au sein et entre les provenances géographiques (6, 8).

L'espèce, à l'état spontané, est bien représentée dans le bassin méditerranéen (du Portugal à la Turquie, au Nord, et de l'Est du Maroc à la Cyranaïque au Sud). En Tunisie, le romarin pousse dans les étages bioclimatiques qui s'étendent du semi-aride inférieur à l'aride inférieur (variante à hivers frais à tempéré) sous des pluviométries annuelles comprises entre 200-600 mm. Cette espèce abonde sur les sols calcaires ou marneux, squelettiques et peu humifères. Elle est bien représentée au niveau des côtes littorales (presqu'île du Cap Bon, Sousse, Monastir, ...) et dans les maquis et garrigues continentales à base de *Pinus halepensis* (Pin d'Alep), *Juniperus phoenicea* (Genévrier de Phoenecie) et de *Tetraclinis articulata* (Thuya de Berberie).

Les pressions anthropiques multiformes (exploitation excessive pour la production des huiles essentielles, surpâturage, ...) ont conduit, à une dégradation de la végétation et à une réduction des surfaces. (45% des surfaces sont dégradées). La superficie occupée par l'espèce est estimée actuellement à 336 000 ha. (3). Des programmes de sauvegarde et d'utilisation rationnelle du romarin, en Tunisie, sont donc urgents à entreprendre.

L'analyse de la diversité génétique des populations na-

Laboratoire de Cultures Maraichères-Ecole Supérieure d'Horticulture de Chott Mariem, 4042 Sousse - Tunisie  
\* Institut National des Sciences Appliquées et de Technologie - B.P. 676, 1080 Tunis Cedex - Tunisie.

turelles (par des marqueurs morphologiques, isoenzymatiques, biochimiques et moléculaires) et l'établissement de stratégies de conservation constituent un préalable nécessaire pour assurer une gestion rationnelle des populations naturelles et créer des variétés économiquement et agronomiquement intéressantes (11).

La présente étude, première étape d'un programme de recherche visant la caractérisation de la diversité génétique du romarin en Tunisie, a porté sur l'analyse du polymorphisme phénotypique de quelques populations naturelles locales. L'utilisation de paramètres morphologiques (bien que ceux-ci sont souvent polygéniques) permet une bonne appréciation des potentialités adaptatives de l'espèce et fournirait aux sélectionneurs un outil simple de caractérisation de la variabilité phénotypique.

## Matériel et méthodes

### 1 - Les peuplements et les caractères étudiés

Cinq populations naturelles, d'origines éco-géographiques différentes et représentatives de l'aire de répartition de l'espèce en Tunisie ont été prospectées. Les populations poussent sur des sols calcaires dans des maquis et garrigues à Pin d'Alep, Thuya de Berberie et Génévrier de Phoenécie. Le cortège floristique est constitué essentiellement d'*Ampelodesma mauritanica*, *Thymus capitatus*, *Thymus algeriensis*, *Lotophyllus argenteus*, *Fumana thymifolia*, *Prasium majus*, *Cistus monopelliensis* et *Cistus salvifolius*, *Genista cinerea*, *Pistacia lentiscus* et *Quercus coccifera*. Les caractéristiques écologiques essentielles des populations et le degré de leur perturbation sont représentés dans le tableau 1.

Trente individus, choisis au hasard dans chaque population, ont été subdivisés en trois lots constitué chacun de 10 plantes. Cette subdivision a été préconisée pour apprécier la variation intrapopulation par un « effet répétition » à l'intérieur de la population. Cinq rameaux en fleurs, sans tenir compte de leur position ont été prélevés sur chaque individu. Tous les rameaux mesurés se sont développés au cours de l'année de récolte. Le vestige de l'inflorescence, terminant l'axe développé l'année précédente, nous a servi de repère. Sur chaque rameau, 10 caractères se rapportant aussi bien au développement végétatif que reproducteur, ont été mesurés (Tableau 2). Le choix des paramètres a été établi à la suite d'observations préliminaires en tenant compte des descriptifs botaniques de l'espèce

