

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LE RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE FERHAT ABBAS – SETIF –

# THESE

Présentée à la Faculté des Sciences  
Département de Biologie

Pour l'Obtention du Diplôme de

**DOCTORAT En SCIENCES**

Option : BIOLOGIE VEGETALE

par

**Mme LOGRADA Takia**

## THEME

**Etude Caryologique et Phytochimique de Six Espèces  
Endémiques du genre *Genista* L. en Algérie.**

Soutenue le : 04/07/2010

Devant le jury

Président :	<b>Dr. Zaidi Farouk</b>	M.C.	Université Ferhat Abbas Sétif
Rapporteur :	<b>Dr. Adel Nadjib Chaker</b>	Prof.	Université Ferhat Abbas Sétif
Examineur :	<b>Dr. Sahnoune Mohamed</b>	M.C.	Université A. Mira Béjaia
Examineur :	<b>Dr. Yahya Abdelwahab</b>	M.C.	Centre Universitaire de Mila

## *Remerciement*

Je tiens à remercier particulièrement le professeur Adel Nadjib Chaker d'avoir supervisé ce travail, de m'avoir encouragé durant toute la période de réalisation des travaux de recherche de cette Thèse. Je suis très touché par son humanisme, sa compréhension et la confiance qu'il m'a accordée.

J'exprime ma vive et profonde gratitude à Monsieur le DR. Zaidi Farouk. pour avoir accepté de juger en présidant le jury de thèse

Je remercie Monsieur le Dr. Sahnoune Mohamed d'avoir accepté d'être membre de jury.

Mes remerciements vont à Monsieur le Dr. Yahya Abdelwahab d'avoir accepté de juger ce travail et de m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury de Thèse.

Je remercie spécialement Monsieur le Dr. Chalchat J.C., son aide dans la réalisation des analyses phytochimiques et Messieurs les docteurs Feguirodo G. et Challard P.,

Je remercie Messieurs Tsiba, Mamadou et Aimé d'avoir mis à ma disposition leurs connaissances dans le domaine de la chimique et les proceding des chromatogrammes.

Je remercie Madame Silini H. pour son aide et sa gentillesse

Je remercie très sincèrement Monsieur le Dr. Gharzouli Rachid pour ces conseils et les encouragements qu'il m'a témoigné.

Les travaux de recherche, concernant cette Thèse, ont été réalisés en partie dans le laboratoire des huiles essentielles et des Hétérocycles de Clermont Ferrant. Je tiens à exprimer ma gratitude à l'ensemble du personnel pour l'accueil qu'il m'a réservé dans laboratoires et de l'intérêt qu'il a manifesté pour ma recherche.

### **- Publications internationales avec comité de lecture**

Lograda Takia, Adel Nadjib Chaker , Jean Claude Chalchat, Messaoud Ramdani , Hafsa Silini, Gilles Figueredo , 2010, Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oils of *Genista ulicina* and *G. vepres*, Natural Product Communications, 5(5): 835-838.

Lograda Takia, Adel Nadjib Chaker , Jean Claude Chalchat, Messaoud Ramdani , Hafsa Silini, Gilles Figueredo , 2009, Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of *Genista ulicina* Spach. and *G. vepres* Pomel., Assian Journal of Plant Sciences, 8(7): 495-409.

Ramdani M. and Lograda T., 2009; Foliar sesquiterpene variations in natural populations of *Cupressus dupreziana* in Tassili n'Ajjer (Algeria)., Assian Journal of Plant Sciences, 8(1): 59-63.

Ramdani M., Rached O., Lograda T. and Aggoune A., 2007; Genetic diversity in foliar terpinoids among natural populations of *Cupressus dupreziana* in Tassili n'Ajjer (Algeria)., Asian Journal of Plant Sciences, 6(8): 1211-1216.

Ramdani M., Rached O., Laouer H., El Koli M. and Lograda T., 2007; Chemical Composition and Antibacterial Activity of *Cupressus dupreziana* A. Camus., Natural Product Communications, 2(9) : 945 – 949.

Ramdani M., Rached O. and Lograda T., 2006; Foliar monoterpene variation in natural populations of *Cupressus dupreziana* in Tassili n'Ajjer (Algeria)., *Revue des Régions Arides, Numéro spécial, SIPAM : 197-206.*

### **- Communications orales**

Ramdani M., Rached O. and Lograda T., 2006, Foliar monoterpene variation in Natural populations of *Cupressus dupreziana* in Tassili n'Ajjer (Algeria)., International Symposium on Perfume, Aromatic and Medicinal plantes/ from production to valorization/ SIPAM 2006., Tunisia.

Ramdani M. et Lograda T., Chemical Composition and Antibacterial Activity of *Cupressus dupreziana* A. Camus., Seminary of Research, Development and Innovation : Biochnology in the Arab Word, Amman, Jordan March 3-5, 2008.

Ramdani M. and Lograda T., 2009; Genetic variability in natural populations of *Cupressus dupreziana*., 8ème journées Biotechnologique, 20-23 décembre 2009 Sousse, Tunisie.

Lograda Takia et Ramdani Messaoud, 2009, Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of *Genista numidica* Spach. and *G. saharae* Coss. Et Dur., 8ème journées Biotechnologique, 20-23 décembre 2009, Sousse, Tunisie.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : GENERALITES	5
1- Position systématique du genre <i>Genista</i> L.	5
1- 1- Historique du genre <i>Genista</i> L.	5
1- 2- Les Groupements Génériques dans les <i>Genisteeae</i>	5
1- 3- Histoire Taxonomique	6
1- 4- Limite générique du genre <i>Genista</i>	9
1- 5- Classification infra-générique du genre <i>Genista</i>	14
1- 6- Morphologie du genre <i>Genista</i> LINN. SP. PL., 709 (1753)	16
1- 6- 1- TIGE :	16
1- 6- 2- EPINES	16
1- 6- 3- FEUILLES :	17
1- 6- 4- INFLORESCENCE	17
1- 6- 5- BRACTEES ET BRACTEOLES	17
1- 6- 6- CALICE	18
1- 6- 7- COROLLE .:	18
1- 6- 8- LEGUMES :	18
1- 7- Morphologie des espèces étudiées du genre <i>Genista</i> L.	19
1- 7- 1- Section <i>Voglera</i>	19
1- 7- 1- 1- <i>Genista ulicina</i> Spach.	19
1- 7- 1- 2- <i>Genista tricuspidata</i> Desf.	20
1-7-1-3- <i>Genista vepres</i> Pomel	21
1- 7- 2- Section <i>Spartocarpus</i> .	22
1- 7- 2- 1- <i>Genista numidica</i> Spach.	22
1- 7- 3- Section <i>Cephalospartum</i>	23
1- 7- 3- 1- <i>Genista microcephala</i> Coss.& Dur.	24
1- 7- 4- Section : <i>Spartidium</i>	25
1- 7- 4- 1- <i>Genista saharae</i> Coss. & Dur	25
1- 8- Classification du genre <i>Genista</i> L.	26
2- Caryologie du genre <i>Genista</i> L.	27
2- 1- Nombres chromosomiques du genre <i>Genista</i> L.	28
2- 2 - Nombre chromosomique de base	29

3- Généralités sur les huiles essentielles	34
3- 1- Historique	34
3- 2- Procédés d'obtention de matières parfumées	35
3- 2- 1- La digestion	35
3- 2- 2- L'enfleurage	36
3- 2- 3- Extraction par solvants volatils	36
3-3- Huiles essentielles	37
3-3-1- Définition	37
3- 3- 2- Concrète	39
3- 3- 3- Pommade florale	39
3- 3- 4- Résinoïde	39
3- 3- 5- Absolue	40
3- 4- Répartition et localisation	40
3- 5- Obtention des huiles essentielles	41
3- 5- 1- Par expression des épicarpes de Citrus	41
3- 5- 2- Par distillation en présence d'eau	42
3- 6- Facteurs de variabilité	42
3- 6- 1- Diversité selon l'organe végétal	42
3- 6- 2- Influence de la période de récolte, du climat et du sol	43
3- 6- 3- Influence des différents paramètres sur la qualité des huiles essentielles	43
3- 6- 3- 1- Influence de la qualité du végétal	43
3- 6- 3- 2- Influence de la lumière, du pH et de la cinétique au cours d'extraction	44
3- 6- 4- Existence de variétés chimiques ou chémotypes	45
3- 6- 5- Rôle des huiles essentielles dans la plante	45
4- Méthodes d'identification des composés	46
4- 1- La chromatographie en phase gazeuse	47
4- 2- Indice de rétention	48
4- 3- Biosynthèse des constituants volatils et odorants	49
4- 3- 1- Classification des composés terpéniques	50
4- 3- 2- Origine biosynthétique de l'isoprène	51
4- 4- Les acides gras	53
4- 4- 1- Structure des lipides	53
4- 4- 1- 1- Acides gras saturés	54
4- 4- 1- 2- Acides gras insaturés	55

4- 5- Les glycérides	55
4- 5- 1- Localisation	55
4- 5- 2- Structures	55
4- 6- Biochimie du genre <i>Genista</i> L.	56
5- Utilisation des huiles essentielles en aromathérapie	58
5- 1- Activité biologique	59
Chapitre II : Matériel et Méthodes	62
1- Choix des stations et échantillonnages	62
2- Méthodes	63
2- 1- Techniques caryologiques	63
2.- 1- 1- Germination	63
2- 1- 2- Prétraitement	64
2- 1- 3- Fixation	64
2- 1- 4- Maturation	65
2- 1- 5- Coloration et écrasement	65
2- 1- 6- Observation et photographie	66
2- 1- 7- Montage et conservation des préparations	66
2- 1- 8- Réalisation des caryogrammes	67
2- 2- Analyse phytochimique	67
2- 2- 1- Matériel végétal	68
2- 2- 1- Extraction par hydrodistillation.	68
2- 2- 2- Analyse semi-quantitative.	69
2- 2- 3- Analyse par spectrométrie de masse.	72
2- 3- Test de l'activité antimicrobienne	72
2- 4- Techniques numériques d'analyse des données	73
2- 4- 1- Analyse en Composantes Principales (A.C.P.)	73
2- 4- 2- Unweighted Pair Group Method with Arithmetic mean (UPGMA)	73
Chapitre III : Résultats et Discussion	74
1- Résultats caryologiques	74
1- 1- <i>Genista tricuspidata</i> Desf.	74
1- 2- <i>Genista vepres</i> Pomel	74
1- 3- <i>Genista numidica</i> Spach	74
1- 4- <i>Genista microcephala</i> Coss. & Dur.	75
1- 5- <i>Genista ulicina</i> Spach	75

---

1- 6- <i>Genista saharae</i> Coss. & Dur.	75
1- 7- Analyse des caryotypes	75
2- Résultats chimiques	85
2- 1- Analyse des huiles essentielles du genre <i>Genista</i> L.	86
2- 1- 1- Composition de l'huile essentielle de <i>Genista saharae</i>	86
2- 1- 2- Composition de l'huile essentielle de <i>Genista microcephala</i>	90
2- 1- 3- Composition de l'huile essentielle de <i>Genista numidica</i>	93
2- 1- 4- Composition de l'huile essentielle de <i>Genista tricuspidata</i>	97
2- 1- 5- Composition de l'huile essentielle de <i>Genista ulicina</i>	101
2- 1- 6- Composition de l'huile essentielle de <i>Genista vepres</i>	101
2- 1- 7- Etude Comparative des six espèces	105
2- 2- Analyse en Composantes Principales (ACP)	114
2- 2-1- Etude des variables	114
2- 2- 2- Etude des espèces de <i>Genista</i>	118
2- 3- UPGMA	120
3- Hérité chez le genre <i>Genista</i>	129
4- Résultats microbiologiques	129
CONCLUSION	131
Bibliographie	134
Annexe	

## INTRODUCTION

La tribu des *Genisteae* (Adans.) Benth., famille des *Fabaceae*, est essentiellement méditerranéenne (Polhill, 1976). Elle possède une grande importance écologique, non seulement pour la grande diversité des espèces, mais aussi par la colonisation des forêts dégradées et les zones déboisées et de dominer de nombreuses communautés végétales (López González, 2001).

La tribu constitue un groupe complexe, soulevant des problèmes d'ordres taxonomiques, caryologiques et phylogéniques. Cette complexité dérive de la forte différenciation morphologique, de l'importance de propagation adaptative et d'une évolution caryologique. Différents processus paléo-climatiques et géologiques sont impliqués dans l'évolution des communautés végétales méditerranéennes, y compris les *Genisteae* (Pardo et al., 2008).

L'ouverture du détroit de Gibraltar dans le Pliocène a affecté la répartition actuelle et le vicarisme des *Genisteae* (Loget et Van Den Driessche, 2006).

A la fin du Miocène, deux autres facteurs historiques ont joué un rôle décisif dans la formation des espèces végétales et dans la distribution de l'endémisme autour de la Méditerranée: l'apparition d'une sécheresse estivale et le développement des activités humaines (Thompson, 2005).

La polyploïdie a jouée un rôle considérable dans l'évolution du groupe des *Genisteae* (Goldblatt, 1981).

La tribu *Genisteae* comprend 30 genres avec 470 espèces; sur le plan morphologique la plupart des unités systématiques possèdent des caractères évolués et des caractères primitifs. Ces caractères ne se trouvent jamais en parallèle (Verlaque, 1988).

Verlaque, (1988) et Cusma et al., (2009) considèrent qu'une meilleure connaissance de la polyploïdie, peut fournir des renseignements considérables sur les liens de parenté de certains groupes. Alors que Polhill, (1976); Bisby, (1981); Goldblatt, (1981) considèrent que la variabilité chromosomique est sans aide réelle à la systématique.

Le genre *Genista* L. joue un rôle important dans la forêt méditerranéenne, subméditerranéen et des communautés arbustives (Rivas Martinez et Belmonte, 1987).

A part l'étude complète du genre par Spach (1844-1845), des révisions mineures ont été consacrées à des sections dans des zones géographiques restreintes et isolées (Buchegger, 1912 ; Vierhapper, 1919 ; Rothmaler, 1941 ; Vicioso, 1953 ; Gibbs, 1966). Le genre *Genista*, reconnu comme tel par Linné, (1753) incluait les genres *Genistella* et *Spartium* (y compris certaines espèces aujourd'hui incluses dans le genre *Cytisus*) et le complexe *Genista-Spartium*. Les limites génériques du genre ont été une source de confusion taxonomique. Suite à cette ambiguïté fondamentale, les genres originaux linnéens ont été remaniés à maintes reprises. Les travaux de Cristofolini et Chiapella, (1977) et de Pardo et al., (2004) montrent l'existence de lignées de diversification au sein du genre *Genista* qui correspondent aux trois sous-genres: *Genista*, *Phyllobotrys* et *Spartocarpus*.

Dans la révision actuelle de Gibbs, trois groupes distincts ont été reconnus au sein de *Genista* sur la base d'un certain nombre de corrélations de caractères, les noms sub-génériques de Spach ont été retenus pour ces regroupements, même si les sections constitutives et des espèces de chacun des nouveaux sous-genres diffèrent considérablement des groupements d'origine.

Le genre *Genista* avec ses 23 espèces, représentées en Algérie, 11 sont endémiques (Maire, 1987), constituent un matériel intéressant qui mérite d'être mieux connu afin de mettre en lumière ses avantages et ses potentialités. Ce genre se distingue également par ses effectifs élevés d'espèces sous espèces et ces variétés endémiques et rares.

Les résultats caryologiques constituent un élément majeur pour la compréhension d'un genre dont le patrimoine génétique évolutif est essentiellement lié à l'aneuploïdie et à l'euploïdie. La caryologie du genre *Genista* L. reste encore assez mal connue à l'exception des taxons ibériques. L'évolution du genre est associée à des variations du nombre chromosomique en raison de la polyploïdie (Sanudo, 1979 ; Verlaque, 1992 ; Goldblat, 1981).

Les recherches cytologiques sur *Genista* se sont limitées à l'étude des mitoses somatiques, les objectifs de ces études visent à déterminer le nombre chromosomique, leur morphologie et parfois l'établissement des caryotypes.

Du point de vue variabilité chromosomique, le genre *Genista* L. est le plus diversifié de la tribu des *Genisteeae* avec 24 nombres chromosomiques différents, ce qui témoigne de la diversité du niveau de ploïdie. Les comptages chromosomiques connus montrent que 20,45% des taxons sont diploïdes et 79,55% polyploïdes, la proportion des taxa tétraploïdes étant la plus importante (56,82%). L'abondance des nombres chromosomiques dans ce genre laisse à penser que la variabilité du nombre de base est plus diversifiée. Sanudo, (1974) admet que les nombres chromosomiques de bases ( $x = 9, 11, 12, 13, 14, 15\dots$ ) ont évolué à partir d'espèces primitives de Légumineuses par aneuploïdie, dont le nombre de base original est  $x = 8$ .

Au sein d'une même espèce la composition chimique de l'huile essentielle peut varier, on parle alors de races chimiques ou de chémotypes. Il s'agit d'un polymorphisme chimique. Une espèce peut être homogène au niveau de son caryotype et produire des huiles essentielles de compositions différentes (Garnero, 1985 ; Charles et Simon, 1992). Le rendement en huile essentielle et la teneur en principaux constituants diffèrent selon le lieu d'implantation de la population. (Charchari et Boutekedjret, 1994). Plusieurs hypothèses sont avancées sur le rôle des huiles essentielles, elles peuvent jouer des rôles aussi variés qu'importants. Les plantes renferment des substances particulières, les métabolites secondaires (Normant et Normant, 1968; Roberts et Marjorie, 1977), utilisées à des fins taxonomiques (Erdtman in Misset, 1975).

La recherche de molécules naturelles aux propriétés antimicrobiennes et antioxydantes est d'une grande importance aussi bien dans le domaine médicale que dans le domaine de l'industrie alimentaire. Dans ce contexte, les huiles essentielles constituent des sources potentielles pour ce type de molécules. Les effets antimicrobiens des différentes espèces de plantes aromatiques et d'épices sont connus depuis longtemps et mis à profit de manière empirique.

Notre objectif est la valorisation de six espèces endémiques du genre *Genista* L. de l'Est algérien. Dans ce contexte une étude caryologique, vise à déterminer les nombres chromosomiques nouveaux de nos populations.

Une caractérisation phytochimique, en utilisant comme marqueurs génétiques les produits du métabolisme secondaire, obtenus par chromatographie en phase gazeuse des huiles essentielles.

Une évaluation de l'activité bactérienne des huiles essentielles sur *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*.

Ce travail est une contribution au couplage de la génétique des espèces et de la taxonomie dans les études des populations et peuplements naturels. Le choix d'avoir mené en même temps une étude de taxonomie et de génétique des populations peut surprendre. Ces deux disciplines possédaient certaines bases théoriques et méthodologiques communes et qu'il était nécessaire de combiner les résultats taxonomiques et génétiques pour répondre à certaines questions d'évolution et d'apparenter des espèces.

Afin de situer le contexte dans lequel la thèse s'inscrit, notre travail s'articule sur 3 chapitres:

1- Chapitre I : regroupe des généralités sur le genre *Genista*, il comprend quatre parties bien distinctes

- \*- première partie: concerne des généralités sur l'histoire du genre et sa taxonomie.
- \*- deuxième partie : résume les travaux de la caryologie du genre
- \*- troisième partie : donne un aperçu sur les huiles essentielles dans le genre *Genista*.
- \*- quatrième partie : traite l'activité biologique du genre.

2- Le second chapitre regroupe le matériel et les méthodes utilisés dans cette étude.

3- Dans le chapitre III sont exposés les résultats issus de cette étude et la discussion.

## CHAPITRE I : GENERALITES

1- Position systématique du genre *Genista* L.1- 1- Historique du genre *Genista* L.

Le genre *Genista* L. est Circumméditerranéen, constitué d'arbustes épineux et non-épineux, la plupart des espèces de ce genre forment des maquis sclérophylles ou des matorrals, avec 87 espèces (Martins et al., 2005). Le genre est représenté en Europe occidentale et centrale, il est également présent en Turquie, en Syrie et en Afrique du Nord.

A part l'étude de Spach (1844-1845), des révisions mineures ont été consacrées à des sections dans des zones géographiquement restreintes et isolées (Buehgeger, 1912; Vierhapper, 1919; Rothmaler, 1941; Vicioso, 1953; Gibbs, 1966; Polhill, 1976, 1981; Bisby, 1977, 1981).

Les limites génériques de *Genista*, particulièrement vis-à-vis du genre *Cytisus*, ont été une source de confusion taxonomique. Rouy (1897) a réuni les genres *Cytisus* et *Genista* sous le même nom, tandis que dans la flora R.P.R. (1957), *Genistella* et *Cytisanthus* ont été exclus du genre *Genista*. En 1966, Gibbs inclut certain nombre de modifications dans la classification générique du genre *Genista*.

1- 2- Les Groupements Génériques dans les *Genisteeae*

Bentham et Hooker dans (Genera Plantarum, 1862) classent le genre *Genista* dans la tribu des *Genisteeae*, sous-tribu *Spartieae* avec (*Lupinus*, *Argyrolonium*, *Adenocarpus*, *Laburium*, *Calycotome*, *Petteria*, *Spartium* et *Erinacea*). Alors que Le genre *Cytisus* a été classé dans la sous-tribu des *Cytiseae*, avec (*Ulex*, *Hypocalyptus* et *Loddigesia*). Les sous-tribus *Spartieae* et *Cytiseae* sont séparées sur la base de la morphologie de la graine, estrophiolée chez les *Spartieae* et strophiolée chez les *Cytiseae*.

En se basant sur le caractère des graines Taubert in Engler & Prantl's, (1894)<sup>1</sup> a conservé les sous-tribus *Cytiseae* et *Spartieae*. Rothmaler, (1944) regroupe les *Spartieae* et les *Cytiseae*, en excluant *Hypocalyptus*, *Loddigesia*, *Lupinus* et

---

<sup>1</sup> Die Natürlichen Pflanzenfamilien (1894)

*Argyrolohium* du nouveau groupement. Hutchinson, (1964) a élevé ces deux sous-tribus au rang de tribu, *Cytiseae et Genisteeae* (tableau 1).

Tableau 1 : Révision du genre *Genista* L. (Hutchinson, 1964)

Tribus	<i>Cytiseae</i>	<i>Genisteeae</i>	<i>Laburneae</i>	<i>Lupineae</i>
Genres	<i>Cytisus</i> <i>Echinopartum</i> <i>Hypocalyptus</i> <i>Loddigesia</i> <i>Nepa</i> <i>Stauracanthus</i> <i>Ulex</i>	<i>Erinacea</i> <i>Genista</i> <i>Petteria</i> <i>Spartium</i>	<i>Adenocarpus</i> <i>Calycotome</i> <i>Hesperolaburnum</i> <i>Laburnum</i> <i>Podocytisus</i>	<i>Argyrolobiurn</i> <i>Lupinus</i>

En se basant sur le caractère des onglets des pétales non adnés au tube staminal (*Cytiseae* etc.), et les onglets de la partie inférieure des pétales plus ou moins adné au tube staminal dans les *Genisteeae*. Hutchinson, (1964) distingue les tribus *Laburneae*, *Lupineae et Cytiseae des Genisteeae*. Ce caractère a été utilisé par Taubert in *Die Natürlichen Pflanzenfamilien*, alors que Pellegrin, (1908) considère les arguments de Taubert inadmissibles car cette concrescence est très variable chez *Genista*. Hutchinson, (1964) conserve également le caractère des graines strophiolées comme une différence entre les *Cytiseae et les Echinopartum* (graines estrophiolées).

Sur les trois classifications disponibles des tribus, Gibbs, (1966) favorise le point de vue plus large des *Genisteeae* adopté par Rothmaler, car un tel groupement met l'accent sur la relation possible entre ces genres comme *Genista-Genistella-Teline-Cytisus* ou *Ulex-Nepa-Stauracanthus-Genista* sous-genre *Phyllobotrys* ou *Erinacea-Echinopartum-Genista* sous-genre *Spartocarpus*. Gibbs et Rothmaler excluent les genres mono-spécifiques *Loddigesia, Hypocalyptus et Spartidium* des *Genisteeae*.

### 1- 3- Histoire Taxonomique

Le genre *Genista*, reconnu comme tel par Linné, (1753) comprenait les genres *Genistella* et *Spartium*. De même *Spartium* L. contient diverses espèces actuellement appartenant à *Genista et Adenocarpus*, tandis que *Cytisus* sensu Linnaeus se compose d'un mélange d'espèces à étamines diadelphes, ces espèces sont transférées dans les *Phaseolae* par Adanson, (1763).

Suite à cette ambiguïté fondamentale, il y a eu une période au cours de laquelle les genres originaux Linnéens, ont été maintes fois modifiés et divisés. De Candolle,

(1825) améliore *Cytisus* linnéen par la suppression de la diadelphie des espèces et le sépare d'*Adenocarpus*.

Boissier, (1839-45) délimite les genres naturels *Retama* et *Erinacea* et admet les genres *Genista* L., *Cytisus* L., *Ulex* L., *Spartium* L., *Calicotome* Link. *Sarothamnus* Wimm., *Adenocarpus* DC. et *Chasmone* Mey. (Synonyme d'*Argyrolobium* Eckl. & Zeyh).

Endlicher, (1840) approuve les genres reconnus par Boissier (sauf *Calicotome*) en se basant sur le caractère de la lèvre supérieure du calice bifide, par opposition à peu ou pas bifide pour distinguer *Genista* et *Cytisus*. Ce caractère a été adopté par Spach (1844-45) dans sa révision de *Genista*.

Scheele, (1843) réunit *Cytisus* et *Genista* dans le genre *Genista*, alors que Visiani (1852) les réunit sous *Cytisus*. Kuntze, (1904) propose le regroupement d'*Argyrolobium*, *Adenocarpus*, *Petteria*, *Cytisus* et *Genista* en un seul genre, alors que Rouy, (1897), unit sous *Genista* les genres *Genista*, *Cytisus* et *Argyrolobium* (espèces monadelphes).

La délimitation du genre en sections par Spach est particulièrement solide, ainsi Gibbs, (1966) conserve dans sa révision de nombreuses sections intactes, mais les sous-genres sont hétérogènes en raison du regroupement basé sur la nature du légume (gousse). La circonscription des sous-genres et la disposition de leurs éléments constitutifs ont été considérablement remaniés par Gibbs (Tableau 2).

Spach inclut dans *Genista* la section *Pterospartum* (= *Genistella* Ortega) et *Teline* Medik., un point de vue que Gibbs ne partage pas.

Briquet, (1894) dans sa révision des espèces du genre *Cytisus* des Alpes Maritimes adopte le caractère stropholé de Bentham et Hooker pour séparer *Cytisus* et *Genista* et considère que les genres *Genista* et *Cytisus* sont des groupes artificiels et hétérogènes.

Le caractère artificiel de ces genres pour Briquet peut être apprécié plus aisément quant on sait que *Genista* sensu Briquet inclut *Petteria*, *Cytisus*, *nigricans* et la section *Lotoïdes*, cette dernière est un groupe d'espèces transférées de l'*Argyrolobium*, d'autre part *Cytisus* sensu Briquet inclut les genres *Genistella* et *Teline*.

Tableau 2: Classification générique selon Spach (1844-1845) et Gibbs (1966)

Spach (1844-1845) →		Correspondance	← Gibbs (1966)
Subgenre IV <i>Stenocarpus</i>			Subgenre I <i>Genista</i>
sect. 1	<i>Scorpioides Spach</i>		sect. 4 <i>Scorpioides</i>
sect. 2	<i>Erinacoides Spach</i>		sect. 3 <i>Erinacoides</i>
sect. 3	<i>Spartioides Spach</i>		sect. 2 <i>Spartioides</i>
sect. 4	<i>Genistella (Tournf.) Spach</i>		Genre <i>Genistella Ortega</i>
sect. 5	<i>Genistoides (Moench) Spach</i>		sect. 1 <i>Genista</i>
sect. 6	<i>Chamaespartium Spach</i>	unis avec	<i>sect. Spartioides</i> )
sect. 7	<i>Lasiospartum Spach</i>		<i>sect. Cephalospartum</i> )
Subgenre V <i>Pterospartum Spach</i>			Genre <i>Genistella Ortega</i>
Subgenre VI <i>Teline (Medik.) Spach</i>			Genre <i>Teline Medik.</i>
Subgenre III <i>Phyllobotrys Spach</i>			Subgenre II <i>Phyllobotrys</i>
Subgenre II <i>Camptolobium Spach</i>			sect. 5. <i>Phyllobotrys</i>
Subgenre I <i>Spartocarpus Spach</i>			
sect. 6. <i>Leptospartum Spach</i>			
sect. 7. <i>Voglera (G., M. &amp; Schreb.) Spach</i>			
sect. 1. <i>Asterospartum Spach</i>		Subgenre III <i>Spartocarpus</i>	
sect. 2. <i>Ephedospartum Spach</i>		sect. 7. <i>Spartocarpus</i>	
sect. 3. <i>Acanthospartum Spach</i>		sect. 8. <i>Acanthospartum</i>	
		sect. 9. <i>Fasselospartum</i>	
sect. 5. <i>Cephalospartum Spach</i>		sect. 10. <i>Cephalospartum</i>	
sect. 4. <i>Echinospartum Spach</i>		Genre <i>Echinospartum (Spach) Rothmaler</i>	

Pellegrin, (1908) réexamine la classification des *Genisteeae*, en particulier les genres *Cytisus* et *Genista*, en se basant sur les trois dispositions anatomiques fondamentales de l'insertion des feuilles

a- le pétiole de la feuille prend trois traces vasculaires complètes de la branche mère. Ce caractère se trouve dans les genres: *Genista* et les sous-genres *Genista*, *Lupinus*, *Adenocarpus*, *Teline*, *Gonocytisus*, *Spartium* et *Spartocarpus*.

b- Le pétiole de la feuille prend une trace vasculaire chez *Genista* sous-genre *Phyllobotrys* et *Ulex*.

c- La feuille prend une trace vasculaire avec deux faisceaux fibreux latéraux. Ce caractère se trouve dans les genres *Cytisus*, *Calicotome* et *Podocytisus*.

Pellegrin souligne que dans le cas où la feuille prend une seule trace vasculaire complète, il est possible de distinguer entre les genres *Genista* et *Cytisus*.

Pellegrin a apporté des modifications taxonomique, il inclut dans *Genista* les taxons *Petteria*, *Retama*, *Spartidium*, *Gonocytisus* et *Teline*, et unit les sections *Echinospartum* et *Acanthospartum* sous l'ancien nom *Acanthocladae* Boiss..

Il existe plusieurs autres arguments taxonomiques dans l'étude de Pellegrin que Gibbs considère comme des anomalies, ainsi *G. lucida* a été retenue dans la section *Scorpioides* (sous-genre *Genista*), même si les caractères anatomiques et morphologiques de l'espèce sont clairement ceux de la section *Voglera* sous-genre *Phyllobotrys*.

*Genista haenseleri* est retenue dans la section *Erinacoïdes* (sous-genre *Genista*); alors que sa morphologie florale et ses légumes la rattachent à la section *Spartocarpus* (sous-genre *Spartocarpus*).

Pellegrin différencie entre certaines espèces en se basant sur l'anatomie, mais il est quasiment impossible de distinguer ces espèces par des critères morphologiques.

Ces espèces sont:

- |  |   |
|--|---|
| 1- <i>G. sericea</i> - <i>G. boissieri</i>     | 2- <i>G. sakellariadis</i> - <i>G. hirsuta</i>    |
| 3- <i>G. horrida</i> - <i>G. ulicina</i>       | 4- <i>G. tournefortii</i> - <i>G. florida</i>     |
| 5- <i>G. jaubertii</i> - <i>G. cappadocica</i> | 6- <i>G. lanuginosa</i> - <i>G. polygalifolia</i> |

Pour des raisons morphologiques et anatomiques, *G. lanuginosa* et *G. polygalifolia* sont considérées comme synonymes de *G. hirsuta* et *G. florida* respectivement. Vierhapper, (1919) a également révisé *G. acanthoclada* de la Méditerranée orientale que Spach a divisée en quatre espèces.

La révision de Vicioso, (les espafiolas *Genisteas*) de 1953 consacrée au genre *Genista*, clarifie la taxonomie des espèces ibériques et un certain nombre d'espèces décrites de manière superflue par Spach.

#### 1- 4- Limite générique du genre *Genista*

Trois caractères clés ont été employés par les auteurs pour distinguer *Genista* de *Cytisus* et des genres apparentés, qui sont les feuilles trifoliées ou unifoliées, les graines estrophiolées ou stropholées et la lèvre supérieure du calice profondément bifide ou entière à peu bifide.

Il est difficile de différencier de manière satisfaisante entre *Genista* et *Cytisus* sur la base de ces trois caractères en raison de l'existence de taxons intermédiaires. Ces derniers se répartissent en deux catégories: d'une part, il y a ceux qui possèdent le faciès général de *Genista* ou de *Cytisus* mais qui leur manque un ou plusieurs caractères. D'autre part, il existe des groupes d'espèces possédant diverses

combinaisons de caractères, par exemple la profondeur du calice (*Genista*) et les graines strophiolées (*Cytisus*), mais qui montrent une similitude globale de faciès entre eux, ces espèces ont été regroupées en genres distincts (*Genistella*, *Gonocytisus* et *Teline*) par plusieurs auteurs. Plusieurs autres preuves tendent à confirmer la distinction entre *Cytisus* et *Genista* (tableau 3).

Tableau 3: Caractères différentiels entre les genres *Genista* et *Cytisus*

<i>Genista</i>	<i>Cytisus</i>
Lèvre supérieure du calice profondément bifide	Lèvre supérieure du calice presque entière
Graines estrophiolées	Graines strophiolées
Feuilles unifoliolées habituellement	Feuille généralement trifoliolées
Légume étroitement oblongue, falciforme ou ovoïde acuminé	Légumes en général étroitement oblongues
Carène étroitement oblongue	Carène généralement falciforme
Feuilles peut prendre de 1 à 3 traces	Feuilles à une trace

Spratt, (1919) constate que la structure des nodules racinaires chez *Genista* et *Cytisus* est distincte. Nowacki, (1960) trouve des différences dans les compositions des alcaloïdes dans les espèces des deux genres.

La plupart des auteurs des flores européennes ont eu tendance à regrouper les taxons intermédiaires soit dans *Genista* soit dans *Cytisus* selon le caractère pris en considération. Webb, Ortega, Spach et Gibbs reconnaissent que *Teline*, *Genistella* et *Gonocytisus* constituent des genres distincts, alors que *Retama* est exclu du genre *Genista* sur la base de la morphologie du fruit.

Rothmaler, (1944) et Gibbs, (1966) détachent la section *Echinospartum* (Spach) de *Genista*. Les espèces d'*Echinospartum* sont morphologiquement semblables aux espèces de *Genista* sous-genre *Spartocarpus* avec des branches distinctement opposées. En plus, les espèces d'*Echinospartum* possèdent un nombre de caractères absents chez *Genista* : le calice gonflé campanulé, est semblable à celui d'*Erinacea*, et les espèces d'*Echinospartum* appartiennent à une série aneuploïde, avec un nombre de chromosome de  $2n = 52$  et  $44$ , alors qu'il est de  $2n = 48$  pour la plupart des espèces de *Genista* (Castro, 1945).

Les travaux de Cristofolini et al., (1977) sur la sérologie des graines montrent que le genre *Cytisus* sensu lato (Incl. *Chamaecytisus*, *Sarothamnus* et *Coroethamnus*) représente une unité homogène, sauf pour *C. sessilifolius*, qui est liée étroitement aux

genres *Laburnum* et *Genista*. De même, *C. emeriflorus*, incluse dans le genre *Lembotropis*, est très similaire à *Lembotropis nigricans*. Le genre *Cytisanthus* devrait être séparé de la section *Asterospartum*, distincte de toutes les autres sections et assez proche de *Lygos*. *Teline* est très similaire de *Genista*. *Chamaespartium sagittale* est plus semblable à *Genista*, qui s'inscrit biochimiquement et morphologiquement très bien dans le sous-genre *Genista*, en dépit de sa tige ailée. Dans l'ensemble de la tribu, deux groupes de genres représentent les points extrêmes de diversification:

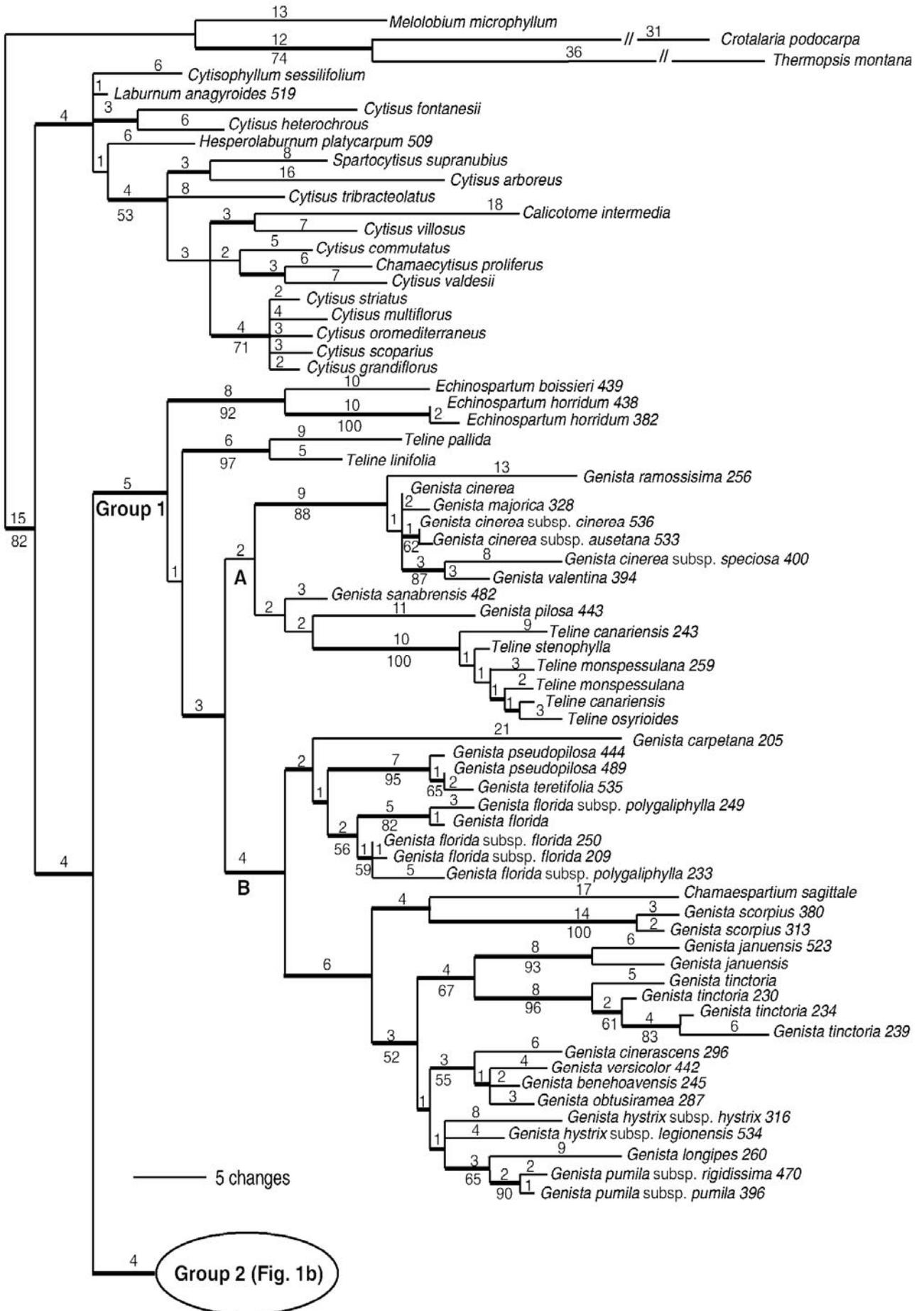
- (1) *Cytisus-Lembotropis-Calycotome* ;
- (2) *Genista-Teline-Petteria-Spartium-Cytisanthus-lygos*.

Entre ces deux groupes, il existe une série de genres intermédiaires, qui devrait être placée dans un groupe ou l'autre (*Adenocarpus* et *Argyrolobium*).

Les travaux de Pardo et al., (2004) sur les relations phylogénétiques de *Genista* et des genres apparentés (*Teline*, *Chamaespartium*, *Pterospartum*, *Echinospartum*, *Ulex*, *Stauracanthus* et *Retama*) ont été évalués par l'analyse des séquences de l'espaceur interne transcrit nrADN (région ITS), et le ADNcp espaceur trnL-trnF intergéniques. L'arbre phylogénique indique l'existence de trois lignées de diversification au sein de *Genista*, qui correspondent aux trois sous-genres: *Genista*, *Phyllobotrys* et *Spartocarpus*, toutefois, chacune de ces lignes englobent également des espèces des genres *Echinospartum*, *Teline*, *Retama*, *Chamaespartium*, *Pterospartum*, *Ulex*, *Stauracanthus* (Figure 1).

Les données moléculaires n'étayant pas la subdivision de ces sous-genres en unités taxonomiques au niveau de la section; seuls les genres *Genista* et *Spartocarpus* sont considérés comme des groupes monophylétiques (Prado et al., 2004).

Les données moléculaires ont également contribué à clarifier la position des taxons dont les relations ne sont pas bien établies. *Echinospartum* se divise en deux clades distincts correspondant aux deux groupes écologiques et caryologiques différenciés.