**Tableau 2**  
Caractères morphologiques analysés

Codes	Paramètres
1.LR	Longueur du rameau (cm)
2.NN	Nombre de nœuds du rameau
3.Ninf	Nombre d'inflorescences portées par le rameau
4.LFA	Longueur de la bractée axillaire de la première inflorescence (cm)
5.IFA	Largeur de la bractée axillaire de la première inflorescence (cm)
6.NFA	Nombre de feuilles avant la première inflorescence
7.NF/Inf	Nombre de fleurs par inflorescence
8.Lli	Longueur de la lèvre inférieure de la corolle (cm)
9.lli	Largeur de la lèvre inférieure de la corolle (cm)
10.Let	Longueur d'une étamine (cm)

figurant dans la flore de la Tunisie (12). Pour chacune des variables, la moyenne sur les cinq rameaux d'un individu est calculée.

### 2 - Méthodes d'analyse utilisées

Dans un premier temps nous avons effectué une analyse de variance à deux facteurs de classification: effet «répétition» (3 lots par population) et effet «population» (5 populations). L'analyse de variance a été suivie d'une comparaison des moyennes des différents caractères entre les populations par le test de Duncan au seuil de 5%.

Dans une seconde étape pour mieux apprécier la structuration de la variabilité globale des populations, nous avons soumis la matrice des données à une analyse en composantes principales (A.C.P.) (programme SAS, procédure Princomp, version 6), (13). Le pourcentage d'individus bien et mal classés dans leurs groupes respectifs est apprécié par une analyse discriminante (programme SAS, procédure Discrim, version 6.2).(13).

## Résultats

### 1 - Analyse des caractères pris séparément

Le tableau 3 rapporte les résultats de l'analyse de variance et de la comparaison des moyennes. Il a révélé un effet population hautement significatif pour 8 sur les 10 caractères analysés, témoignant d'une grande hétérogénéité morphologique au sein de l'espèce. Les variables NF/Inf (nombre de fleurs par inflorescence) et IFA (largeur de la feuille à l'aiselle de la première inflorescence) accusent une variation non significative entre les peuplements.

**Tableau 1**  
Quelques caractéristiques écologiques des 5 populations de romarin analysées.

Populations	Etages bioclimatiques	Variante **	Pluviométrie mm/an	Altitude (m)	Etat de la station
Sousse (S*)	SAI	doux	327	50	EH
Dj.Zit (Z)	SAS	doux	370	250	MD
Korbous (K)	SAS	doux	430	378	EH
Oueslatia (O)	AS	tempéré	347	300	S, dep, sp
Matmata (M)	AS	doux	239	500	EH S, dep, sp

\* : S, Z, K, O et M : codes des populations

\*\* : Moyenne des minima du mois le plus froid ; doux : 5,5 - 7°C ; tempéré : 3 - 5,5°C

SAI : semi-aride inférieur, SAS : semi-aride supérieur, AS : aride supérieur.

EH : érosion hydrique et géologique empêchant toute régénération de la végétation (sols vulnérables), prélèvements fréquents.

MD : mise en défens et érosion hydrique, peu de prélèvements.

S, dép, sp : Surexploitation et surpâturage associés à un dépérissement des individus. La régénération est quasi-absente.

**Tableau 3**  
**Résultats de l'analyse de variance à deux facteurs de classification (population et répétition) et de la comparaison des moyennes pour les 10 caractères mesurés.**

Caractère	Source de variation	dl	Fcal	Moyenne des caractères				
LR	Pop.	4	17,35**	<b>K</b>	<b>Z</b>	<b>O</b>	<b>S</b>	<b>M</b>
	Rep.	2	2,57	13,6 <sub>a</sub>	12,3 <sub>b</sub>	11,85 <sub>b</sub>	9,72 <sub>c</sub>	9,68 <sub>c</sub>
	Rep. x pop.	8	0,42					
NN	Pop.	4	26,23**	<b>O</b>	<b>K</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>Z</b>
	Rep.	2	1,68	17,84 <sub>a</sub>	17,51 <sub>a</sub>	14,80 <sub>b</sub>	14,40 <sub>b</sub>	12,75 <sub>c</sub>
	Rep. x pop.	8	2,01					
Ninf	Pop.	4	42,62**	<b>K</b>	<b>O</b>	<b>S</b>	<b>Z</b>	<b>M</b>
	Rep.	2	1,34	27,11 <sub>a</sub>	25,15 <sub>a</sub>	20,83 <sub>b</sub>	16,35 <sub>b</sub>	12,60 <sub>b</sub>
	Rep. x pop.	8	1,48					
LFA	Pop.	4	41,55**	<b>Z</b>	<b>K</b>	<b>O</b>	<b>S</b>	<b>M</b>
	Rep.	2	1,59	2,61 <sub>a</sub>	2,12 <sub>b</sub>	2,01 <sub>bc</sub>	1,95 <sub>bc</sub>	1,67 <sub>d</sub>
	Rep. x pop.	8	0,55					
IFA	Pop.	4	0,94					
	Rep.	2	0,95					
	Rep. x pop.	8	0,99					
NFA	Pop.	4	21,17**	<b>M</b>	<b>S</b>	<b>Z</b>	<b>O</b>	<b>K</b>
	Rep.	2	0,67	6,75 <sub>a</sub>	4,70 <sub>b</sub>	3,23 <sub>c</sub>	2,83 <sub>c</sub>	2,35 <sub>b</sub>
	Rep. x pop.	8	1,47					
NF/Inf	Pop.	4	2,27					
	Rep.	2	0,01					
	Rep. x pop.	8	0,65					
Lli	Pop.	4	7,03**	<b>M</b>	<b>Z</b>	<b>S</b>	<b>K</b>	<b>O</b>
	Rep.	2	4,53*	0,89 <sub>a</sub>	0,88 <sub>a</sub>	0,82 <sub>b</sub>	0,77 <sub>bc</sub>	0,76 <sub>c</sub>
	Rep. x pop.	8	2,93					
Ili	Pop.	4	9,36**	<b>Z</b>	<b>M</b>	<b>K</b>	<b>S</b>	<b>O</b>
	Rep.	2	0,58	0,68 <sub>a</sub>	0,67 <sub>ab</sub>	0,65 <sub>bc</sub>	0,63 <sub>c</sub>	0,63 <sub>c</sub>
	Rep. x pop.	8	2,69					
Let	Pop.	4	66,22**	<b>M</b>	<b>Z</b>	<b>S</b>	<b>K</b>	<b>O</b>
	Rep.	2	2,70	11,48 <sub>a</sub>	1,21 <sub>b</sub>	1,11 <sub>c</sub>	1,04 <sub>a</sub>	0,92 <sub>e</sub>
	Rep. x pop.	8	1,69					

\*\* hautement significatif.

Pop: effet population

Rep: effet répétition

K, ... Z,: populations.

Les chiffres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents.

L'effet répétition, excepté pour le caractère Lli (longueur de la lèvre inférieure de la fleur), est non significatif. La variabilité intrapopulation des caractères mesurés semble être donc réduite.

La comparaison des moyennes par le test de Duncan (Tableau 3) a permis la constitution d'un nombre variable de groupes de populations. Le regroupement varie selon le caractère considéré. Les caractères qui permettent de discriminer au mieux les populations sont la Longueur des étamines (Let) et le Nombre d'inflorescences (Ninf) portées par les rameaux.

La population de Matmata (M) de l'aride supérieur se caractérise, pour quatre caractères (Let, Lli et NFA), par des valeurs moyennes élevées. Elle s'isole significativement des autres populations (par de fortes ou faibles moyennes) pour les caractères Ninf, LFA, NFA et Let. Les deux populations côtières Sousse (S) et Korbous (K) appartenant respectivement aux étages bioclimatiques semi-aride inférieur et semi-aride supérieur forme chacune un groupe à part respectivement pour trois (Ninf, NFA et Let) et deux (LR et Let) caractères. Les peuplements du Djebel Zit (Z) et de l'Oueslatia (O), occupent des positions variables selon le paramètre considéré.

## 2 - Analyse en composantes principales.

Les trois premiers axes de l'A.C.P. absorbent 60,8 % de la variation totale témoignant d'une bonne structuration de la variabilité au sein de l'espèce dans l'aire prospectée (Tableau 4).