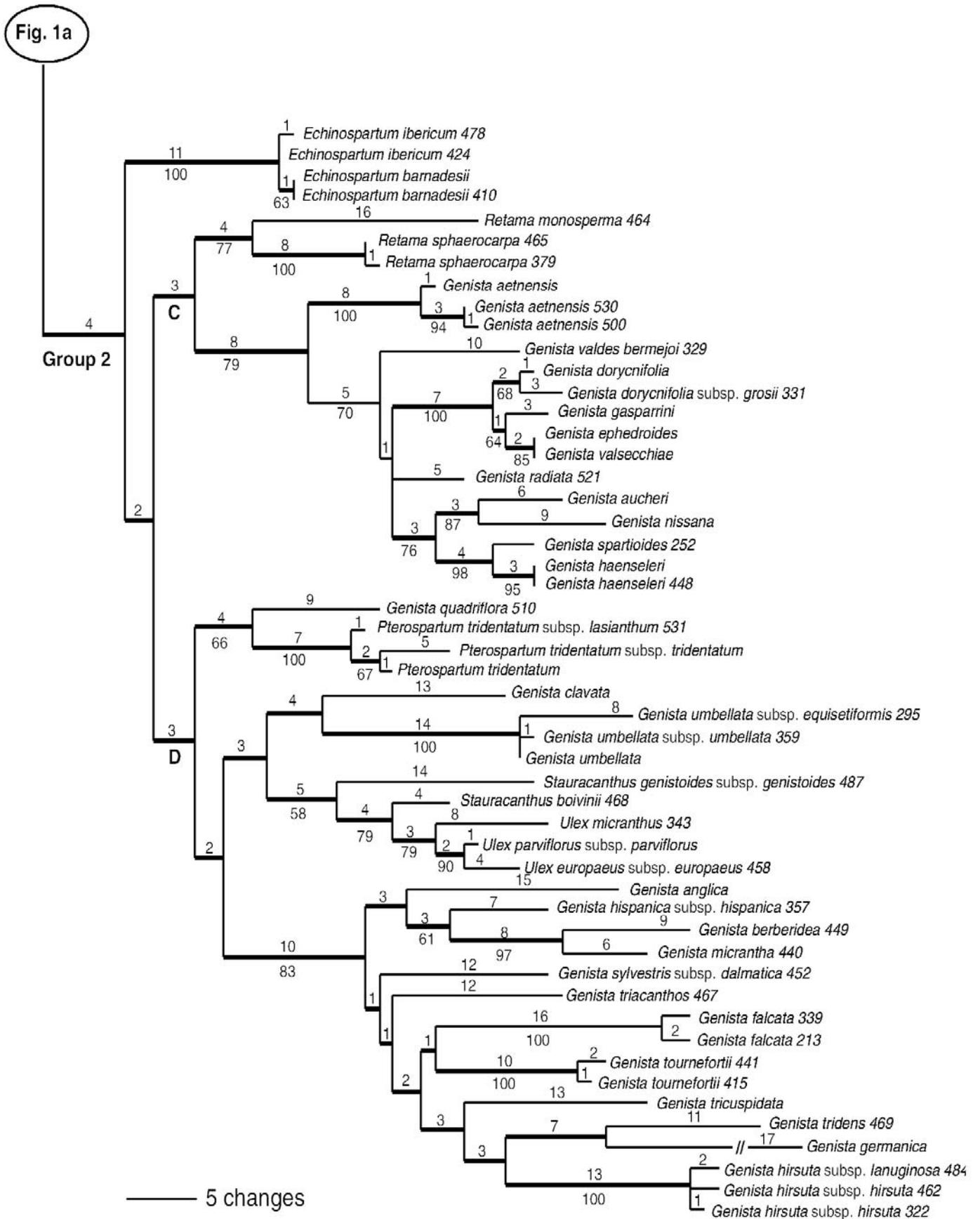


Fig. 1(b): (Continuation of Fig. 1a). 50% majority rule consensus tree represented as phylogram from the ITS region data set. Numbers above branches represent branch length (ACCTRAN), and numbers below indicate bootstrap values above 50%. Branches present in more than 90% of the most parsimonious trees are indicated by bold lines. (D'après Pardo et al. 2004)

Le genre *Teline* forme aussi deux groupes, tous deux placés à proximité de *Genista* sous-genre *Genista*, mais séparés du noyau principal du groupe. Le genre *Retama*, morphologiquement bien différencié de *Genista*, est proche de *Genista* sous-genre *Spartocarpus*. *Chamaespartium* et *Pterospartum* ne forment pas un groupe monophylétique. *Chamaespartium* est plus proche de *Genista* sous-genre *Genista*, alors que les représentants de *Pterospartum* sont proches de:

- 1) *Genista* sous-genre *Spartocarpus* (en particulier, la section *Cephalospartum*)
- 2) le clade *Ulex-Stauracanthus* (une dérivée terminale de *Genista* sous-genre *Spartocarpus*).

Les cas de discordance entre (*Echinospartum*, *chamaespartium* et *Teline*) indiquerait l'hybridation et/ ou l'introggression entre les différentes lignées des *Genisteae*.

#### 1- 5- Classification infra-générique du genre *Genista*

Spach reconnaît six sous-genres dans le genre *Genista*, dont trois étaient classés principalement selon la forme du légume (*Spartocarpus*, *Stenocarpus* et *Phyllobotrys*).

Dans la révision de Gibbs, (1966), trois groupes distincts ont été reconnus au sein du genre *Genista* sur la base d'un certain nombre de corrélations de caractères (tableau 4). Les noms sub-génériques de Spach ont été retenus pour ces regroupements, même si les sections constitutives et les espèces de chacun des nouveaux sous-genres différents considérablement des groupements d'origine.

Les réaménagements majeurs découlant des classifications infra-génériques adoptées par Spach et par Gibbs, se résument comme suit:

- Le sous-genre *Camptolobium* a été uni au sous-genre *Phyllobotrys*.
- La section *Voglera* (incluse la section *Leptospartum*) a été transférée du sous-genre *Spartocarpus* au sous-genre *Phyllobotrys*.
- La section *Lasiospartum* a été transférée du sous-genre *Stenocarpus* au sous-genre *Spartocarpus*, où elle a été unie avec la section *Cephalospartum*.
- La section *Spartioïdes* a été unie à la section *Asterospartum* (comme section *Spartocarpus*), et l'espèce *G. fasselata* a été déplacée de la section *Acanthospartum* vers la nouvelle section *Fasselospartum*.

Tableau 4: Caractères différentiels de trois sous genres de *Genista*

sous genres <i>Genista</i>	sous genres <i>Phyllobotrys</i>	sous genres <i>Spartocarpus</i>
Feuilles et branches alternes, subopposées et opposées		
Feuille à 3 traces vasculaires	Feuille à une trace vasculaire	Feuille à 3 traces vasculaires
Espèces épineuses ou non. Les épineuses avec des épines axillaires fertiles ou des branches épineuses.	Espèces épineuses avec des épines axillaires stériles. (ssp. épineuses)	Espèces principalement non-épineuse. Espèces à épines axillaires fertile ou branches épineuses
Étendard largement ové, que les ailes et la carène	Étendard généralement triangulaire ou ovale avec un apex aigu, généralement plus court que celle de la carène	Étendard large ou anguleux-ové. généralement plus court que la carène
Légumes étroitement oblongues, 3-polyspermes	Légumes ovoïde-acuminé 1 (-2) spermes, ou falciforme, gonflé, et de nombreux spermes	Légumes ovoïde-acuminé 1 (-2) spermes. (3 spp. Avec des légumes oblongues).

- Les sections *Echinospartum*, *Genistella* et la section *Teline* ont été qualifiées comme des genres distincts.

Les trois sous-genres sont assez distinctifs, bien que des taxons intermédiaires puissent être trouvés pour presque tous les caractères différentiels. Le groupe le plus frappant est celui de la section *Cephalospartum* (sous-genre *Spartocarpus*) de l'Afrique du Nord, ainsi *G. Cephalantha*, à ramifications presque opposées et *G. capitellata* avec des ramifications nettement opposées, possèdent tous deux une forme standard associée à la section *Voglera*.

Dans la même section, les espèces *G. umbellata*, *G. quadriflora* et *G. clavata*, ont toutes des ramifications opposées (*G. clavata* a des feuilles trifoliolées) et ont un légume étroitement oblongue comparable à ceux du sous-genre *Genista*.

D'autres conditions intermédiaires se produisent dans des espèces de différentes sections, ainsi les épines axillaires de *G. fasselata* (sous-genre *Spartocarpus*) ressemblent à ceux de *G. scorpius*, sous-genre *Genista*. La forme et la longueur de l'étendard de plusieurs espèces, par exemple *G. hispanica* (sous-genre *Phyllobotrys*), *G. clavata*, *G. aucheri* et *G. acanthoclada* (sous-genre *Spartocarpus*) ressemblent à ceux trouvés dans les sous-genres *Genista*.

Le sous-genre *Phyllobotrys* est le plus distinctif avec ses épines axillaires stériles très ramifiées et les feuilles avec une seule trace vasculaire. Pour ces deux caractères *Phyllobotrys* ressemble aux genres *Ulex*, *Nepa*, etc, d'autres caractères du groupe montrent des affinités positives avec le sous-genre *Genista*. L'apparition de l'hybride de *G. fritschii*, qui résulte du croisement entre *G. tinctoria* (sous-genre *Genista*) et *G. germanica* (sous-genre *Phyllobotrys*) renforce également le cas pour inclure *Phyllobotrys* dans *Genista*.

#### 1- 6- Morphologie du genre *Genista* LINN. SP. PL., 709 (1753)

Ce sont des espèces, présentant des variations considérables, représentées par des arbustes ligneux, chamaephytes ou nanophanérophites, formant des coussinets ou des tapis xéromorphes à ériges.

1- 6- 1- **TIGE** : Les tiges et les branches de la plupart des espèces de *Genista* sont striées ou crevassées. Ce caractère est fortement marqué dans le sous-genre *Spartocarpus*. Le mode de ramification est un caractère important dans l'identification des sous-genres ; les ramifications alternes s'observent dans les sous-genres *Genista* et *Phyllobotrys* mais tendent à être opposées dans le sous-genre *Spartocarpus*. Dans ce dernier groupe, la plupart des ramifications sont alternes et peuvent être opposées chez *G. radiata* et *G. acanthoclada*.

1- 6- 2- **EPINES** : Deux types principaux d'espèces épineuses sont distinguées. il y a ceux qui ont des épines axillaires, et ceux qui ont des branches épineuses. Dans le premier cas, les épines sont généralement à croissance limitée et axillaire, soit non ramifiées ou non ramifiées au troisième ou au quatrième degré. Chez les espèces à branches épineuses, toutes les branches se terminent simplement par une petite épine cartilagineuse.

Dans la section *Scorpioïdes* (sous-genre *Genista*) les épines axillaires sont recourbées vaillamment et portent généralement des fleurs. Alors que dans le sous-genre *Phyllobotrys* les épines axillaires sont grêles, ramifiées et stériles.

La section *Voglera* présente une tendance caractéristique à la situation épineuse, mais contient deux espèces vicariantes non épineuses, *G. micrantha* (N.O. de la

péninsule ibérique) et *G. carinalis* (péninsule des Balkans et à l'Ouest de la Turquie). Les espèces morphologiquement semblables sont *G. sylvestris* de Dalmatie et du Gargano (Italie), et *G. aristata* (Sicile) sont peu épineuses ou épineuses. Les quatre espèces sont probablement issues d'un taxon ancestral commun.

1- 6- 3- **FEUILLES** : La taille des feuilles varie selon les espèces, étroitement elliptiques, peuvent être enroulées (*G. lobelii* env. 5 x 2 mm) ou bien largement elliptiques ou obovales (jusqu'à 50 X 15 mm pour *G. tinctoria*). Les feuilles sont unifoliées ou trifoliolées. Mais dans l'ensemble, les espèces du genre tendent à être unifoliées, les espèces trifoliolées sont dominantes dans le sous-genre *Spartocarpus*. La plupart des feuilles sont sessiles, mais chez quelques espèces elles sont courtement pétiolées, *G. florida*, *G. sericea* et *G. pilosa*.

Les stipules sont présentes dans la plupart des espèces, chez *G. hystrix*, *G. baetica*, *G. cephalantha* et *G. demnatensis*, les stipules sont persistantes comme des épines.

1- 6- 4- **INFLORESCENCE** : Chez les sous-genres *Genista* et *Phyllobotrys* la majorité des espèces ont des inflorescences en grappes simples ou en grappes axillaires (*G. Sessilifolia*, *G. nissana*, *G. ephedroides*, *G. spartioides*) et chez *G. haenseleri* du sous-genre *Spartocarpus*, le reste des espèces du sous-genre (à l'exclusion de la section *Cephalospartum*) ont une inflorescence opposée et sub-opposée.

Dans la section *Cephalospartum* l'inflorescence est capitulée. C'est une caractéristique récurrente des *Papilionaceae* (*Adenocarpus*, *Anthyllis*, *Cytisus*, etc) et la tendance se retrouve chez d'autres espèces du genre *Genista*, comme *G. hispanica* (section *Voglera*), *G. subcapitata* (section *Spartioides*) et *G. radiata* (section *Spartocarpus*).

1- 6- 5- **BRACTEES ET BRACTEOLES** : En règle générale, les fleurs les plus basses de l'inflorescence sont sous-tendues par des bractées foliacées, et se réduisent avec les fleurs apicales.

Chez *G. hirsuta*, la bractée est soutenue à hauteur du sommet du pédicelle, et fournit un caractère différentiel utile entre cette espèce et les taxons similaires *G. ulicina* et *G. tricuspidata*.

Les bractéoles sont habituellement paires (3-4 bractéoles sont fréquemment présentes chez *G. aspalathoides*) et soutenus à mi-longueur du pédicelle. Chez certaines espèces les bractéoles sont absentes ou vestigiales exemple : *G. Pilosa* et *G. obtusiramea*.

1- 6- 6- **CALICE** : Le calice est un caractère de diagnostic utile pour le genre dans son ensemble, le calice est divisé en lèvres supérieure et inférieure (le labre et labiole), avec la lèvre supérieure profondément divisée en deux dents, et la lèvre inférieure avec trois dents (généralement plus courte).

Chez la plupart des espèces, la lèvre supérieure est égale à celle du bas, et les lèvres sont sub-égales au tube, les dents du haut sont sub-égales à la lèvre, tandis que les dents inférieures sont de 1/3 à 1/2 de la longueur de la lèvre inférieure. Chez *G. tournefortii*, *G. ulicina* et *G. aristata*, la lèvre supérieure est considérablement plus courte que celle du bas.

1- 6- 7- **COROLLE** : La forme de l'étendard et sa longueur par rapport à la carène fournissent d'importants renseignements sur les sous-genres. Bien qu'il existe des variations entre les espèces dans la forme de l'étendard, certaines exceptions à cette tendance sub-générique existent. Chez *G. sessilifolia*, la longueur des ailes par rapport à la carène est un important caractère différentiel.

1- 6- 8- **LEGUMES** : La forme du légume (gousse) est un caractère sub-générique, mais trois exemples atypiques sont à noter:

a. Le légume falciforme à nombreuses graines chez la section *Phyllobotrys* est proche du légume étroitement oblongue du sous-genre *Genista*. Il est nettement gonflé et turgescent chez la section *Phyllobotrys*, alors qu'il est moins marqué chez le sous-genre *Genista*.

b. Les légumes ovoïdes acuminés de 1 à 2 graines, habituellement associées à la section *Voglera* et au sous-genre *Spartocarpus*, se retrouvent chez certains spécimens

de *G. lobelii* (sous-genre *Genista*). Cependant, les légumes étroitement oblongs et à plusieurs graines se trouvent chez la plupart des individus de cette espèce.

c. Trois espèces de la section *Cephalospartum* (*G. clavata*, *G. umbellata* et *G. quadriflora*) ont des légumes étroitement oblongs habituellement associés au sous-genre *Genista*.

#### 1- 7- Morphologie des espèces du genre *Genista* L.

1- 7- 1- **Section *Voglera*** (Gaertn., Mey. & Schreb.) Spach à Ann. Sci. Nat., Sér. 3, 2: 257 (1844). Syn.: *Voglera* Gaertn., Mey. & Schreb. Fl. Wett. 2: 500 (1800).

Les feuilles sont simples ou trifoliolées; l'étendard est glabre ou soyeux; la gousse ovoïde-acuminée à 1-2 graines.

Espèce type: *G. germanica*.

Distribution: principalement dans le Sud-ouest de la Péninsule ibérique et en Afrique du Nord, avec des espèces isolées à Majorque, Sicile, Yougoslavie et en Turquie.

#### 1- 7- 1- 1- ***Genista ulicina*** Spach.<sup>2</sup>

Ce sont des arbrisseaux dressés de 12 à 50 cm de hauteur, pluricaules, très épineux et verts. Les rameaux jeunes sont grêles, sub-cylindriques et densément hirsutes. Les épines sont de 7,5-37 mm de long, simples, grêles peu vulnérantes et rameuses.

Les feuilles sont toutes unifoliées, sessiles, entières, villeuses en dessous et sans stipules. Les feuilles des épines sont très petites subulées ou réduites à des écailles à peines saillantes.

L'inflorescence est en grappes terminales de 3-6 cm de long et multiflores, à axe prolongé en rameau feuillé.

Le calice est bilabié, glabre extérieurement, de 9 mm de long. La corolle est d'un jaune orangé, marcescente. L'étendard de 9-12x3-6 mm, est glabre, à limbe ovale

---

<sup>2</sup> Ann. Sc. Nat. Ser. 3,2, p.268 (1844); Atlas Expl. Scient. Algérie, tab. 86; B. & T. Fl. Alg. p. 198, et Fl. Syn. P.84 ; B. et B. Cat. Tun. P. 100 ; M. C. 1991- *Genista germanica* Poiret, voyage Barbarie, 2, p. 208 (1789) ; non L. Sp. p. 710 (1753)- *Genista hispanica* Desf. Fl Atlant., 2, p. 138 (1799) ; non L. Sp. p. 711 (1753).

et obtus. Les ailes sont oblongues-cultriformes et obtuses. La carène est presque droite, oblongue et obtuse de 11-12mm de long, pubescente sur le milieu du dos.

Les étamines sont glabres, soudées en tube fermé, les anthères sont linaires et jaunes. L'ovaire est sessile, 6-14-ovulé, villeux et oblong. La gousse est noire entourée par le calice et la corolle marcescents, ovoïde, villeuse, coriace et déhiscente, de 1-4 spermes. Les graines sont lisses ovoïdes de 2 x 1,5 mm, luisantes de couleur jaune brun ou brun

Floraison : Mai-Juin

Aire géographique : Endémique.

Répartition géographique : assez rare en Numidie.

Ecologie : Forêts, broussailles, rochers des collines et des basses montagnes bien arrosées, dans les terrains siliceux.

1- 7- 1- 2- *Genista tricuspidata* Desf.<sup>3</sup>

Syn.: *G. duriaei* Spach à Ann. Sci. Nat. sér. 3, 2: 271 (1844).

Ce sont des arbrisseaux épineux, buissonnants et très rameux de 0,3-1,2 m de hauteur. Les rameaux florifères verts sont plus ou moins allongés et effilés, feuillés, grêles pubescents puis glabres. Les épines trifurquées ou simples, robustes, divariquées vertes de 1-4,5 cm de long. Les feuilles sont toutes unifoliolées, vertes et sub-sessiles, les folioles sont lancéolées entières et aiguës vêtus sur les deux faces de poils apprimés de 7-15 mm de long.

L'inflorescence est en grappes terminales multiflores de 1,5-25 cm de long, l'axe de la grappe est inerme et non prolongé en rameau feuillé, plus ou moins poilu. Les fleurs sont d'un jaune d'or verdissant souvent par dessiccation. Le calice est bilabié, glabre et jaune verdâtre de 4,5-6 mm de long. L'étendard est glabre à peu pubescent sur le dos, ovale ou ovale-oblong, aigu et un peu émarginé au sommet de 8-10 mm de long. Les ailes sont oblongues-cultriformes, obtuses et égalant à peu près l'étendard. La carène dépassant beaucoup les ailes et l'étendard, elle est oblongue, obtuse et étroite de 10-13 mm de long.

---

<sup>3</sup> Desf , Fl. Atlant., 2, p. 138, et tab.183 (1799) ; B. et T. Fl.Alg. p. 199, et Fl. Syn. p. 84 ; B. et B. Cat. Tun. p. 100 ; M.C. 789, 993, 1797, 1993, 2422, 3449 ; J. et M. Cat. Maroc, p. 351, 1026.

Les étamines sont glabres et concrescentes en tube fermé avec des anthères oblongues, basifixes et dorsifixes. L'ovaire est oblong, sessile, 6-14 ovulé et plus ou moins villeux. La gousse est entourée à la base du calice et de la corolle marcescents, ovoïde, coriace, déhiscente, noire ou brune, plus ou moins villeuse ou glabrescente de 3-9 x 1,75-5 mm et de 1-2 spermes. Les graines sont ovoïdes ou sub-globuleuses, brunes ou olive-noirâtre, lisses et luisantes de 2-3 x 1,75-2,5 mm.

Floraison : Mars-Juin. Espèce très polymorphe.

Aire géographique : Endémique Nord Afrique.

Répartition géographique : très commune dans tout le Tell.

Ecologie : Forêt et broussailles des plaines et de basses et moyennes montagnes, dans les régions bien arrosées et semi-aride.

#### 1-7-1-3- *Genista vepres* Pomel<sup>4</sup>

Syn. : *G. triacanthos subsp. vepres* Pomel, Nouv. Mat. Fl. Atl., 319 (1874)

*G. kabylica* Coss. Ex. Batt. Soc. Bot. Fr. 36 : 255(1889)

C'est un arbrisseau qui peut atteindre 1,5 m de hauteur, très épineux, vert, à tronc grêle et ramifié dès la base. Les rameaux sont anguleux et côtelés, lâchement hirsutes, très feuillés. Les épines axillaires plus ou moins fortes presque toujours simples, pouvant atteindre 3,5 cm.

Les feuilles sont sessiles, vertes presque toutes trifoliolées ; les folioles plus ou moins luisantes et coriaces, linéaires lancéolées, entières sub-sessiles à la base.

Les inflorescences en grappes terminales denses multiflores à axe hirsute se prolongeant en rameaux feuillés. Les fleurs sont d'un jaune sulfurin, à calice de 3,5mm de long à marges densément ciliées, sub-coriace, à 5 côtés, bilabié d'un jaune verdâtre. L'étendard glabre de 6-7 mm de long, à limbe ovale-cordiforme. Les ailes égalant l'étendard, oblongues-cultriformes, obtuses. Carène de 9x2 mm, à pétales soudés vers le sommet, densément pubescents sur les marges antérieures. Les étamines sont glabres, toutes concrescentes à leur base en tube fermé. Anthères jaunes, oblongues. Ovaire vert, sessile, glabre atténué en style filiforme, 2-4 ovulés. Gousse ovoïde, non

<sup>4</sup> Nouv. Mat. P.319 (1875) ; B. et T Alg. P.199 et FL. Syn. P.83 –*Genista kabylica* Coss. Ex Batt. B. Soc. Bot. France, 36, p. CCXXV (1889), nomen nudum-

stipitée, au plus de 7x4 mm, noirâtre, glabre, coriace, monosperme. La graine brun roux luisante, lisse.

Floraison : Mai-Juin.

Aire géographique : Endémique.

Répartition géographique : rare en Numidie (Petite Kabylie, Aokas, Months Babors à Khérata).

Ecologie : Forêt et rochers des collines et des basses montagnes bien arrosées, surtout sur terrains siliceux

Gibbs traite *G. vepres* Pomel comme une sous espèce de *G. triacanthos*, elles sont morphologiquement similaires, mais diffèrent généralement par les feuilles.

### 1- 7- 2- **Section *Spartocarpus*.**

Syn.: Sect. *Asterospartum* Spach, loc. cit.

Sect. *Ephedrospartum* Spach, loc. cit., p. 243.

Sect. *Retamospartum* Spach apud Cosson, Not. Pl. Cr ') t., 154 (18.52).

C'est un arbuste non-épineux (inermes), avec des branches alternes à opposées, ou complètement opposées. Les feuilles sont simples ou trifoliolées, alternes ou opposées. L'étendard est largement ovale, généralement plus court que la carène; l'inflorescence est en racème ou grappes axillaires, alternes ou opposées. Le légume est ovoïde-acuminé, à 1-2 graines.

### 1- 7- 2- 1- ***Genista numidica* Spach.**<sup>5</sup>

Syn.: *G. ephedroides* DC., Mem. Legum., 210 (1826).

Syn.: *Spartium gasparrini* Guss., Ind. Sem. Hort. Boccad., 11 (1825) *nomen nudum*.

C'est un arbrisseau ou un arbuste de 0,6-2,5 m de hauteur, dressé, buissonnant, vert, à rameaux cylindriques, dressés, pubescents-soyeux dans la jeunesse, puis glabrescents, feuillés puis nus.

<sup>5</sup> Ann. Sc. Nat. Ser.3, 2, p.244 (1844); B. & T. Fl. Alg. P. 197, et Fl. Syn. p. 83 ; Batt. Contr. Fl. Atlant. (1919), p.24

Les feuilles inférieures sont trifoliolées, les supérieures sont unifoliolées, toutes sub-sessiles. Les folioles de 5-13 mm de long, sont linéaires, lancéolées ou spatulées, entières, glabres sur la face supérieure et pubescentes soyeuses sur la face inférieure.

L'inflorescence est en grappe terminale de 5-30 flores, courte et dense. Les fleurs, de 10-11 mm de long, sont d'un jaune d'or, étalées ou étalées-dressées. Le calice est bilabié et persistant de 3-5 cm de long, plus ou moins densément villeux-soyeux. La corolle est marcescente ; l'étendard de 8-9 mm de long et largement ovale de 5mm de large et les ailes sont un peu plus courtes, de 8 mm de long, oblongues-cultriformes et glabres ; la carène est de 10-11 mm de long, oblongue cultriforme, droite, dressée, villeuse-soyeuse et argentée sur le dos.

Les étamines sont congrescentes en gaine fermée. L'ovaire est sessile, 4-8 ovulé, lancéolé et villeux. La gousse est villeuse-tomenteuse, rarement glabre, brune ou noirâtre. La graine est ovoïde-comprimée, lisse et luisante.

Floraison : Mai-Juin.

Aire géographique : Endémique.

Répartition géographique : Rare dans les Sahels littoraux oranais, assez commun en Numidie et dans l'atlas Tellien algérois.

Ecologie : Forêts claires, broussailles, rochers des plaines, des collines et des basses montagnes dans les régions bien arrosées et semi-arides.

1- 7- 3- **Section *Cephalospartum*** Spach à Ann. Sci. Nat., Sér. 3, 2: 254 (1844) emend. P. Gibbs.

Syn.: Sect. *Lasiospartum* loc Spach. cit., p. 141 (1845).

Des arbustes non-épineux à branches alternes ou opposées. Les feuilles sont simples ou trifoliolées. L'inflorescence est capitulée. L'étendard est largement ovale ou triangulaire ou ovale avec un apex pointu, aussi long ou moins que la carène. Le légume est ovoïde-acuminé avec 1-2 graines, ou étroitement oblong avec plusieurs graines.

Espèces type: *G. cephalantha*.

Distribuée principalement en Afrique du Nord, du Maroc à la Libye, avec une espèce dans le Sud d'Espagne.

Les espèces de la section *Cephalospartum* sont unies principalement par les caractères de l'inflorescence capitulée et de la ramification opposée. Plusieurs espèces, cependant, présentent un mélange de caractères qui servent à distinguer les autres sections et le sous-genre *Genista*

1- 7- 3- 1- ***Genista microcephala*** Coss. & Dur.<sup>6</sup>

*Syn.*: *G. tripolitana* Bornm. in Magyar Bot. Lapok. 33: 83 (1934).

C'est un arbrisseau éphédroïde, de 20 à 50 cm de hauteur, très rameux dès la base. Les rameaux verts sont pubescents-soyeux par des poils simples, peu feuillés.

Les feuilles sont toutes unifoliolées, alternes, ou sub-opposées à la base des ramules jeunes ; elles sont sub-sessiles sur un coussinet peu saillant ; les folioles sont de 3-8 mm de long, obovales oblongues ou oblongue-linéaires, entières, atténuées à la base, densément poilues en dessous. Les stipules sont très petites spinescentes aciculaires persistantes de 1 mm au plus.

L'inflorescence est en grappe capituliforme terminale, petite, 3-8-flores, de 1,5-1,8 cm de diamètre et hémisphérique. Les pédoncules florifères sont très courts (0,5-0,7 mm), poilus et pourvu à la base d'une bractée ovale et au sommet par de 2 bractéoles. Les fleurs sont de 0,9-1,5 cm de long et d'un jaune d'or. Le calice est de 3-4 mm de long obconique-campanulé, bilabié, à lèvres subégales. Le calice, bractées et bractéoles sont plus au moins villeux ou pubescents, à poils étalés ou dressés. L'étendard est de 8 x 4,5 mm, égalant presque la carène. Un peu pubescent soyeux extérieurement au sommet, à limbe ovale, cordé à la base. Les ailes oblongues-cultriformes, obtuses, plus au moins ciliées sur les marge antérieures à onglet grêle de 3 mm de long. La carène est de 9 x 2,5 mm, oblongue-cultriformes, droite ou presque droite, pubescente-soyeuse sur le dos.

Les étamines sont glabres et toutes concrescentes en gaine fendue en arrière ; les anthères jaunes, oblongues ou oblongues-linéaires, basifixes de 1 mm, et dorsifixes de 0,5 mm.

L'ovaire est sessile, ovoïde-oblong et longuement villeux de 4-8 ovules. La gousse est entourée par le calice et la corolle marcescents et dépassant peu le calice,

---

<sup>6</sup> B. Soc. Bot. France, 2, p. 398 (1855), nomen nudum, et 3, p.738 (1856) ; B. et T. Fl. Alg. p. 200, et FL. Syn. P. 4 ; Coss. Illustr. p. 32, tab. 117 ; M.C. 2954 ; B. et B. Cat. Tun. p. 100 ; J. et M. Cat. Maroc, p.352, 1027

sessile ou atténuée-substipitée, ovoïde, comprimée 7x3-3,5 mm, brune, villeuse, ordinairement monosperme. Graines lisses, luisantes, brunes, ovoïdes 2,5-3x2-2,5 mm

Floraison : Avril-juin.

Aire géographique : Endémique Nord Afrique.

Répartition géographique : Les Hauts plateaux.

Ecologie : Forêts claires, broussailles, rochers, pâturages rocaillieux des collines et des basses montagnes dans les régions semi-arides et arides.

1- 7- 4- **Section : *Spartidium*** Batt. (1889)

Arbustes éphédroïdes, inermes à folioles très caduques, fleurs en grappes, le calice brièvement 5-dentés, non bilabié. La gousse plus ou moins stipitée, papyracée et très plate.

1- 7- 4- 1- ***Genista saharae*** Coss. et Dur. (Pomel)<sup>7</sup> :

C'est un arbrisseau rétamioïde de 0,8-2 m de hauteur, rameux dès la base, dressé. Les jeunes rameaux sont presque tous florifères, plus ou moins densément pubescents, vert. Les rameaux d'un an et plus sont glabrescents, verts et cylindriques, tous effilés et presque toujours aphyllés. Les feuilles alternes sont toutes unifoliolées sessiles, les folioles sont fugaces, linéaires-oblongues, entières et sub-aigues. Les ramules florifères sont alternes, très nombreux formant des grappes lâches.

Les grappes sont aphyllées de 3 à 9 flores. Le calice est de 2,5 mm de long plus ou moins pubescent-soyeux, campanulé à base obconique de 2,5 mm de long et persistant après formation de la gousse. La corolle est jaune, caduque à étendard pubescent-soyeux sur le dos, ovale-triangulaire et de 10 mm de long, atténué-obtus au sommet, arrondi ou sub-cordé à la base. Les ailes sont de 8,5-9 mm de long, oblongues, obtuses et plus ou moins érodées-denticulées au sommet glabre. La carène est glabre, obtuse, large, égalant l'étendard de 10 x 5 mm. Les étamines sont glabres, toutes concrescentes en tube fermé; les anthères sont jaunes oblongues-linéaires basifixes et ovoïdes dorsifixes.

<sup>7</sup> Coss et Dur., B. Soc. Bot. France, 2, p. 247 (1899) ; Coss. Illustr., 2, p.34, tab. 118 ; B. et T. Fl. Alg. P. 202, et Fl.Syn. p. 83 ; B. et B. Cat. Tun. , p. 100 ; Pamp. Pl. Trip. p. 134 ; J. et M. cat. Maroc, p. 350

L'ovaire vert est glabre de 3 mm de long et de 6-8 ovulées. La gousse est de 2,5-5 x 0,5-1 cm, glabre, très aplatie, papyracée, indéhiscente, tortueuse par les saillies des graines, 2-6 spermes. Les graines sont plus ou moins réniformes brun-marron et lisses de 2,6-3 x 2-2,25 mm.

Floraison : Décembre-Avril.

Aire géographique : Endémique du Sahara.

Répartition géographique : Assez rare au Sahara Septentrional.

Ecologie : Pied des dunes, nebkas et pâturages sablonneux désertiques et subdésertiques.

#### 1- 8- Classification du genre *Genista* L.

Règne :	<i>Plantae</i>
Division :	<i>Magnoliophyta</i> Cronquist
Subdivision	<i>Magnoliophytina</i> Frohne & U. Jensen
Classe :	<i>Rosopsida</i> Batsch
Subclasse :	<i>Rosidae</i> Takht.
Superordre :	<i>Fabanae</i> R. Dahlgren
Ordre :	<i>Fabales</i> Bromhead
Famille :	<i>Fabaceae</i> Lindl
Tribu :	<i>Genisteae</i> (Adans.) Benth.

## 2- Caryologie du genre *Genista* L.

Les données caryologiques sont un élément majeur dans la compréhension d'un genre dont le patrimoine génétique évolutif est essentiellement lié à l'aneuploïdie et l'euploïdie. L'étude la plus exhaustive du genre, dans la péninsule ibérique, est le fait de Sanudo (1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1979), d'autres auteurs ont également contribué à la connaissance caryologique de la tribu des *Genisteeae*, Techechow, (1931); Senn, (1938); Maude, (1939, 1940); Reese, (1952); Turner, (1956, 1959); Contandriopoulos (1957, 1962, 1969); Fernandes et Santos, (1971, 1975, 1977); Santos et Quieros, (1977), Gilot, (1965); Forissier, (1973); Horjale, (1974); Gallego et al., (1985, 1986), Rafii et al., (1986), Verlaque, (1992), Cubas et al., (1998), Cusma et Chiapella (1991, 1994, 2009). et Cusma et al., (1996, 1999, 2000, 2002, 2003, 2009).

Les informations caryologiques des espèces du genre *Genista* restent limitées en raison de leur large répartition géographique.

La rareté des travaux de caryologie sur ce genre est probablement due aussi aux difficultés inhérentes aux variations du nombre chromosomiques liées à l'aneuploïdie et à l'eupolyploïdie (Sanudo, 1979 ; Verlaque, 1992 et Goldblat, 1981).

L'aneuploïdie a été observée chez *G. florida* ( $2n = 46$ , et  $48$ ) et dans *G. pilosa* ( $2n = 22$ ,  $44$  et  $24$ ). Cette tendance n'est pas très commune chez *Genista* mais très fréquente chez *Teline* Medik. (Sanudo, 1973 ; Cusma et al., 2000) et les *Cytisus* Desf. (Cusma et Chiapella, 1994). Un autre problème se pose, c'est la difficulté ou l'impossibilité de savoir exactement à quel taxon se rapporte le nombre chromosomique publié du fait des remaniements taxonomiques au niveau infra-spécifique. La petite taille des chromosomes ainsi que les difficultés techniques pour l'obtention de cellules bien réparties peuvent expliquer certains nombres chromosomiques aberrants. Néanmoins, les données bibliographiques constituent un acquis pour la compréhension du genre. Elles permettent certaines remarques se rapportant à la variabilité des nombres chromosomiques et à la diversité des nombres de base dans le genre.

La majorité des recherches cytologiques sur les *Genisteeae* se limitent à l'étude des mitoses somatiques. Ces études visent à déterminer le nombre de chromosomes, leur morphologie et parfois l'établissement des caryotypes. Les travaux de Böcher et Larsen, (1958) et De Turner et Fearing, (1959) sur les méioses ont pris une grande ampleur dans les années 70. Sanudo, (1979) suggère d'explorer les variations et l'évolution des *Genisteeae* sur les bases cytologiques. Les analyses du comportement chromosomique durant la méiose ont données une idée sur le degré de stabilité et d'équilibre des génotypes à travers leur évolution. L'étude de la méiose a fourni des données importantes sur la polyploïdie et l'estimation du degré structural des chromosomes.

## 2- 1- Nombres chromosomiques du genre *Genista* L.

Du point de vue variabilité chromosomique, *Genista* L. est le genre le plus diversifié par rapport à l'ensemble de la tribu des *Genisteeae*, 24 nombres chromosomiques différents caractérisent le genre, ce qui témoigne de la diversité du niveau de ploïdie (tableau 5).

Selon Sanudo, (1974) la grande variabilité numérique est en corrélation avec l'abondance et le degré de différenciation morphologique des phénotypes. Il confirme l'importance de la variabilité des nombres chromosomiques dans la diversification et l'évolution du genre *Genista*.

Tableau 5: Variabilité du nombre chromosomique dans la tribu des *Genisteeae*.  
(Sanudo, (1979) complété pour le genre *Genista*)

Genres	Nombres chromosomiques haploïdes (n)
<i>Adenocarpus</i>	13, 24, 26
<i>Calycotume</i>	12, 24, 25
<i>Chamaecytisus</i>	24, 25, 48, 50
<i>Chamaespartum</i>	14, 22, 23, 28, 44 24,
<i>Chronanthus</i>	12,25
<i>Cytisus</i>	12, 22, 23, 24, 25, 48
<i>Echinospartum</i>	22
<i>Erinacea</i>	26
<b><i>Genista</i></b>	<b>6, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 20, 22 21, 23, 24, 25, 26, 28, 36, 40, 48, 72, 84, 88, 96, 120</b>
<i>Laburnûm</i>	24
<i>Lembotopis</i>	23, 24, 48
<i>Stauracanthus</i>	24,64
<i>Teline</i>	21, 23, 24

Les nombres chromosomiques le plus élevés chez le genre *Genista* L. sont  $2n = 20x = 120$  et  $2n = 6x = 96$  observés chez *Genista tinctoria* et *Genista angustifolia* respectivement (Tableau annexe), le plus faible étant  $2n = 2x = 12$  observé chez *Genista anglica* par Gallego *et al.*, (1985), alors que le plus répandu dans la nature est le nombre chromosomique tétraploïde à  $2n = 4x = 48$ .

## 2- 2 - Nombre chromosomique de base

Seen, (1938) cite pour la première fois  $x = 8$  comme nombre de base pour la tribu des *Genisteeae*. Turner et Fearing, (1959); Gilot, (1965), Fernandes et Santos, (1971), Sanudo, (1971, 1972, 1973, 1974) et Fernandes et Queiros, (1978) confirment ce nombre et le généralisent pour la famille des Légumineuses. Sanudo, (1972) ajoute deux nombres chromosomiques de base  $x = 9$  et  $x = 12$ .

La multitude des nombres chromosomiques laisse à penser que la variabilité du nombre de base est plus diversifiée. Sanudo, (1974) admet que les nombres chromosomiques ( $x = 9, 11, 12, 13, 14, 15 \dots$ ) ont évolué par aneuploïdie à partir d'espèces primitives de Légumineuses dont le nombre de base est  $x = 8$ .

Les nombres  $x = 6, 7, 10, 11$  et  $13$  peuvent être considérés comme des nombres chromosomiques de base secondaires qui par évolution et adaptation se sont fixés et ont donné la diversification des nombres de base actuels.

Sanudo, (1972, 1979) fixe le nombre de base  $x = 8$  pour le genre *Genista* L. et considère les multiples de ce nombre comme des euploïdies et le reste comme des aneuploïdes. Il justifie cette aneuploïdie par le gain ou la perte de chromosomes tout en respectant le niveau normal de ploïdie (tableau 6).

Fernandes, (1971) admet que les nombres chromosomiques de base  $x = 13$  et  $x = 14$  se seraient ainsi engendrés à partir du nombre chromosomique haploïde  $x = 12$ .

Goldbalatt, (1980) propose  $x = 7$  comme nombre de base ancestral de *Legumisosae* dont les polyploïdes à  $n = 14$  ont engendré la série aneuploïde descendante. Verlaque, (1988) suggère le nombre de base  $x = 6$  est le nombre de base ancestral.

A côté de la multiplicité des nombres chromosomiques et la diversité des nombres de base dans le genre il est à remarquer la présence du phénomène de

polyploïdie.

Fernandes et Santos, (1971) concluent que chez les Légumineuses, les espèces annuelles et bisannuelles tendent vers un stade diploïde alors que les pérennes tendent vers un stade polyploïde. Sur les 134 taxons de la tribu des *Genisteeae* étudiés par ces auteurs 10,50% sont diploïdes et 89,50% sont polyploïdes.

Tableau 6: L'aneuploïdie dans le genre *Genista* et nombres de base actuels.  
(D'après Sanudo, 1972)

Nombre Haploïde (n)	Ploïdie secondaire à partir de $x' = 8$	Nombre de base actuelle (x)
6	$n = (x'-2)$	$x = 6$
21	$n = 3 (x'-1)$	$x = 7$
9	$n = (x'+1)$	$x = 9$
20	$n = 2 (x'+2)$	$x = 10$
22	$n = 2 (x'+3)$	$x = 11$

Les analyses caryologiques des *Genisteeae* primitives montrent la présence de nombre chromosomique relativement homogène ou toutes les espèces tendent à avoir un nombre de chromosomes tétraploïde à  $2n = 48$ . Ce nombre chromosomique peut augmenter à  $2n = 52$  probablement en raison de l'hyperaneuploïdie. Les données caryologiques suggèrent qu'*Argyrocytismus*, *Cytisophyllum* et *Petteria* peuvent être considérés comme des genres distincts plutôt que d'être assigné à *Cytisus*, avec  $2n = 52$  pour le premier et  $2n = 50$  pour les deux autres. Ils peuvent être interprétés comme des genres monotypes reliques en raison de la présence d'une aneuploïdie stable. Les Caractères caryologiques exclus une origine récente des *Genisteeae* et des *Thermopsidaeae*. Au contraire ils sont compatibles avec l'hypothèse qu'elles sont obtenues indépendamment d'un stock *Papilionoidées* de base, dont l'actuel *Sophoreae* constitue le représentant (Cusma and Chiapella, 2009) (Figure 2).

Les dénombrements chromosomiques connus du genre *Genista* L. portent sur 20,45% de diploïdes et 79,55% de polyploïdes (tableau annexe). Parmi ces derniers la proportion des taxons tétraploïdes est la plus importante avec 56,82% (tableau 7). Le reste regroupe 17 espèces à plusieurs nombres chromosomiques de base (tableau 8).