**Tableau 4**  
**Analyse en composantes principales**  
**Définition des axes et pourcentage d'absorption de la variabilité.**

Axes	Définition des axes		Valeur propre	Proportion (%)	Cumulé (%)
	Var.	Coef.			
<b>Axe 1</b>	Ninf	0,495	3,153	31,53	31,53
	NN	0,430			
	LR	0,403			
	Let	-0,413			
<b>Axe 2</b>	Lli	0,522	1,744	17,44	48,98
	LFA	0,508			
	IFA	0,367			
<b>Axe 3</b>	Nfi/Inf	0,438	1,183	11,83	60,81
	Ili	0,354			

Var : variable, Coef: Coefficient de corrélation aux axes.

La première composante, de valeur propre 3,15; absorbe 31,5% de la variation. Elle est définie du côté positif par les paramètres longueur (LR) et nombres de nœuds (NN) et d'inflorescences (N. inf) des rameaux. Le caractère longueur des étamines (Let) est corrélé négativement à cet axe. La deuxième composante, de valeur propre 1,74; ne présente que 17,4 % de l'inertie totale. Les dimensions de la feuille à l'aiselle de la première inflorescence (LFA et IFA) et la longueur de la lèvre inférieure de la fleur (Lli) contribuent le plus à sa définition. Le troisième axe (11,83 % de la variation) est défini positivement par le nombre de fleurs par inflorescence (NFI/inf) et la largeur de la lèvre inférieure de la fleur (lli).

La projection des populations sur le plan défini par les axes 1-2 de l'A.C.P. (Figure 1) révèle une bonne différenciation des populations analysées. La variation observée se situe d'une façon globale au niveau de la vigueur des individus. La gamme de la variabilité est relativement continue au sein de l'aire prospectée. On passe d'un nuage de points d'individus d'une population à un autre sans discontinuité brutale (non représenté).

Les populations de Korbous (K) et Oueslatia (O) situées du côté positif de l'axe 1 se caractérisent par des rameaux vigoureux portant un nombre important d'inflorescences, les fleurs sont à étamines courtes. La population de Matmata (M) s'oppose à ces populations par des plantes à rameaux peu développés, à fleurs à étamines allongées.

Les populations de Sousse (S) et du Djebel Zit (Z), bien que situées du côté négatif de l'axe 1 (Figure 1), semblent occuper une position intermédiaire entre les deux groupes constitués respectivement par (O - K) et M.

Les individus des populations du Djebel Zit (Z) (de l'aride supérieur) et de Korbous (K) (du semi-aride inférieur) diffèrent de ceux appartenant aux autres populations (du semi-aride supérieur) par des bractées inflorescentielles plus grandes et par des fleurs à lèvres inférieures plus développées.

En l'absence d'analyse de variabilité morphologique des populations en conditions environnementales ho-

**Tableau 5**  
Nombres et pourcentages d'individus bien classés dans leurs groupes respectifs

	K	M	O	S	Z	Total
K	23* 76,7**	0 0,00	4 13,30	2 6,70	1 3,33	30 100
M	1 3,33	28 93,33	0 0,00	1 3,33	0 0,00	30 100
O	4 13,33	0 0,00	21 70,00	5 16,67	0 0,00	30 100
S	3 10,00	0 0,00	0 0,00	25 83,33	2 6,67	30 100
Z	0 0,00	0 0,00	0 0,00	1 3,33	29 96,67	30 100
Total	31	28	25	34	32	150
Pourcentage	20,67	18,67	16,67	22,67	21,33	100

\*Nombre d'individus

\*\* Pourcentages

mogènes, l'hétérogénéité interpopulations ne peut être interprétée que comme une variation liée aussi bien à l'effet du milieu qu'à l'effet du génotype.