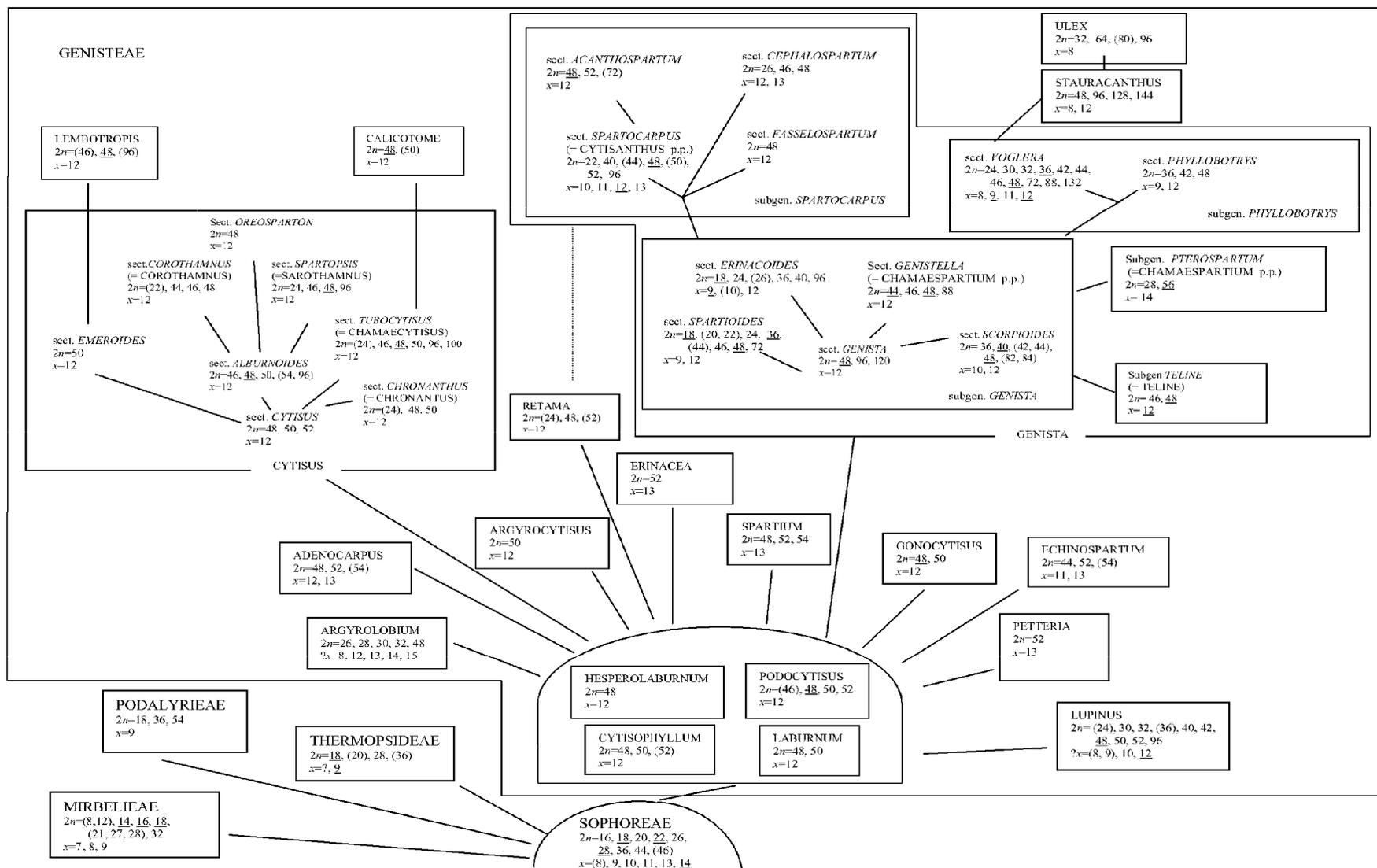


Figure 2 : Aperçu historique des relations systématiques et phylétiques des Genisteae et des tribus apparentées. (Cusma et Chiapella, 2009)

Tableau 7 : Répartition des nombres de base par niveau de ploïdie .

Ploïdie	Nombre chromosomique de base										Tot	%
	6	7	8	9	10	11	12	13	≠ x			
2x	1			9		1	6	1			18	20,45
3x					2						2	2,28
4x				10	4	3	28	3			50	56,82
5x			4		3						3	3,4
6x		4									4	4,55
8x		1		4	1		3				9	10,22
≠ x									2		2	2,28
Total	1	5	4	23	10	4	35	4	2		88	100
%	1,1	5,7	4,6	26,1	11,7	4,6	39,8	4,6	2,3		100	

Tableau 8 : Répartition du nombre chromosomique de base.

Nombre chromosomique de base										Nb d'espèces
6	7	8	9	10	11	12	13	≠ X		
+	+						+			1
	+					+				1
	+				+	+		+		1
	+							+		1
		+				+				1
		+	+							1
		+	+	+						1
			+				+			2
			+				+			1
				+		+		+		5
				+		+	+			1
					+	+				1
Total										17

L'examen des données bibliographiques montre qu'il existe une grande variabilité de nombres chromosomiques et une grande diversité de nombre de base. D'après ces investigations les valences chromosomiques trouvées sont très variables. Les tétraploïdes sont très répandues dans la nature, surtout lorsque le nombre de base est de  $x = 12$ .

Il est à remarquer que les tétraploïdes représentent 56,82% du nombre total des niveaux de ploïdie, les diploïdes sont particulièrement mieux représentés lorsque le nombre de base est  $x = 9$  et les autres niveaux de ploïdie faiblement représentés.

Un nombre chromosomique nouveau à  $n = 23$  a été observé chez *G. florida* ssp. *florida* et *G. florida* ssp. *polygaliphylla*. Un autre nouveau niveau de ploïdie à  $n = 32$  a été trouvé chez *G. tournefortii* ssp. *tournefortii* (Cusma et al., 2009).

### 3- Généralités sur les huiles essentielles

#### 3- 1- Historique

L'histoire des matières odorantes est liée à celle de l'humanité, déjà dans l'Égypte antique (environ 4500 av. JC) l'homme utilisait largement les huiles balsamiques, les baumes parfumés, les résines aromatiques, les épices et les végétaux odorants. Ces produits odorants furent d'abord employés pour les cérémonies religieuses et réservés à des usages sacrés. Dans la citation de Gilgamesh (1700 av. JC) l'utilisation du bois de cèdre était mentionnée. Peu à peu, les parfums s'étendirent à des usages charnels: on s'en servit pour les fêtes, les banquets et enfin pour la toilette. Les peuples de l'Extrême-Orient, la Chine et les Indes, dont les civilisations étaient très évoluées, distillaient les substances odorantes des végétaux et des animaux. Ces pays entrèrent plus tard en relation avec d'autres peuples comme les Égyptiens qui se servaient de nombreuses essences (rose, santal). Les découvertes faites par Ebers (Égyptologue Allemand) montrent que les égyptiens utilisaient beaucoup de substances aromatiques telles que le carvi, la coriandre, le fenouil, la cardamome, le safran. A cette époque ils pratiquaient déjà l'extraction des huiles essentielles et des substances aromatiques d'un certain nombre de fleurs et de végétaux. Les égyptiens connaissaient le principe de la fermentation et avaient recours à l'expression des sucres des plantes et des fruits.

La civilisation du Nil a transmis au travers des gravures sur la pierre toute une iconographie des procédés de préparation des huiles, des baumes et des liqueurs fermentées.

Les romains furent les maîtres dans l'art de l'extraction et de la conservation des arômes par macération de l'aromate dans un corps gras.

Le développement industriel de la distillation par les arabes fut le premier pas dans la production moderne des produits odorants. En effet ils se sont intéressés au problème lié à l'extraction des huiles essentielles de fleurs au moyen de la distillation, procédé encore peu connu à l'époque.

Au X<sup>ème</sup> siècle le médecin Avicenne (Iben Sina) introduisit dans ses potions l'huile et l'eau de rose extraite de *Rosa centifolia*. Au XIII<sup>ème</sup> siècle la notion d'huile essentielle apparaît avec le succès de l'école de Montpellier. A la même époque Jean de la Roquetaillade publie son traité sur la vertu et la propriété de la quintessence de toutes choses et se fit connaître avant Paracelse (Paris et Moyse, 1976). En France la vogue des parfums ne commença que vers le XIII<sup>ème</sup> siècle et ce n'est que vers le milieu du XV<sup>ème</sup> siècle que l'industrie des essences a prospéré.

Avec les progrès de la chimie l'extraction des essences devient plus rationnelle et dès le XIX<sup>ème</sup> siècle l'industrie proprement dite des arômes à usage alimentaire voit le jour. Elle connaît un essor remarquable parallèlement à celui des parfums bénéficiant des nombreux progrès techniques.

### 3- 2- Procédés d'obtention de matières parfumées

#### 3- 2- 1- La digestion

La solubilisation des substances odorantes et aromatisantes par les graisses ou les corps gras en général est connue depuis longtemps. Théophraste, Dioscoride, Égine, Pline, Mesuë et Éressos (287 av. J-C.) recommandent déjà de chauffer le mélange d'huiles et d'aromates au bain-marie pour éviter la carbonisation de l'arôme (Paris et Moyse, 1976). Pline, en 79, distingue l'excipient *Hedysmata* et les aromates *Stymna*. Il différencie le macéré : *Diaspermata* et les lies *Magmata*. La décoction fut prescrite pour les préparations de la pharmacopée tandis que la digestion à petite chaleur était employée pour les huiles odoriférantes. Libau (1616) décrit la digestion en vase clos. Béguin (1624) emploie le sel pour empêcher la putréfaction dans les digestions composées.

Baume (1769) traite longuement des huiles par décoction ou infusion et montre que l'huile est une substance qui a la propriété d'extraire seulement les substances huileuses et résineuses.

L'extraction des matières odorantes à l'aide des corps gras par immersion ou par contusion au sein des huiles ou des graisses a nécessité la mise en œuvre de techniques de séparation d'importance capitale.

La décantation s'accompagnant de pertes considérables on lui substitua l'expression. Cependant la décantation intervient pour parfaire le produit de l'expression, séparer l'eau de végétation ou celle apportée par l'alcool. Puis vint la presse hydraulique perfectionnée par Brahma (1797) et ensuite par Montgolfier (1819).

### 3- 2- 2- L'enfleurage

Depuis l'antiquité l'affinité des corps gras pour les composés odorants n'est plus à démontrer. Il faut attendre le XIX<sup>ème</sup> siècle pour exploiter cette propriété grâce à l'enfleurage. Cette technique a été d'abord utilisée comme la façon la plus fidèle pour restituer l'odeur des fleurs. Toutefois l'avantage de l'enfleurage par rapport à la digestion n'a été compris que vers la fin du XX<sup>ème</sup> siècle. Les premières matières grasses employées, l'huile d'olive vierge ou l'huile d'amande douce étaient utilisées avec les fleurs d'oranger, de jasmin, de violette, et de tubéreuse. Au début au milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle les matières grasses utilisées étaient le suif de porc et de bœuf. A cette époque le parfumeur Pivert perfectionna la technique manuelle par un procédé pneumatique. A partir du XX<sup>ème</sup> siècle le suif est remplacé par des huiles hydrogénées (paraffines).

Par la suite on s'est aperçu que le coûteux procédé d'enfleurage n'est pas avantageux on lui préféra l'extraction par des solvants volatils.

### 3- 2- 3- Extraction par solvants volatils

Cette extraction consiste à épuiser le produit odorant par un solvant et à chasser ensuite ce même solvant soit par concentration distillatoire soit par précipitation. Après évaporation du solvant on obtient des produits résineux, des pommades, des concrètes. Le premier solvant fut l'alcool éthylique puis vint l'éther. Plus tard on mit en œuvre le sulfure de carbone, le benzène, l'éther de pétrole, les solvants chlorés et fluorés.

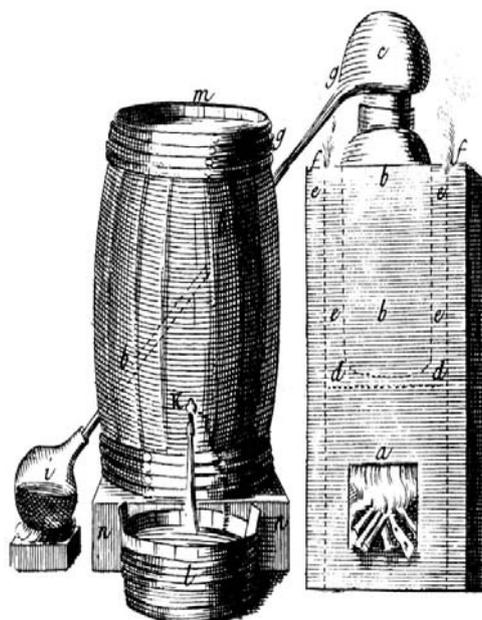
### 3-3- Huiles essentielles

#### 3-3-1- Définition

Dès le XVIII<sup>ème</sup> siècle Diderot et d'Alembert font référence dans leur Encyclopédie à l'obtention des huiles essentielles par distillation de différentes plantes (Figure 3)

Figure 3: distillation de plantes au XVII<sup>ème</sup> siècle

Diderot et d'Alembert.,  
L'encyclopédie des Sciences  
Bibliothèque de l'image, Ed. 2002



Les huiles essentielles sont "des produits de composition généralement assez complexe renfermant les principes volatils contenus dans les différentes parties des plantes" (Figure 4)

Deux procédés d'obtention des huiles essentielles sont la distillation par la vapeur d'eau de plantes à essence et l'expression des fruits du genre *Citrus*. Plus récemment L'AFNOR 1996 a donné la définition d'une huile essentielle : "*produit obtenu à partir d'une matière végétale soit par entraînement à la vapeur soit par expression, procédé mécanique mis en œuvre à partir de l'épicarpe des Citrus*".

L'huile essentielle est ensuite séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques. Certains traitements physiques (par ex : re-distillation, aération, déterpénation) pourraient entraîner des changements significatifs de sa composition

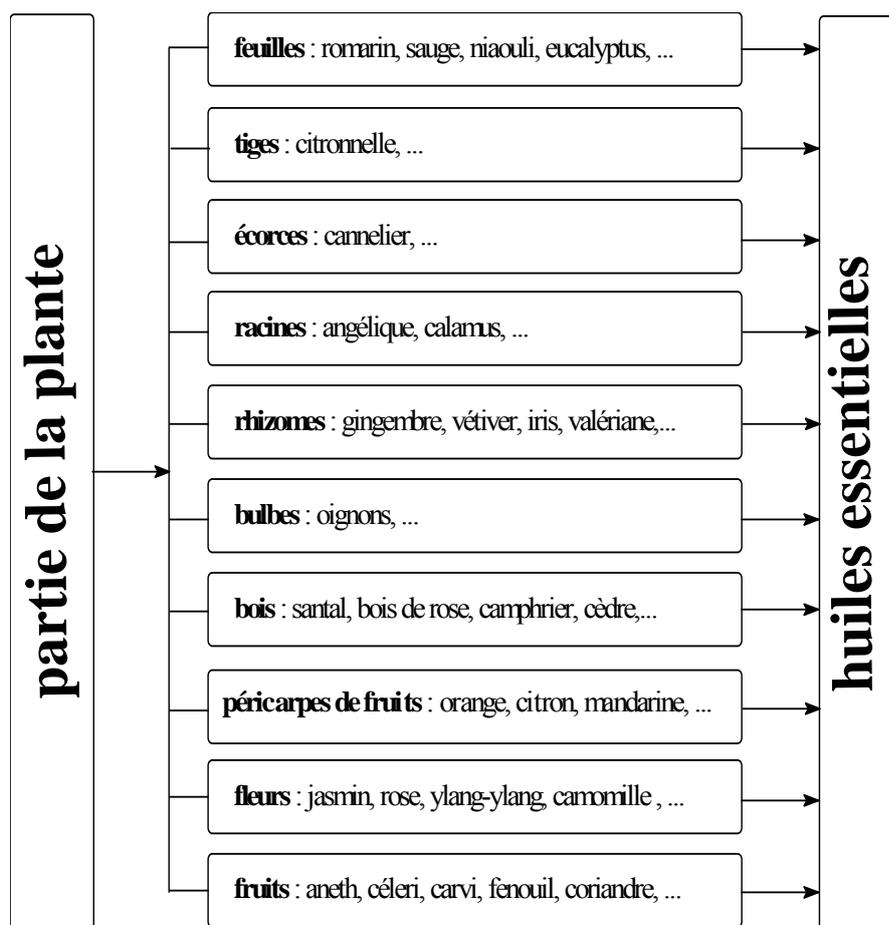


Figure 4: Provenance des huiles essentielles en fonction des différentes parties de plantes

Cette définition spécifique est restrictive. En effet elle exclut les produits obtenus par extraction à l'aide de solvant et ceux obtenus par tout autre procédé (gaz sous pression, enfleurage) bien que ceux-ci occupent une place importante sur les marchés de la parfumerie, de la cosmétique, de la pharmacie ainsi que dans de nombreux secteurs de l'industrie agroalimentaire (Figure 5). Il semble donc utile de définir les termes les plus couramment utilisés dans ces domaines.

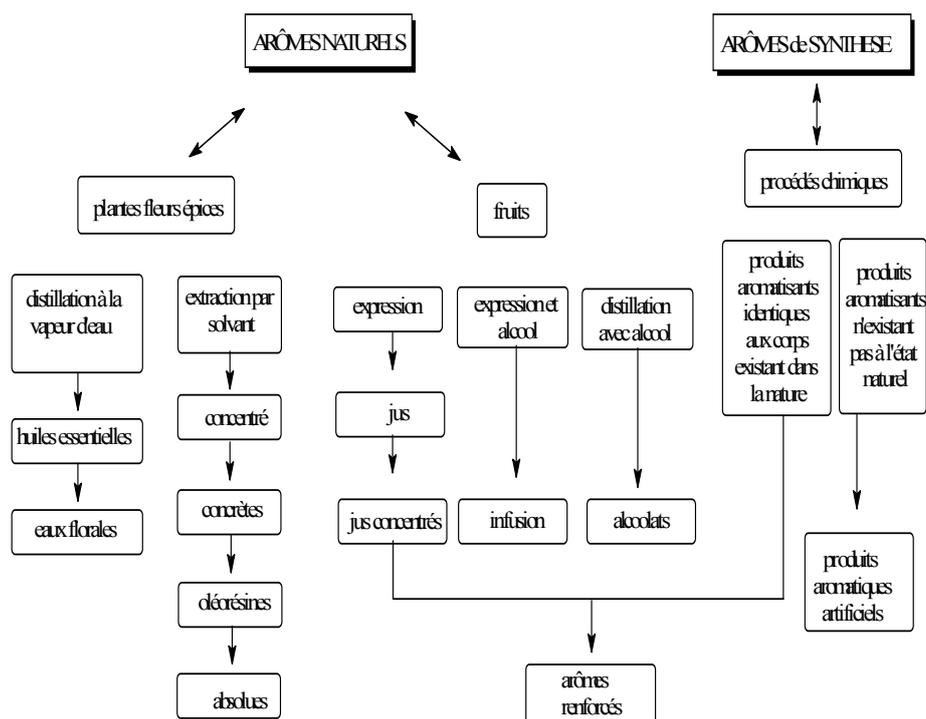


Figure 5 : procédés d'obtention des divers produits odorants à partir de sources naturelles ou synthétiques (Bruneton, 1987)

### 3- 3- 2- Concrète

La concrète est un extrait à odeur caractéristique obtenu à partir d'une matière première fraîche d'origine végétale par extraction au moyen d'un solvant non aqueux, suivie de l'élimination de ce solvant par un procédé physique. Dans la pratique courante on parle plus volontiers d'essence concrète.

### 3- 3- 3- Pommade florale

La pommade florale est un corps gras parfumé obtenu à partir de fleurs, soit par "enfleurage à froid" (c'est la diffusion des constituants odorants des fleurs dans le corps gras) soit par "enfleurage à chaud" (c'est la digestion ou immersion des fleurs dans le corps gras fondu).

### 3- 3- 4- Résinoïde

Les résinoïdes sont des extraits à odeur caractéristique obtenu à partir d'une matière première sèche d'origine végétale par extraction à l'aide d'un solvant non aqueux, suivie de l'élimination de ce solvant par un procédé physique.

Le terme résinoïde est surtout employé en parfumerie alors que celui d'oléorésine d'extraction est utilisé en aromatisation alimentaire et en parfumerie.

### 3- 3- 5- Absolue

Produit obtenu à partir d'une concrète, d'une pommade florale ou d'un résinoïde par extraction à l'éthanol à température ambiante. La solution éthanolique obtenue est généralement refroidie et filtrée dans le but de supprimer les cires, l'éthanol est ensuite éliminé par distillation. Les huiles essentielles peuvent subir un traitement ultérieur destiné à éliminer partiellement ou totalement un constituant ou un groupe de constituants indésirables pour l'industriel : on parle alors d'huile essentielle "déterpénée", "désesquiterpénée", "rectifiée", "privée de x...", etc...

### 3- 4- Répartition et localisation

Selon Lawrence (1995) les huiles essentielles existent chez 17 500 espèces végétales. Les genres riches en huile essentielle sont répartis dans un nombre limité de familles : *Myrtaceae*, *Lauraceae*, *Rutaceae*, *Lamiaceae*, *Asteraceae*, *Apiaceae*, *Cupressaceae*, *Poaceae*, *Zingiberaceae*, *Piperaceae*, etc...

Les huiles essentielles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux : fleurs (bergamotier, tubéreuse), les feuilles (eucalyptus, laurier noble, menthe poivrée), l'écorce (cannelier), le bois (bois de rose, santal blanc), la racine (angélique), des rhizomes (curcuma, gingembre), des fruits (aneth, anis, badiane) et dans les graines (muscade).

Si tous les organes d'une même espèce peuvent renfermer de l'huile essentielle, la composition de cette dernière peut varier selon sa localisation. Ainsi, dans le cas de l'oranger amer (*C. aurantium* L. ssp. *aurantium*, Rutaceae), le péricarpe frais du fruit fournit l'huile essentielle d'orange amère ou "essence de Curaçao", la fleur fournit "l'essence de Néroli" et l'hydrodistillation de la feuille, des ramilles et des petits fruits conduit à "l'essence de petit grain bigaradier". La composition de ces 3 huiles essentielles est différente.

La synthèse et l'accumulation des huiles essentielles sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante : cellules à huiles essentielles des *Lauraceae*

ou des *Zingiberaceae*, poils sécréteurs des *Lamiaceae* (origan vulgaire) Svoboda (2000 et 2003), poches sécrétrices des *Myrtaceae* ou des *Rutaceae*, canaux sécréteurs des *Apiaceae* ou des *Asteraceae* (Figure 6)

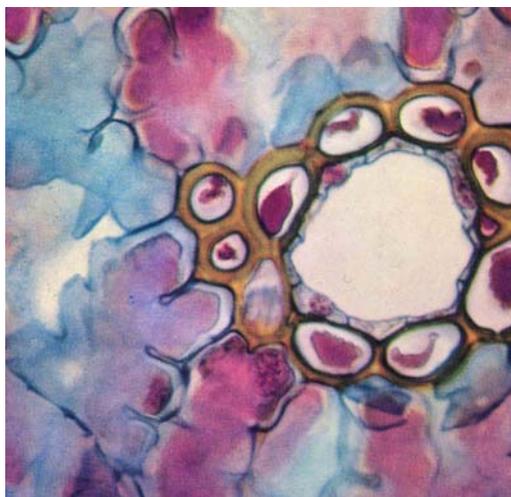
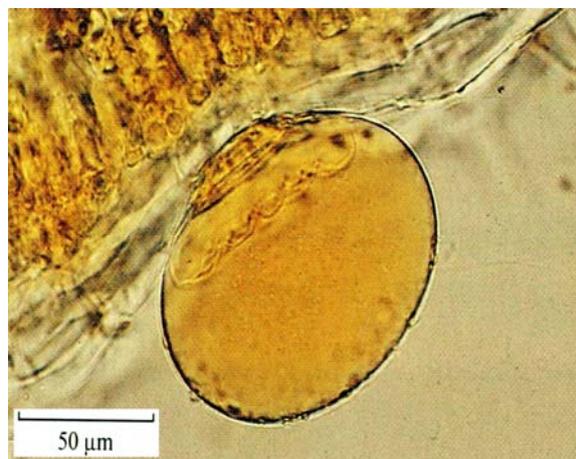


Figure 6 : coupe transversale d'un canal résinifère

K. ROSS - Grande Encyclopédie des sciences et des techniques 1974 - Grande Batelière - Éd. Kister - Genève-Érasme

Les cellules subcuticulaires productrices d'huile essentielle dans *Origanum dictamnus* (Figure 7) se développent à partir de l'épiderme après division de la cellule mère (Gaspar and Leeke, 2004)

Figure 7: poches sécrétrices dans *Origanum dictamnus*.



### 3- 5- Obtention des huiles essentielles

#### 3- 5- 1- Par expression des épicarpes de Citrus

Les zestes sont lacérés et le contenu des poches sécrétrices, qui ont été rompues, est récupéré par un procédé physique. Le procédé classique consiste à exercer, sous un courant d'eau, une action abrasive sur la surface du fruit. Après élimination des déchets solides l'huile essentielle est séparée de la phase aqueuse par centrifugation.

### 3- 5- 2- Par distillation en présence d'eau

#### \* *Hydrodistillation simple*

Elle se produit dans l'appareil de Clevenger et consiste à immerger directement le matériel végétal à traiter (entier, coupé ou éventuellement broyé) dans un alambic rempli d'eau qui est ensuite portée à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide. Les vapeurs ascendantes provenant de l'alambic ou du réacteur progressent, puis se condensent par refroidissement. Le condensat est récupéré, puis l'huile est séparée de la phase aqueuse.

#### \* *Distillation à vapeur saturée*

La distillation à vapeur saturée produite avec l'appareillage de Kaiser Lang, le végétal n'est pas en contact avec l'eau : la vapeur d'eau est injectée au travers de la masse végétale disposée sur des plaques perforées.

#### \* *Hydrodiffusion*

Cette technique, développée par la firme Suisse Schmidt SA (1981), consiste en l'expulsion de la vapeur d'eau à très faible pression (0,02-0,15 bar) à travers la masse végétale du haut vers le bas. La composition des produits extraits est sensiblement identique à celle des produits obtenus par les méthodes classiques. Le procédé permet un gain de temps et d'énergie et évite un grand nombre d'artéfacts liés à une température excessive. En fait ce procédé correspond à la percolation en phase vapeur.

### 3- 6- Facteurs de variabilité

Des travaux de recherche montrent que la composition chimique des huiles essentielles est très fluctuante. En effet elle dépend d'un grand nombre de facteurs d'ordre naturel (génétique, localisation, maturité, sol, climat, etc...) ou technologiques (mode de culture ou d'extraction d'huile essentielle de la plante).

#### 3- 6- 1- Diversité selon l'organe végétal

Chez une même espèce il arrive que la composition chimique de l'huile essentielle diffère d'un organe à un autre. C'est le cas de la cannelle (*Cinnamomum*

*zeylanicum* Blume) dont les feuilles donnent une huile riche en eugénol, les écorces fournissent un extrait où l'aldéhyde cinnamique est majoritaire, tandis que le camphre prédomine dans l'essence des racines (Guignard, 1983).

### 3- 6- 2- Influence de la période de récolte, du climat et du sol

La proportion des différents constituants de l'huile essentielle d'une espèce donnée peut varier au cours de son développement. Chez *Coriandrum sativum* L. le fruit mûr contient 50% de plus de linalol que le fruit vert (Croteau, 1986).

Une menthe poivrée récoltée en début de floraison a une huile essentielle riche en néomenthol et en menthone tandis qu'en fin de floraison cette huile est riche en menthol (Bruneton, 1987).

Chez la vervaine, le 1,8-cinéole est produit durant la période de floraison entre avril et mai (Djerrari et al, 1992).

Le climat et le sol ont une influence plus importante pour les espèces végétales dont l'organe sécréteur d'huile essentielle se situe au niveau des poils glandulaires (*Lamiaceae*, *Verbenaceae*, *Geraniaceae*, *Rutaceae*) que pour celles dont l'huile est produite dans les formations schizogènes des feuilles, calices ou tiges (*Lauraceae*, *Asteraceae*) (Fluck, 1963).

### 3- 6- 3- Influence des différents paramètres sur la qualité des huiles essentielles

#### 3- 6- 3- 1- Influence de la qualité du végétal

L'extraction des huiles essentielles ne s'effectue pas toujours avec de très bons rendements. De plus la qualité des essences obtenues dépend dans une large mesure de l'état de fraîcheur du végétal et du temps écoulé entre la récolte et l'extraction de l'huile. Un stockage de la plante pendant 24 heures suffit pour induire des changements sensibles de composition, lesquels peuvent d'ailleurs être souhaités. Ainsi Tucarov (1964) note la disparition de 15% de produits volatils dans le végétal après 3 mois de stockage. Il observe également une différence entre les feuilles jeunes, plus riches en essence, et les feuilles âgées.

Dans le cas du cumin et de la cardamome Ogzewalla and Williams (1962) montrent que la quantité d'essence au bout d'une année passe de 5% à quelques traces si l'épice est stockée sous forme de poudre exposée ou non à l'air.

Ces exemples nous indiquent l'intérêt d'extraire les huiles essentielles ou de préparer des extraits à partir de matériel végétal fraîchement récolté n'ayant subi aucune dégradation par la chaleur ou l'oxygène de l'air.

Cependant il est à noter que pour certains genres : *Lavandula*, *Mentha* ou *Vetiveria*, un préfanage est nécessaire pour développer les arômes recherchés.

### 3- 6- 3- 2- Influence de la lumière, du pH et de la cinétique au cours d'extraction

La lumière a une action néfaste, plus marquée sur les huiles essentielles et oléorésines que sur le végétal. De Cleyn and Verzele, (1972) constatent que la pipérine, sous l'action des rayonnements Ultra Violet, s'isomérisé en isochavicine (Figure 8) dépourvue de goût.

La possibilité de transformation des constituants des huiles essentielles explique que la composition de l'extrait obtenu par hydrodistillation soit le plus souvent différente de celle du mélange initialement présent dans les organes sécréteurs du végétal (Bousquet, 1972).

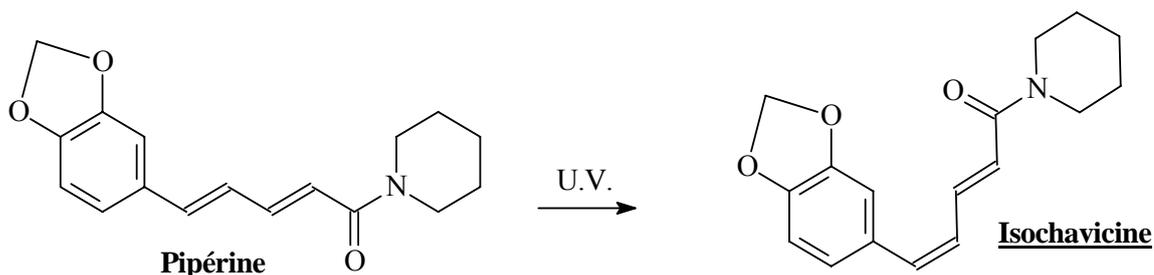


Figure 8 : Transformation de la pipérine en isochavicine sous l'action des UV

Au cours de l'hydrodistillation l'eau, l'acidité et la température peuvent induire l'hydrolyse, la déprotonation, l'hydratation et la cyclisation mais aussi le réarrangement, l'isomérisation, la racémisation, l'oxydation, etc... et ce d'autant plus que la distillation est longue et le pH acide (Bousquet, 1972). Plus le pH du milieu est acide plus la différence de composition avec l'essence originelle est importante (Naudin et Schneider, 1879). Parmi les constituants sujets aux artefacts les auteurs signalent tout particulièrement les monoterpènes mono et bicycliques (sabinène), les alcools monoterpéniques et leurs esters (linalol et son acétate) (Koedam, 1982, et Naudin et Schneider, 1879).

Par ailleurs la cinétique de distillation n'est pas la même pour tous les constituants d'une huile essentielle (carbures, alcools, cétones, etc....) : la composition du distillat varie en fonction du temps de distillation.

Toutes ces observations montrent les difficultés que l'on peut rencontrer lors de la préparation et de la conservation des huiles essentielles. Aussi, pour assurer la qualité de celles-ci, il est donc nécessaire de définir et de contrôler tous les paramètres depuis la récolte du végétal jusqu'à l'obtention du produit final.

#### 3- 6- 4- Existence de variétés chimiques ou chémotypes

Au sein d'une même espèce la composition chimique de l'huile essentielle peut être différente : on parle alors de races chimiques ou de chémotypes. Il s'agit d'un polymorphisme chimique, une espèce peut être homogène au niveau de son caryotype et produire des huiles essentielles de compositions différentes. Le cas des thyms avec ses 7 chémotypes, et le cas d'*Ocimum gratissimum* L., qui peut présenter cinq chémotypes : eugénol, méthyl-eugénol, linalol,  $\beta$ -caryophyllène et géraniol (Garnero, 1978, 1985 et Charles et Simon, 1992).

Charchari et Boutekedjret, (1994) ont démontré que le rendement en huile essentielle et la teneur en principaux constituants de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* récoltée en Algérie diffèrent selon le lieu de récoltes de la plante, ils observent 2 chémotypes: le type à  $\alpha$ -thuyone caractérisant l'huile essentielle de la plante provenant de Ghardaïa et celui à  $\alpha$ -thuyone-camphre et chrysanthénone caractérisant celle de la plante récoltée à Biskra, à Bordj Bou Arreridj et à Laghouat.

#### 3- 6- 5- Rôle des huiles essentielles dans la plante

Plusieurs hypothèses ont été avancées sur le rôle des huiles essentielles. La plus ancienne prétend que les huiles essentielles sont des produits métaboliques sans intérêt biologique. Depuis le début du XX<sup>ème</sup> siècle, différentes suppositions ont été établies.

D'après Verschaffelt and Stahl, (1915), les essences constituent un moyen de défense contre les prédateurs (microorganismes, champignons, insectes, herbivores) en modulant les comportements de ceux-ci vis-à-vis des plantes.

Les constituants des huiles essentielles sont considérés par Lutz, (1940) comme des modérateurs des réactions d'oxydation intramoléculaire protégeant la plante contre les agents atmosphériques. Selon lui, certains de ces composés se comporteraient aussi comme source d'énergie à la suite d'une baisse de l'assimilation chlorophyllienne.

Bousquet, (1972) considère que certains de ces produits seraient des composés intermédiaires du métabolisme et qu'ils se trouveraient à l'état libre durant certaines périodes en relation avec l'activité végétative de la plante.

Les travaux de Nicholas, (1973) ont montré que les monoterpènes et sesquiterpènes peuvent jouer des rôles aussi variés qu'importants dans la relation des plantes avec leur environnement. Par exemple, le 1,8-cinéole et le camphre inhibent la germination des organes infectés ou la croissance des agents pathogènes issus de ces organes. Bruneton, (1999) estime que la volatilité et l'odeur marquée de ces essences en font des éléments de la communication chimique.

Une mise au point de Croteau, (1988) montre que les huiles volatiles auraient un rôle de mobilisateur d'énergie lumineuse et de régulateur thermique au profit de la plante. Elles réguleraient la transpiration diurne en absorbant les rayons ultraviolets par leurs constituants insaturés. La présence et la teneur en huiles essentielles dans les plantes seraient donc en rapport avec la photochimie.

#### 4- Méthodes d'identification des composés

Si aujourd'hui les méthodes d'identification des molécules présentes dans les huiles essentielles sont précises, rapides et fiables, il n'en était pas de même au début du XX<sup>ème</sup> siècle. En effet, les seuls moyens connus étaient : l'indice de réfraction, le pouvoir rotatoire, la densité, le pH, l'absorption UV/visible que l'on associait aux différentes méthodes de contrôles chimiques tel que l'indice de carbonyle, d'ester, d'acide, d'alcool et de phénol.

De nos jours, ces contrôles physicochimiques sont encore utilisés, par exemple pour connaître l'indice d'acidité d'une huile essentielle de lavande mise sur le marché. Par contre, les nouvelles techniques de séparation, en particulier la chromatographie en phase gazeuse (CPG), sont les mieux adaptées à l'analyse des constituants volatils

dans les extraits aromatiques. La CPG peut être couplée à des méthodes spectrales, telles que l'infra-rouge ou la spectrométrie de masse qui est de loin la plus utilisée. La RMN (résonance magnétique nucléaire) peut être couplée ou non à une CPG.

Récemment la CPG a été couplée à des détecteurs de type ICP (inductively coupled plasma) qui permettent l'analyse des constituants d'une molécule par choix d'un atome particulier.

#### 4- 1- La chromatographie en phase gazeuse

La CPG est basée sur le principe de la chromatographie de partage (Tranchant, 1964). La phase stationnaire étant un liquide non volatil réparti ou greffé sur un support inerte. La phase mobile est constituée de gaz inerte ( $H_2$ ,  $N_2$ , He). La solution est injectée au moyen d'une seringue soit manuellement, soit avec un injecteur automatique qui permet d'obtenir une meilleure reproductibilité. La chambre d'injection est maintenue à une température telle que la vaporisation de l'échantillon se fasse dans un temps le plus court possible. La séparation des composés dépend du type de colonne utilisée et de la polarité de la phase stationnaire.

Après avoir choisi le type de colonne appropriée et un programme de température adéquat, la détection des composés élués est obtenue par un détecteur FID (détecteur par ionisation à flamme). Dans le cas des huiles essentielles, le FID est le détecteur le plus cité dans la littérature. Pour d'autres applications particulières, recherche de pesticides par exemple, les détecteurs de type ECD (détecteur à capture d'électron) ou TSD (détecteur termo-ionique spécifique) sont les plus adaptés. Ces détecteurs sont très rarement utilisés pour l'analyse des huiles essentielles en raison de leur grande sensibilité envers les atomes de chlore, d'azote ou de phosphore, atomes qui sont peu fréquemment rencontrés dans celles-ci.

Un problème important à ne pas négliger est de connaître la compatibilité de la température de l'injecteur avec les produits étudiés, afin qu'ils ne subissent pas de dégradation ou de transformation. Par exemple, l'ascaridol extrait de l'essence de *Chenopodium ambrosioides* se décompose rapidement à 130°C en diol, ce qui est dû en particulier à sa structure qui possède un pont peroxydique (Figure 9).

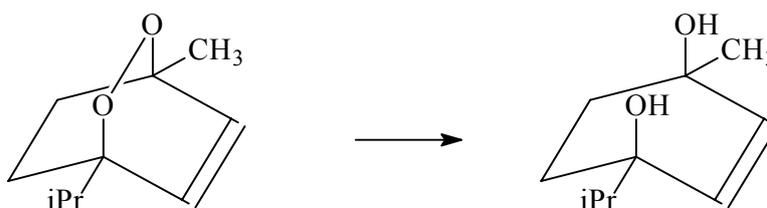


Figure 9 : Dégradation de l'ascaridol

#### 4- 2- Indice de rétention

L'un des problèmes de la CPG est le manque de reproductibilité des temps de rétention d'un appareil à l'autre ou d'une colonne à l'autre, même si elles sont de nature identique. Pour résoudre ce problème lié aux phénomènes complexes qui interviennent pendant l'élution (variation des conditions opératoires), Kovats a proposé l'utilisation d'un indice de rétention (IK), en considérant que la montée de température du four est linéaire sur la plage de température étudiée. Van Den Dool and Kratz, (1963) ont donc utilisé ces indices qui sont indépendants des conditions chromatographiques.

L'indice de rétention est une grandeur caractéristique de chaque composé et du type de colonne. Deux types de phases stationnaires sont généralement utilisés ce qui permet de résoudre le plus souvent les problèmes de coélutions.

Sur colonne "apolaire", les composés sont élués approximativement dans l'ordre de leur point d'ébullition.

Dans le cas d'une colonne "polaire" les composés les plus "polaires" seront retenus plus facilement et donc auront un indice de rétention plus élevé.

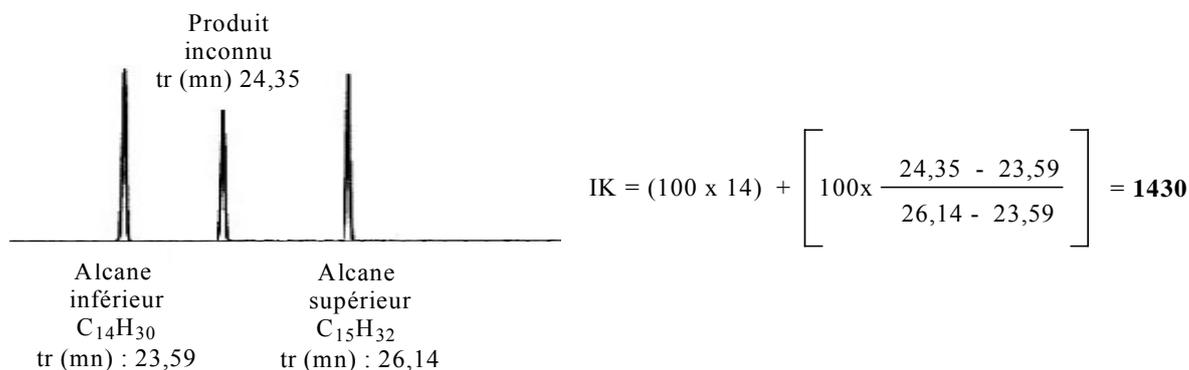
Quel que soit le type de colonne, les constituants d'une même famille sont élués dans le même ordre.

Les IK sont calculés par comparaison entre les temps de rétention (Tr) du composé étudié et ceux d'une série d'alcane linéaires permettant un « étalonnage » du chromatogramme. Ces IK sont définis par la relation :

$$IK = 100n + \left[ 100x \frac{Tr [A] - Tr [Cn]}{Tr [C(n+1)] - Tr [Cn]} \right]$$

IK est l'indice de Kovats ; n est le nombre de carbones de la paraffine précédant immédiatement le composé étudié ; Tr [A] est le temps de rétention du composé étudié ; Tr [Cn] est le temps de rétention de la paraffine précédant immédiatement le

composé étudié ;  $Tr [C(n+1)]$  est le temps de rétention de la paraffine à  $n+1$  atomes de carbone suivant immédiatement le composé.



De ce fait, leur seule fragmentation en spectrométrie de masse ne permet pas de les différencier avec suffisamment de certitude. Leurs temps de rétention sont par contre différents, ce qui correspond à des indices de Kovats de 1430 et 1462, et permettent par conséquent de les identifier avec certitude.

Par exemple, le  $\beta$ -copaène et le *cis*-muurolo-4(14),5-diène possèdent des spectres de masse (Figure 10) dont l'abondance des ions est très voisine.

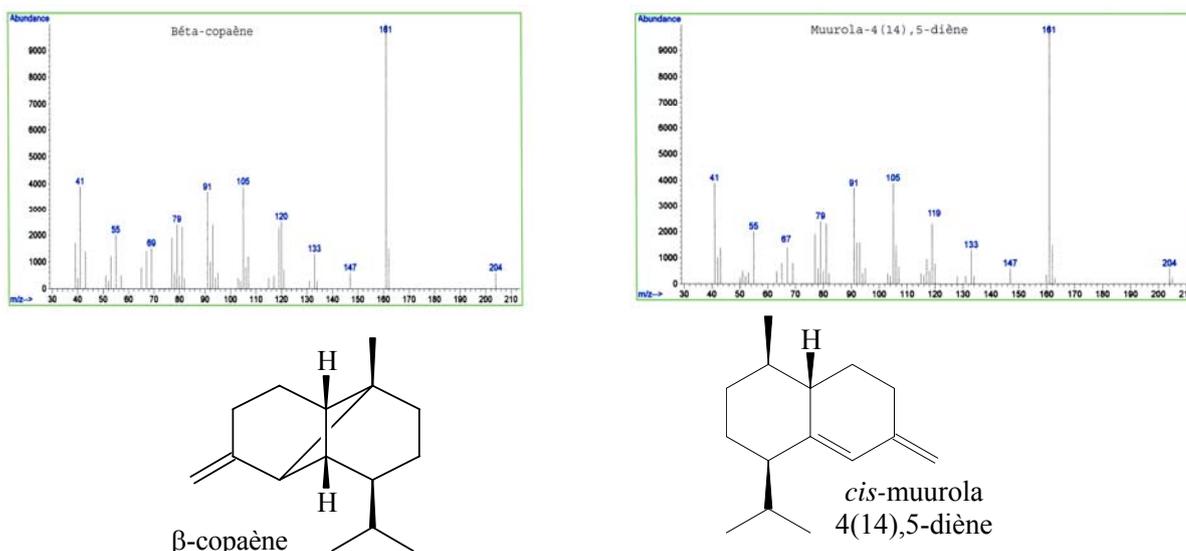


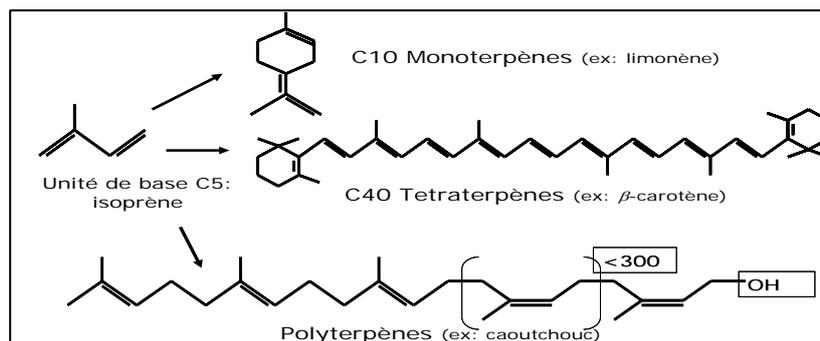
Figure 10 : Spectres de masse de 2 hydrocarbures sesquiterpéniques différents

#### 4- 3- Biosynthèse des constituants volatils et odorants

Les isoprénoïdes sont des composés issus de la condensation d'unités de base à 5 carbones de type isoprène (Figure 11). On parle également de composés terpéniques

ou terpénoïdes, l'unité monoterpène correspondant à des molécules à 10 carbones formées à partir de deux unités isoprènes.

Figure 11 : Formation des isoprénoïdes



De façon analogue à la famille des composés phénoliques, les isoprénoïdes regroupent à la fois des molécules de faibles poids moléculaires, volatiles et composants principaux d'huiles essentielles, et des molécules hautement polymérisées comme par exemple le caoutchouc. Cette voie de biosynthèse donne naissance à de très nombreux métabolites secondaires, mais participe également à la synthèse de composés comme le  $\beta$ -carotène, les chlorophylles, l'ubiquinone ou la plastoquinone, qu'on ne positionne généralement pas dans le métabolisme secondaire.

#### 4- 3- 1- Classification des composés terpéniques

La classification des terpénoïdes repose sur le nombre d'unités terpéniques (tableau 9). Certains composés importants sont des produits du catabolisme des terpènes, par exemple certains arômes de la tomate et l'acide abscissique (une hormone en C15 de réponse au stress hydrique, très importante chez les plantes) sont des produits du catabolisme de caroténoïdes (C40).

Tableau 9 : Classification des terpénoïdes

Nombre de Carbone	Terpènes	Nombre d'unité isoprène
C5 :	hémiterpènes	une unité isoprène
C10 :	monoterpènes	deux unités isoprène
C15 :	sesquiterpènes	trois unités isoprène
C20 :	diterpènes	quatre unités isoprène
C30 :	triterpènes	
C40 :	tétraterpènes (caroténoïdes)	
C45 et C50	queues terpéniques des molécules d'ubiquinone et de plastoquinones	
Au-delà :	polyterpènes (caoutchouc...)	

#### 4- 3- 2- Origine biosynthétique de l'isoprène

L'unité de base des biosynthèses est l'**isopentényl diphosphate (IPP)** et son isomère le diméthylalyl-diphosphate. Ces deux composés sont associés en géranyl-diphosphate (précurseur des monoterpènes), en farnésyl diphosphate (précurseur des sesquiterpènes et des triterpènes) et en geranyl-geranyl diphosphate (précurseur des diterpènes et des tetraterpènes) par des isoprényltransférases. Deux voies de biosynthèse conduisent à ces unités de base à 5 carbones.

La première est la **voie** du mévalonate. Elle débute par la condensation de 3 unités acetyl CoA, passe par un composé en C6 (le mévalonate) et débouche sur l'IPP.

La seconde voie – voie du MEP ou encore nommée voie indépendante du mévalonate est spécifique des végétaux et se déroule dans les plastes. Elle débute par la condensation d'une unité pyruvate (C3) avec une unité glyceraldéhyde 3-phosphate (C3) et conduit au methylerythritol phosphate (MEP) un composé intermédiaire en C5. Plusieurs étapes enzymatiques conduisent ensuite à la synthèse de l'IPP. Cette voie n'a été mise en évidence qu'à la fin des années 90, il s'est rapidement avéré qu'il s'agit de la voie majoritaire pour la biosynthèse de la majeure partie des terpènes.

#### Monoterpènes

Composés à 10 carbones, souvent volatils, aromatiques (sens olfactif) et biologiquement actifs (bactériostatiques, signalisation plantes-insectes). Ils sont largement présents dans les résines et les huiles essentielles (exemples du pinène constituant majeur de l'essence de térébenthine et du menthol) (Figure 12). On distingue les monoterpènes linéaires, des monoterpènes monocycliques et bicycliques.

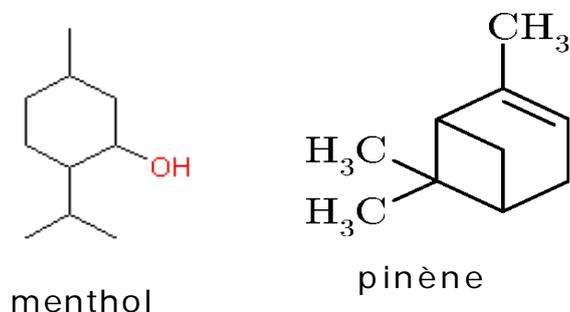


Figure 12 : Exemples de monoterpènes

### Sesquiterpènes

Composés à 15 carbones assez représentés chez les végétaux. Le farnésol un sesquiterpène linéaire de nombreuses huiles essentielles (Figure 13), abondamment utilisé en parfumerie. On distingue également les sesquiterpènes monocycliques et polycycliques (exemple : le caryophyllène, un sesquiterpène bicyclique en partie responsable du piquant du poivre)

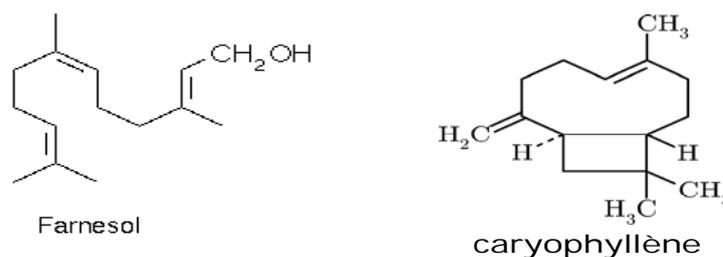


Figure 13 : Exemple de Sesquiterpènes

### Diterpènes

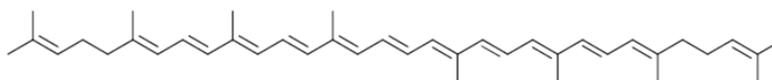
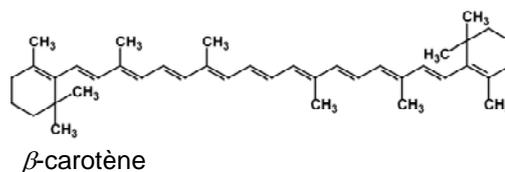
Composés terpéniques à 20 carbones. On retrouve parmi les dérivés de diterpènes la queue phytol des chlorophylles a et b et les résidus terpéniques du tocophérol (vitamine E) et de la phylloquinone (vitamine K1).

### Triterpénoïdes

Cette famille regroupe des composés dérivés d'une unité à 30 carbones, le squalène. On distingue en fonction du nombre de cycles les monoterpènes pentacycliques des monoterpènes stéroïdiens (tétra cycliques). Bien que les composés stéroïdiens soient largement représentés dans le monde animal, de nombreux phytostérols sont spécifiques des végétaux. Les saponosides et les cardénolides sont des hétérosides formés à partir d'un triterpène qui constitue la génine et de résidus glucidiques.

### Tetraterpènes

Cette famille de terpènes à 40 carbones, compte en particulier les caroténoïdes dont un pigment photosynthétique majeur (le beta-carotène) mais également des pigments aux propriétés anti-oxydantes comme le lycopène de la tomate (Figure 14).



Lycopène

Figure 14 : Exemples de tetraterpènes

#### 4- 4- Les acides gras

Outre les 2 familles principales que forment les terpènes et les dérivés aromatiques, il existe d'autres constituants des huiles essentielles, Il s'agit d'acides gras dont le précurseur est l'ion malonyl-CoA qui résulte d'une réaction enzymatique entre l'ion bicarbonate et l'acétyl-CoA.

Les acides gras sont à la base de la structure de tous les lipides (Bruneton, 1999). Les lipides sont préférentiellement solubles dans des solvants peu polaires tels que le chloroforme, l'hexane ou l'éther de pétrole. Ce sont des substances hydrophobes et parfois amphiphiles. Ces composés ne sont pas volatils, huile « fixe » par opposition aux huiles essentielles.

Les lipides incluent une grande variété de composés dérivés d'acides gras, mais aussi des colorants et composés secondaires qui sont indépendants du métabolisme des acides gras. Chaque cellule végétale contient un ou plusieurs types de lipides, souvent situés dans des structures spécifiques (Somerville et *al.*, 2000).

Les métabolismes des acides gras et des lipides des plantes ont des voies de biosynthèse communes avec d'autres composés (métabolites primaires), celles des lipides ne sont pas toujours bien élucidées. Cette complexité résulte principalement de la structure cellulaire, les plantes supérieures synthétisant collectivement plus de 200 acides gras différents ; beaucoup de questions sont encore posées quant à la nature des enzymes impliquées dans la synthèse de ces composés.

##### 4- 4- 1- Structure des lipides

Les lipides possèdent des fonctions biologiques variées : réserves intracellulaires en énergie (Schmid, 1996), matériaux de protection thermique,

mécanique ou électrique, composants majoritaires des membranes biologiques, molécules porteuses d'informations dans la régulation cellulaire, hormones, médiateurs extracellulaires, messages intracellulaires, vitamines liposolubles (Moore, 1993). Les lipides peuvent être classés en fonction de leurs structures et de leurs propriétés chimiques.

Les acides gras sont des acides carboxyliques R-COOH dont le radical R est une chaîne aliphatique de longueur variable qui donne à la molécule un caractère hydrophobe. La grande majorité des acides gras des végétaux se répartit en deux groupes : les acides gras saturés et insaturés. Dans les deux groupes, les plus fréquents ont 16 ou 18 atomes de carbone, ceux possédant moins de 12 atomes de carbone sont rares chez les végétaux. On trouve, cependant, les acides en C8 et C10 dans les triacylglycérols des graines de palmier, principalement constitués d'acide laurique et d'acide myristique. Jusqu'en C14, les acides gras sont rarement présents en quantité importante : beurre de laurier (C12), beurre de muscade (C14). Les acides gras dont la chaîne comporte plus de 20 atomes de carbone sont plus rares dans le règne végétal (Karleskind, 1992).

#### 4- 4- 1- 1- Acides gras saturés

Des dénominations synonymes coexistent : la nomenclature systématique s'efface souvent devant les noms d'usage, exemple : acide octadécanoïque = acide stéarique Nous présentons ci-après une liste des principaux acides gras des végétaux avec leur nom d'usage :

C6:0 : acide hexanoïque (acide caproïque)

C8:0 : acide octanoïque (acide caprylique)

C10:0 : acide décanoïque (acide caprique)

C12:0 : acide dodécanoïque (acide laurique)

C14:0 : acide tétradécanoïque (acide myristique)

C16:0 : acide hexadécanoïque (acide palmitique)

C18:0 : acide octadécanoïque (acide stéarique)

C20:0 : acide éicosanoïque (acide arachidique)

C22:0 : acide docosanoïque (acide béhénique)

C24:0 : acide tétracosanoïque (acide lignocérique)

C26:0 : acide hexacosanoïque (acide cérotique)

C28:0 : acide octacosanoïque (acide montanique)

C30:0 : acide triacontanoïque (acide mélissique)

#### 4- 4- 1- 2- Acides gras insaturés

Les acides gras insaturés en C18 sont les plus abondants dans le règne végétal. La configuration de la (ou des) insaturation(s) est en règle générale dans une configuration Z, et pour les molécules polyinsaturées, les doubles liaisons se succèdent habituellement selon un motif 1,4-diènique. Les acides gras insaturés les plus fréquemment rencontrés dans le règne végétal sont :

C 18:1 : acide (Z)-octadécénoïque = acide oléique

C 18:2 : acide octadécadiénoïque = acide linoléique

C 18:3 : acide 9,12,15-octadécatriénoïque = acide  $\alpha$ -linoléique

C 18:3 : acide 6,9,12-octadécatriénoïque = acide  $\alpha$ -linoléique

#### 4- 5- Les glycérides

##### 4- 5- 1- Localisation

Les acides gras jouent un rôle important dans la formation des glycérides dans les plantes. Cependant, il est utile de préciser que les teneurs en lipides sont très variables d'un organe végétatif à l'autre. En effet, les glycérides sont en faible quantité dans les organes aériens comme les feuilles et généralement en quantité encore plus faible dans les organes souterrains. Ils peuvent être extraits, par contre, en quantité plus importante à partir des graines, où ils se trouvent sous forme d'inclusions huileuses pouvant représenter plus de 50 % de la masse sèche, et ils constituent une réserve énergétique élevée pour le végétal.

##### 4- 5- 2- Structures

Les glycérides (acylglycérols) sont des esters d'acides gras et de glycérol. Le glycérol est un triol, il pourra donc par estérification avec des acides gras donner des monoesters (monoacylglycérols ou monoglycérides), des diesters (diacylglycérols ou diglycérides), et des triesters (triacylglycérols ou triglycérides). Un triacylglycérol peut être homogène ou hétérogène selon que les molécules d'acides gras qui estérifient les trois fonctions alcool du glycérol sont identiques ou différentes. Les acides gras saturés estérifient préférentiellement les fonctions alcool primaire du glycérol et les

acides gras insaturés estérifient principalement la fonction alcool secondaire (Ohlrogge et Jaworski, 1997).

#### 4- 6- Biochimie du genre *Genista* L.

Les végétaux sont de véritables usines chimiques, ils ont la particularité fondamentale de synthétiser les constituants complexes des tissus vivants. Certaines plantes présentent des substances particulières telles que les terpènes, les flavonoïdes, les hétérosides et les alcaloïdes des acides gras dont le rôle était mal connu. Du fait que ces composés ne se rencontrent pas chez toutes les espèces, ils sont considérés comme des métabolites secondaires (Normant et Normant, 1968 et Roberts et Marjorie, 1977).

Les travaux effectués sur le genre *Genista* L. sont axées surtout sur les alcaloïdes, les phénols et les flavonoïdes, isoflavones (Manuta et Picci, 1977; Greinwald et *al.*, (1992, 1995), Resen et *al.*, (1993, 1994), Resen et Veit, (1995), Kirck et *al.*, 1993; Fiedler et *al.*, 1993, Wink et Witte, 1993, Tosun et *al.*, 1994, Pistelli et *al.*, 2001; Giachi et *al.*, 2002 et Martins et *al.*, 2005).

Christov et *al.*, (1991) ont isolés douze alcaloïdes quinolizidiniques de quelques espèces de la tribu des *Genisteeae*. Ils ont montré qu'il existe une corrélation entre la morphologie de certaines espèces et leurs contenus alcaloïdique. Dans la tribu *Genisteeae* les genres *Lupinus*, *Chamaecytisus*, *Coroethamnus*, *Genista* et *Chamaespartium* sont les plus riches en alcaloïdes.

Resen et *al.*, (1994) constatent que la distribution des alcaloïdes tel que la cineverine, la cineroctine et le 13-a-hydroxylupanine n'est pas uniforme dans les différentes espèces de la section *Spartioïdes*. Greinwald et *al.*, (1992) montrent que la distribution des alcaloïdes diffère d'un organe à l'autre chez *Genista cinerea*.

L'investigation sur *Genista saharae* poussant en Libye ont permis la description de deux isoflavones : la 4'-O-methyl-8-C- $\beta$ -D-glucopyranosylgénistéine et la 8-C- $\beta$ -D-glucopyranosylgénistéine, ainsi que deux alcaloïdes (Osama et *al.*, 2000) et un nouveau isoflavone identifié sur les individus poussant en Algérie (Mekkiou et *al.*, 2005). Des recherches sur flavonoïdes et les isoflavones sur *Genista tricuspidata* ont été effectués par Boumaza et *al.*, (2006)

Pour que les résultats aient une valeur taxonomique Erdtman, in Misset (1975) suggère l'emploi des composés qui ne participent pas aux processus principaux du métabolisme et qui ne soient pas sensibles aux facteurs externes, les terpènes et les alcaloïdes peuvent être considérés comme des produits finaux du métabolisme, donc utilisables à des fins taxonomiques.

## 5- Utilisation des huiles essentielles en aromathérapie

Il y a 40 000 ans, les aborigènes d'Australie utilisaient déjà les feuilles de *Melaleuca alternifolia* (Franchomme et al, 1990). C'est vers le XII<sup>ème</sup> siècle que le concept de l'aromathérapie s'est enraciné en Europe. Pendant les Croisades, les barbiers-chirurgiens découvrirent l'importance de l'hygiène et l'utilisation des huiles chez les Arabes. Les chevaliers ont donc rapporté des herbes et des huiles, ainsi que la technique de la distillation à la vapeur. En 1665, année de la grande peste à Londres, on brûlait la lavande, le cèdre et le cyprès dans les rues.

Ces pratiques ont été souvent qualifiées de superstition par les historiens, mais les produits utilisés n'en possédaient pas moins des propriétés désinfectantes, bactéricides et antivirales (Walters, 1999). C'est ainsi qu'à la fin du XVI<sup>ème</sup> siècle et vers le début du XVII<sup>ème</sup> siècle, plus de cent huiles essentielles étaient utilisées pour traiter diverses maladies. En fait, on peut résumer l'histoire de l'aromathérapie en 4 époques :

- la première au cours de laquelle les plantes étaient utilisées telles quelles ou sous forme d'infusion ou de décoction,
- la deuxième époque était celle où les plantes étaient brûlées ou mises à infuser ou à macérer dans une huile végétale,
- la troisième époque correspond à la recherche de l'extraction de cette substance odorante. C'est la naissance du concept d'huile essentielle, qui aboutit à la mise au point des techniques de distillation,
- la quatrième époque est la période moderne où la connaissance des composants des huiles essentielles intervient et essaie d'expliquer les actions physiques, chimiques, biochimiques et thérapeutiques des arômes végétaux.

On doit le nom d'aromathérapie à Gattefossé, parfumeur lyonnais qui s'est intéressé à l'aspect thérapeutique des huiles essentielles. On constate de nos jours une augmentation significative de l'utilisation des huiles essentielles dans le domaine de l'aromathérapie (Franchomme et al., 1990).

### 5- 1- Activité biologique

La recherche de molécules naturelles aux propriétés antimicrobiennes et antioxydantes est d'une grande importance aussi bien dans le domaine médicale que dans le domaine de l'industrie alimentaire. Dans ce contexte, les huiles essentielles constituent des sources potentielles pour ce type de molécules.

Les effets antimicrobiens des différentes espèces de plantes aromatiques et d'épices sont connus depuis longtemps et mis à profit de manière empirique pour l'assainissement de l'air (encensoir) ou pour augmenter la durée de vie des aliments (bouquet garni). Les propriétés antimicrobiennes sont essentiellement dues à la fraction d'huiles essentielles contenues dans ces plantes. Une huile essentielle est composée de plusieurs constituants aromatiques plus ou moins volatils qui appartiennent aux différentes classes de la chimie organique : hydrocarbures (composés terpéniques), alcools (ex: géraniol), aldéhydes...

En phytothérapie, les huiles essentielles sont utilisées pour leurs propriétés antiseptiques contre les maladies infectieuses d'origine bactérienne, par exemple contre les bactéries endocanaliaires (Pellecuer *et al.*, 1980) ou au niveau de la microflore vaginale (Viollon *et al.*, 1993), et d'origine fongique, contre les dermatophytes (Chaumont et Leger, 1989, Kishore *et al.*, 1993 et Lima *et al.*, 1993), les moisissures allergisantes (Chaumont et Leger, 1992) ou les champignons opportunistes (Viollon et Chaumont, 1994). Elles présentent également des propriétés cytotoxiques (Sivropoulou *et al.*, 1996) qui les rapprochent donc des antiseptiques et désinfectants en tant qu'agents antimicrobiens à large spectre.

Les huiles essentielles les plus étudiées pour leurs propriétés antibactériennes et antifongiques appartiennent aux *Lamiaceae*: Thym, Origan, Sarriette, Lavande, Menthe, Romarin, Sauge, Hysope. L'essence de Thym est souvent rapportée comme étant parmi les huiles essentielles les plus actives (Pellecuer *et al.*, 1980, Benjilali *et al.*, 1986, Agnihotri et Vaidya, 1996). Son composé majoritaire, le carvacrol, possède également une forte activité antimicrobienne (Pauli and Knobloch, 1987).

Les huiles essentielles du genre *Eucalyptus* sp, sont particulièrement indiquées contre les maladies respiratoires. Parmi 21 espèces *d'Eucalyptus* étudiées, les

composés volatils d'*Eucalyptus citriodora* se sont révélés les plus efficaces, aussi bien vis-à-vis des bactéries que des levures et des champignons (Hajji et al., 1993).

Les huiles essentielles sont volatiles, cette caractéristique permet donc d'envisager leur utilisation en tant qu'agents de préservation pour le contrôle de l'hygiène de l'air des systèmes de climatisation, notamment en milieu hospitalier, entraînant un effet bénéfique au niveau de la qualité de l'air des locaux. L'organisation mondiale de la santé (OMS) estime qu'environ 80% des habitants de la planète ont recours aux médecines traditionnelles à base de plantes (Assiniwi, 1988 et Beccera et al., 2002).

Les huiles essentielles des plantes aromatiques et l'acide oléique peuvent constituer une solution alternative valable aux agents antifongiques dans la lutte contre les dermatoses mycosiques (Ouraini et al., 2007).

Les huiles essentielles ont été utilisées aussi comme préservateur du bois d'œuvres. Le développement de nouveaux produits de protections du bois d'œuvres ayant pour principes actifs des biomolécules présentes dans les plantes aromatiques et médicinales peut s'inscrire comme une solution écologique à un coût moindre (Haluk et Roussel, 1998, 2000; El Ajjour et al., 2008).

Les résultats obtenus sur *Cinnamomum verum*, *Origanum compactum* et *Eugenia caryophyllus* ont montré que les huiles essentielles dont les composants majoritaires sont des phénols ou des aldéhydes expriment la plus grande activité antibactérienne (Bouhdid, 2009).

Les acides gras libres participent à la création d'un manteau acide connu pour ces propriétés antimicrobiennes défavorables à *Saphylococcus aureus* et aux *streptococcus* (Saurat et Thomas, 2009). Shimura et al., (1983) ont déterminé que parmi des substances antifongiques synthétisées par les feuilles d'*Oryza sativa* L. (*Poaceae*) se trouvaient l'acide  $\alpha$ -linoléique et l'acide 13(S)-hydroxy-octadéca-(9Z,11E,15Z)-triène-oïque. L'acide  $\alpha$ -linoléique et l'acide linoléique sont des inhibiteurs de la cyclooxygénase-2 (COX-2), qui est une enzyme essentielle pour la biosynthèse des prostaglandines lors des réactions d'inflammation (Ringbom et al., 2001),

Certaines espèces du genre *Genista* L. possèdent des vertus médicinales. Au Maroc dans la région de Tafilalet, *Genista saharae* est préconisé dans les désordres digestifs et *Genista microcephala* est utilisée pour les intoxications alimentaires et pour les infections microbiennes (El-Rhaffari et *al.*, 1999). Dans la région Pallars *Genista balansae* est utilisée comme antalgique et anti-inflammatoire (Agelet and Vallès, 2003). Dans l'île de Madère *Genista tenera* est utilisée en médecine populaire pour le contrôle du diabète (Rauter et *al.*, 2009). Ces auteurs ont évalués l'activité antidiabétique de son n-butanol. En outre, l'étude d'extrait de l'acétate d'éthyle et d'éther diéthylique pour évaluer les activités antioxydant, l'inhibition de l'acétylcholinestérase, ainsi que son cyto-et genotoxicité.

Les extraits flavonoïques de *Genista ephedroides*, testés contre l'antigénotoxicité des médicaments anticancéreux mutagènes, montrent une réduction de la génotoxicité (Scarpato et *al.*, 2008).

## Chapitre II : Matériel et Méthodes

### 1- Choix des stations et échantillonnages

Une récolte des espèces du genre *Genista* L. a été effectuée en vue de la détermination et l'identification des espèces endémiques de l'Est algérien (Figure 15).

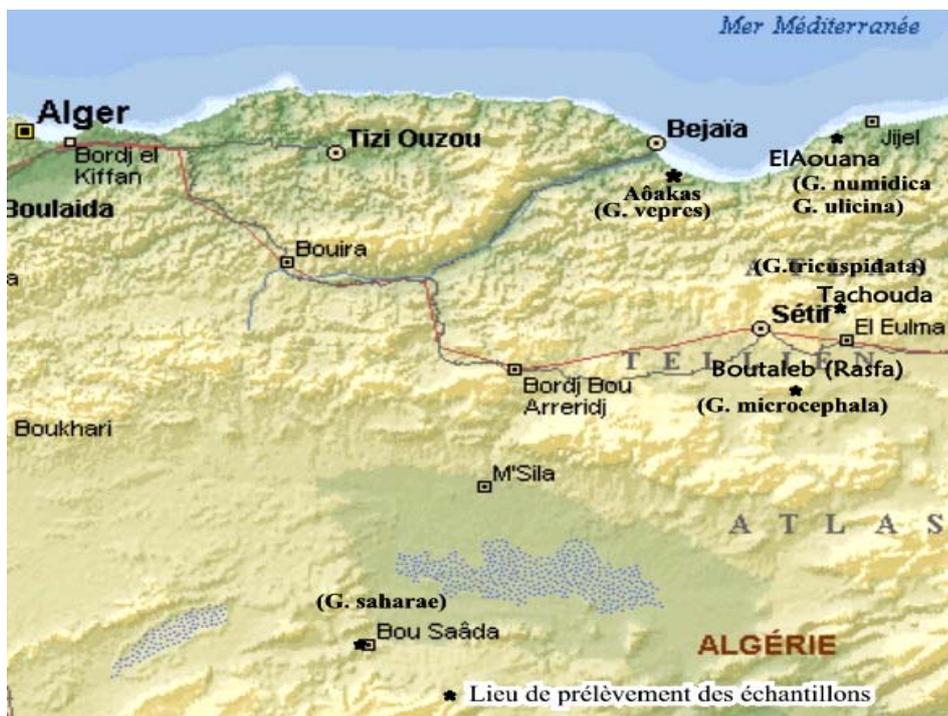


Figure 15 : Lieu de récolte des échantillons des espèces du genre *Genista* L.

La détermination des espèces a été réalisée sur des échantillons possédant les parties aériennes végétatives (tiges et feuilles) et reproductives (fleurs, gousses et graines) qui constituent les éléments fondamentaux de leur classification. La détermination a été facilitée par l'utilisation de la flore de (Quézel et Santa, 1962-1963), (Maire, 1987) et (Gibbs, 1966). Les échantillons témoins, sont conservés au laboratoire de valorisation biologique des ressources végétales.

Après la localisation des espèces endémiques du genre *Genista* L., le choix des stations, lieu de prélèvement des espèces étudiées, est fait selon la présence et l'accessibilité à ces endémiques et selon les moyens mis à notre disposition. Les caractéristiques de nos stations, (Tachouda, Aôakas, Elaouana, Bou-Taleb et Bou-saâda), sont regroupées dans le tableau 10.

Tableau 10: Caractéristiques des stations échantillonnées.

	<i>Genista</i>					
	<i>tricuspidata</i>	<i>vepres</i>	<i>numidica</i>	<i>ulicina</i>	<i>saharae</i>	<i>microcephala</i>
Localité	Sétif (Tachouda)	Aôakas (Tizi n'Berber)	ElAouana		Bousaâda	BouTaleb (Rasfa)
Altitude (m)	1000	1100	350		900	1000
Exposition	w	N	W		/	SW
Pente (%)	50	40	25		45	25
Précipitation mm/an	600	734	1000		250	250

De chaque espèce, nous avons prélevé des graines matures pour l'étude caryologique et des échantillons de plantes ont été prélevé en pleine période de floraisons pour l'hydrodistillation, afin d'avoir un rendement suffisant d'huile essentielle pour les analyses chimiques et pour les tests de l'activité antibactérienne.

## 2- Méthodes

### 2-1- Techniques caryologiques

L'étude caryologique est effectuée sur les méristèmes racinaires des graines germées, dont l'analyse cellulaire révélerait le plus grand nombre de mitoses possibles.

#### 2.- 1- 1- Germination

La difficulté de germination de certaines graines, appartenant à la famille des Légumineuses, est due à la présence de tégument (Mazliak, 1984). Pour résoudre ce problème, nous avons scarifié à l'aide d'une lame aiguisé les téguments des graines de sorte à avoir une entaille dans la partie opposée à la radicule

Les semences sont ensuite mises à germer sur du papier filtre saturé d'eau distillée, dans des boîtes de pétri, à des températures allant de 22°C à 27°C. Les résultats de germination, obtenus après scarification des téguments, étaient satisfaisants.

Nous avons remarqué que la totalité des germinations des graines de l'espèce *Genista saharae* et *G. microcephala*, se font au 5<sup>ème</sup> jour de la mise en germination.

La capacité germinative de ces espèces est de 80 à 100% à des températures variant de 22°C à 27°C, alors que le taux de germination est très faible et ne dépasse pas 10% à des températures inférieures à 22°C.

Les graines des espèces, *Genista ulicina*, *G. tricuspidata*, *G. numidica*, et *G. vepres*, germent difficilement à des températures de 22°C à 27°C, la première racine est observée après un mois de mise en germination. A des températures variant de 18°C à 20°C les premières racines sont observées dès le 5<sup>ème</sup> jour, la capacité germinative de 100% est atteinte plus lentement.

Les graines de toutes les espèces étudiées présentent un bon pourcentage de germination aussi bien à la lumière qu'à l'obscurité.

### 2- 1-2- Prétraitement

Nous avons recouru à une technique qui a pour effet de contracter les chromosomes ce qui facilitera leur individualisation (La Cour, 1935). Le prétraitement consiste à prélever des pointes de racines avec les zones méristématiques et à les mettre dans une solution antiméiotique saturée.

Nous avons utilisé la colchicine à une concentration de 0,05% qui inhibent la formation du fuseau achromatique et retardent la division du centromère, ce qui entraînera l'éparpillement des chromosomes dans la cellule. La colchicine est de loin la substance qui présente le moins de danger, parmi les substances antiméiotiques.

Les pointes de racines de 1cm sont immergées dans la colchicine à 0,05% pendant une heure à 1h 15mn, à température ambiante et à l'obscurité.

### 2- 1-3- Fixation

Nous avons utilisé le fixateur Ethanol-acide acétique glacial (3v : 1v), qui assure en même temps que la fixation un mordantage de la préparation. Ce fixateur peut être suivi d'une hydrolyse appropriée (Farmer et Moore, 1905). Les racines sont maintenues dans le fixateur au moins 24h à une température de -18°C (Gervais, 1979). Si les préparations ne sont pas utilisées au bout de 48h, elles doivent être conservées en augmentant le volume d'alcool (9 : 1).

#### 2- 1-4- Maturation

La maturation a pour effet de faciliter la pénétration du colorant et l'écrasement des racines (Squash). Pour les racines destinées à être colorées par le Carmin acétique ou par l'orcéine acétique, la maturation se fait dans l'acide acétique à 45% pendant 10 à 15 minutes et à température ambiante.

#### 2- 1- 5- Coloration et écrasement

Nous avons coloré à l'orcéine, car elle présente plusieurs avantages.

Les avantages et particularités de l'orcéine sont discutés par de nombreux auteurs (Johansen, 1940; Gray, 1954 et Gurr, 1955). L'orcéine a l'avantage de ne pas colorer les nucléoles, ni les membranes nucléaires, ni le cytoplasme; seuls les chromosomes en mitose prennent la coloration et ils n'ont pas tendance à se "sur-colorer".

##### \*- Préparation de l'orcéine acétique (Jahier et *al.*, 1992)

- Dissoudre 2,2g d'orcéine dans 100 ml d'acide acétique pur cristallisable à chaud; faire bouillir doucement pendant 5 minutes.
- Laisser refroidir et filtrer (Solution I), conserver à l'abri de la lumière.
- Au moment de l'emploi, prendre 4,5 ml de la Solution I, y ajouter 5,5 ml d'eau distillée (Solution II).
- Pour la coloration, prendre 9 ml de la solution II et y ajouter 1 ml d'HCl normal.

##### \*- Technique d'écrasement (Squash)

La technique d'écrasement passe par les étapes suivantes :

- Placer les pointes des racines dans un verre de montre en pyrex contenant de l'orcéine acétique (solution II) préparée au moment de l'emploi.
- Chauffer au bec Bunsen jusqu'à émission de vapeurs blanches, puis prolonger le chauffage pendant 1 minute en faisant des va et vient pour ne pas bouillir la solution.
- Laisser refroidir, en plaçant sur la pailleuse et en couvrant avec un verre de montre.
  - Placer le méristème radiculaire dans une goutte d'orcéine solution I sur une lame et on couvre d'une lamelle.
  - Ecraser fortement avec le pouce (Squash) perpendiculairement à la lamelle en

faisant attention de ne pas la déplacer latéralement.

- Essorer l'excès du colorant avec un papier filtre et luter la préparation avec la dissolution pour vélo.

#### 2- 1- 6- Observation et photographie

Nos observations sont réalisées au microscope de recherche Zeiss; objectifs 10X, 40X et HI 100X et oculaire 10X.

Des plaques métaphasiques sont sélectionnées et dessinées à la chambre claire à oculaire 15X.

La morphologie chromosomique de *Genista saharae* et *G. ulicina* permet une étude plus détaillée du caryotype, les métaphases les mieux étalées sont photographiées au photo microscope Zeiss. Sur ces photographies nous mesurons les longueurs brachiales des chromosomes.

#### 2- 1- 7- Montage et conservation des préparations

Monter un objet en préparation microscopique, consiste à enfermer cet objet, entre lame et lamelle, dans un liquide réfringent qui sert à la fois de milieu d'observation et de conservation. Ce milieu doit posséder des qualités optiques et chimiques qui assurent à la fois la visibilité parfaite de tous les détails et la conservation indéfinie de l'objet (Conger et Fairchild, 1953).

Pour éliminer l'eau et l'acide acétique qui se trouvent dans la préparation, nous enlevons la dissolution pour vélo du pourtour de la lamelle.

La préparation est placée en position horizontale, la lamelle vers le bas, dans une toupine dont l'atmosphère est saturée d'acide acétique à 45% et on attend le décollement de la lamelle.

Après le décollement de la lamelle, les deux faces de la lame sont déshydratées à l'alcool 80° puis à l'alcool 100° et enfin à l'alcool butylique.

Entre chaque opération on égoutte bien sur du papier filtre et on met une goutte d'Euparal sur la lame. La lamelle est déshydratée de la même façon, puis placée sur la lame. La préparation est essorée doucement entre deux feuilles de papier Joseph. La coloration demeure vive et le milieu reste limpide dans la mesure où l'acide et l'eau sont complètement éliminés.

### 2- 1- 8- Réalisation des caryogrammes

Dans une cellule, les chromosomes ne sont pas tous semblables, mais dans certains cas la différence est si infime que l'on n'arrive pas à faire la distinction entre deux chromosomes.

Mais avec plusieurs critères de classification d'ordre morphologique, on peut mettre en évidence les différences et les ressemblances des chromosomes.

Les critères utilisés pour regrouper les chromosomes deux à deux sont :

- La longueur du bras long de chaque chromosome (BL).
- La longueur du bras court de chaque chromosome (BC).
- La longueur totale de chaque chromosome ( $LT = (BL + BC)$ ).
- La longueur relative des chromosomes  $LR = \frac{LT}{\sum LT} \times 100$
- L'indice centromérique des chromosomes  $IC = \frac{BC}{LT} \times 100$

Le rapport du bras long au bras court ( $R = \frac{BL}{BC}$ ) qui aide à déterminer la position du centromère et les types chromosomiques selon l'échelle de Levan et *al.* (1964) (tableau 11).

Tableau 11: Les types chromosomiques d'après Levan et *al.*, (1964).

$(R = \frac{BL}{BC})$	Type chromosomique	Abréviation
$R=1$ .	métacentrique stricto sensu	M
$1 < R \leq 1,7$	métacentrique	m
$1,7 \leq R < 3$	submétacentrique	<b>Sm</b>
$3 < R \leq 7$	subtélocentrique	<b>St</b>
$7 < R < \infty$	télocentrique	T
$R = \infty$	acrocentrique	<b>t</b>

### 2- 2- Analyse phytochimique

Les méthodes chromatographiques et spectroscopiques permettent l'analyse qualitative et quantitative d'un ou plusieurs métabolites ou composés de la membrane cellulaire. On étudie principalement les polysaccharides, les lipides insaponifiables, les acides gras, les métabolites secondaires volatils et non volatils.

### 2- 2- 1- Matériel végétal

Pour chaque espèces nous avons prélevé 1kg de la partie aériennes (tige, feuille et fleur) afin d'effectuer les analyses des huiles essentielles.

La récolte des différentes parties de *G. saharæ*, *G. microcephala*, *G. tricuspidata*, *G. vepres*, *G. ulicina* et *G. numidica* ont été effectuées dans les régions, de Bou-saâda, djebel Bou-taleb, Tachouda (Sétif), Tizi n'berber (Aokas) et Elaouana (Jijel) (tableau 12). Suivant la période de floraison de chaque espèce. Les échantillons sont séchés à l'abri de l'air et de la lumière puis broyer grossièrement.

Tableau 12: Conditions opératoires d'hydrodistillation des espèces

	<i>Genista</i>					
	<i>numidica</i>	<i>ulicina</i>	<i>vepres</i>	<i>tricuspidata</i>	<i>microcephala</i>	<i>saharæ</i>
Date de récolte	05/06/08	15/05/08	20/4/08	20/06/08	10/06/08	10/4/08
Quantité de matière végétale	200 g					
Quantité d'eau	3 l					
Température	100°C					
Temps d'hydrodistillation	3 h					

### 2- 2- 1- Extraction par hydrodistillation.

L'hydrodistillation consiste à immerger la matière première dans un bain d'eau. L'ensemble est porté à ébullition et l'opération est généralement conduite à pression atmosphérique. La distillation peut s'effectuer avec ou sans recyclage communément appelé cohobage (Figure 16).

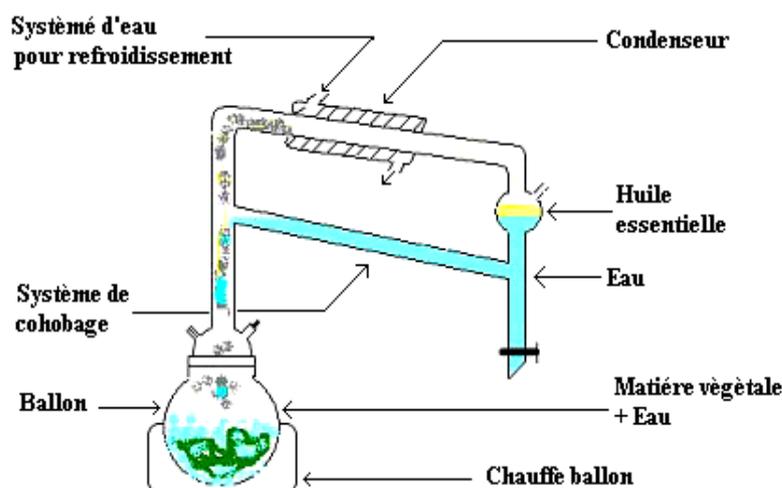


Figure 16 : Montage de SCHILCHER pour l'hydrodistillation

Le montage de type SCHILCHER (Bourrel, 1993) est composé de quatre parties:

1. le réacteur, un ballon dans lequel on introduit la matière végétale et l'eau ;

2. la colonne, un cylindre en verre placé au-dessus du réacteur qui recueille la phase vapeur ;
3. le réfrigérant dans lequel se re-condensent les vapeurs ;
4. le vase florentin où vont se séparer la phase organique (huile essentielle) et la phase aqueuse (eau florale).

Ce système peut être équipé d'un recyclage ou cohobage, un principe de siphon renvoie l'eau florale du vase florentin vers le réacteur. Un simple robinet au bas du vase permet de recueillir l'huile essentielle à la fin de la réaction.

Le milieu réactionnel constitué par la matière végétale et l'eau est porté à ébullition grâce à un chauffe-ballon. La température est limitée par la température d'ébullition de l'eau 100°C. La composition chimique des huiles essentielles dépend largement de l'influence des conditions d'hydrodistillation sur l'essence contenue dans la plante.

L'huile essentielle pure est pesée, afin de permettre le calcul du rendement et de la quantité d'huile. Enfin une faible quantité, 40 $\mu$  tirée de l'échantillon final diluer avec pentane est injectée au CPG et ensuite au CPG/MS.

#### 2- 2- 2- Analyse semi-quantitative.

Actuellement, la méthode de dosage et d'identification, la plus couramment employée dans l'étude des huiles essentielles, fait appel à la chromatographie en phase gazeuse. Elle permet l'identification (au moins en principe) des constituants et d'obtenir une valeur approximative des concentrations respectives. Cette méthode permet également de séparer de faibles quantités des différents composants de l'huile essentielle (Lucaccioni *et al.*, 1993).

Tous les échantillons ont été analysés sur deux colonnes capillaires de polarité différente, afin d'avoir une meilleure précision possible dans l'identification des constituants (Sandra et Bichi, 1987). L'identification des constituants volatiles des huiles essentielles (HE) a été réalisée au moyen de la CPG couplée à la spectrométrie de masse (CPG/SM) et la détermination quantitative a été faite sur un appareil équipé d'un détecteur à ionisation de flamme (CPG/FID). La quantification des constituants des huiles essentielles est déterminée par la méthode universelle de normalisation interne sans coefficient de réponse, compte tenu que tous les produits présents ne sont pas isolés, connus et clarifiés.

Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse

CPG/MS. Chromatographe Hewlett-Packard HP 7890 couplé à un spectromètre de masse HP 5975.

#### Conditions opératoires

Colonne : DB5 : 30m x 0,25mm, épaisseur de film : 0,25  $\mu$ m

Gaz vecteur : Hélium : 1mL/min

Energie d'ionisation : 70eV

Température de l'injecteur : 250°C

Température du détecteur : 280°C

Programmation du four : 50°C pendant 5min, 5°C/min de 50° à 300°C ,  
5min à 300°C

Injecteur mode split 1 : 100

Chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à ionisation de flamme CPG/FID. Chromatographe Hewlett-Packard HP 6890 équipé d'un détecteur à ionisation de flamme.

#### Conditions opératoires

Colonne : DB5 : 30m x 0,25mm, épaisseur de film 0,25  $\mu$ m

Gaz vecteur : Hydrogène : 1mL/min

Température de l'injecteur : 280°C

Température du détecteur : 300°C

Programmation du four : 50°C pendant 5min, 5°C/min de 50° à 300°C ,  
5min à 300°C

Injecteur mode split 1 : 60

En effet, dans les conditions de programmation de température constantes au CPG, le temps de rétention d'un composé reste également constant. Mais, en pratique, les conditions d'analyse varient beaucoup et, pour cette raison, le temps de rétention seul ne serait fiable. Avec l'introduction du système des indices de Kovats, l'identification des différents composés des huiles essentielles est devenue plus pratique. Le calcul des indices de Kovats se fait en utilisant les temps de rétention corrigés des deux alcanes qui encadrent le composé inconnu (Maarse et Belz, 1981). Ces indices expriment la rétention d'un produit comparé à son homologue hydrocarbure linéaire, examiné dans les mêmes conditions de température.