### 3 - Analyse discriminante

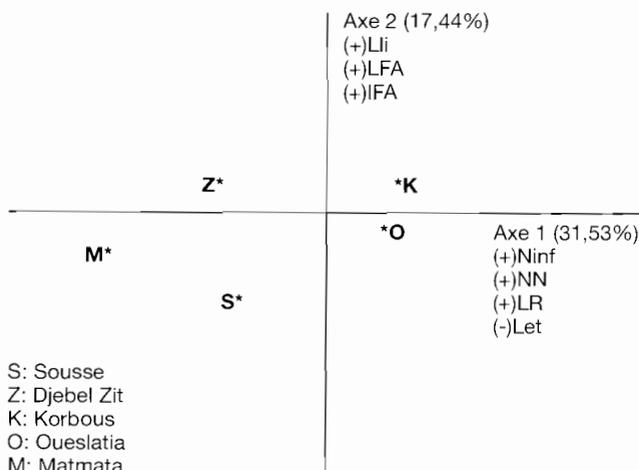
Le pourcentage de classification des individus dans leurs populations respectives, établi par l'analyse discriminante, est respectable. Il varie de 70 à 96,67 % (Tableau 5). Ce résultat corrobore celui obtenu par l'analyse de variance qui a permis de révéler une variation intrapopulation relativement réduite. La ressemblance entre les individus n'est pas obligatoirement liée à la proximité géographique des populations où à leur appartenance à un étage bioclimatique donné (cas des populations O et K).

L'hétérogénéité au sein des populations de Korbous (76,7 % de bonne classification) et de Oueslatia (70 % de bonne classification) semble être plus importante que celle des populations de Matmata (M), Djebel Zit (Z) et de Sousse (S). Ces dernières présentent un pourcentage de bonne classification de leurs individus dépassant 83 %.

### Conclusions

Les caractères morphologiques analysés, accusent généralement une variabilité intrapopulation peu accentuée. Cette grande homogénéité morphologique masque les grandes variations individuelles dans la teneur des constituants des huiles essentielles à l'intérieur des populations, observées par de nombreux auteurs (7, 9, 10, 14). La sélection de chémotypes à l'intérieur des populations, à défaut de marqueurs morphologiques évidents, doit donc s'appuyer sur des paramètres phénotypiques plus fiables, particulièrement à déterminisme génétique simple. Toutefois, les résultats observés peuvent souligner une base génétique intrapopulation restreinte. La présence d'un mode de propagation végétative chez l'espèce peut contribuer à cette faible hétérogénéité intrapopulation.

La variation interpopulations des caractères est importante. Le nombre d'inflorescences (Ninf) et la lon-



S: Sousse  
Z: Djebel Zit  
K: Korbous  
O: Oueslatia  
M: Matmata

\*: Point moyen de la population

Figure 1 : Analyse en composantes principales (Plan 1-2)

gueur des étamines (Let) permettent de mieux discriminer les populations. Pour un nombre non négligeable de caractères, la population de Matmata (M) se singularise par des valeurs moyennes faibles ou fortes. Cette hétérogénéité interpopulations ouvre de nombreuses possibilités de choix d'écotypes. Des analyses chimiques et génétiques permettraient d'affiner notre étude et d'apporter des informations complémentaires quant aux potentialités agro-économiques des populations.

Les analyses en composantes principales et discriminante, techniques statistiques complémentaires, ont révélé une bonne structuration de la variabilité au sein de l'espèce, en dépit du nombre relativement réduit des populations analysées.

Deux groupes de populations ont été distingués :

- un groupe constitué par les populations K et O respectivement du semi-aride supérieur et de l'aride supérieur situées respectivement, à 378 et 300 m d'altitude. Ce groupe est caractérisé par une bonne vigueur des individus.
- le second groupe est représenté par les peuplements de Djebel Zit (Z), de Sousse (S) et de Matmata (M). Cet agrégat peut être subdivisé en deux sous-ensembles :
  - la population de Matmata, localisée dans l'aride supérieur à une altitude de 500 m. Elle est caractérisée par les individus à rameaux courts et peu fournis en feuilles et en inflorescences. Les fleurs sont à étamines courtes. Cette dernière particula-

rité interviendrait dans les potentialités reproductrices des plantes (pollinisation et production des graines)

- le second sous-groupe réunit les populations du Djebel Zit (Z) et de Sousse (S). Cet ensemble peut constituer un groupe charnière entre les deux groupes représentés par (K - O) et (M).