L'identification des composés a été réalisée par comparaison de leurs spectres de masse et de leurs KI (Indice de Kovats) avec ceux des bases de données Adams et celle établie par le laboratoire d'accueil.

Pour que l'identification soit convenable, les principes suivants qui découlent des propriétés des colonnes (Evans et Haken, 1989):

- Dans une série homologue des indices, l'introduction d'une unité méthylène (-CH<sub>2</sub>) supplémentaire augmente de 100 unités sur l'échelle des indices sur une même colonne avec une marge d'erreur de 10 à 15%.

- Il existe une étroite relation entre les indices des isomères et leur point d'ébullition.

- L'indice de rétention des produits substitués asymétriquement peut être calculé à partir de leur origine symétrique.

- Une substitution similaire des produits de structure similaire en résulte une même augmentation de leur indice de rétention.

- L'indice de Kovats des produits non polaires (hydrocarbures linéaires) reste constant pour n'importe quel type de colonne.

- L'indice de n'importe quel produit déterminé sur plusieurs colonnes apolaires est identique ou proche.

- La différence entre l'indice d'un produit mesuré sur deux colonnes, polaire et apolaire, est caractéristique de sa structure. La fiabilité dans la détermination des indices de Kovats est rendue efficace grâce à la performance des colonnes et de l'évolution électronique dans la chromatographie. Néanmoins, leur précision dépend directement de la nature des substances analysées, de la nature de la phase stationnaire et de la température de la colonne (Tarjan *et al.*, 1989). L'ajout d'un standard interne n'interférant aucunement avec l'huile essentielle permet de calculer le rendement et la quantité d'huile essentielle. Par comparaison des pourcentages et surfaces des pics sur le chromatogramme, le facteur standard/huile essentielle est déterminé en mesurant les quantités du standard et de l'huile. La correspondance des pourcentages des pics est approximativement équivalente à la quantité et le rendement en huile essentielle. Aucune autre correction (par exemple relative à la sensibilité du détecteur) n'est tenue en compte. La relation suivante est utilisée pour déterminer la quantité d'huile

essentielle et le rendement en huile essentielle (Sandra et Bichi, 1987):

### 2- 2- 3- Analyse par spectrométrie de masse.

La chromatographie en phase gazeuse autorise le couplage de toute une série de détecteurs différents qui permettent d'avoir une vision multiple d'un seul produit (Lucaccioni et *al.*, 1993). Le développement important de la spectrométrie de masse (SM) dans l'identification des constituants des huiles essentielles est rendu possible grâce au couplage du CPG directement à la spectrométrie de masse (Garnero, 1978). Lors du couplage, la chromatographie (CPG) permet dans un premier niveau de séparer et d'isoler chacun des constituants du mélange qui est injecté séparément dans la chambre d'ionisation de la spectrométrie de masse (deuxième niveau). Grâce à cette innovation importante, la spectroscopie de masse est devenue la technique la plus sensible pour obtenir des données importantes sur la structure de composés organiques inconnus (Richard et Multon, 1992).

Lors de ce travail, la CPG Hewlett-Packard HP 7890 est connectée au MS HP-5975 à une chambre d'ionisation fonctionnant à 70 eV. Une banque de spectre de masse informatisée est couplée à ce système pour une caractérisation préliminaire.

### 2- 3- Test de l'activité antimicrobienne

L'étude de l'aromatogramme à été réalisée sur trois souches bactérienne, *Escherechia coli* (ATCC 25923), *Pseudomonas aeruginosas* (ATCC 27853) et *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) Les tests bactériologiques ont été effectués au niveau du laboratoire d'environnement bactériologique université Ferhat Abbas.

Les tests sont effectués par la méthode vincent (aromatogramme). Les disques de papier filtre imprégnés de l'huile essentielle à la surface du milieu gélosé Mueller-Hinton dans des boîte de pétri préalablementensemencées par inondation de  $10^6$  unité formant colonie (UFC)/ml. Les mesures sont exprimées par mesure du diamètre des halos d'inhibition, en mm et qui nous renseignent sur l'activité antibactérienne des huiles (De Billerbeck et *al.*, 2002).

Dans notre expérimentation, nous avons utilisé des disques de papier (CCM) de 6mm de diamètre. Les disques ont été préalablement stérilisés et imprégné de 20 $\mu$ l d'huile essentielle de chaque espèce. Des dilutions à l'éthanol absolu de 1/2, 1/4 et 1/8

(v/v) ont été faites. Des disques témoins ont été imprégnés de 20 $\mu$ l d'éthanol.

Chaque disque est déposé à la surface des géloses ensemencées et incubé à 37°C pendant 18 heures. Après lecture des boîtes de pétri des mesures des zones d'inhibition sont mesurées si elles sont présentes. Pour la fiabilité des résultats, les tests ont été répétés trois fois pour chaque souche bactérienne.

#### 2- 4- Techniques numériques d'analyse des données

##### 2- 4- 1- Analyse en Composantes Principales (A.C.P.)

L'analyse en composantes principales (ACP) est une méthode statistique d'analyse des données (initialement de statistique descriptive) qui consiste à rechercher les directions de l'espace qui représentent le mieux les corrélations entre les variables aléatoires. Donc le but est de comprendre et de visualiser comment les effets de phénomènes a priori isolés se combinent. Lorsqu'on veut compresser un ensemble de N variables aléatoires, les n premiers axes de l'ACP est un meilleur choix, du point de vue de l'inertie expliquée. Si on décide de ne retenir que les deux premiers axes de l'ACP, on pourra alors projeter notre nuage sur un plan, et le visualiser. Même si l'ACP est majoritairement utilisée pour visualiser des données, il ne faut pas oublier que c'est aussi un moyen de décorrélérer les données, les axes qui ne sont utilisés c'est de l'information perdues c'est une classification des données en amas (clusters) corrélés.

##### 2- 4- 2- Unweighted Pair Group Method with Arithmetic mean (UPGMA)

L'UPGMA est le nom d'un algorithme destiné à la construction d'un arbre phylogénétique. Cette méthode permet la transformation d'une matrice de distances (entre différents organismes, populations, ou séquences de nucléotides) en un arbre enraciné. C'est la méthode la plus simple de construction d'arbre. A l'origine elle a été développée pour construire les phénogrammes taxonomiques (arbres qui reflètent les similitudes phénotypiques entre unités taxonomiques), mais elle est employée aussi pour construire les arbres phylogénétiques si les taux d'évolution sont approximativement constants parmi les différentes lignées.

## Chapitre III : Résultats et Discussion

### 1- Résultats caryologiques

Les dénombrements chromosomiques ont porté sur six espèces endémiques du genre *Genista* L., trois espèces appartenant à la section *Voglera*, *Genista tricuspidata* Desf., *Genista ulicina* Spach et *Genista vepres* Pomel, *Genista microcephala* Coss. & Dur. appartient à la section *Cephalospartum*, *Genista saharae* Coss. & Dur à la section *Spartidium*, alors que *Genista numidica* Spach appartient à la section *Drymospartum*.

#### 1- 1- *Genista tricuspidata* Desf.

Espèce, endémique d'Afrique du Nord, poussant dans les forêts, les broussailles des plaines des basses montagnes, des régions bien arrosées et semi-arides. Elle est assez commune dans le tell constantinois. Le dénombrement chromosomique, réalisé sur la population de Tachouda, montre l'existence d'un polyploïde à nombre chromosomique  $2n = (48+2B)$  avec un nombre de base  $x = 12$  (figure 17a).

#### 1- 2- *Genista vepres* Pomel

C'est une endémique algérienne, des forêts et rochers des collines. Elle a une aire de répartition très limitée et une présence rare dans l'Est algérien. L'observation microscopique des cellules du méristème racinaire de cette espèce fait apparaître un tétraploïde à  $2n = 4x = 52$  dont le nombre chromosomique de base est de  $x = 13$  (figure 17b).

#### 1- 3- *Genista numidica* Spach

Cette endémique algérienne, est commune sur les collines du littoral de Cap Aokas Jusqu'à Annaba, colonise les sols dégradés des forêts de Chêne liège et préférant une exposition Nord sur les côtes littorales en bénéficiant d'un taux élevé d'humidité. Le dénombrement chromosomique a montré un nombre chromosomique tétraploïde à  $2n = 4x = 36$  dont le nombre de base est  $x = 9$  (figure 17c).

#### 1- 4- *Genista microcephala* Coss. & Dur.

Cette espèce, endémique de l'Afrique du Nord, colonise les forêts claires de Pin d'Alep, les broussailles, pâturage rocheux des collines et des basses montagnes dans les régions semi-arides et arides. L'étude des plaques métaphasiques de cette espèce révèle un nombre chromosomique tétraploïde à  $2n = 4x = (48 + 2B)$ , avec la présence de deux chromosomes surnuméraires (figure 17d).

#### 1- 5- *Genista ulicina* Spach

Endémique de l'Est de l'Afrique du Nord, rare dans la Numidie, elle pousse dans les forêts et les rochers des collines et les basses montagnes bien arrosées. Le dénombrement chromosomique révèle un diploïde à  $2n = 2x = 18$  pour les populations d'El-Aouana (figure 18a)

#### 1- 6- *Genista saharae* Coss. & Dur.

Une endémique saharienne, pousse dans les rocailles sablonneux, cette espèce joue un rôle écologique important dans la fixation et la fertilisation des sols pauvres et érodés (cordon dunaire). L'examen des plaques métaphasiques de cette espèce nous révèle la présence d'un diploïde à  $2n = 2x = 18$  dont le nombre de base est  $x = 9$  (figure 19a).

#### 1- 7- Analyse du caryotype

Les analyses des caryotypes sont plus difficiles quant il s'agit d'un nombre polyploïde. Le nombre chromosomique élevé, la similarité dans la taille et la morphologie rendent impossible la distinction entre les différents chromosomes à l'observation microscopique. Ainsi l'identification et les mesures des chromosomes ne sont pas possibles, ajoutées à cela la difficulté d'obtenir des préparations de qualité acceptables pour lesquelles la lecture soit précise.

Pour réaliser l'analyse du caryotype de nos espèces à faible nombre chromosomique, nous avons mesuré 7 plaques métaphasiques de mitose somatique de deux espèces diploïdes, *Genista saharae* et *Genista ulicina* ( $2n = 2x = 18$ ), chacune provenant d'un individu différent.

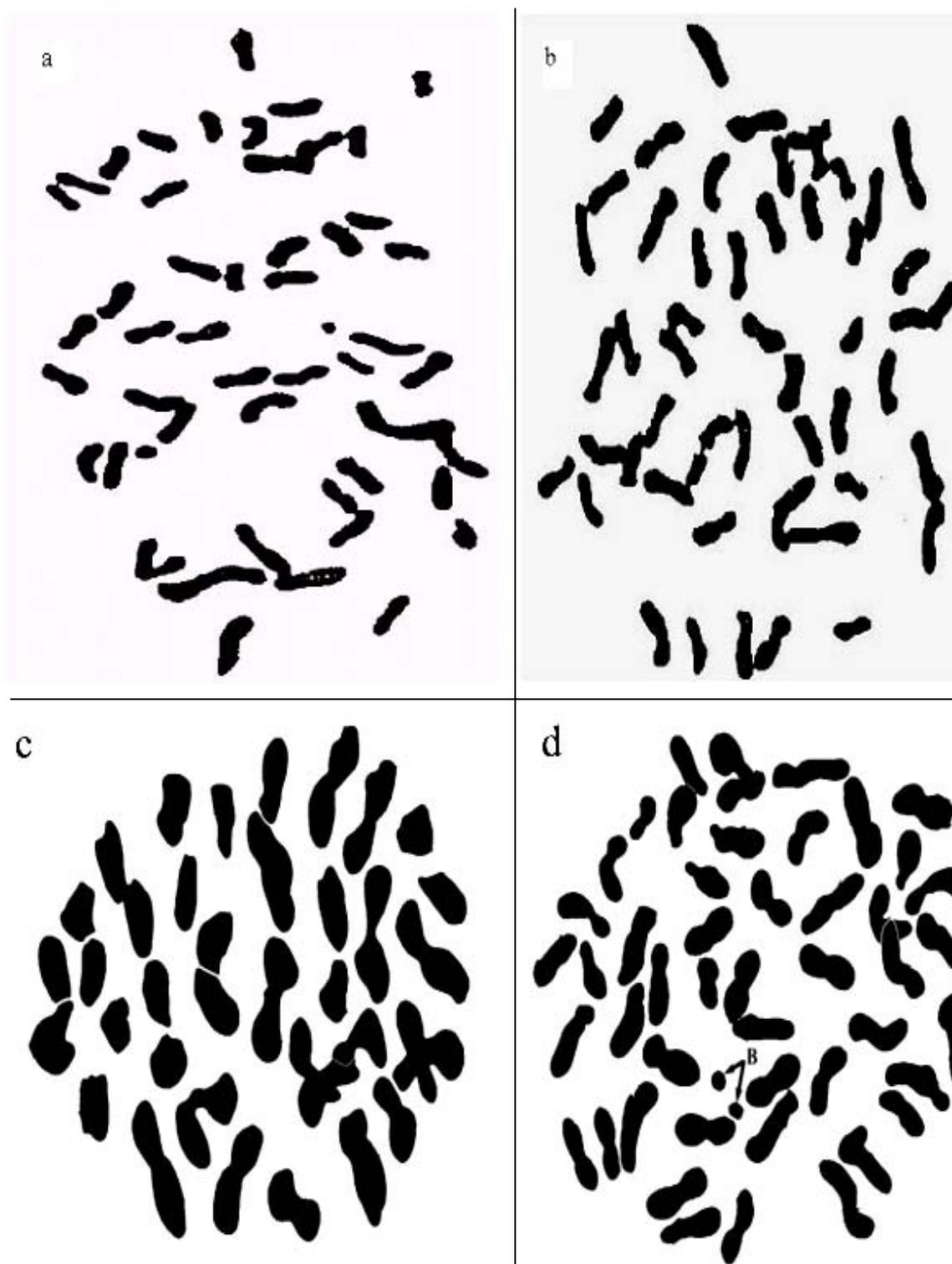


Figure 17 : Plaques métaphasiques des cellules méristimatiques racinaires

a- *Genista tricuspidata*,  $2n = 48 + 2B$ , (Tachouda)

b- *Genista vepres*,  $2n = 52$ , (Aouakas)

c- *Genista numidica*,  $2n = 36$ , El-Aouana)

d- *Genista microcephala*,  $2n = 48 + 2B$ , (Boutaleb)

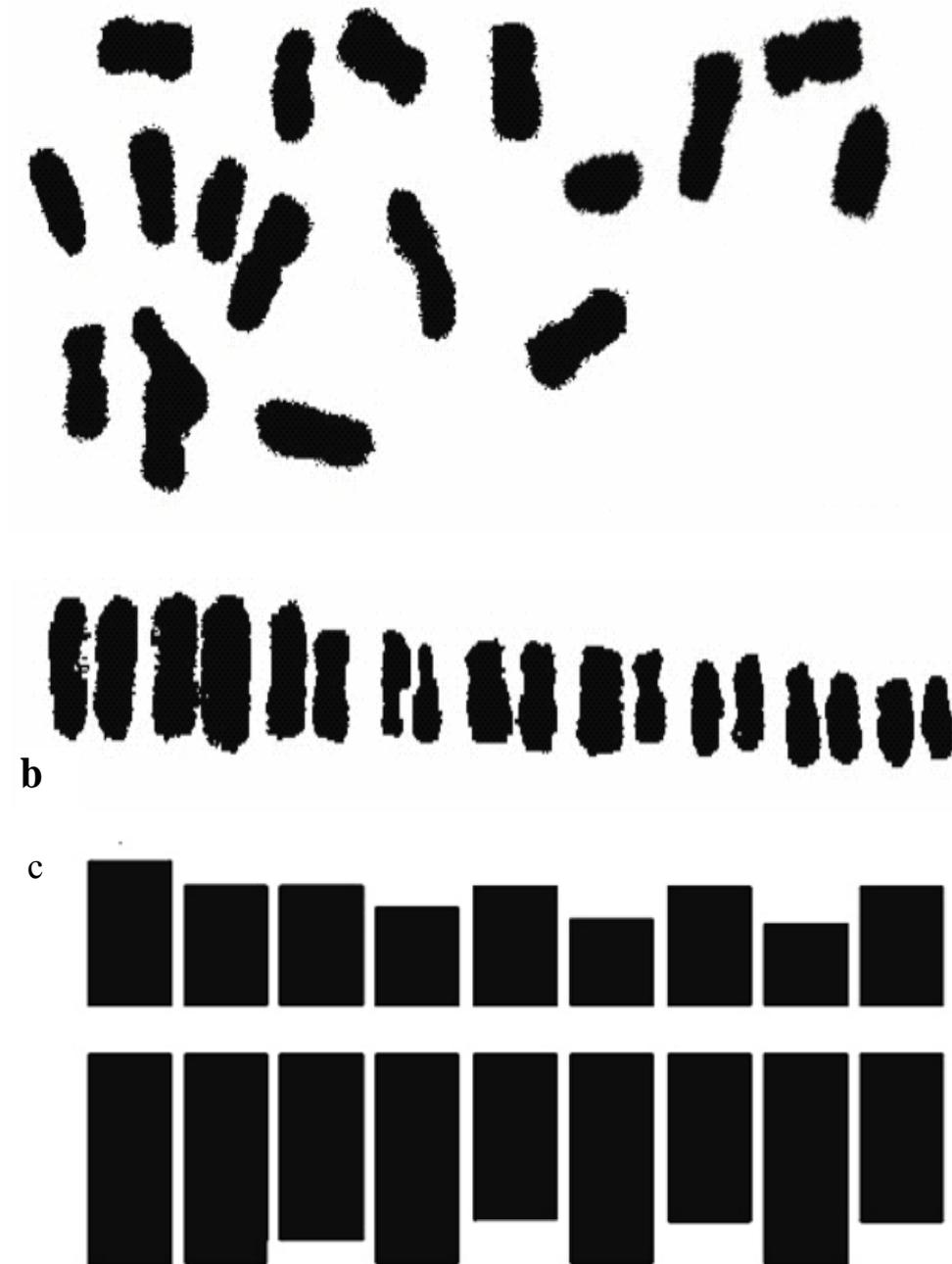


Figure 17 : Cytotype de *Genista ulicina* Spach,  $2n = 18$ , (El-Aouana)  
a- Plaque métaphasique  
b- Caryogramme  
c- idiogramme

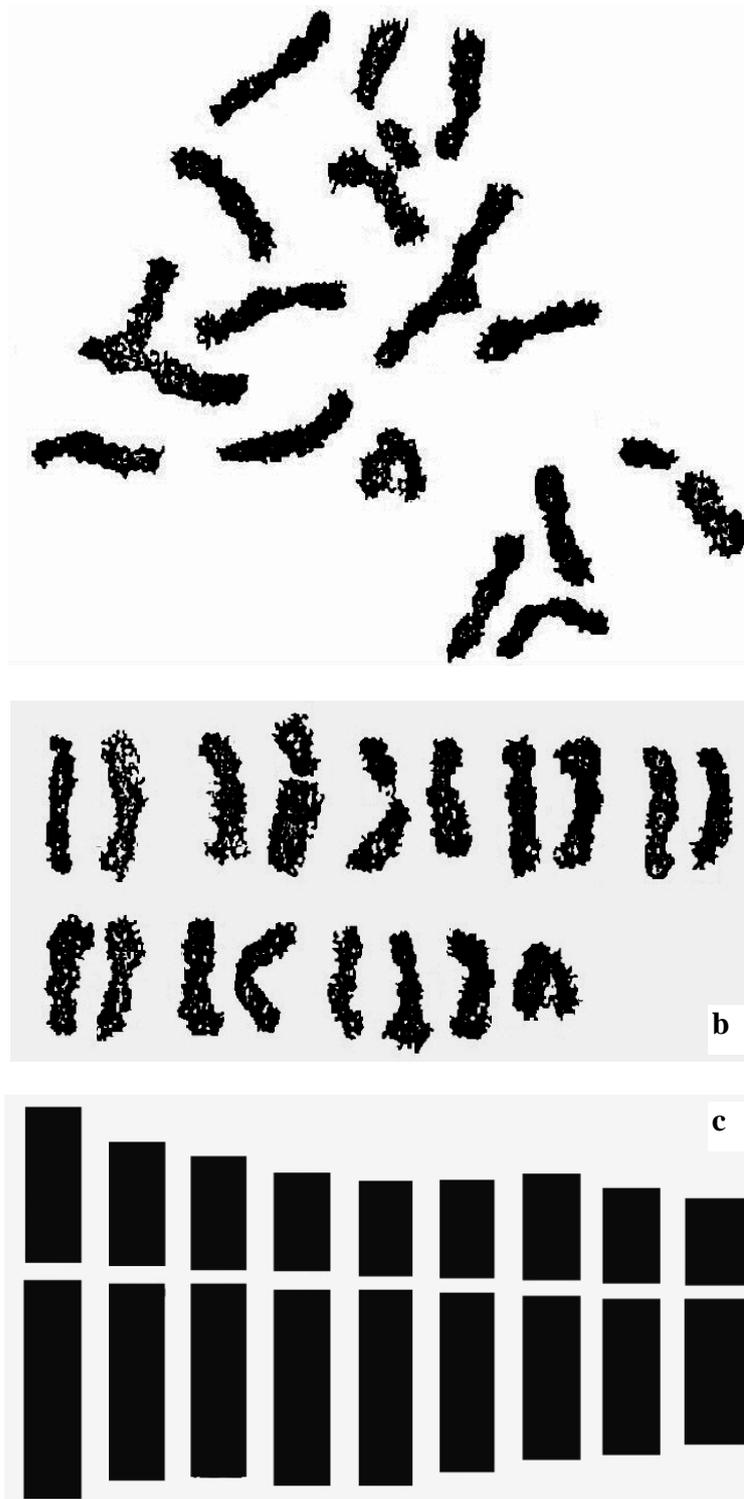


Figure 19 : Caryotype de *Genista saharae* Coss. et Dur.,  $2n = 18$ , (Bou-sâda)

- a- Plaque métaphasique
- b- Caryogramme
- c- Idiogramme

Les critères utilisés pour regrouper les chromosomes par paire dans chaque cellule, ont été la longueur totale du chromosome (LT) et la position du centromère ou le rapport R.

Ces données nous ont permis de calculer la longueur relative (LR), rapport habituellement employé dans les analyses du caryotype. En utilisant ces critères, nous avons calculé les moyennes concernant la garniture chromosomique de *Genista saharae* et *Genista ulicina*.

Parmi les 18 chromosomes de *Genista ulicina*, 7 paires ont un centromère en position métacentriques « m » avec un rapport variant de 1,4 à 1,7 et une paire submétacentrique « Sm » avec un rapport de 1,9. La différence de la longueur des chromosomes n'est pas très grande entre les paires chromosomiques. La moyenne des longueurs est comprise entre 1,7 et 1,9 $\mu$ m (tableau 13).

Tableau 13: Mesures chromosomiques ( $\mu$ m) de *Genista ulicina*.

		BL	BC	LT	LR	R	IC	Type
Paires chromosomes	I	1,9	1,3	3,2	11,9	1,5	39,3	Métacentrique (m)
	II	1,9	1,2	3,1	11,5	1,5	39,6	
	III	1,8	1,2	3,0	11,2	1,5	40,3	
	IV	1,9	1,1	3,0	11,1	1,7	37,2	
	V	1,7	1,2	3,0	10,9	1,4	40,7	
	VII	1,7	1,2	2,9	10,8	1,5	40,6	
	IX	1,7	1,2	2,9	10,7	1,5	39,7	
	VI	1,9	1,0	2,9	10,9	1,9	34,7	Submétacentrique (Sm)
	VIII	1,9	1,0	2,9	10,9	1,9	34,7	

(BL= Bras long; BC= Bras court; LT= Longueur total; LR = Longueur relative; R= Rapport (BL/BC), IC= Indice centromérique

La position du centromère pour *Genista saharae* est métacentrique (m), pour les paires chromosomiques I, II, VI, VII, VIII et IX, avec un rapport R compris entre 1,5 et 1,7, alors qu'elle est submétacentrique (Sm), pour les paires III, IV et V, avec un rapport R compris entre 1,8 et 2,1. La différence de taille des chromosomes entre paires voisines est très faible; elle n'est vraiment observable qu'entre les paires extrêmes (I-IX). La longueur totale des chromosomes varie de 3,7 à 2,4  $\mu$ m (Tableau 14).

Tableau 14: Mesures chromosomiques ( $\mu\text{m}$ ) de *Genista saharae*.

		BL	BC	LT	LR	R	IC	Type
Paires chromosomiques	I	2,2	1,5	3,7	13,7	1,6	39,1	Métacentrique (m)
	II	2	1,2	3,2	12,4	1,6	38	
	VI	1,8	1	2,8	10,6	1,7	36,7	
	VII	1,6	1,1	2,7	10,1	1,5	39,9	
	VIII	1,6	1	2,6	9,82	1,6	38,7	
	IX	1,5	0,9	2,4	9,1	1,7	37,7	
	III	2	1,1	3,1	11,8	1,8	36,2	Submétacentrique (Sm)
	IV	2	1	3	11,4	2,1	32,9	
	V	1,9	1	2,9	11,1	2	33,1	

(BL= Bras long; BC= Bras court; LT= Longueur total; LR = Longueur relative; R= Rapport (BL/BC), IC= Indice centromérique.

La différence entre la longueur relative de la plus grande paire chromosomique et celle de la plus petite est faible, elle représente 4,61%.

Les résultats de ce travail, comparés à ceux des travaux antérieurs sur la caryologie de *Genista* montrent que les longueurs des chromosomes de *Genista saharae* et *G. ulicina* ne sont pas différentes de ceux observées chez les espèces de ce groupe. La longueur la plus grande est observée chez *Genista cinerea* (2,07 à 5 $\mu\text{m}$ ) (Sanudo, 1979) alors que la taille la plus petite est observée chez *Genista ovata* (0,5 à 1,8 $\mu\text{m}$ ) (Gilot, 1965).

D'après Lewitzky et Araratian, (1931) et Stebbins, (1950) les chromosomes qui possèdent des tailles approximativement proches et dont la position du centromère est métacentrique ou sub-métacentrique sont considérés comme symétriques et primitifs. Lewitzky et Araratian, (1931) et Stebbins, (1971) signalent que les caryotypes plus asymétriques sont dérivés. Sañudo, (1979) et Verlaque et *al.*, (1983) acceptent cette interprétation en particulier pour *Genisteeae*. Cusma et *al.*, (2009) admettent cette interprétation pour les espèces de la section *Spartioïdes*, et constatent que *Genista halacsyi* (section *Spartioïdes*) montre un caryotype diploïde à chromosomes symétriques. Ce qui nous permet d'affirmer que les caryotypes de *Genista saharae* et *G. ulicina* sont symétriques et primitifs.

Le nombre de base secondaire  $x = 9$ , pour *Genista saharae* et *G. ulicina*, sections *Spartidium* et *Voglera* respectivement, peut être interprété, comme provenant d'un

descendant aneuploïde  $x = 12$  ; ce nombre est en général le plus commun dans le genre *Genista* et dans la tribu des *Genisteeae* (Sañudo 1979; Goldblatt 1981; Cusma et al. 2003, 2009). Le nombre  $x = 9$  s'est avéré être plus fréquent chez le genre *Genista*: il a été signalé dans la section *Erinacoides* où il est le nombre de base le plus fréquent (Sañudo, 1971 et Talavera, 1999), et dans la section *Voglera* (Sañudo, 1972; Cusma et al., 1999) et dans la section *Spartioïdes* (Cusma et al., 2009).

Ramdani, (1993) cita un nombre chromosomique diploïde de  $2n = 2x = 18$ , Pour *Genista ulicina*, dans les forêts de chêne Zeen et Chêne Afares de la région de Guerrouch.

Nous avons observé la présence de chromosomes surnuméraires (chromosomes B) chez *Genista tricuspidata* et *G. microcephala* qui sont à  $2n = (48+2B)$ . Ces chromosomes sont très rares et leur présences n'est pas constante (Horjales, 1974 et Stebbins, 1971). Les travaux de Cusma et al., (2009) sur les taxon de la section *Spartioïdes* montrent la présence des chromosomes B chez *Genista sakellariadis* et *Genista millii* à  $2n = 36+2B$ , *G. halacsyi* et *G. pulchella* sont à  $2n = 18+2B$ , pour ces espèces Stebbins (1971) dénombre 3B et 4 B.

Cusma et al., (2009), constatent la présence des satellites chez *Genista sakellariadis* et *Genista millii* et *Genista subcapitata* dans les paires chromosomiques 6, 9 et 17 respectivement.

D'après les résultats obtenus la tendance à la tétraploïdie se confirme pour *Genista tricuspidata* (sect. *Voglera*), *Genista microcephala* (sect. *Cephalospartum*) à  $2n = 4x = 48$  pour chacun d'eux,  $2n = 4x = 52$  pour *Genista vepres* (sect. *Voglera*) et *Genista numidica* (sect. *Drymospartum*) à  $2n = 36$ , dont les nombres chromosomiques de base sont  $x = 12, 13$  et  $9$  respectivement. Le nombre chromosomique  $2n = 48$  est le plus majoritaire dans les sections *Genista*, *Genistella* et *Scorpioïdes* ainsi que leurs dérivées aneuploïdes (44, 46, 50, et 52) (Verlaque, 1988).

Dans le bassin méditerranéen, le genre *Genista* L. paraît fort hétérogène du point de vue nombre chromosomique et nombre de base ( $x = 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12$  et  $13$ ), ce qui explique l'abondance des polyploïdes.

L'origine des taxons polyploïdes à  $2n = 40, 48, 50...$  est d'avantage révélée en méiose par la formation sporadique de multivalents chromosomiques ou par association chromosomique secondaire. L'irrégularité dans la ségrégation des chromosomes des polyploïdes produits des gamètes avec  $n = 25, 26...$  dans laquelle surgie une hyperploïdie à  $2n = 50, 52...$  (Sanudo, 1979).

Il est extrêmement peu probable qu'une race polyploïde ait pris naissance à partir d'un seul individu, le phénomène s'est sans doute passé à l'échelle d'une population (Favarger, 1967).

Le nombre chromosomique 44 ne semble pas provenir de 42 ni de 48, mais correspond plutôt au doublement du stock chromosomique des hyperploïdes à  $2n = 22$ . Ce phénomène se retrouve chez plusieurs *Genista* où les tétraploïdes à 24 chromosomes (nombre de base original  $x = 6$ ) engendrent souvent des aneuploïdes à 22 ou 26 qui produisent, à leur tour, des polyploïdes stables et plus compétitifs à  $2n = 44$  ou 52 (Verlaque, 1988).

Cusma et al., (1999) compte un nombre chromosomique de  $2n = 48$  pour *Genista tricuspidata*, alors que nous avons mis en évidence un polyploïde à  $2n = 48 + 2B$  de la région de Tachouda.

Dans le cas où les caryotypes des différentes espèces présentent une grande ressemblance morphologique, comme c'est le cas dans le genre *Genista* L., Pederick, (1967, 1970) et Kammacher et Zygomala, (1987) ont proposé d'analyser les caryotypes en prophase I plutôt qu'en métaphase somatique. Car dans la prophase I le nombre chromosomique est plus réduit pour les polyploïdes et les chromosomes, moins spiralés à ce stade, sont plus longs et font apparaître plus nettement des constriction secondaires si elles existent.

Il est donc important de rechercher les causes qui ont procédé à la naissance et au succès d'une race polyploïde. Ces causes relèvent-elles du climat général, des bouleversements géologiques avec mélange de flore, ou tiennent-elles à l'histoire particulière de chaque espèce.

Favarger, (1966) en étudiant la répartition des races chromosomiques plus ou moins sympatriques, conclut que presque toujours ces races sont différenciées par leur écologie. Les polyploïdes occupent souvent des habitats plus récents et appartiennent

aux groupements de la série aboutissant à des stades de régression anthropozoogènes, les diploïdes correspondants se rencontrent de préférence dans des stations reliques et vivent dans des groupements spécialisés.

Senn, (1938) et Wulff, (1950) affirment que les taxons endémiques diploïdes sont des paléoendémiques, par contre les endémiques polyploïdes sont des néoendémiques. Favarger et *al.*, (1967) soutiennent cette hypothèse et la limite aux groupes d'espèces voisins.

D'après Gilot, (1965) la distribution géographique restreinte du genre *Genista* (bassin Méditerranéen), laisse penser qu'il s'agit des formes polyploïdes endémiques d'origine récente.

De ces hypothèses, on peut classer nos espèces polyploïdes *Genista tricuspidata*, *Genista vepres*, *Genista numidica* et *Genista microcephala* comme des espèces néoendémiques, alors que *Genista ulicina* et *Genista saharae* Comme des espèces paléoendémiques.

L'évolution des aneuploïdes, paléoendémiques reliques, monospécifiques ou paucispécifiques, qui ne montrent qu'une ploïdie unique, serait en phase de diminution, caractérisée par une aneuploïdie stable (Verlaque et *al.*, 1987; Verlaque, 1988). D'après Cusma et Chiapella, (1994) le Genre *Cytisus* (Complexe *Cytisus-Genista*), avec jusqu'à trois Ploïdies, serait soit en phase de maturité, avec des eu-polyploïdies et un petit nombre d'aneuploïdes, éléments essentiellement non stabilisés, ou dans une phase initiale de déclin avec des éléments eu-polyploïdes à ploïdie variable rare, et des éléments aneuploïdes à ploïdie fréquemment unique, qui tend vers une stabilisation. En particulier, *Chamaecytisus* (sous genre *Gensita*) semble être un genre en pleine expansion, sans doute encore dans une phase active de la spéciation.

L'étude des caryotypes de *Genista saharae* et *G. ulicina* montre que le génome de ces espèces comprend 9 paires chromosomiques dont la variation dans la longueur totale est faible. La différence, pour la longueur totale, entre la paire la plus petite et la paire la plus longue est de l'ordre de 1,3 $\mu$ m pour la première espèce et 0,3 pour la deuxième espèce.

Ces résultats s'insèrent dans la conclusion de Gilot, (1965) et Sanudo, (1979), qui affirment que les caryotypes des différentes espèces de la tribu de *Genisteae* présentent une grande ressemblance morphologique. Cette ressemblance peut être considérée comme le résultat d'une différenciation chromosomique très marquée au cours de l'évolution à partir d'un ancêtre commun.

Les longueurs des chromosomes et la localisation des centromères ne constituent pas des éléments d'information de nature à prouver que de profondes divergences chromosomiques se sont produites dans l'évolution des *Genisteae*.

Une des tendances principales des recherches caryologiques sur les *Genista* est de tenter de surmonter l'apparente uniformité du caryotype par l'emploi de méthodes plus fines d'analyse, on pourra insister sur l'utilisation de nouvelles techniques de cytologie et de caryologie, comme l'observation des chromosomes par les techniques de "banding" et l'étude de la garniture chromosomique haploïde des tissus de l'endosperme.

Une étude plus approfondie, notamment sur un échantillonnage beaucoup plus important et sur l'ensemble de l'aire de répartition des six espèces, serait nécessaire pour vérifier la présence de chromosomes B.

## 2- Résultats chimiques

La plupart des plantes renferment des essences, cependant elles sont plus particulièrement abondantes dans les végétaux aromatiques. Le rendement en huile essentielle des espèces du genre *Genista* de l'Est algérien varie de 0,014% à 0,034%. Le rendement en huile essentielle de *Genista microcephala* est le plus faible avec 0,014%, alors que celui de *Genista tricuspidata* est le plus élevé parmi les espèces étudiées avec 0,034% (figure 20).

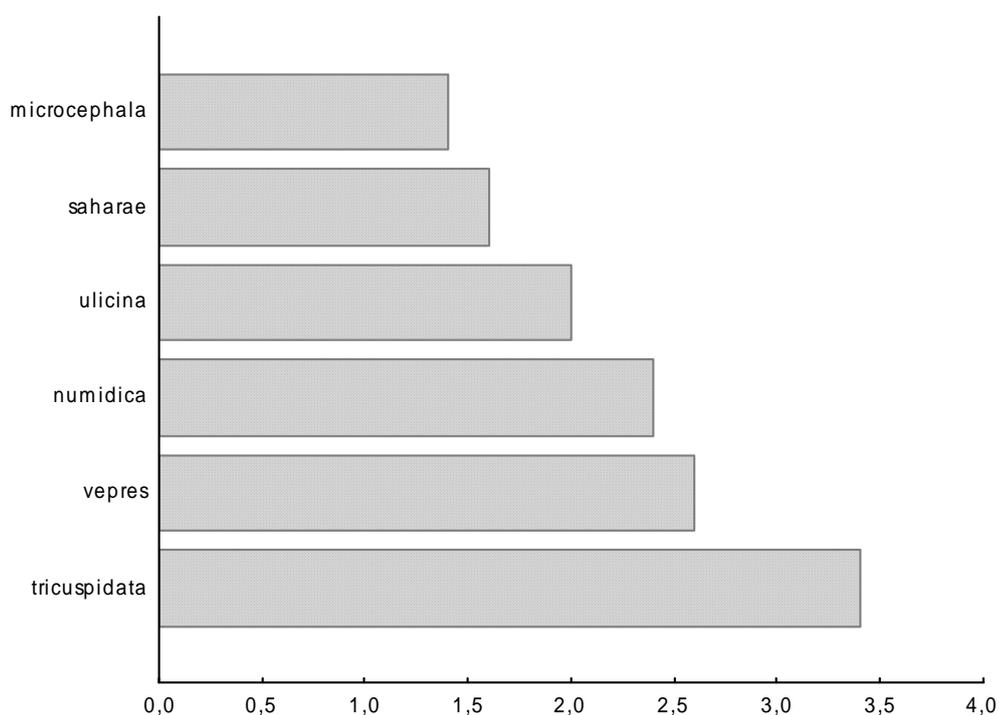


Figure 20: Rendement (x 10<sup>-2</sup> %) en huile essentielle chez les espèces du genre *Genista*

Ces rendements peuvent être considérés comme très faibles comparés à d'autres plantes aromatiques, (1 à 2,5%) pour *Rosmarinus* et (2 à 2,75%) pour *Thymus* (Edward et al., 1987).

Les teneurs en huiles essentielles des végétaux sont plutôt faible, quantitativement, assez souvent inférieures à 1%. Des teneurs fortes comme celle du bouton floral de giroflier (1,5%) sont exceptionnelles. Déterminer la bonne période de récolte est primordial en terme de rendement et de qualité. Il ne faut pas négliger l'impact du climat, la zone géographique ainsi que la période de récolte et le moment du traitement sur le rendement et la qualité des huiles essentielles.

Le rendement en huile essentielle des plantes étudiées est faible et ne peut être rentable à l'échelle industrielle.

## 2- 1- Analyse des huiles essentielles du genre *Genista* L.

L'extraction des huiles essentielles de six espèces de *Genista* a été effectuée jusqu'à obtention d'une quantité suffisante. Après une extraction d'une durée de 3 heures, sur la partie aérienne fleuries, par la méthode d'entraînement à la vapeur d'eau, à pression normale, le distillât a été extrait au pentane, évaporé sous la hôte, et analysé par GC-GC/MS.

La concordance du produit a pu être établie sur deux colonnes de polarité différente (DB-5 MS), ainsi lorsque le temps de rétention, l'indice de Kovats et le spectre de masse concordent avec les données de la littérature (Adams, 1989; Jennings et Shibamoto, 1980) et de la banque des indices de Kovats et de spectres de masse du Laboratoire de chimie des hétérocycles et des huiles essentielles de Clermont-Ferrand (France). Les pourcentages relatifs mentionnés sont de la colonne non-polaire DB-5. Les principaux produits identifiés dans les huiles essentielles des parties aériennes des six espèces endémiques du genre *Genista* sont regroupées pour chaque espèce dans un tableau.

### 2- 1- 1- Composition de l'huile essentielle de *Genista saharae*

L'huile essentielle de *Genista saharae* présente un pourcentage total de 91,12% (tableau 15, figure 21), dont les acides gras représentent 63,8%. L'acide n-héxadécanoïque (acide palmitique) avec 32,32% est le composé majoritaire de l'huile essentielle de cette espèce.

L'acide tétradécanoïque (acide myristique) représente 14,5%, l'acide dodécanoïque (acide laurique) 8,43% et l'acide octadéca-9,12-diénoïque (acide linoléique) représente 2,37% de l'huile essentielle. L'acide octadécanoïque (acide stéarique) et l'acide nonanoïque sont faiblement représentés.

Les alcanes représentent le deuxième pourcentage le plus élevé dans l'huile essentielle de *G. saharae* avec 6,25%. Les produits les plus abondants sont le n-pentacosane (1,27%) et l'héptacosane avec 2,76%.

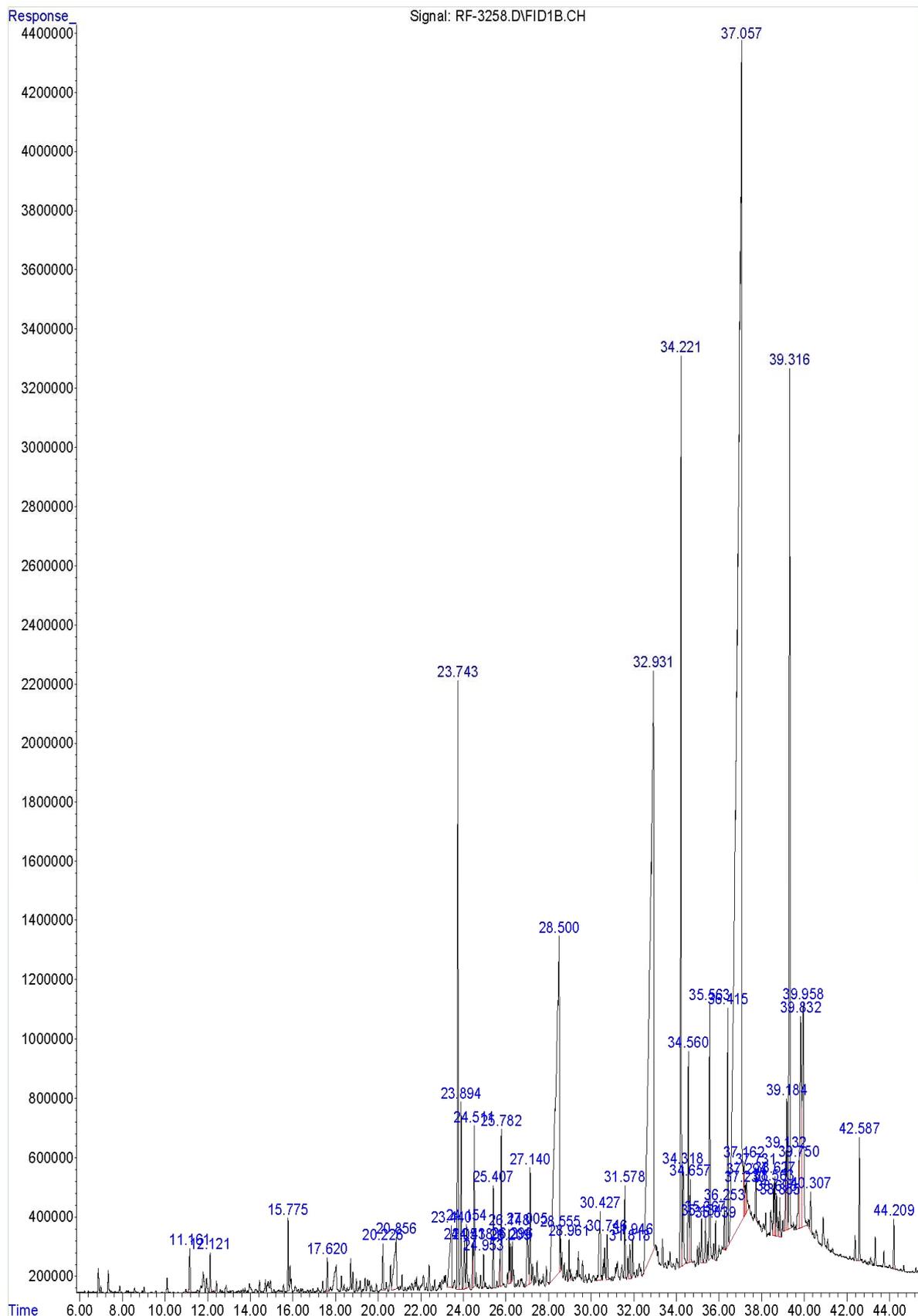


Figure 21 : Chromatogramme de *Genista saharae*

Tableau 15 : Composition de l'huile essentielle de *Genista saharae*

	Composés	KI	%
ACIDES GRAS SATURES ET INSATURÉS	Acide octanoïque (acide caprylique)	1175	0,33
	Acide nonanoïque	1274	0,77
	Acide décanoïque (acide caprique)	1370	0,78
	Acide dodécanoïque (acide laurique)	1579	8,43
	Acide dodécanoïque triméthyl silyl éster	1652	0,591
	Acide tétradécanoïque (acide myristique)	1772	14,5
	Acide n-héxadécanoïque (acide palmitique)	1989	32,32
	Acide héptadécanoïque	2061	0,2
	Acide octadéca-9,12-diénoïque (linoléique)	2138	2,37
	Acide octadécanoïque (acide stéarique)	2171	0,23
	Cyclopentanoate d'éthényle	1513	0,56
	Linolénoate de méthyle	2145	2,01
	<b>Total</b>		
ALCANES	n-nonadécane	1899	0,26
	n-hénéicosane	2099	0,22
	unéicosane	2099	0,42
	n-docosane	2198	0,17
	n-tricosane	2299	0,55
	n-tetracosane	2398	0,23
	n-pentacosane	2501	1,27
	n-héxacosane	2598	0,37
	Héptacosane	2700	2,76
<b>Total</b>			<b>6,25</b>
ALDEHYDES	Benzaldéhyde	963	0,22
	Héptadiénal	1011	0,09
	nonen-1-al <2E->	1160	0,16
	Pentadécanal	1715	0,41
	Héxanal	801	0,09
<b>Total</b>			<b>0,97</b>
DITERPENES ALCOOL	Phytol	1944	0,21
	Trans phytol	2110	4,56
<b>Total</b>			<b>4,77</b>
HYDROCARBURE AROMATIQUE POLYCYCLEQUE	1,2-dihydro-2,5,8-triméthyl-naphtalène	1397	0,34
	2,7-diméthyl naphtalène	1408	0,22
	2,6-diméthyl naphtalène	1429	0,15
<b>Total</b>			<b>0,71</b>
TERPENE IRREGULIER	Néyl acétone (Z-géranyl acétone)	1446	0,48
	Fanésyl acétone	1908	1,2
<b>Total</b>			<b>1,68</b>

Tableau 15 : Suite

	Composés	KI	%
MONOTERPENES	Terpinène-4-ol	1183	0,07
	$\alpha$ -terpinéol	1197	0,14
	Géraniol	1250	0,23
	(E)- $\beta$ -ionone	1480	0,17
	Géranyl linalol	2023	0,24
	<b>Total</b>		
NERISOPRENOIDES	$\beta$ -damacénone E	1380	2,95
	Mégastigmatriènone 4	1595	0,16
	Mégastigmatriènone 2	1625	0,09
	Safranal	1200	0,1
	<b>Total</b>		
SESQUITERPENE	Elémol	1551	<b>0,08</b>
ALCOOL NON TERPENIQUE	Octan-3-ol	997	<b>0,05</b>
AUTRES COMPOSEES	Tétradécanol (alcool myristique)	1677	0,67
	$\gamma$ -tétradécalactone	1885	0,13
	4-hydroxy-4-méthyl-pentane-2-one	839	0,12
	2-penthyl furane	990	0,2
	6-méthyl-hépta-3,5-dièn-2-one	1103	0,33
	5-penthyl-2(3H)-furanone	1263	0,15
	2-(1,3-butadiényl)-1,3,5-triméthyl-benzène	1392	0,28
	4-(2,6,6-triméthyl cyclohexa-1,3-diényl)butan-2-one	1411	0,78
	4-(2,6,6-triméthyl cyclohexa-1,3-diényl)but-3-en-2-one	1477	0,25
	Ethyl dibenzothiophène	1669	0,09
	Di-isopropyl naphthalène	1726	0,18
	6, 10, 14-triméthyl-1-pentadécan-2-one	1841	4,45
	Phtalate	1858	0,99
	Tétradécanoate de triméthyl silyle	1846	0,74
<b>Total</b>			<b>9,36</b>
<b>Total</b>			<b>91,12</b>

L' $\alpha$ -terpinéol, géraniol, géranyl linalol, phytol, trans phytol et l'élémol sont les principaux alcools terpéniques identifiés dans l'essence de *G. saharae* avec des taux très faibles sauf pour le diterpène alcool (trans-phytol) qui représente 4,56%. D'autres terpènes retrouvés en faible concentration dans l'huile essentielle de cette espèce qui sont notamment le terpinène-4-ol et le (E)- $\beta$ -ionone. Les nérisoprénoides représentent un taux de 3,31%, avec 2,95% pour le  $\beta$ -damacénone-E et 0,1% pour les deux composants, le safranal et le mégastigmatriènone-4.

Les autres composés représentent 11,1% du total de l'huile avec l'abondance du 6,10,14-triméthyl-pentadécane-2-one (4,45%). Les composants identifiés sont répartis en plusieurs classes chimiques (tableau 16).

Tableau 16: Classes chimiques et Composés majoritaires chez *Genista saharae*

Classe chimique	%	Composé		%
		Nb	majoritaire	
Acides gras	63,8	12	Acide n-héxadécanoïque	32,32
Alcanes	6,25	9	Héptacosane	2,76
Aldéhydes	0,97	5	Pentadécanal	0,41
Diterpènes alcool	0,77	2	Trans phytol	4,56
Hydrocarbure aromatique	0,71	3	1,2-dihydro-2,5,8-triméthyl-naphtalène	0,34
Terpène irrégulier	1,68	2	Fanésyl acétone	1,20
Monoterpènes	0,85	5	Géranyl linalol	0,24
Nerisoprénoides	3,31	4	$\beta$ -damacénone E	2,95
Sesquiterpènes	0,08	1	Elémol	0,08
Autres	7,82	12	6,10,14-triméthyl-pentadécane-2-one	4,45
Total	91,1	56		

## 2- 1- 2- Composition de l'huile essentielle de *Genista microcephala*

26 composés sont identifiés dans l'huile essentielle de *Genista microcephala* (tableau 17, figure 22). On constate l'abondance des acides gras avec un taux de 67,1%. Les produits majoritaires sont l'acide n-héxadécanoïque (acide palmitique) avec 29,6% et l'acide dodécanoïque (acide laurique) avec 21,5%, l'acide tétradécanoïque (acide myristique) est moyennement abondant avec 8,7%, l'acide octadéca-9,12-diénoïque (acide linoléique) est représenté par 2,5% et l'acide octadécanoïque (acide stéarique) est très faiblement présent à 0,2%.

Les terpènes sont qualitativement et quantitativement pauvres. L'alcool diterpénique (trans phytol) représente à lui seul plus de la moitié des terpènes (6,3%). Les terpènes irréguliers représentent 4% avec l'abondance du géranyl acétone (2,1%). Les monoterpènes et les nerisoprénoides sont très faiblement abondants avec 0,6 et 0,8% respectivement, alors que les sesquiterpènes avec 3,2%, représentés par deux composés, l'oxyde de caryophyllène et l' $\alpha$ -cadinol, à 1,2% pour chaque composant.

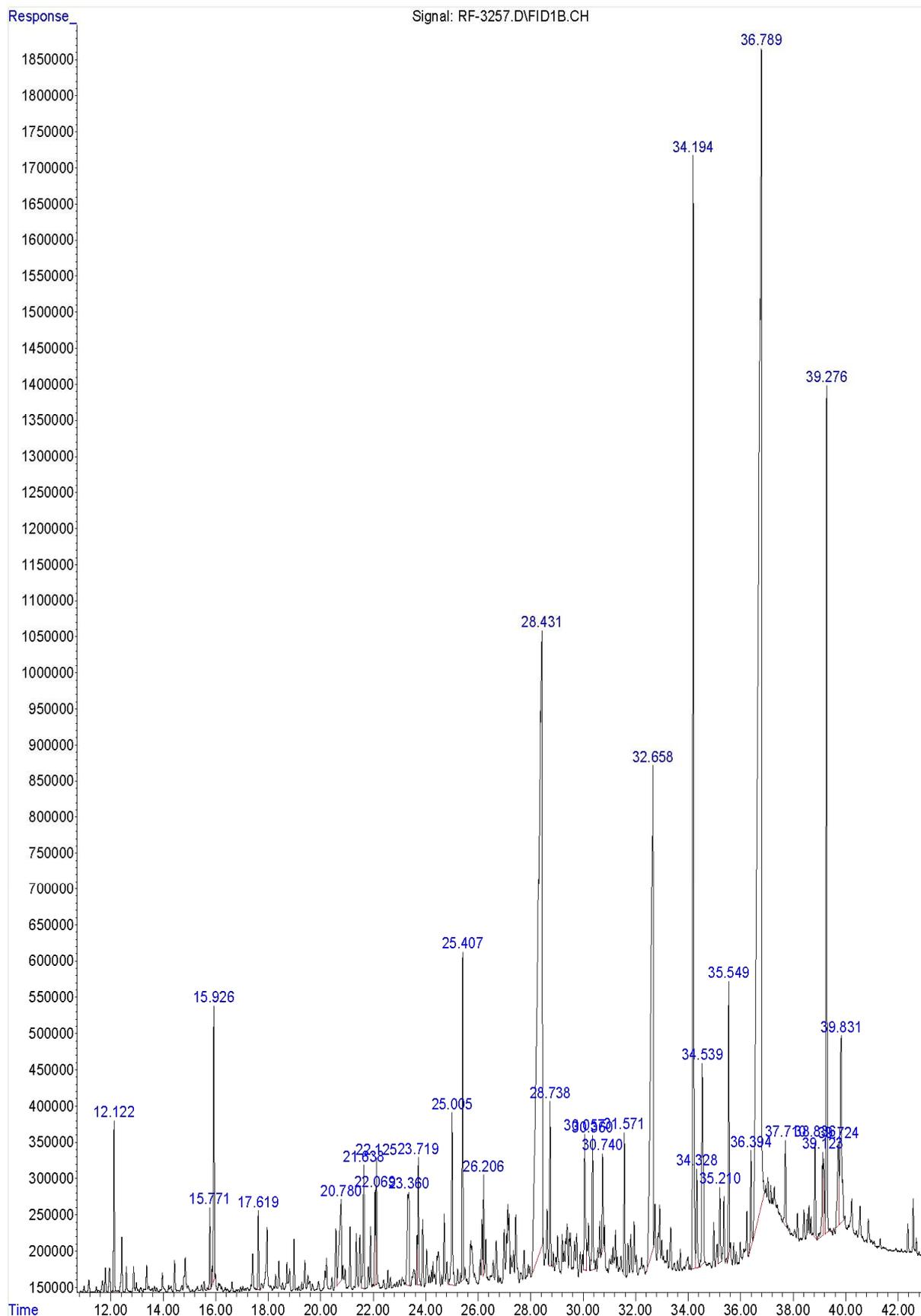


Figure 22 : Chromatogramme de *Genista microcephala*

Tableau 17 : Composition de l'huile essentielle de *Genista microcephala*

	Composés	KI	%
ACIDES GRAS SATURES ET INSATURES	Acide décanoïque (acide caprylique)	1370	0,8
	Acide dodécanoïque (acide laurique)	1579	21,5
	Acide tétradécanoïque (acide myristique)	1772	8,7
	Acide 1,2-Benzène dicarboxylique, dibu	1952	2,7
	Acide n-héxadécanoïque (acide palmitique)	1989	29,6
	Octadécan-9,12-diénoate de méthyle	2131	1,1
	Acide octadéca-9,12-diénoïque (acide linoléique)	2138	2,5
	Acide octadécanoïque (acide stéarique)	2171	0,2
	<b>Total</b>		<b>67,1</b>
ALCANE	Unéicosane	2099	1
	n-pentacosane	2501	0,9
	Héptacosane	2700	1,4
	<b>Total</b>		<b>3,3</b>
ALDEHYDES	Nonanal	1104	1,9
	Décadéanal <2E,4E>-	1320	0,8
	Pentadécanal	1715	0,9
	<b>Total</b>		<b>3,6</b>
DITERPENE	Trans phytol	2110	<b>6,3</b>
TERPENES IRREGULIERS	Géranyl acétone	1447	2,1
	Fanésyl acétone	1908	1,9
	<b>Total</b>		<b>4</b>
MONOTERPENES	(E)- $\beta$ -ionone	1480	<b>0,6</b>
NERISOPRENOIDES	Théaspirane A	1301	<b>0,8</b>
SESQUITERPENES	oxyde de caryophyllène	1586	1,2
	$\gamma$ -muurolol (1-Naphthalénol, 1,2)	1657	0,8
	$\alpha$ -cadinol	1660	1,2
	<b>Total</b>		<b>3,2</b>
PHENOLS	4-vinyl-2-méthoxy-phénol	1313	<b>0,6</b>
AUTRES COMPOSES	2-penthyl furane	990	1,1
	Benzène, triméthyl (1-méthyl éthyl)-	1429	1,2
	6,10,14-triméthyl-pentadécan-2-one	1841	8
	<b>Total</b>		<b>10,3</b>
	<b>Total</b>		<b>98,4</b>

On constate l'absence des alcools non terpéniques. Le reste des composés forment un pourcentage de 10,3% avec seulement 3 produits dont le 6,10,14-triméthyl-pentadécan-2-one représentent 8%. Les composants identifiés sont réparties en plusieurs classes chimiques (tableau 18)

Tableau 18 : Classes chimiques et Composées majoritaires chez *Genista microcephala*.

Classe chimique	%	Composé		%
		Nb	majoritaire	
Acides gras	67,1	8	acide n-héxadécanoïque	29,6
Alcanes	3,3	3	héptacosane	1,4
Aldéhydes	3,6	3	nonanal	1,9
Diterpènes alcools	6,3	1	trans phytol	6,3
Terpène irrégulier	4	2	géranyl acétone	2,1
Monoterpènes	0,6	1	(E)- $\beta$ -ionone	0,6
Nérisoprénoides	0,8	1	théaspirane A	0,8
Sesquiterpènes	3,2	3	oxyde de caryophyllène et $\alpha$ -cadinol	1,2
Phénols	0,6	1	4-vinyl-2-méthoxy-phénol	0,6
Autres	10,3	3	6,10,14-triméthyl-pentadécane -2-one	8
Total	99,8	27		

### 2- 1- 3- Composition de l'huile essentielle de *Genista numidica*

L'analyse de l'huile essentielle de *Genista numidica* révèle la présence d'un pourcentage élevé des acides gras de l'ordre de 45,9%, avec seulement 9 composés, pour un total de 92,71% (tableau 19, figure 23).

L'acide n-héxadécanoïque (acide palmitique) est le produit majoritaire avec 15,34% suivi de l'acide tétradécanoïque (acide myristique) avec 13,49% et l'acide dodécanoïque (acide laurique) avec 9,11% et un pourcentage de 5,67% pour le 9,12,15-octadécatriénoate de méthyle (un acide gras estérifiant). Les aldéhydes représentent la deuxième classe la plus abondante avec 17,73%, le décadéanal «2E, 4E» représente 7,7% et le nonanal avec 5,67%

Les monoterpènes sont bien représentés avec un pourcentage de 5,49%, le produit le plus abondant est le naphthalène avec 2,72%, suivi de l'(E)- $\beta$ -ionone avec 1,94% contrairement aux sesquiterpènes qui sont moins représentés avec 0,82% dont 0,52% pour l'oxyde de caryophyllène.

Les diterpènes sont représentés par le trans-phytol avec 2,6%. Les alcools non terpéniques représentent un taux de 4,57%, dont le composant majoritaire et l'oct-1-en-3-ol avec 2,6%.

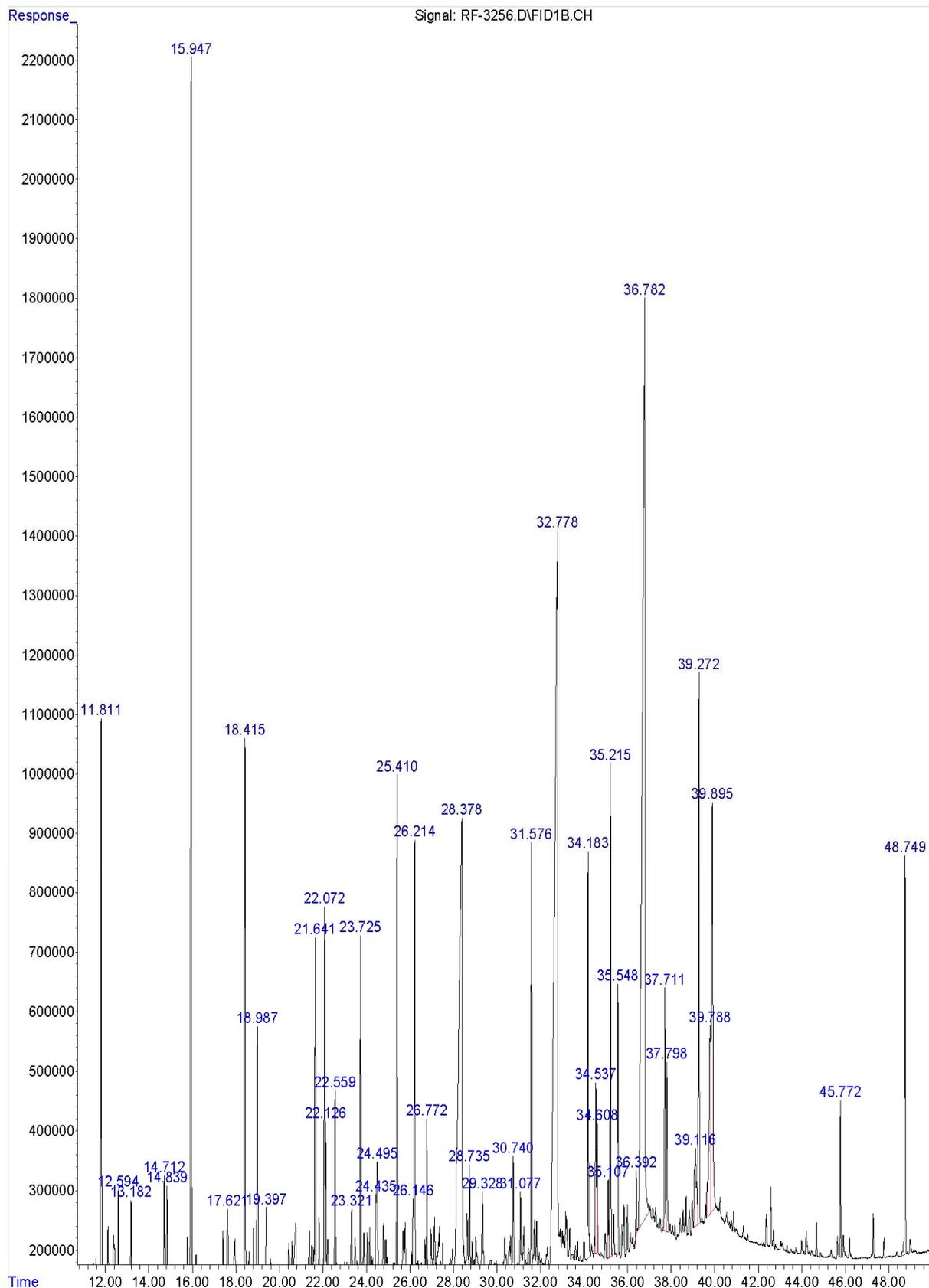


Figure 23 : Chromatogramme de *Genista numidica*

Tableau 19: Composition de l'huile essentielle de *Genista numidica*

	Composé	KI	%
ACIDES GRAS SATUREES ET INSATUREES	Acide nonanoïque	1274	0,5
	Acide décanoïque (acide caprilique)	1370	0,43
	Acide dodécanoïque (acide laurique)	1579	9,11
	Acide tétradécanoïque (acide myristique)	1772	13,49
	Linoléate de méthyle	1789	0,06
	Linoléate de méthyle (acide Linoléique méthyl éster)	1886	0,37
	Héxadécanoate de méthyle (a. palmitique méthyl éster)	1923	0,33
	Acide n-héxadécanoïque (acide palmitique)	1989	15,34
	9,12,15-octadécatriénoate de méthyle	2146	5,67
	<b>Total</b>		<b>45,9</b>
ALCANES	Héptadécane	1697	0,23
	n-nonadécane	1899	0,21
	n-hénéicosane	2099	0,44
	n-tricosane	2299	0,25
	n-pentacosane	2501	0,69
	n-héxacosane	2598	0,23
	<b>Total</b>		<b>2,05</b>
ALCOOLS	Oct-1-en-3-ol	981	2,6
	Octan-3-ol	997	0,07
	3-éthyl-4-méthyl-pentan-1-ol	1022	0,4
	oct-2-en-1-ol E	1067	0,38
	Nonanol	1172	0,27
	Héptadécanol	1930	0,25
	Tétradécanol	1677	0,6
	<b>Total</b>		<b>4,57</b>
ALDEHYDES	Nonanal	1104	5,67
	Nonèn-1-al <2E->	1160	0,32
	Décanal	1206	1,1
	B-cyclocitral	1221	0,35
	Undécanal	1308	0,26
	Décadénal <2E,4E->	1320	7,7
	Tridécanal	1511	0,23
	Tétradécanal	1613	0,24
	Pentadécanal	1715	1,86
	<b>Total</b>		<b>17,73</b>
DITERPENES	Trans phytol	2110	<b>2,6</b>
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLEQUES	1,2-dihydro-2,5,8-triméthyl-naphtalène	1397	0,19
	2,3-diméthyl-naphtalène	1419	0,38
	1,6,7-triméthyl-naphtalène	1527	0,26
	2-méthyl-naphtalène	1296	0,21
	<b>Total</b>		<b>1,04</b>
TERPENES IRREGULIERS	Néryl acétone (Z-géranyl acétone)	1446	2,18
	Fanésyl acétone	1908	1,19
	<b>Total</b>		<b>3,37</b>

Tableau 19: Suite

	Composé	KI	%
TERPENES IRREGULIERS	Néryl acétone (Z-géranyl acétone)	1446	2,18
	fanésyl acétone	1908	1,19
	<b>Total</b>		<b>3,37</b>
MONOTERPENES	Linalol	1099	0,43
	Naphtalène	1186	2,72
	(E)- $\beta$ -ionone	1480	1,94
	Pseudoionone (E,E)	1596	0,4
	<b>Total</b>		<b>5,49</b>
NERISOPRENOIDES	Théaspirane A	1301	1,67
	Théaspirane B	1317	0,59
	$\beta$ -damacénone E	1380	1,6
	Safranal	1200	0,25
	<b>Total</b>		<b>4,11</b>
PHENOLS	Thymol	1292	0,35
	4-vinyl-2-méthoxy-phénol	1313	1,56
	<b>Total</b>		<b>1,91</b>
SESQUITERPENES	$\beta$ -bourbonène	1387	0,3
	Oxyde de caryophyllène	1599	0,52
	<b>Total</b>		<b>0,82</b>
AUTRES COMPOSEES	4-hydroxy-4-méthyl-pentan-2-one	839	0,19
	2-penthyl furane	990	0,25
	octa-3,5-dièn-2-one	1069	0,45
	6-méthyl-hépta-3,5-dièn-2-one	1103	0,2
	Nonadiènal (2E, 6Z)-thymohydroquinone	1153	0,23
	$\beta$ -apo-8-caroténal + édulan II	1258	0,23
	5-penthyl-2(3H)-furanone	1263	0,23
	(Z,E)-1,3,3-triméthyl-7-oxabicyclo[2.2.1] héptane	1336	0,77
	2-(1,3-butadiényl)-1,3,5-triméthyl-benzène	1392	0,23
	2,2;6,7-tétraméthylbicyclo[4.3.0]nona-4,9(1)-dièn-8-ol	1407	0,34
	4-(2,6,6-triméthyl cyclohexa-1,3-diényl) butan-2-one	1411	0,76
	1-(6,6-diméthyl-2-méthylène-3-cyclohexényl)-buten-3-one	1428	0,12
	4-(2,6,6-triméthyl cyclohexa-1,3-diényl)but-3-en-2-one	1477	0,3
	2,6-diisopropyl naphtalène	1721	0,32
	Diisopropyl naphtalène	1726	0,25
	6,10,14-triméthyl-pentadécan-2-one	1841	1,87
	Phtalate	1858	0,88
	Tétradécan-3-en-5-yne	1891	2,33
	Iso phtalate	1953	0,3
	2,11,15-triméthyl-3-méthylène-héxadéca-1,6,10,14-tétraène	2022	1,17
	<b>Total</b>		<b>11,42</b>
	<b>Total</b>		

Les norisoprénoides sont représentés par 4 produits avec 4,11%, avec l'abondance du théaspirane-A. Les terpènes irréguliers représentent 3,37% de l'huile essentiels totale (tableau 20), avec l'abondance du nérylacétone (Z-géranyl acétone) (2,18%). Les autres produits représentent 11,36%, regroupant 22 composants avec (2,33%) pour le tétradécan-3-en-5-iène.

Tableau 20 : Classes chimiques et Composées majoritaires dans *Genista numidica*

Classe chimique	%	Composé		%
		Nb	majoritaire	
Acides gras	45,9	9	acide n-héxadécanoïque	15,34
Alcanes	2,05	6	n-pentacosane	0,69
Alcools	4,54	7	oct-1-en-3-ol	2,6
Aldéhydes	17,7	9	décadénal <2E,4E>-	7,7
Diterpènes alcools	2,6	1	trans phytol	2,6
Hydrocarbure aromatique	1,04	4	2,3-diméthyl naphtalène	0,38
Terpène irrégulier	3,37	2	Néryl acétone (Z-géranyl acétone)	2,18
Monoterpènes	5,49	4	naphtalène	2,72
Nérisoprénoides	4,11	4	théaspirane A	1,67
Sésquiterpène	0,82	2	oxyde de caryophyllène	0,52
Phénols	1,91	2	4-vinyl-2-méthoxy-phénol	1,56
Autres	11,4	22	tétradécan-3-en-5-iène	2,33
Total	92,7	72		

#### 2- 1- 4- Composition de l'huile essentielle de *Genista tricuspidata*

Les 88,8% de l'huile essentielle totale de *Genista tricuspidata* sont réparties comme suit : 47,5% d'acides gras avec 22,6% pour l'acide n-héxadécanoïque (acide palmitique) produit majoritaire, suivit de l'acide dodécanoïque (acide laurique) à 14,6% et la concentration du reste des acides est comprise entre 3,7 et 0,1% (tableau 21, figure 24).

Les diterpènes alcools sont représentés par deux composés le trans phytol à 10,1% et le phytol à 0,4% de l'huile totale.

Les alcanes, avec 12 produits, montrent un pourcentage de 5,6%, Le plus représentatif est le n-pentacosane avec 2,4%. Le reste des alcanes ont une concentration qui varie entre 0,8 et 0,1%.

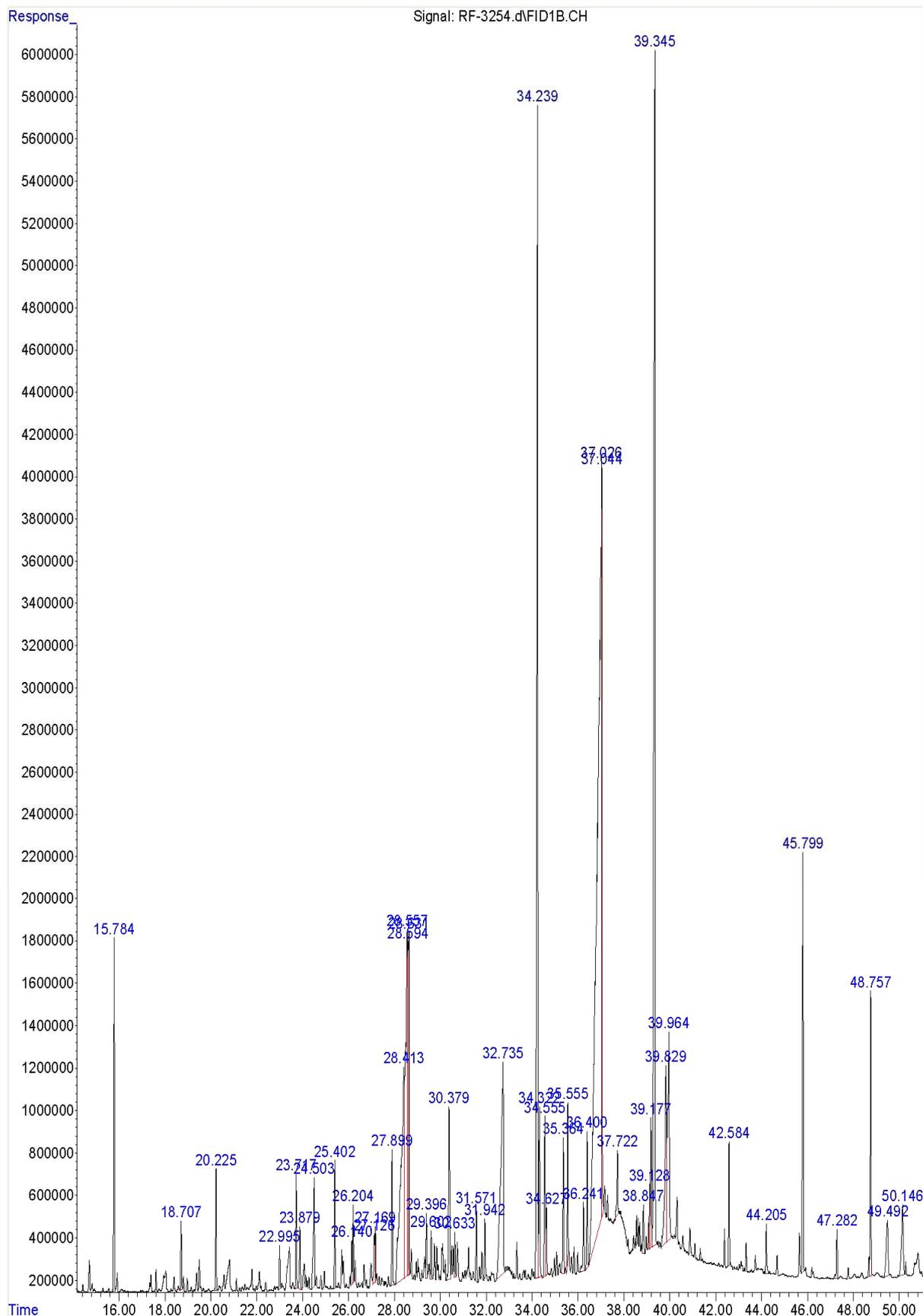


Figure 24: Chromatogramme de *Genista tricuspidata*

Tableau 21: Composition de l'huile essentielle de *Genista tricuspidata*

	Composé	KI	%
ACIDES GRAS SATURES ET INSATURES	Acide octanoïque (acide caprylique)	1175	0,2
	Acide nonanoïque	1274	0,5
	Acide décanoïque (acide caprique)	1370	0,6
	Acide dodécanoïque (acide laurique)	1579	14,6
	Acide dodécanoïque triméthyl silyl éster	1652	0,1
	Acide tétradécanoïque (acide myristique)	1772	3,7
	Héxadécanoate de méthyle	1923	0,2
	Acide octatétradéca-9-énoïque	1931	0,1
	Acide héxadécanoïque (acide palmitique)	1989	22,6
	Acide héptadécanoïque	2061	0,2
	Linoleate d'éthyl	2096	0,1
	Acide octadéca-9,12-diénoïque (acide linoléique)	2138	1,9
	9,12,15-octadécatriénoate de méthyle	2146	2,4
	Acide octadécanoïque (acide stéarique)	2171	0,3
	<b>Total</b>		<b>47,5</b>
ALCANES	Héptadécane	1697	0,3
	Octadécane	1797	0,2
	n-nonadécane	1899	0,8
	n-cosane	1999	0,1
	n-hénéicosane	2099	0,2
	n-docosane	2198	0,2
	n-tricosène	2286	0,2
	n-tricosane	2299	0,6
	n-tétracosane	2398	0,3
	n-pentacosane	2501	2,4
	n-hexacosane	2598	0,3
Héptacosane	2700	0,1	
	<b>Total</b>		<b>5,7</b>
ALCOOLS	Oct-1-en-3-ol	981	<b>0,3</b>
ALDEHYDES	Nonanal	1104	0,1
	Nonèn-1-al <2E->	1160	0,1
	Décanal	1206	0,1
	β-cyclocitral	1221	0,1
	Décadénal <2E,4E>-	1320	0,1
	1,2-méthyl-tridécanal	1714	0,4
	<b>Total</b>		<b>1,2</b>
PHENOL	Eugénol	1353	<b>0,2</b>
CETONE	Jasmone Z	1393	<b>0,2</b>
DITERPENES ALCOOLS	Phytol	1944	0,4
	Trans phytol	2110	10,1
	<b>Total</b>		<b>10,5</b>

Tableau 21: Suite

	Composé	KI	%
TERPENES IRREGULIERS	Géranyl acétone	1447	0,7
	Fanésyl acétone	1908	0,9
	<b>Total</b>		<b>1,6</b>
MONOTERPENES	Naphtalène	1186	0,1
	$\alpha$ -terpineol	1197	0,4
	Nérol	1225	0,2
	(E)- $\beta$ -ionone	1480	0,4
	Pseudo-ionone (E,E)	1596	0,1
	<b>Total</b>		<b>1,2</b>
NERISOPRENOIDES	$\beta$ -damacénone E	1380	0,6
	Trans- $\beta$ -ionon-5,6-époxyde	1483	0,2
	Mégastigmatriènone 2	1625	0,3
	Safranal	1200	0,1
	<b>Total</b>		<b>1,2</b>
SESQUITERPENES	1-épi-cubénol	1631	0,3
	$\beta$ -caryophyllène	1423	0,1
	2,6,10-triméthyl-dodécane (farnésane )	1462	0,2
	$\gamma$ -muurolène	1477	0,2
	Epi-cubénol	1499	0,2
	$\Delta$ -cadinène	1520	0,3
	Elémol	1551	0,8
	Oxyde de caryophyllène	1599	0,1
	Epi-cédrol	1616	0,5
	$\gamma$ -eudésmol	1636	0,2
	$\alpha$ -épi-muurolol	1648	0,4
	$\alpha$ -cadinol	1660	1,4
	<b>Total</b>		<b>4,7</b>
AUTRES COMPOSES	2-penthyl furane	990	0,1
	Trans-2-(1-pentényl) furane	998	0,1
	Octa-3,5-dièn-2-one	1069	0,2
	6-méthyl-hépta-3,5-dièn-2-one	1103	2
	Nonadiénal (2E, 6Z)-thymoquinone	1153	0,1
	5-penthyl-2(3H)-furanone	1263	0,1
	2,4-diméthyl-3(2H)-benzofurane	1307	0,1
	2-(1,3-butadiényl)-1,3,5-triméthyl-benzène	1392	0,1
	4-(2,6,6-triméthyl cyclohexa-1,3-diényl) butan-2-one	1411	0,9
	1-(6,6-diméthyl-2-méthylène-3-cyclohexényl)-buten-3-one	1428	0,1
	2,6-diisopropyl naphtalène	1721	0,1
	Diisopropyl naphtalène	1726	0,2
	6,10,14-triméthyl-pentadécane-2-one	1841	8,4
	Phtalate	1858	1
	Iso phtalate	1953	0,7
<b>Total</b>		<b>14,2</b>	
<b>Total</b>			<b>88,8</b>

Les sesquiterpènes ont un pourcentage de 4,7%, le produit le plus abondant est l' $\alpha$ -cadinol avec 1,4%, suivit de l'élémol (0,8%) et de l'épi-cédrol (0,5%), les 9 produits restant varient entre 0,3 et 0,1%.

Les monoterpènes et les nérisoprénoïdes représentent chacun un pourcentage de 1,2%, avec l'abondance du (E)- $\beta$ -ionone et  $\alpha$ -terpineol avec 0,4% chacun et du  $\beta$ -damacénone-E avec 0,6%. Les 14,2% que représentent les autres composés sont formés par 15 produits avec 8,4% pour le 6,10,14-triméthyl-pentadécan-2-one et 2% pour le 6-méthyl-hépta-3,5-diène-2-one. Les phénols et les alcools non terpéniques sont très peu représentés avec seulement un composé pour chacun l'eugénol avec 0,2% et l'oct-1-en-3-ol à 0,3% (tableau 22).

Tableau 22: Classes chimiques et Composés majoritaires dans *Genista tricuspidata*

Classe chimique	%	Composé		%
		Nb	Majoritaire	
Acides gras	47,5	14	Acide n-héxadécanoïque	22,6
Alcanes	5,7	12	n-pentacosane	2,4
Alcools	0,3	1	Oct-1-en-3-ol	0,3
Aldéhydes	1,2	6	1,2-méthyl-tridécanal	0,4
Diterpènes alcools	10,5	2	Trans-phytol	10,1
Terpène irrégulier	1,6	2	Farnésyl acétone	0,9
Monoterpènes	1,2	5	(E)- $\beta$ -ionone et $\alpha$ -terpinéol	0,4
Nérisoprénoïdes	1,2	4	$\beta$ -damacénone-E	0,6
Sesquiterpène	4,7	12	$\alpha$ -cadinol	1,4
Phénols	0,2	1	Eugénol	0,2
Autres	14,2	15	6,10,14-triméthyl-pentadécan-2-one	8,4
Total	88,8	74		

#### 2- 1- 5- Composition de l'huile essentielle de *Genista ulicina*

L'analyse de l'huile essentielle de *Genista ulicina* fait apparaître 42 produits avec un taux de 91,24% (tableau 23, figure 25). Les acides gras représentent 54,06%, avec l'acide n-héxadécanoïque (acide palmitique) (18,63%), l'acide dodécanoïque (acide laurique) (14,32%), l'acide tétradécanoïque (acide myristique) (11,45%), l'acide octadéca-9,12-diénoïque (3,08%) et l'acide linoléique avec 3,08%.

Les diterpènes alcools forment la deuxième classe chimique la plus importante avec un seul composé le trans-phytol (4,66%).

Les alcanes représentent 4,55% du total de l'huile essentielle, le nonacosane représente 2,1%, le n-pentacosane (1,25%), les autres composés varient entre 0,41 et 0,12%. Le farnésyl acétone avec 1,83% et le néryl acétone (Z-géranyl acétone) avec 1,47% représentant 3,3% des terpènes irréguliers.