Une séparation des populations selon les étages bioclimatiques peut être rapportée. Cette disjonction s'opère selon l'axe 2. Les populations K et Z, du semi-aride supérieur, sont situées du côté positif de cet axe et se caractérisent par des feuilles bien développées. Les peuplements de l'Oueslatia et de Matmata, appartenant à l'étage aride supérieur, et de Sousse localisée de l'étage semi-aride inférieur s'opposent aux premières populations par la taille plus petite de leurs feuilles.

La gamme de la variabilité de l'espèce est relativement continue dans l'aire prospectée. Le régime préférentiellement allogame faciliterait les flux géniques et seraient à l'origine de l'organisation de cette variabilité. L'analyse de la variabilité phénotypique devrait être complétée par une évaluation d'un plus grand nombre de populations naturelles aussi bien dans leurs sites naturels qu'en conditions expérimentales homogènes pour évaluer la part du génotype dans la variabilité observée. Des évaluations du polymorphisme isoenzymatique et moléculaire associées à l'analyse précise de la biologie florale permettent de mieux tirer des informations sur l'organisation de cette variabilité. De ces analyses dépendront les stratégies de conservation d'amélioration de l'espèce.

## Références bibliographiques

1. Aeschbach R., Philopossian C. & Richli U., 1986. Flavonoïdes glycosyles du romarin : Leur séparation, isolation et identification. J.int. d'études du groupe polyphénols, 9-11 juillet 1986. Montpellier (France).
2. Bellakhdar J., 1978. Médecine traditionnelle et toxicologie Ouest Saharienne., Ed. Techniques Nord-Africaines. Rabat, Maroc, p 255-256.
3. Ben M'hamed M., 1992. Parcours et forêts de l'Afrique du Nord. Programme ceinture verte. Editions ALECSO Tunis, 280 p.
4. Brieskorn CH. & Michel N. 1968. Flavones des feuilles de *Rosmarinus officinalis*. Tetra Hedrom letters. **30**, 15-25.
5. Durafourd C. & Lapraz J.C., 1999. Huiles essentielles et pathologie migraineuse C.R. Coll. 2<sup>ème</sup> jour. tun. sur les huiles essentielles. Monastir (Tunisie) 1999. 7-8p.
6. Fleurentin J., Hoefler C., Mortier F. & Pelt J.M., 1988. Pharmacologie des extraits des jeunes pousses et des plantes entières de *Rosmarinus officinalis* L. Phytotherapy, **25**, 20-27.
7. Fornier J., Habib J., Reguigui A., Safta F., Guetari S. & Chemli R., 1989. Etude d'échantillons d'huile essentielle de romarin en Tunisie. Plantes médicinales et phytothérapie. Tome XXIII, **3**, 180-185.
8. Granger R., Passet J. & Arbousset G. 1973. L'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*. Influence des facteurs écologiques et industriels. Parf., Cosm., Sav., **3**, (6), 307-312.
9. Linatani R. Nkatani N., Fuwa H. & Seto H., 1982. Structure of new anti-oxidative phenolic diterpene from *Rosmarinus officinalis* L. Agricultural and biological chemistry, **46**, (6), 1661-1666.
10. Lallement G. & Bezanger B.L., 1970. Recherche sur les flavonoïdes de quelques labiées. Plantes médicinales-phythérapie, **4**, 92-107
11. Maaref S. et al., 1999. Diversité génétique du romarin et perspectives de son amélioration par culture *in vitro* de tissus. C.R 2<sup>ème</sup> journée. Huiles essentielles. Monastir (Tunisie) 1999, pp 10-11.
12. Pottier-Alapetite G., 1981 Flore de la Tunisie, Angiospermes, Dicotylédones Gamopétales. Eds. I.O.R. Tunisie. 538 p.
13. SAS., 1990. SAS user's guide : SAS STAT. SAS Basic version 6 et version 6.2. SAS, NC : SAS institute, Inc. Cary.
14. Svobada K.P. & Deans S.G., 1992. A study of variability of Rosmary and Sage and their volatil oils on the British market: the antioxidative properties. Flavour and fragrance Journal, **7**, 81-87.