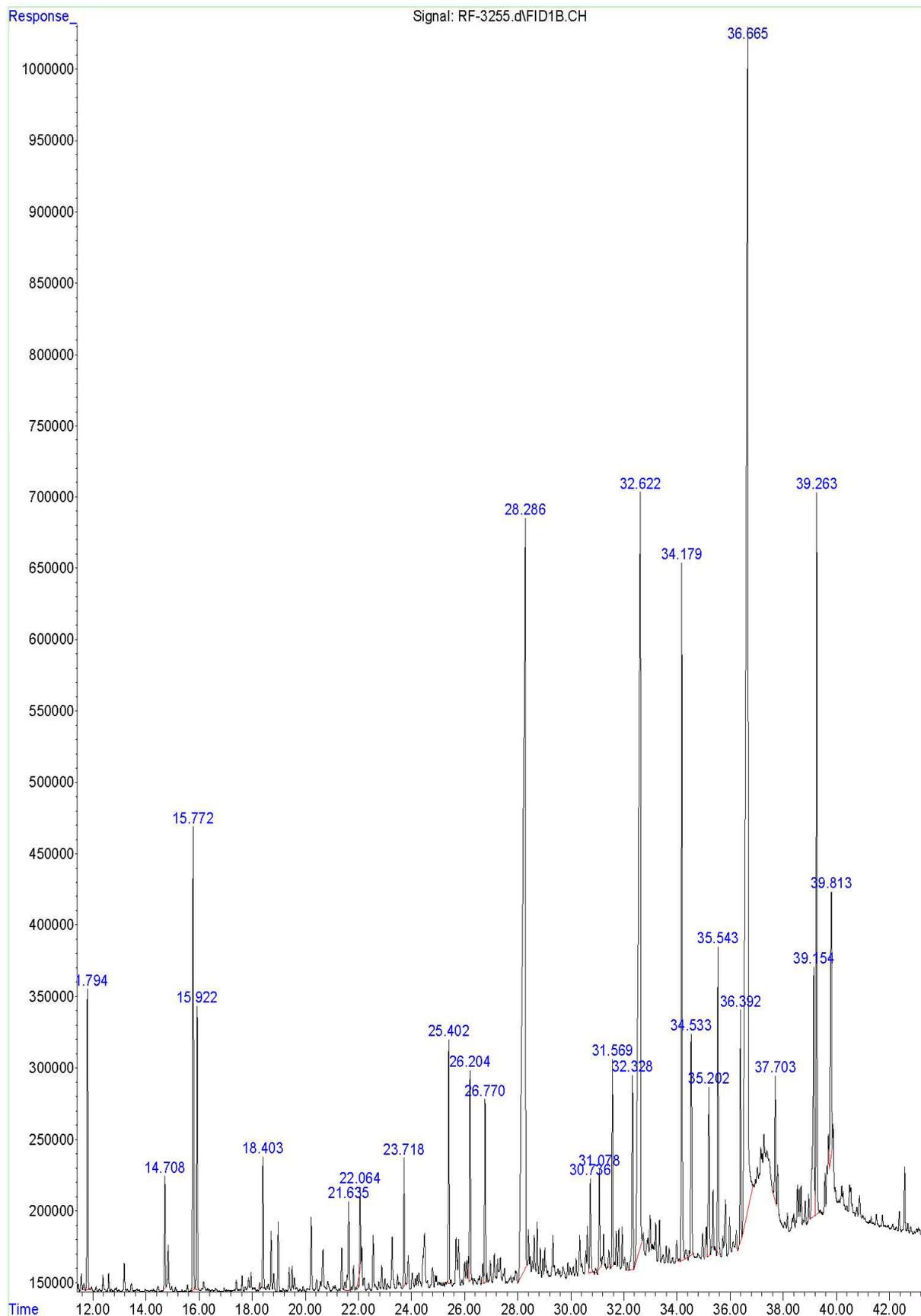


Figure 25: Chromatogramme de *Genista ulicina*

Tableau 23: Composition de l'huile essentielle de *Genista ulicina*

	Composé	KI	%
ACIDES GRAS SATURES ET INSATUREES	Acide dodécanoïque (acide laurique)	1579	14,32
	Tétradécanol (alcool myristique)	1677	0,76
	Acide tétradécaïque (acide myristique)	1772	11,45
	Eicosa-11,14,17-triénoate de méthyle	1891	1,35
	Héxadécanoate de méthyle	1923	0,54
	Acide octadéca-9-énoïque	1931	0,24
	Acide n-héxadécanoïque (acide palmitique)	1989	18,63
	Octadécan-9,12-diénoate de méthyle	2131	0,61
	Acide octadéca-9,12-diénoïque (acide linoléique)	2138	3,08
	Acide linoléique	2156	3,08
	<b>Total</b>		<b>54,06</b>
ALCANES	n-nonadécane	1899	0,41
	n-docosane	2198	0,12
	n-tricosane	2299	0,39
	n-pentacosane	2501	1,25
	n-héxacosane	2598	0,28
	n-nonacosane	2672	2,1
	<b>Total</b>		<b>4,55</b>
ALCOOL	Oct-1-en-3-ol	981	<b>1,9</b>
ALDEHYDES	Nonanal	1104	1,72
	Décanal	1206	0,46
	Tétradécanal	1613	0,35
	Pentadécanal	1715	1,28
	<b>Total</b>		<b>3,81</b>
DITERPENE ALCOOL	trans phytol	2110	<b>4,66</b>
TERPENES IRREGULIERS	Néryl acétone (Z-géranyl acétone)	1446	1,47
	fanésyl acétone	1908	1,83
	<b>Total</b>		<b>3,3</b>
MONOTERPENE	Linalol	1099	0,35
	Naphtalène	1186	0,91
	$\alpha$ -terpineol	1197	0,36
	Géranol	1250	0,47
	(E)- $\beta$ -ionone	1480	1,35
	<b>Total</b>		<b>2,18</b>
NERISOPRENOIDES	Théaspirane A	1301	0,67
	$\beta$ -damacénone E	1380	0,78
	<b>Total</b>		<b>1,45</b>
PHENOL	Thymol	1292	0,31
	4-vinyl-2-méthoxy-phénol	1313	0,42
	<b>Total</b>		<b>0,73</b>

Tableau 23: Suite

	Composé	KI	%
SESQUITERPENE	Oxyde de caryophyllène	1586	0,31
	4-hydroxy-4-méthyl-pentan-2-one	839	0,75
	Octa-3,5-diène-2-one	1069	0,74
	6-méthyl-hépta-3,5-diène-2-one	1103	2,85
	5,6,7,7- $\alpha$ -tétrahydro-4,4,7- $\alpha$ -triméthyl-2(4H)-Benzofurane	1532	1,15
AUTRES COMPOSES	Benzoate d'héxén-3-yl (Z)	1572	0,22
	6,10,14-triméthyl-pentadécane-2-one	1841	4,41
	Phtalate	1858	1,74
	Iso phtalate	1953	1,43
	<b>Total</b>		<b>13,29</b>
	<b>Total</b>		<b>98,52</b>

Les monoterpènes représentent 2,18% avec 1,35% pour l'(E)  $\beta$ -ionone parmi les 5 produits présents, 3 sont des alcools monoterpéniques (tableau 24).

Les norisoprénoïdes sont peu représentés avec deux composés, le théaspirane A et le  $\beta$ -damacénone-E avec une abondance de 1,45%. L'oxyde de caryophyllène avec 0,73% représente le seul sesquiterpène présent dans cette huile.

Tableau 24 : Classes chimiques et Composés majoritaires de *Genista ulicina*

Classe chimique	%	Composé		%
		Nb	Majoritaire	
Acides gras	<b>54,06</b>	10	acide n-héxadécanoïque	18,6
Alcanes	4,55	6	nonacosane	2,1
Alcools	1,90	1	oct-1-en-3-ol	1,9
Aldéhydes	<b>3,81</b>	4	nonanal	1,72
Diterpènes alcools	4,66	1	trans phytol	4,66
Terpène irrégulier	3,30	2	fanésyl acétone	1,8
Monoterpènes	2,18	5	(E) $\beta$ -ionone	1,35
Nérisoprénoïdes	1,45	2	$\beta$ -damascone E	0,78
Sesquiterpène	0,31	1	oxyde de caryophyllène	0,31
Phénols	0,73	2	4-vinyl-2-méthoxy-phénol	0,42
Autres	13,29	8	6,10,14-triméthyl-pentadécane-2-one	4,41
Total	91,24	42		

On constate l'absence des hydrocarbures aromatiques polycycliques. Deux phénols sont présents avec un pourcentage faible (0,73%). Les 13,29% forment le reste des composés avec l'abondance du 6,10,14-triméthyl-pentadécane-2-one avec 4,41% et

le 6-méthyl-hépta-3,5-diène-2-one avec 2,85%, le 5,6,7,7- $\alpha$ -tétrahydro-4,4,7- $\alpha$ -triméthyl-2(4H)-Benzofurane avec 1,45% et l'isophtalate avec 1,15%

## 2- 1- 6- Composition de l'huile essentielle de *Genista vepres*

L'huile essentielle de *Genista vepres* est riche en acide gras avec 54,53% du total de (85,9%). Sur les 14 acides gras, l'acide n-héxadécanoïque (acide palmitique) représente 26,4%, l'acide linoléique (11,7%), l'acide dodécanoïque (acide laurique) représente 8,43% alors que l'acide tétradécanoïque (acide myristique) représente 4,98% (tableau 25, figure 26).

Les alcanes représentent 10,2% de l'huile essentielle avec 3,4% pour le nonacosane, 3,34% pour le n-pentacosane et 1,23% pour le n-tricosane, le reste des composés varient entre 0,08% et 0,56%.

Les diterpènes alcools, phytol et trans phytol, représentent 5,62%, avec l'abondance du trans phytol (5,1%). Les 4 composés nérisoprénoides forment un taux de 4,59% avec l'abondance du théaspirane B (4,16%).

Les monoterpènes, avec 8 composants, sont très peu abondants avec un taux de 0,98%. Le (E)- $\beta$ -ionone représente 0,39%, l' $\alpha$ -terpinéol (0,17%) et l' $\alpha$ -ionène avec 0,11%. Les autres composés ont un taux très faible variant entre 0,03% et 0,08%. Contrairement aux monoterpènes les sesquiterpènes représentent 0,48% dans l'huile essentielle avec seulement trois produits.

Les aldéhydes représentent 1,2% avec 0,29% pour le décadéanal <2E,4E> et 0,17% pour chacun des deux composants le 1,2-méthyl-tridécanal et le nonanal.

Les hydrocarbures aromatiques sont très faiblement concentrés avec 0,09%. Le 6,10,14-triméthyl-pentadécan-2-one avec 3,18% est le composant majoritaire des autres composants (tableau 26).

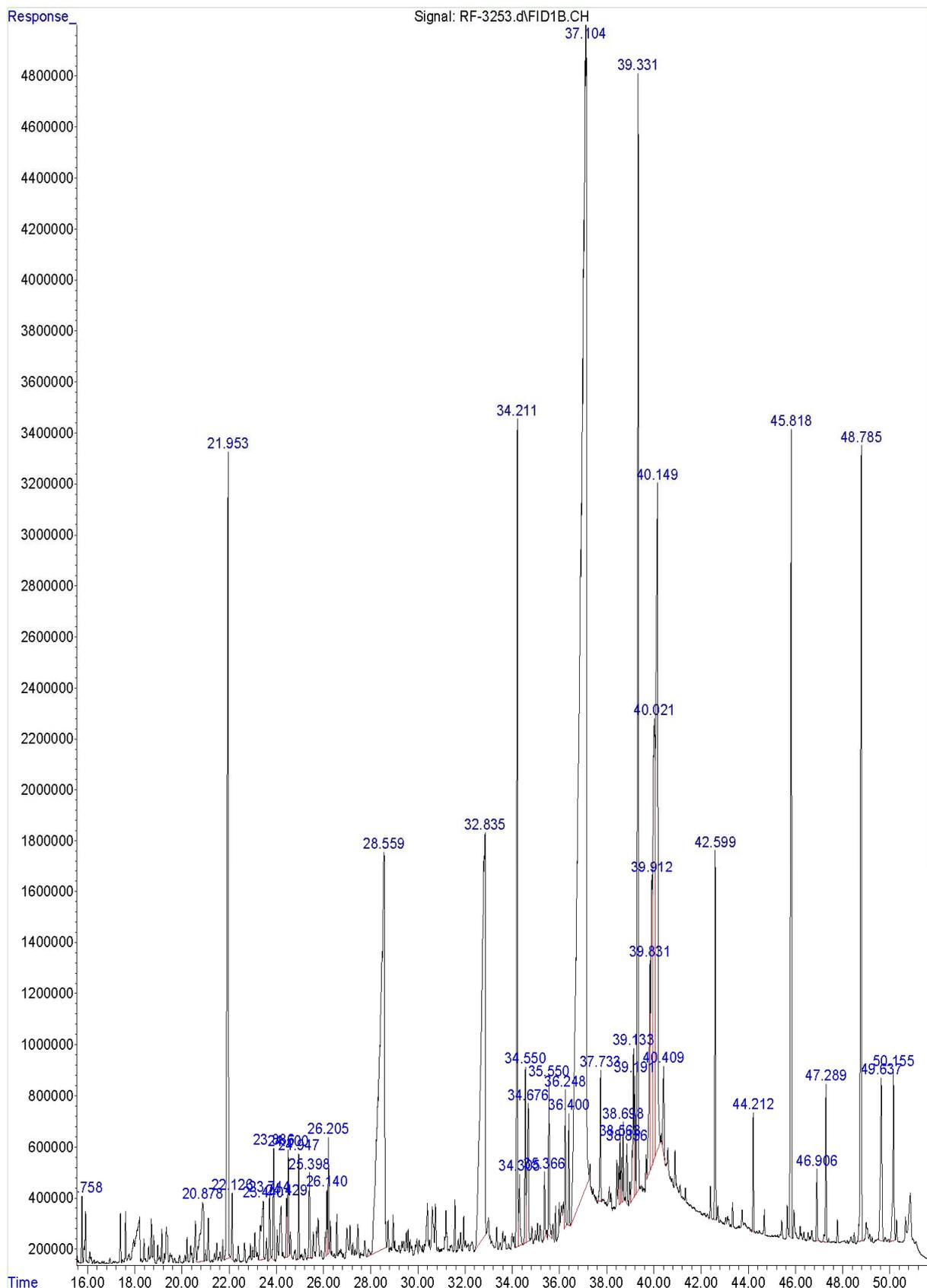


Figure 26 : Chromatogramme de *Genista vepres*

Tableau 25: Composition de l'huile essentielle de *Genista vepres*

	Composé	KI	%
ACIDES GRAS SATUREES ET INSATUREES	Acide octanoïque	1175	0,6
	Acide nonanoïque	1274	0,7
	Acide décanoïque	1370	0,61
	Acide dodécanoïque (laurique)	1579	8,43
	Acide tridécanoïque	1670	0,37
	Acide tétradécanoïque (myristique)	1772	4,98
	Trimethylsilyl myristate	1846	0,41
	Acide pentadécanoïque	1864	0,92
	Héxadécanoate de méthyle	1923	0,11
	Acide n-héxadécanoïque (palmitique)	1989	26,4
	Triméthyl silyl héxadécanoate	2044	0,08
	Acide Héptadécanoïque	2061	0,18
	Acide linoléique	2156	11,7
	Triméthyl silyl laurate	1661	0,33
	<b>Total</b>		<b>54,53</b>
ALCANES	Héxadécane	1596	0,12
	Héptadécane	1697	0,19
	Octadécane	1797	0,08
	n-nonadécane	1899	0,34
	n-hénéicosane	2099	0,56
	n-tricosane	2299	1,23
	n-tétracosane	2398	0,41
	n-pentacosane	2501	3,34
	n-héxacosane	2598	0,54
	nonacosane	2672	3,4
	<b>Total</b>		<b>10,2</b>
ALCOOLS	3-éthyl-4-méthyl-pentan-1-ol	1022	0,05
	Octanol	1072	0,06
	2,2;6,7-tétraméthylbicyclo[4.3.0]nona-4,9(1)-dièn-8ol	1407	0,25
	<b>Total</b>		<b>0,36</b>
ALDEHYDES	Octanal	1004	0,1
	nonanal	1104	0,17
	nonèn-1-al <2E->	1160	0,16
	Décanal	1206	0,06
	β-cyclocitral	1221	0,08
	Décadiénal <2E,4Z>-	1295	0,07
	décadénal <2E,4E>-	1320	0,29
	Ethylvanilline	1454	0,1
	1,2-méthyl-tridécanal	1714	0,17
	<b>Total</b>		<b>1,2</b>
HYDROCARBURE S AROMATIQUES	Salicylate de méthyle	1193	0,05
	Eugénol	1353	0,04
	<b>Total</b>		<b>0,09</b>

Tableau 25: Suite

	Composé	KI	%
DITERPENES	Phytol	1944	0,52
	Trans phytol	2110	5,01
	<b>Total</b>		<b>5,62</b>
TERPENES IRREGULIERS	Néryyl acétone (Z-géranyl acétone)	1446	0,38
	fanésyl acétone	1908	0,56
	<b>Total</b>		<b>0,94</b>
MONOTERPENES	Oxyde de linalol-trans	1071	0,05
	Naphtalene	1186	0,07
	$\alpha$ -terpinéol	1197	0,17
	$\alpha$ -ionène	1212	0,11
	Géraniol	1250	0,08
	Triméthyl tétrahydronaphtalène-1	1256	0,03
	(E)- $\beta$ -ionone	1480	0,39
	Triméthyl tétrahydronaphtalène	1305	0,08
	<b>Total</b>		<b>0,98</b>
NERISOPRENOÏDES	Théaspirane B	1317	4,16
	$\beta$ -damacénone E	1380	0,21
	Trans- $\beta$ -ionon-5,6-époxyde	1483	0,11
	Safranal	1200	0,11
	<b>Total</b>		<b>4,59</b>
SESQUITERPENES	2,6,10-triméthyl-dodécane (farnésane )	1462	0,16
	$\alpha$ -calacorène	1544	0,09
	Intermédeol	1676	0,23
	<b>Total</b>		<b>0,48</b>
OXYDE DE TERPENE	Oxyde de linalol-trans	1071	<b>0,05</b>
AUTRES COMPOSEES	6-méthyl-hépta-3,5-dièn-2-one	1103	0,22
	Nonadiènal (2E, 6Z)-thymohydroquinone	1153	0,16
	5-penthyll-2(3H)-furanone	1263	0,21
	2,3-dihydro-,1,4,6-tétraméthyl-1H-indène	1349	0,06
	1,2-dihydro-1,1,6-triméthyl-naphtalène	1356	0,11
	1-(6,6-diméthyl-2-méthylène-3-cyclohexényl)-butèn-3-one	1428	0,35
	Tridécan-2-one	1494	0,13
	5,6,7,7- $\alpha$ -tétrahydro-4,4,7- $\alpha$ -triméthyl-2(4H)-Benzofurane	1532	0,16
	6,10,14-triméthyl-pentadécan-2-one	1841	3,18
	Phtalate	1858	0,66
	Iso phtalate	1953	0,42
	<b>Total</b>		<b>4,90</b>
	<b>Total</b>		

Tableau 26 : Classes chimiques et Composés majoritaires de *Genista vepres*.

Classe chimique	%	Composé		%
		Nb	Majoritaire	
Acides gras	54,53	14	acide n-héxadécanoïque (palmitique)	26,4
Alcanes	10,2	10	nNonacosane	3,4
Alcools	0,36	3	2,2;6,7-tétraméthylbicyclo[4.3.0]nona-4,9(1)-dièn-8-ol	0,25
Aldéhydes	1,2	9	décadénal <2E,4E>	0,29
Diterpènes alcools	5,62	2	trans phytol	5,01
Terpène irrégulier	0,94	2	fanésyl acétone	0,56
Monoterpènes	0,93	7	(E)-β-ionone	0,39
Nérisoprenoides	4,59	4	théaspirane B	4,16
Sesquiterpènes	0,48	3	itermédeol	0,23
Autres	5,55	11	6,10,14-triméthyl-pentadécan-2-one	3,18
<b>Total</b>	<b>85,9</b>	<b>67</b>		

### 2- 1- 7- Etude Comparative des six espèces

Les profils GC des six espèces de *Genista* apparaissent assez proches. Toutes les espèces ont au minimum trois composés en commun, les six espèces ont le même pic majoritaire, et les autres constituants sont repartis d'une manière hétérogène. La distribution des différents composés de l'huile essentielle sont regroupés dans le tableau 27 la comparaison de ces produits conduit aux observations suivantes.

\* Les acides gras constituent les produits majoritaires dans les six espèces, avec l'abondance de l'acide n-héxadécanoïque (acide palmitique) qui varient entre 15,34 et 32,32%

Les membranes cellulaires des plantes sont principalement composées de cinq acides gras, l'acide stéarique, palmitique, oléique, linoléique et linoléique. En revanche, une très grande diversité d'acide gras existe dans les triglycérides de réserve de graines. Plus de 300 acides gras d'origine naturelle ont été décrits dans les semences, les acides gras varient selon la présence de groupes fonctionnels, tels que hydroxy, époxy, et les groupes acétyléniques (Badami et Patil, 1980 et van de Loo et *al.*, 1993). Plusieurs gènes codent pour des enzymes impliquées dans la synthèse des acides gras (Cahoon et *al.*, 1992; Van de Loo et *al.*, 1995 et Jaworski et Cahoon, 2003).

L'acide linoléique est considéré comme le produit de départ de la biosynthèse de l'acide jasmonique, un composé ubiquitaire du règne végétal qui a une fonction

centrale dans les réactions de défense des plantes en tant que messenger chimique (Schaller, 2001). Lata-Kaul et al., (1990) ont signalés la présence de trois acide gras dans les graines de Leguminosae, qui sont l'acide palmitique, l'acide oléique, et l'acide linoléique, alors que Artamonova et al., (1987) citent la présence, en plus de ses derniers, l'acide stéarique, Cerchiara et al., (2010) indiquent en plus la présence de l'acide myristique, palmitique et margarique.

\* La distribution des alcanes n'est pas homogène dans les six espèces. On constate que l'héptacosane caractérise *G. saharae* et *G. microcephala*, pour *G. numidica* et *G. tricuspidata* c'est le n-pentacosane, alors que le nonacosane est présent seulement chez *G. ulicina* et *G. vepres*. Tandis que l'héptacosane ne représente que 0,1% chez *G. tricuspidata* et il est absent chez *G. vepres*. Le n-pentacosane se retrouve chez les six espèces à des taux approximativement identiques.

Miraldi et al., (2004) constatent que les composés principaux chez *Spartium junceum* (*Genisteae*) sont les tricosanes, tétracosane et le pentacosane et signalent leurs importance dans la sensibilité des insectes dans la sélection des plantes hôtes.

Les Ombellifères, les *Crucifères* et des *Légumineuses* sont caractérisées par la présence des alcanes. La présence de ces alcanes confirment l'utilité de les utilisés comme des caractères chimiotaxonomiques aux niveaux familles, sous-familles et des tribus (Massimo, 1996 et Mimuria et al., 1998). Des alcanes de plusieurs espèces de *Cactaceae*, appartenant à deux sous-familles : *Opuntioideae* et *Cactoideae*, ont été employés en tant que caractères chimiotaxonomiques. Les *Cactoideae* ont été subdivisées en sept tribus sur la base des alcanes et ont indiqués les limites entre les espèces au niveau sous-familles et tribus (Massimo et al., 1997)

\* L'alcool non terpénique, l'oct-1-en-3-ol, caractérise *G. tricuspidata*, *G. ulicina* et *G. numidica*, alors que et *G. vepres* est caractérisée par le 2,2;6,7-tétraméthylbicyclo[4.3.0]nona-4,9(1)-dièn-8-ol, par contre *G. saharae* contient sous forme de trace (0,05%) l'octan-3-ol et *G. microcephala* ne contient pas d'alcool.

Les alcools non terpéniques (alcools aliphatiques) se retrouvent souvent dans la matière végétale, il résultent de l'activité lipoxygénase et leur rôle biochimique ne semble pas être explicite (Jean France, 1992).

\* Le décadéanal <2E, 4E>- caractérise *G. numidica* et *G. vepres*, alors que le 1,2-méthyl-tridécanal caractérise *G. tricuspidata*. *G. microcephala* et *G. ulicina* sont caractérisées par le nonanal cependant le pentadécanal caractérisent *G. saharae*.

Les aldéhydes sont connus comme stimulants de la saveur des aliments à une très faible concentration (1 ppb) et sont essentiellement issus de l'activité lipoxigénase, ou l'autoxydation, des acides linoléique ou  $\alpha$ -linoléique (Belitz et al., 1987).

Les aldéhydes en C6 jouent un rôle important dans la fragrance des plantes mais certains comme le trans-2- hénéal ont aussi des propriétés anti-microbiennes (Croft, et al., 1993). Il a été démontré que le trans-2-hénéal pouvait aussi agir comme molécule-signal permettant l'activation de gènes de défense (Bate et Rothstein, 1998).

\* Le phénol, 4-vinyl-2-méthoxy-phénol, caractérise *G. ulicina*, *G. numidica* et *G. microcephala*. L'eugénol caractérise *G. tricuspidata* alors que *G. vepres* et *G. saharae* l'analyse n'a pas révélé la présence de ce produit.

Des études ont permis de confirmer et de préciser la diversité et l'importance des composés phénoliques des végétaux. Ils constituent des éléments essentiels dans les interactions des plantes avec leur environnement biologique et physique, relations avec les bactéries, les champignons, les insectes, résistance aux UV, mais participent aussi fortement aux critères de qualité (couleur, astringence, amertume...) exemple l'Eugénol (banane et clou de girofle) et salicylate d'éthyle pour la fraise (Macheix et al., 2005).

\* La répartition quantitative et qualitative des terpènes n'est pas homogène dans les six espèces étudiées. *G. tricuspidata* se caractérise par la présence de 25 composés avec un taux de 19,2%. On note la présence de 18 produits chez *G. vepres* avec un taux de 12,45% et 11 produits pour *G. numidica* et *G. ulicina* avec des taux de 16,39% et 10,93% respectivement. La présence, seulement de 8 produits chez *G. microcephala* représente une proportion de 14,5% contrairement à *G. saharae* qui contient 14 produits avec un taux de 5,69%.

\* La quantité des monoterpènes chez *G. numidica* est plus significative par rapport aux autres espèces, le monoterpène naphthalène est présent chez cette espèce et chez *G. ulicina*, *G. tricuspidata* et *G. vepres*. Ce produit est absent de *G. saharae* et *G. microcephala*. Les analyses des huiles essentielles des fleurs de *Spartium junceum*

(tribu *Genisteae*) montre qu'ils sont constitués principalement d'hydrocarbures monoterpènes avec le  $\beta$ -thujène comme composés majoritaire (Bezic *et al.*, 2003). Ces produits sont absents dans nos espèces.

\* Les norisoprénoïdes sont plus ou moins abondant chez *G. saharae*, *G. numidaica* et *G. vepres* et peu abondant dans les trois autres espèces. Les nérisoprenoides tels que l'ionones et le damascones, constituent une note essentielle dans l'arôme du thé, du raisin, des roses et du tabac, dont les caroténoïdes sont les précurseurs importants (Rodríguez-Bustamante et Sánchez, 2007)

\* Les sesquiterpènes sont abondant chez *G. microcephala* et *G. tricuspidata* et peu présent dans les autres espèces. Le trans phytol, un diterpène alcool, est un groupe alkyl des molécules de chlorophylle, est présent dans toutes les plantes chlorophylliennes (Lüttge *et al.*, 1996). Il est utilisé également dans la préparation des vitamine E et K (Harborne et Baxter, 1995). Ce composant est présent chez les six espèces du genre, il est très abondant dans *G. tricuspidata*, moyennement présent Chez *G. microcephala*, *G. ulicina* et *G. vepres* et faiblement présent chez *G. numidica* et *G. saharae*

\* Les terpènes irréguliers sont abondant chez *G. microcephala*, *G. numidica* et *G. ulicina*. Le farnésyl acétone caractérise *G. saharae*, *G. tricuspidata* et *G. vepres*, alors que le néryl acétone caractérise *G. numidica* et *G. ulicina*.

L' $\alpha$ -terpinéol, le linalol, le ( $\beta$ )-h $\acute{e}$ x-2-éнал, le ( $\beta$ )-h $\acute{e}$ x-3-én-1-ol et le géraniol sont responsables de l'odeur de l'huile essentielle des feuilles du *Vaccinium angustifolium*. Un calcul plus précis de la part de chacun des constituants dans un mélange à l'odeur a été proposé pour évaluer la limite de détection olfactive (Ohloff, 1990). La présence des terpènes dans les six espèces est faible par rapport aux acides gras, l'effet combiné de ces composés est responsable de l'odeur caractéristique de l'huile essentielle (Stahl-Biskup *et al.*, 1993).

Tableau 27: Classes chimiques et composés majoritaires dans l'huile essentielle des six espèces

<i>Genista</i>	Monoterpènes	Nérisoprénoides	Sesquiterpènes	Diterpènes alcools	Terpène irrégulier	Hydrocarbure aromatique
	0,85%	3,31%	0,08%	0,77%	1,68%	0,71%
<i>saharae</i>	géranyl linalol	$\beta$ -damacénone E	Elémol	trans phytol	fanésyl acétone	1,2-dihydro-2,5,8-triméthyl-naphtalène
	0,6%	0,8%	3,2%	6,3%	4%	
<i>microcephala</i>	(E)- $\beta$ -ionone	théaspirane A	oxyde de caryophyllène et $\alpha$ -cadinol	trans phytol	géranyl acétone	-
	5,49%	4,11%	0,82%	2,6%	3,37%	1,04%
<i>numidica</i>	naphtalène	théaspirane A	oxyde de caryophyllène	trans phytol	néryl acétone	2,3-diméthyl-naphtalène
	2,18%	1,45%	0,31%	4,66%	3,3%	
<i>ulicina</i>	(E)- $\beta$ -ionone	$\beta$ -damacénone E	oxyde de caryophyllène	trans phytol	fanésyl acétone	-
	0,93%	4,59%	0,48%	5,62%	0,94%	0,09%
<i>vepres</i>	(E)- $\beta$ -ionone	théaspirane B	intermedéol	trans phytol	fanésyl acetone	salicylate de méthyl
	1,2%	1,2%	4,7%	10,5%	1,6%	
<i>tricuspidata</i>	E- $\beta$ -ionone et $\alpha$ -terpinéol	$\beta$ damacéone-E	$\alpha$ -cadinol	trans-phytol	fernésyl acétone	-

Tableau 25 : Suite

<i>Genista</i>	Acides gras saturés et insaturés	Alcanes	Alcools	Aldéhydes	Phenols	Autres
	63,8%	6,25%	0,05	0,97%		7,82%
<i>saharae</i>	acide palmitique	heptacosane	Octan-3-ol	pentadécanal	-	6,10,14-triméthyl-pentadécan-2-one
	65%	3,3%		3,6%	0,6%	12%
<i>microcephala</i>	acide palmitique	heptacosane	-	nonanal	4-vinyl-2-méthoxy-phénol	6,10,14-triméthyl-pentadécan-2-one
	45,3%	2,05%		4,54% 17,73%	1,91%	11,36%
<i>numidica</i>	acide palmitique	n-pentacosane	oct-1-en-3-ol	décadéanal <2E,4E>-	4-vinyl-2-méthoxy-phénol	tétradécan-3-en-5-iène
	54,06%	4,55%	1,9%	3,81%	0,73%	13,29%
<i>ulicina</i>	acide palmitique	nonacosane	oct-1-en-3-ol	nonanal	4-vinyl-2-méthoxy-phénol	tétradécan-3-en-5-iène
	54,53%	10,2%	0,36%	1,2%		5,55%
<i>vepres</i>	acide palmitique	nonacosane	2,2;6,7-tetramethylbicyclo [4.3.0]nona-4,9(1)-dièn-8-ol (	décadéanal <2E,4E>-	-	6,10,14-triméthyl-pentadécan-2-one
	47,5%	5,7%	0,3%	1,2%	0,2%	14,2%
<i>tricuspidata</i>	acide palmitique	n-pentacosane	oct-1-en-3-ol	1,2-méthyl tridécanal	eugénol	6,10,14-triméthyl-pentadécan-2-one

## 2- 2- Analyse en Composantes Principales (ACP)

L'étude des six espèces endémiques du genre *Genista* montre très peu de différences de concentrations totales en huiles essentielles. Pour comparer les profils en composés chimiques nous avons considéré chaque composé comme une variable quantitative à expliquer (tableau 28).

Tableau 28 : Composés de l'huile essentielle utilisée dans les analyses statistiques

Code	Composés	Code	Composés
V3	oct-1-en-3-ol	V115	acide n-héxadécanoïque
V11	linalol	V123	trans phytol
V12	nonanal	V125	acide octadéca-9,12-diénoïque
V17	naphtalène	V127	9,12,15-octadécatriénoate de méthyle
V30	Théaspirane-A	V128	acide linoléique
V35	4-vinyl-2-méthoxy-phénol	V132	n-tricosane
V40	acide décanoïque	V134	n-pentacosane
V41	$\beta$ -damacénone-E	V136	nonacosane
V54	Nérylyl acétone	V137	heptacosane
V60	(E)- $\beta$ -ionone	V27	acide nonanoïque
V71	acide dodécanoïque	V34	théaspirane-B
V92	pentadécanal	V46	2,2;6,7-téraméthyl bicyclo[4.3.0]nona-4,9(1)-diène-8-ol
V95	acide tétradécanoïque	V55	géranyl acétone
V97	6,10,14-triméthyl-pentadécan-2-one	V84	$\alpha$ -cadinol
V101	phtalate	V114	iso phtalate
V108	eicosa-11,14,17-triénoate de méthyle	V48	4-(2,6,6-triméthylcyclohexa-1,3-dienyl)butan-2-one

La composition de l'huile essentielle des six espèces présente une différence notable, ainsi les composants identifiés montrent une grande variabilité interspécifique (Figure 27).

L'acide n-héxadécanoïque c'est le composant qui présente le plus de variation au sein des espèces, suivi de l'acide dodécanoïque et de l'acide linoléique. Les autres composants présentent peu de variabilité.

### 2- 2-1- Etude des variables

#### a- Matrice des corrélations

L'examen de la matrice fait apparaître des coefficients de corrélation élevés, 58,3% des variables sont significativement corrélées (tableau 29).

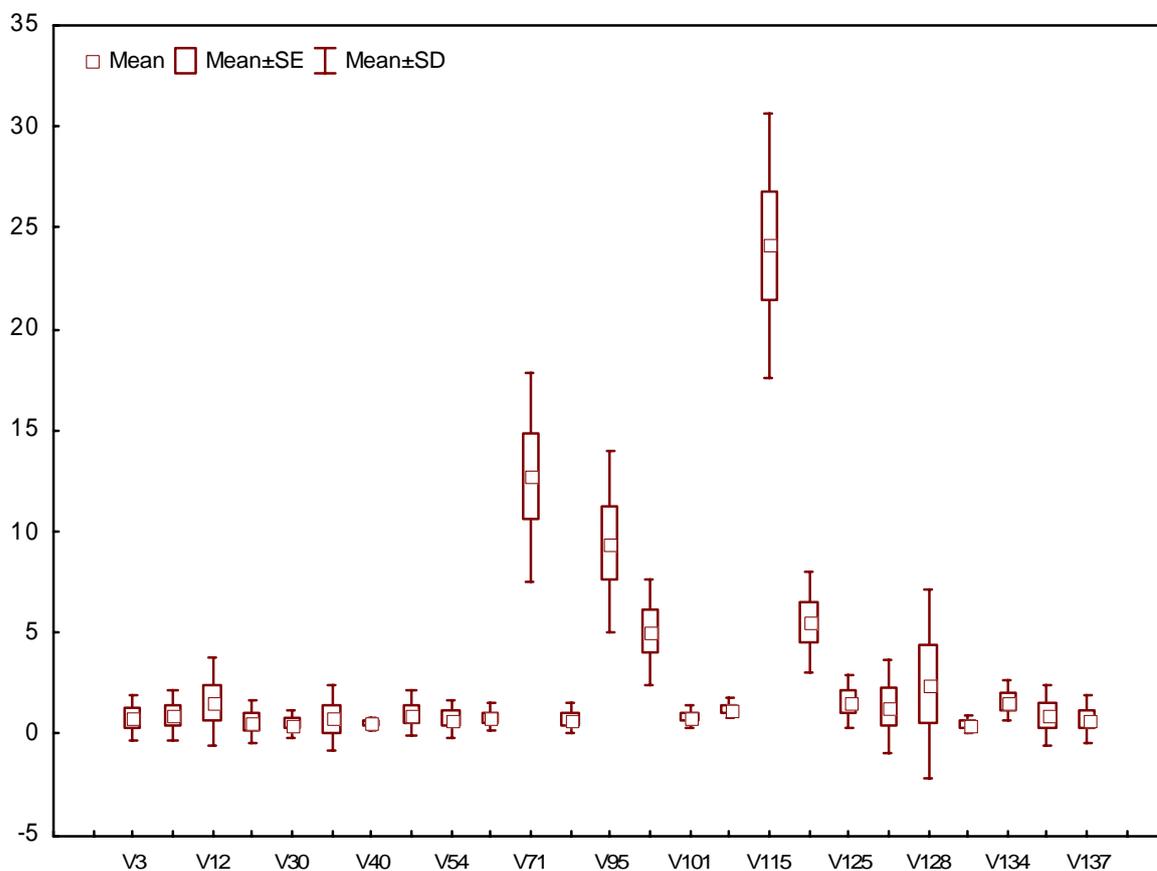


Figure 27 : Variation de la concentration des composés chez les espèces de *Genista*

Les valeurs propres représentent la variance des composants de l'huile sur les axes sont élevées, 41,13% pour le premier axe, 24% pour l'axe 2 et 15,04% pour l'axe trois, donnant ainsi une bonne contribution à la variance totale. L'ensemble de l'information expliquée par les trois premiers axes issus de l'ACP est de 80,17%.

Tableau 29: Matrice de corrélation des composants de l'huile essentielle des espèces du genre *Genista*

	V3	V11	V12	V17	V30	V35	V40	V41	V54	V60	V71	V92	V95	V97	V101	V108	V115	V123	V125	V127	V128	V132	V134	V136	V137	*V27	*V34	*V48	*V55	*V84	*V114			
V3	1,0																																	
V11	0,3	1,0																																
V12	<b>0,8</b>	-0,2	1,0																															
V17	<b>0,9</b>	0,0	<b>0,9</b>	1,0																														
V30	<b>0,8</b>	-0,2	1,0	<b>0,9</b>	1,0																													
V35	-0,2	-0,3	-0,2	-0,1	-0,3	1,0																												
V40	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	-0,3	<b>-0,5</b>	-0,3	0,1	1,0																											
V41	0,1	-0,1	0,1	0,2	0,0	-0,3	0,1	1,0																										
V54	<b>1,0</b>	0,1	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	-0,1	<b>-0,7</b>	0,3	1,0																									
V60	<b>1,0</b>	0,2	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	-0,2	<b>-0,7</b>	0,0	<b>0,9</b>	1,0																								
V71	-0,2	0,2	0,0	-0,3	0,1	<b>-0,5</b>	0,1	<b>-0,6</b>	-0,4	-0,1	1,0																							
V92	<b>0,9</b>	0,0	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,5</b>	0,2	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	0,1	1,0																						
V95	<b>0,5</b>	-0,2	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>-0,4</b>	-0,2	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	-0,3	<b>0,7</b>	1,0																					
V97	<b>-0,6</b>	0,2	<b>-0,5</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,5</b>	<b>0,8</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,5</b>	1,0																				
V101	<b>0,5</b>	<b>0,8</b>	0,0	0,3	-0,1	-0,2	<b>-0,8</b>	0,3	<b>0,5</b>	0,3	<b>-0,4</b>	0,2	0,3	-0,3	1,0																			
V108	0,3	0,2	0,3	0,1	<b>0,4</b>	<b>-0,7</b>	-0,3	-0,1	0,2	0,3	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>	0,3	0,0	1,0																		
V115	<b>-0,9</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,6</b>	0,1	<b>0,8</b>	0,1	<b>-0,8</b>	<b>-0,9</b>	0,1	<b>-0,6</b>	-0,1	<b>0,4</b>	<b>-0,5</b>	0,0	1,0																	
V123	<b>-0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,6</b>	-0,2	0,3	<b>-0,4</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,6</b>	<b>0,5</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,8</b>	<b>0,9</b>	-0,1	-0,2	0,2	1,0																
V125	-0,2	<b>0,5</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,5</b>	-0,2	<b>-0,7</b>	-0,2	0,1	-0,3	-0,3	<b>0,6</b>	0,0	0,2	<b>0,6</b>	0,3	<b>0,7</b>	0,3	0,3	1,0															
V127	<b>0,7</b>	-0,1	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	-0,2	-0,1	0,2	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	-0,3	<b>0,5</b>	0,2	-0,3	0,0	-0,2	<b>-0,7</b>	-0,2	<b>-0,6</b>	1,0														
V128	-0,2	-0,1	-0,3	-0,2	<b>-0,4</b>	<b>0,9</b>	-0,1	<b>-0,4</b>	-0,1	-0,2	<b>-0,4</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,4</b>	0,0	<b>-0,5</b>	0,1	-0,1	<b>-0,5</b>	<b>-0,4</b>	1,0													
V132	<b>-0,4</b>	0,0	<b>-0,5</b>	-0,3	<b>-0,6</b>	<b>0,8</b>	0,0	-0,1	-0,2	<b>-0,4</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,5</b>	-0,3	0,2	<b>-0,8</b>	0,1	0,1	<b>-0,5</b>	-0,2	<b>0,8</b>	1,0												
V134	<b>-0,5</b>	0,1	<b>-0,6</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,7</b>	<b>0,8</b>	0,1	<b>-0,4</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,5</b>	-0,3	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	0,1	0,0	<b>-0,8</b>	0,2	<b>0,4</b>	<b>-0,4</b>	-0,3	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	1,0											
V136	0,0	0,2	-0,3	-0,2	-0,3	<b>0,8</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,4</b>	0,0	-0,1	-0,3	-0,3	-0,3	<b>-0,4</b>	0,3	-0,3	-0,1	-0,2	-0,3	<b>-0,4</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>	1,0										
V137	<b>-0,5</b>	<b>-0,4</b>	-0,3	<b>-0,4</b>	-0,3	<b>-0,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,5</b>	0,0	-0,2	<b>0,5</b>	0,2	-0,3	0,2	<b>0,8</b>	-0,1	<b>0,4</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,4</b>	-0,2	-0,3	<b>-0,5</b>	1,0								
*V27	-0,3	<b>-0,4</b>	-0,3	-0,1	<b>-0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	-0,1	<b>-0,4</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,5</b>	0,0	<b>-0,4</b>	0,0	<b>-0,9</b>	0,2	-0,1	<b>-0,6</b>	0,2	0,3	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	0,0	0,2	1,0								
*V34	<b>0,8</b>	-0,2	<b>1,0</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	-0,2	-0,3	0,1	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	0,0	<b>0,9</b>	<b>0,5</b>	<b>-0,4</b>	-0,1	0,3	<b>-0,6</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,4</b>	<b>0,8</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,7</b>	-0,3	-0,3	-0,3	1,0							
*V48	0,1	0,0	0,1	0,3	0,0	<b>-0,4</b>	0,3	<b>0,6</b>	0,1	0,0	<b>-0,4</b>	0,0	0,2	0,0	0,2	<b>-0,4</b>	-0,1	0,2	-0,2	<b>0,6</b>	<b>-0,6</b>	-0,1	-0,1	<b>-0,7</b>	0,2	<b>0,6</b>	0,1	1,0						
*V55	<b>-0,4</b>	-0,2	0,0	<b>-0,4</b>	0,1	-0,3	<b>0,5</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,6</b>	-0,2	<b>0,9</b>	-0,1	-0,3	<b>0,8</b>	<b>-0,7</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	-0,2	-0,3	<b>-0,6</b>	-0,2	<b>-0,4</b>	0,2	<b>-0,6</b>	0,0	-0,3	1,0					
*V84	<b>-0,4</b>	0,1	-0,2	<b>-0,4</b>	-0,2	<b>-0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,4</b>	<b>0,8</b>	-0,3	<b>-0,6</b>	<b>0,9</b>	<b>-0,5</b>	0,1	0,2	<b>0,9</b>	0,3	0,0	<b>-0,4</b>	-0,3	0,0	<b>-0,5</b>	0,0	-0,3	-0,2	0,1	<b>0,8</b>	1,0				
*V114	<b>0,5</b>	<b>0,9</b>	0,0	0,1	0,0	-0,1	<b>-0,9</b>	-0,3	0,3	<b>0,4</b>	0,0	0,1	-0,2	0,0	<b>0,8</b>	0,2	<b>-0,6</b>	0,1	0,3	-0,1	0,2	0,1	0,1	<b>0,5</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,4</b>	-0,1	-0,2	<b>-0,4</b>	-0,1	1,0			

Cor > **0,35** significative ; Cor > **0,45** hautement significative

## b- Cercle des corrélations

La représentation du plan formé par les deux premiers axes principaux plan 1x2 (Figure 28) montre que l'ensemble des composants de l'huile essentielle contribue fortement à la formation de l'axe 1.

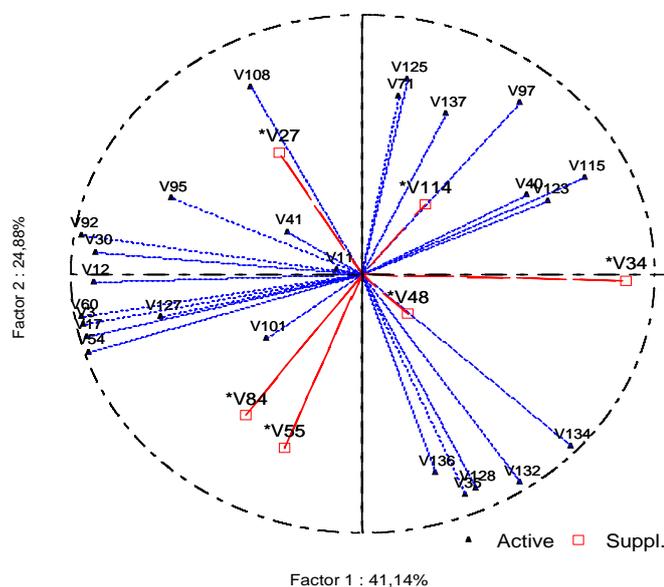


Figure 28: Cercle des corrélations, projection des variables sur le plan (1x2),

La partie positive est expliquée par les variables : (V115) acide n-héxadécanoïque (0,76), (V123) trans phytol (0,64), (V134) n-pentacosane (0,72) et (V34) théaspirane-B (0,90)), par contre la partie négative de l'axe est expliquée par les composés : (V3) oct-1-en-3-ol (-0,95), (V12) nonanal (-0,92), (V17) naphthalène (-0,94), (V30) Théaspirane-A (-0,91), (V54) Néryl acétone (-0,94), (V60) (E)-  $\beta$ -ionone (-0,96), (V92) pentadécanal (-0,96), (V95) acide tétradécanoïque (-0,65) et (V127) 9,12,15-octadécatriénoate de méthyle (-0,69)).

Le (V71) acide dodécanoïque (0,68), le (V97) 6,10,14-triméthyl-pentadécan-2-one (0,66), le (V108) eicosa-11,14,17-triénoate de méthyle (0,72) et le (V125) acide octadéca-9,12-diénoïque (0,75) expliquent la partie positive de l'axe 2, alors que sa partie négative est expliquée par (V35) 4-vinyl-2-méthoxy-phéno (-0,85), (V128) acide linoléique (-0,83), (V136) nonacosane (-0,77), (V132) n-tricosane (-0,81), (V55) géranyl acétone (-0,67) et (V84)  $\alpha$ -cadinol (-0,55).

Les variables, (V11) linalol (0,88), (V101) phtalate (0,47), (V27) acide nonanoïque (0,63) et (V48) 4-(2,6,6-triméthylcyclohexa-1,3-dienyl)butan-2-one (0,30) expliquent



*Genista tricuspidata*, localisée sur la partie positive de l'axe 1 est caractérisée par l'acide n-héxadécanoïque, le trans phytol, le théaspirane-B et le n-pentacosane. Cette dernière espèce s'oppose à *Genista numidica* localisée sur la partie négative de l'axe 1, caractérisé par l'oct-1-en-3-ol, le nonanal, le naphthalene, la théaspirane A, le néryl acétone, l'(E)- $\beta$ -ionone, le pentadécanal, l'acide tétradécanoïque et le 9,12,15-octadécatriénoate de méthyle.

L'axe 2 oppose deux espèces, sur sa partie positive on retrouve *Genista microcephala*, qui se caractérise l'acide dodécanoïque, le 6,10,14-triméthylpentadécan-2-one, le fanésyl acétone et l'acide octadéca-9,12-diénoïque, alors que sur la partie négative on trouve *Genista vepres* qui est caractérisée par le 4-vinyl-2-méthoxy-phénol, l'acide linoléique, le n-tricosane, le nonacosane, le géranyl acétone et l' $\alpha$ -cadinol.

Le linalol, le phtalate, l'acide nonanoïque et le 4-(2,6,6-triméthylcyclohexa-1,3-diényl)butan-2-one caractérisent *Genista ulicina*, sur la partie positive de l'axe 3. Cette espèce, s'oppose à *Genista saharae* sur la partie négative de l'axe 3, qui est caractérisée par l'acide décanoïque, le  $\beta$ -damacénone-E, l'iso-phtalate et l'héptacosane (Figure 31).

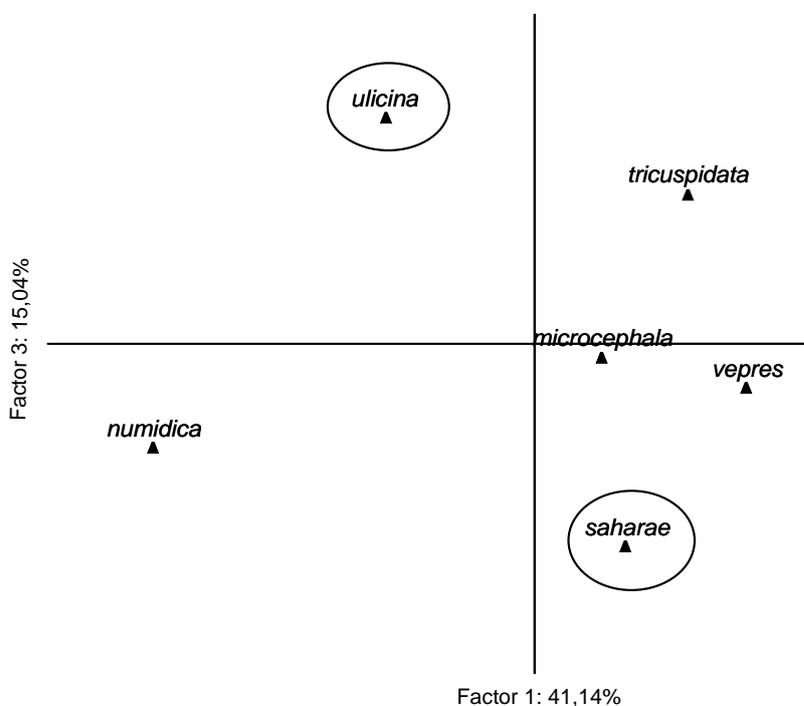


Figure 31 : Projection des espèces du genre *Genista*, sur le plan 1-3

La projection spatiale tridimensionnelle des espèces basée sur les trois axes principaux (Figure 32), montre que *Genista ulicina*, *G. tricuspidata* et *G. numidica* sont nettement séparées de *G. microcephala*, *G. vepres* et *G. saharae* les deux dernière espèces sont plus proche l'une de l'autre.

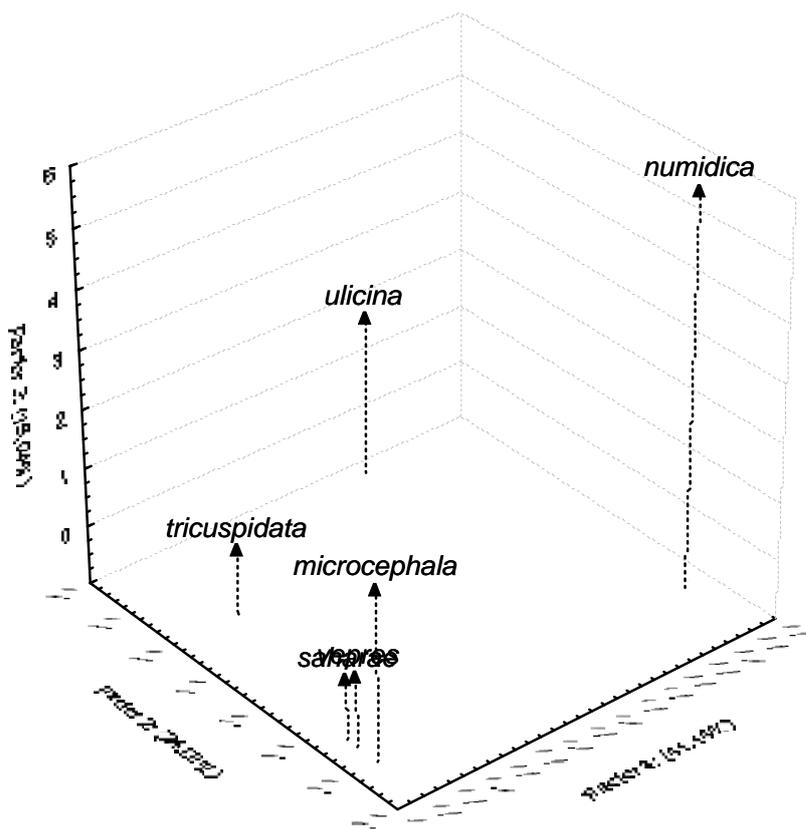


Figure 32 : Projection spatiale des six espèces de *Genista*

### 2- 3- UPGMA

L'analyse des clusters UPGMA (figure 33), basée sur la distance du linkage, confirme la séparation de nos espèces en deux clades distincts.

La première clustration sépare *Genista numidica* du reste des espèces. Cette séparation, nous indique la présence de différence dans la composition de l'huile essentielle de cette espèce et les autres espèces.

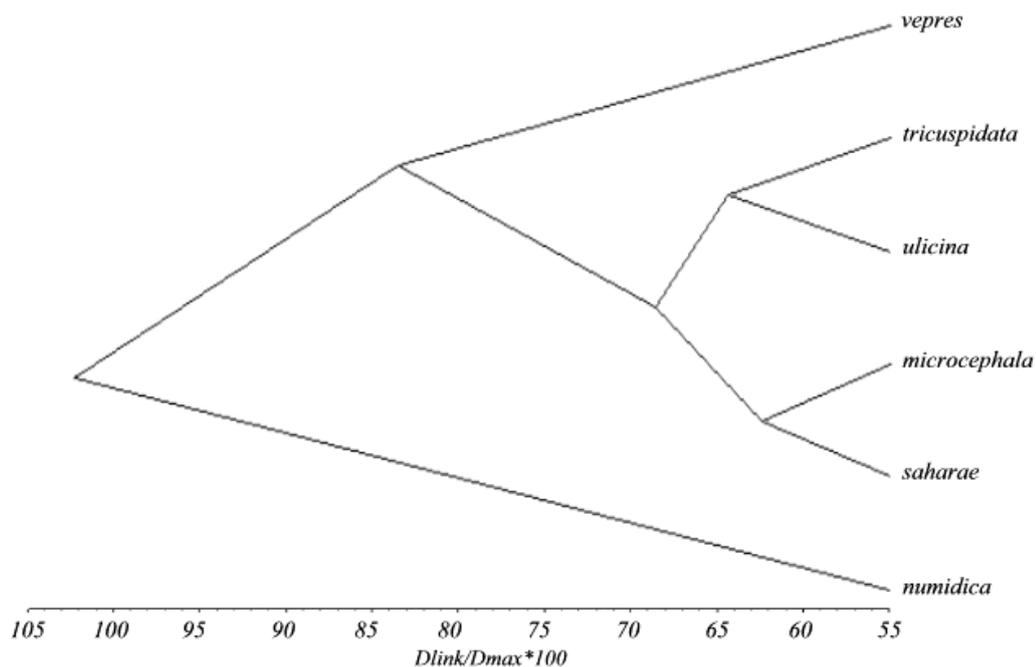


Figure 33 : UPGMA cluster des six espèces de genre *Genista*

Le deuxième groupe est subdivisé en deux clades lui-même subdivisé en deux branches correspondant aux deux groupes écologiquement et morphologiquement bien différenciés. Le premier regroupe *Genista saharae* et *G. microcephala* le deuxième incluent *Genista ulicina* et *Genista tricuspidata* alors que *Genista vepres* se sépare d'eux, mais elle se sépare plus du deuxième groupe.

La présente étude apporte de précieuses informations quant aux relations phylogéniques des espèces. Le concept de similitude peut être divisé en homologie et homoplasie. L'homologie est une similitude héritée d'un ancêtre commun, tandis que l'homoplasie est une similitude qui n'est pas héritée d'un ancêtre commun (Simpson, 1961).

La figure 30 montre les relations de parentés entre les six espèces, construites à partir de l'analyse de 30 composés chimiques (caractères). Les taxons sont scindés en deux groupes. Le premier groupe est formé par *Genista numidica* (sect. *spartocarpus*), l'autre groupe est formé par l'ensemble des cinq espèces restantes. Au sein du second groupe on remarque que *Genista saharae* et *G. microcephala*, appartenant aux sections *Spartidium* et *cephalospartum* respectivement, sont étroitement apparentés puisqu'elles partagent les mêmes caractères ; on suppose qu'elles ont en commun une

espèce ancestrale. Alors que *G. ulicina* et *G. tricuspidata* appartenant à la section *Voglera* sont étroitement apparentées puisqu'ils partagent les mêmes caractères chimiques.

Du point de vue de la similitude globale, on peut juger que d'après la figure 30, les taxons *G. tricuspidata* et *G. vepres* (sect. *Voglera*) se ressemblent plus que chacun d'eux ne ressemble à *G. ulicina* (*tricuspidata* et *G. vepres*). On conclue que les partages de certains caractères chimiques, n'indiquent pas une étroite parenté phylogénétique. Les groupes (*Genista saharae*, *G. microcephala* et *G. ulicina*, *G. tricuspidata*) peuvent être considéré comme monophylétiques, tandis que le groupe (*G. tricuspidata*, *G. vepres*) est dit paraphylétique, et par conséquent, n'a pas d'histoire propre : ce n'est pas un groupe naturel.

Les taxons étroitement apparentés (*Genista saharae*, *G. microcephala*) et (*G. ulicina*, *G. tricuspidata*) sont appelés groupes frères. Par ailleurs, *G. vepres* est le groupe frère de (*G. ulicina*, *G. tricuspidata*) et *Genista numidica* et plus proche de *G. saharae*. Donc c'est un groupe frère à *Genista saharae*, *G. microcephala* et par conséquence un groupe frère à l'ensemble des six espèces.

D'après Darlu et Tassy (1976), plus il y a de caractères en communs entre deux taxons et plus leur ancêtre commun est récent. Donc on peut prétendre que *Genista saharae*, *G. microcephala* ont un parent plus récent par rapport à *Genista numidica* qui pourrait avoir un parent plus anciens par rapport à l'ensemble des autres espèces.

### 3- Hérité chez le genre *Genista*

Les investigations sur l'huile essentielle ont montrées que la concentration en composés identifiés de nos espèces est hétérogène et très variable. Cette variabilité au sein des espèces du genre *Genista* indique la présence d'une variabilité génétique.

Le contrôle monogénétique de la synthèse de plusieurs composés à été prouvé chez plusieurs espèces. Ce contrôle se fait par un gène majeur et les allèles de richesse et de pauvreté sont pratiquement codominants. Les composés à distribution trimodale, généralement, sont sous contrôle monogénétique (Baradat et al., 1972 ; Marpeau et al., 1975, 1983 ; Cahoon et al., 1992; van de Loo et al., 1995 ; Jaworski et Cahoon, 2003 ; Bojovic et al., 2005)

La mise en évidence de ce contrôle génétique pour les espèces étudiées est expliquée par la forme des histogrammes de la concentration en ces composés. 31 composés issus de l'analyse des huiles essentielles montrent une distribution trimodale. Ces produits sont rassemblés en 4 groupes

#### 1- Le premier groupe

La distribution des concentrations de ces composants chez les espèces du genre *Génista* suggère que sont sous le contrôle monogénétique (figure 34). Le coefficient d'aplatissement très voisin de 2, est tout à fait compatible avec une distribution normale. La courbe de distribution est aplatie et dissymétrique à gauche. Les espèces riches en ces produits sont bien représentées par contre les espèces à génotypes hétérozygotes et les génotypes de pauvretés sont faiblement représentés.

#### 2- Le deuxième groupe

Le coefficient d'aplatissement est proche de 2, les génotypes hétérozygotes sont très représentés, mais il existe une légère dissymétrie dans la distribution des génotypes. On remarque que les espèces à génotypes de pauvretés sont plus représentées que ceux à génotypes de richesses (figure 35).

#### 3- Le troisième groupe

On s'aperçoit que la courbe de distribution des composants de ce groupe est asymétrique. Les espèces à faible et forte concentration sont plus représentées alors que les génotypes hétérozygotes sont absents (Figure 36). Les produits à faible concentration sont mal représentés chez les espèces étudiées. Pour les composants (acide tétradécanoïque et l'acide n-héxadécanoïque) la distribution des génotypes est équivalente.

#### 4- Le quatrième groupe

Dans ce groupe la distribution des produits est normal, et la concentration des composés de ce groupe est homogène (Figure 37). Les produits qui présentent cette distribution sont l'acide tétradécanoïque, l'acide n-héxadécanoïque et le pentadécanal.

Cette analyse fait ressortir un fort déficit en hétérozygotes, 72% des composants mogéniques ont des effectifs hétérozygotes faibles, au sein des populations étudiées. Ce phénomène a également été rencontré chez *C. sempervirens* (Korol and *al.*, 1997 ; Papageorgiou and *al.*, 1994 ; Raddi et Sümer, 1999) ainsi que chez de nombreuses autres espèces forestières, Gymnospermes ou Angiospermes (Chamberlin and *al.*, 1996 ; Comps and *al.*, 1990 ; El Mousadik et Petit, 1996).

La présente étude apporte de précieuses informations quant à la diversité neutre (ou supposée neutre) mais ne permet pas de présager de l'importance de la variabilité des caractères adaptatifs chez les espèces. Aussi afin d'optimiser l'utilisation des ressources existantes, la connaissance de la variabilité des caractères de croissance, de résistance à la sécheresse, de forme... reste indispensable.

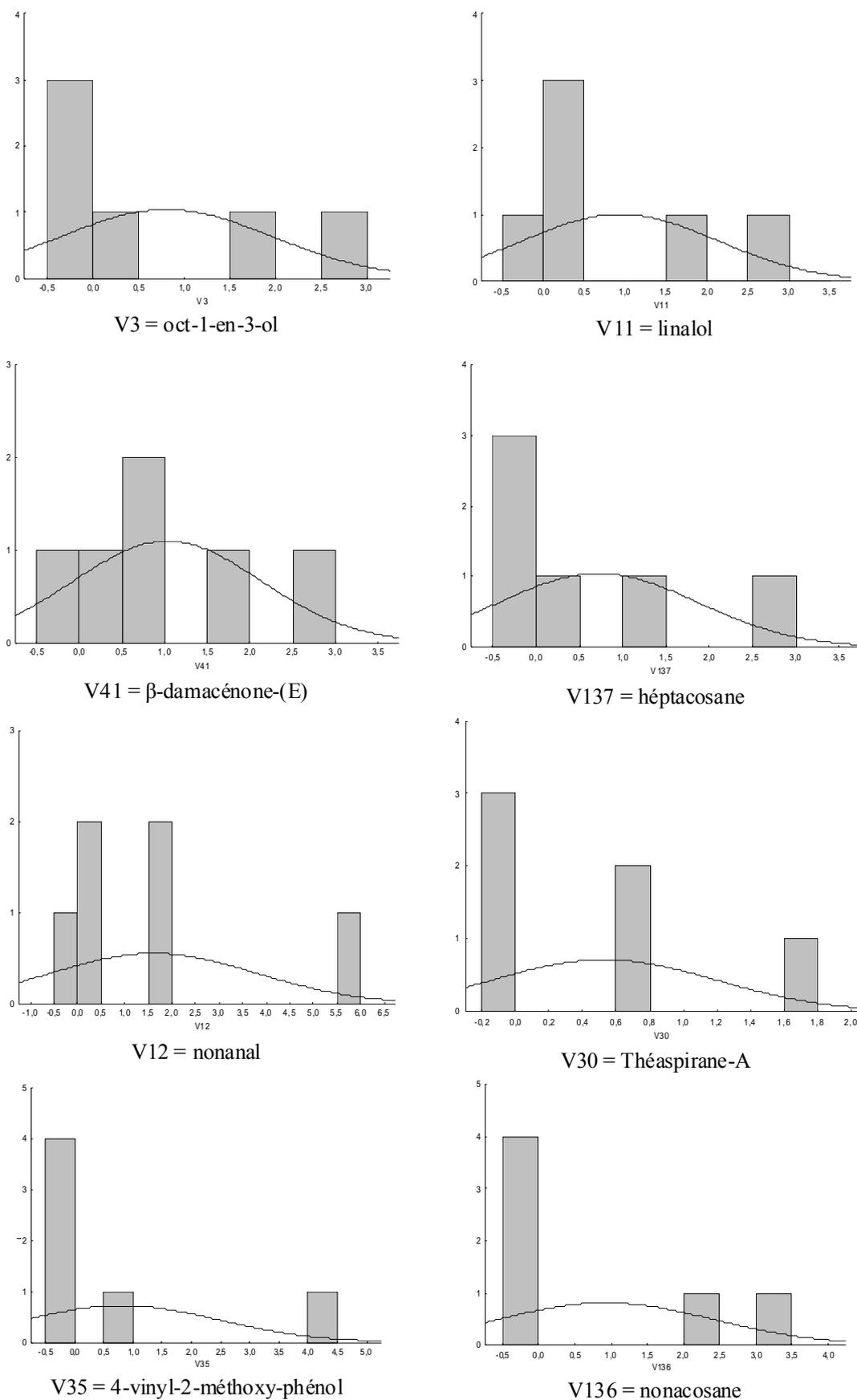


Figure 34: Les composants riches chez espèces du genre *Genista*

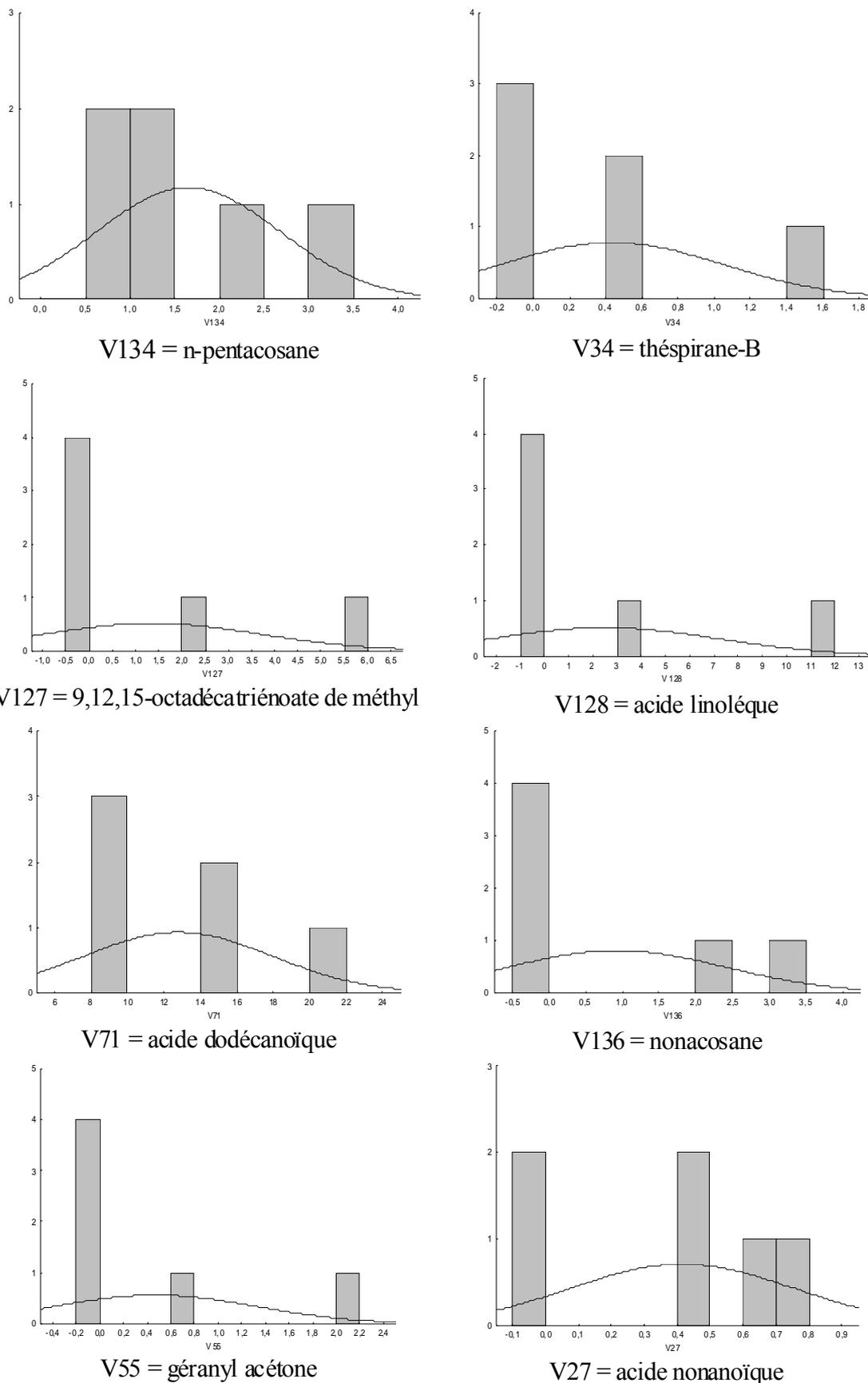


Figure 34: Suite

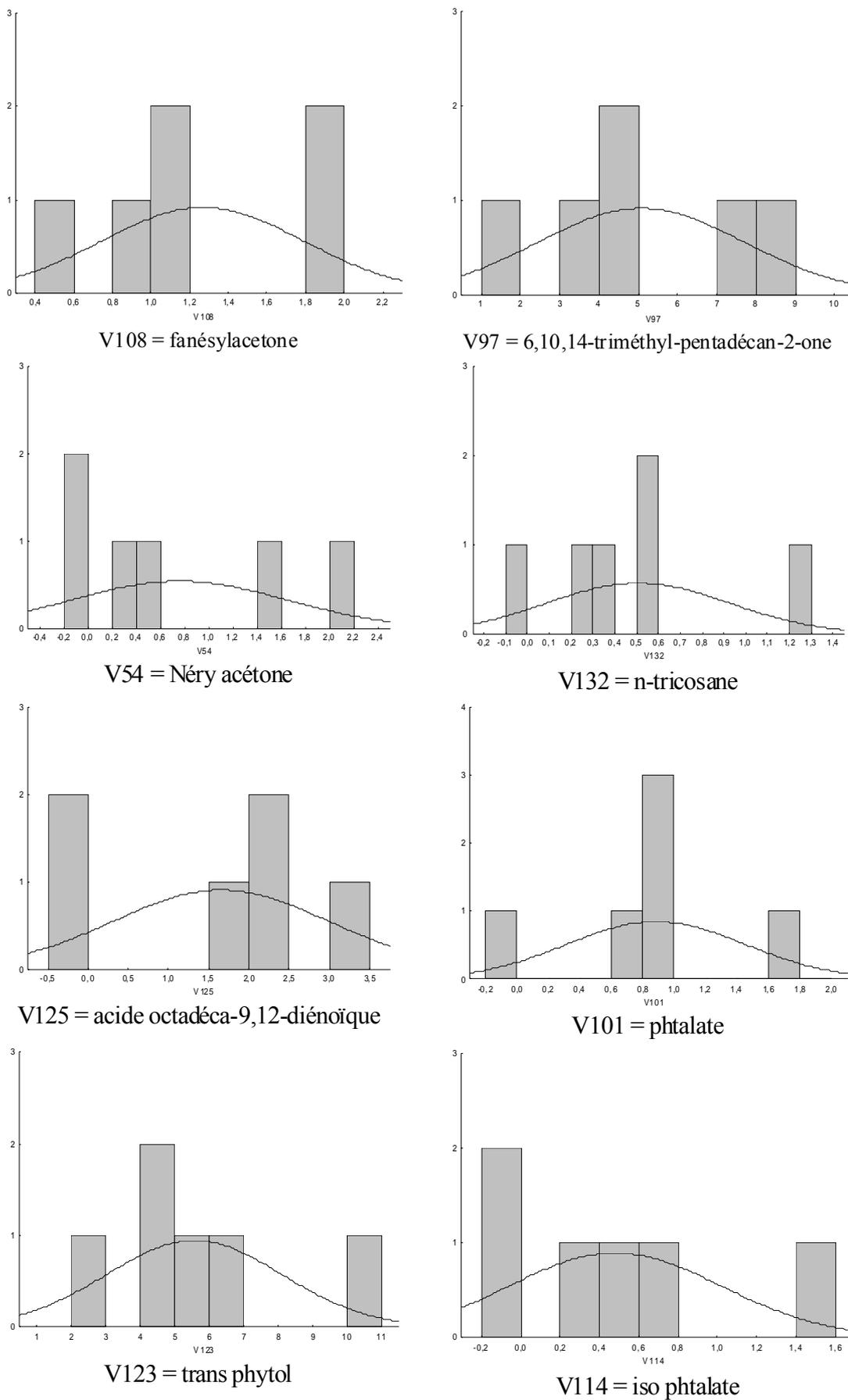


Figure 35: Distribution trimodale pour les espèces riches en hétérozygoties

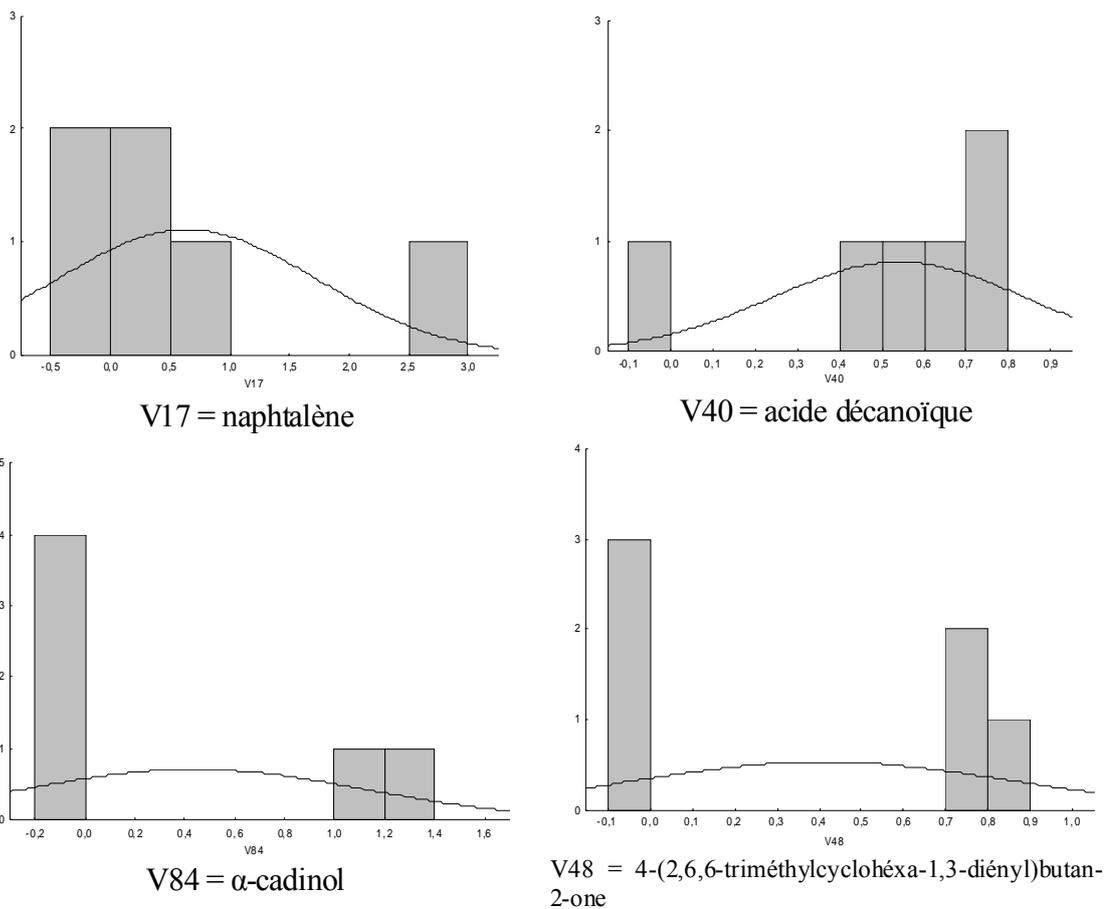


Figure 33 : Distribution trimodale des composants chez les espèces à faible hétérozygotie

Figure 36 :

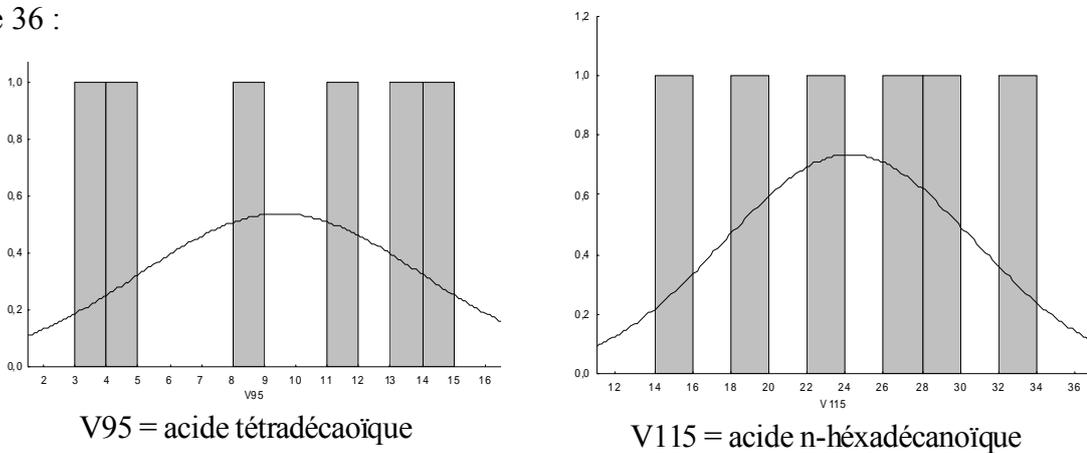


Figure 37 : Distribution trimodale des composants chez les espèces à faible hétérozygotie

## 4- Résultats microbiologiques

Plusieurs huiles essentielles sont connues pour leurs activités biologiques, antibactériennes, antifongiques et anti-oxydantes. Les tests sont effectués par la méthode de l'aromatogramme qui permet de déterminer l'activité inhibitrice de croissance des huiles essentielles par la mesure du diamètre d'inhibition autour d'un disque de papier filtre imprégnés d'HE à la surface du milieu gélosé Mueller-Hinton dans des boîtes de pétri de 9 cm de diamètre préalablementensemencées par  $10^6$  unités formant colonie (UFC)/ml. Les résultats sont exprimés par mesure du diamètre D des halos d'inhibition, en mm après 18h d'incubation à l'étuve à 37°C ; Ces résultats sont exprimés selon trois niveaux d'activités : **Résistant** ( $D = 6\text{mm}$ ), **Intermédiaire** ( $13\text{mm} \geq D > 6\text{mm}$ ), **Sensible** ( $D > 13\text{mm}$ ) (Billerberck et al., 2002).

L'activité bactérienne des huiles essentielles est testée sur trois souches, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus* (tableau 30).

Tableau 30 : Activités antibactérienne des huiles essentielles des six espèces

Gentamicine	[C]	<i>S. aureus</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>E. coli</i>
		15 mm	16 mm	11 mm
<i>G. vepres</i>	1/2	6.8	7.6	7
	1/4	-	-	-
	1/8	-	-	-
<i>G. tricuspidata</i>	1/2	10	7	7.3
	1/4	8	6.2	6
	1/8	-	-	-
<i>G. ulicina</i>	1/2	7.4	7.3	8.8
	1/4	6.9	6.3	6.9
	1/8	-	-	-
<i>G. saharae</i>	1/2	8.7	7.9	8
	1/4	6.8	6.6	8
	1/8	6.2	-	-
<i>G. microcephala</i>	1/2	7.1	12.6	10.4
	1/4	6.4	9	9.8
	1/8	6.4	6.5	6.5
<i>G. numidica</i>	1/2	-	-	-
	1/4	-	-	-
	1/8	-	-	-

Nous avons observées une activité inhibitrice intermédiaire des huiles essentielles de cinq espèces de *Genista* pour une HE pure, alors qu'elle est nulle pour *Genista numidica* pour toutes les concentrés sur les 3 bactéries testés.

L'Huile essentielle de *Genista microcephala* montre une activité plus importante avec des halos de 12,6 et 10,4 pour les bactéries à Gram négatif, *Pseudomonas aeruginosa* et *Escherichia coli* respectivement et de 7,1 mm pour *Staphylococcus aureus* pour une dilution de 1/2. Aux dilutions 1/4 et 1/8 les 3 bactéries restent sensibles montrant des zones d'inhibition comprise entre  $13 \text{ mm} \geq D > 6 \text{ mm}$  (sensibilité intermédiaire).

*Pseudomonas aeruginosa* présente une sensibilité pour les trois dilutions de l'huile essentielle de *G. ulicina*. Alors que *S. aureus* est sensible pour les dilutions 1/2, 1/4 et 1/8 de l'HE de *G. saharae*. *Genista tricuspidata* indique des halos d'inhibitions intermédiaires pour les trois souches pour les dilutions 1/2 et 1/4, alors qu'elle est nulle pour la concentration 1/8.

Saurat et Thomas, (2009), signalent que les acides gras libres ont une activité antimicrobienne sur *Staphylococcus aureus* et sur *Streptococcus*. La Camera et al., 2005, constate que le métabolisme des acide gras est particulièrement actif lors des infections microbiennes, sans que les mécanismes de leurs mobilisations soient bien connus. Les acide gras libres, comme l'acide linoléique possède une grande activité inhibitrice sur *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*. Les concentrations minimales inhibitrices d'acide oléique et l'acide palmitique sont pour ces même bactéries, très supérieurs à celle de l'acide linoléique (Sirot et al., 1983).

Bouhdid (2009) souligne que les huiles essentielles dont les composants majoritaires sont des phénols ou des aldéhydes expriment la plus grande activité antibactérienne.

Malgré la richesse des espèces en acides gras, l'activité antimicrobienne reste moyenne à faible sur les trois souches bactériennes cela peut être expliqué par la concentration des acides linoléique et oléique qui jouent un rôle essentiel dans l'inhibition bactérienne. En plus le taux des aldéhydes et des phénols ne sont pas assez important pour justifier une activité plus importante.

## CONCLUSION

La révision concernant les espèces du genre *Genista* L. (*Fabaceae-Genisteae*) a permis de détecter des facteurs responsables de la confusion botanique du genre avec les différents genres de la tribu et essentiellement avec le genre *Cytisus*. Cette révision a permis la séparation des genres sur la base des caractères morphologiques, sérologiques et caryologiques.

La question de la position taxonomique de *Genista* L. et les genres alliés reste d'actualité. Au sein des *Genisteae*, deux grandes lignes se sont développées, en plus du groupe «primitif» qui comprend *Cytisophyllum*, *Hesperolaburnum*, *Laburnum* et *Podocytisus*: celui qui résulte du groupe *Cytisus* et l'autre du groupe *Genista* (Cusma et al., 2009).

Certains chercheurs estiment que les taxons du genre *Genista* ainsi que la tribu sont en stade évolutif du fait de la présence des aneuploïdies et la diversité du nombre de base chromosomiques.

Pour notre part, nous rejoignons cette dernière opinion, en raison de l'observation de plusieurs niveaux de ploïdie et avec des nombres chromosomiques de base très diversifiés 9, 12 et 13.

Les dénombrements chromosomiques, portés sur six espèces endémiques du genre *Genista* L., ont permis de distinguer deux niveaux de ploïdie.

- Un tétraploïde à  $2n = 4x = 52$  pour *Genista vepres* Pomel.
- Un tétraploïde à  $2n = 4x = 48 + 2B$  pour *Genista tricuspidata* Desf.
- Un tétraploïde à  $2n = 4x = 48 + 2B$  pour *Genista microcephala* Coss & Dur.
- Un tétraploïde à  $2n = 4x = 36$  pour *Genista numidica* Spach.
- Un diploïde à  $2n = 2x = 18$  pour *Genista saharae* Coss. & Dur.
- Un diploïde à  $2n = 2x = 18$  pour *Genista ulicina* Spach

Les résultats caryologiques des espèces de la section *Voglera* sont hétérogènes présentant trois nombres chromosomiques de base secondaires ( $x = 9, 12$  et  $13$ ).

Nous avons pu établir les caryogrammes de *Genista saharae* et de *Genista ulicina* qui sont constitués de 9 paires chromosomiques dont 6 métacentriques et 3 submétacentriques avec une longueur totale variant de 3,56 à 2,36 $\mu$ m, pour la première

espèce, et 7 chromosomes métacentriques et 2 submétacentriques avec une longueur totale variant de 3,2 à 2,9  $\mu\text{m}$  pour *Genista ulicina*.

Le caryotype de *Genista saharae* est qualifié de symétrique et primitif, car les chromosomes possèdent des centromères métacentriques et submétacentriques et leurs tailles sont presque similaires.

Nous avons classé les espèces polyploïdes, *Genista tricuspidata* Desf., *Genista vepres* Pomel, *Genista numidica* Spach et *Genista microcephala* Coss. & Dur. comme des néoendémiques, alors que les espèces diploïdes, *Genista saharae* Coss. & Dur. et *Genista ulicina* Spach sont des paléoendémiques.

D'un point de vue chimiotaxonomique, la comparaison des profils chromatographiques par GC et GC/MS des six espèces, montrent une richesse de l'huile essentielle en acide gras et une abondance faible du point vue quantitative et qualitative des mono et sesquiterpènes. L'acide palmitique est le plus abondant entre 65 et 45,3%, les monoterpènes représentent un taux de 5,49% en comparaison avec les autres espèces. Pour ce qui est des sesquiterpènes leur présence se révéla significative chez *Genista tricuspidata* et *Genista microcephala*. Le trans-phytol qui est un diterpène alcool est très présent chez *Genista tricuspidata*.

Sur l'ensemble des composants identifiés, nous constatons que *Genista tricuspidata*, *Genista numidica* et *Genista vepres* possèdent un nombre élevé de produits contrairement à *Genista microcephala* qui possède 27 produit seulement. L'analyse en composantes principales et la taxonomie numérique, ont donné un coefficient de similitude entre les espèces, tend vers une similitude absolue (94%); les affinités entre eux sont très étroites.

Les analyses multivariées nous a permis de démontrer les liens de parentés entre les différentes espèces, Les affinités sont relativement élevées, entre *Genista tricuspidata*, *Genista ulicina* et *Genista vepres* qui appartient à la même section. Malgré que *Genista microcephala* et *Genista saharae* n'appartient pas à la même section l'UPGMA les regroupe dans la même branche, alors que *Genista numidica* se sépare d'elles.

Jusqu'à présent, il n'est pas évident de tirer des conclusions phylogéniques des modes de distribution des composées chez les espèces étudiées, car d'une part elles ne

peuvent pas être représentatives du genre *Genista* L. et d'autre part les huiles essentielles de la majorité des genres de la tribu des *Genisteae* ne sont pas analysés chimiquement.

D'autres investigations chimiques (alcaloïdes et flavonoïdes), sérologique et analyse de l'ADN chloroplastique, sont nécessaires pour obtenir plus d'informations taxonomiques et phylogéniques, concernant le genre, les unités infraspécifiques, ainsi que les genres de la tribu des *Genisteae* se trouvant en Algérie. Ajouté à cela les nombres chromosomiques, les indications phytosociologiques, les aires de répartition etc..., rapportent d'autant d'informations complémentaires qui aident à la connaissance du genre.

Les huiles essentielles des ces espèces, ont été testée sur trois souche bactériennes, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Saphylococcus aureus*. Les bactéries testées présentent une activité très faible à nul.

Nous espérons que les éléments réunis dans le présent travail contribueront à faire progresser les connaissances systématiques de ce groupe d'espèces connu pour sa complexité.

## Références Bibliographiques

- ADAMS R.P., 1989. Identification of Essential Oils by Ion Trap Mass Spectroscopy. Academic Press, U.S.A., 302 p.
- AFNOR (Association Française de Normalisation), 1978. Épices et aromates, Paris, NF V00 0001.
- AFNOR (Association Française de Normalisation), 1996. Huiles essentielles, recueil de normes françaises, 5ème éd., 1, échantillonnage et méthode d'analyse, 2, spécifications, Paris.
- AGELET A. and VALLÈS J., 2003. Studies on pharmaceutical ethnobotany in the region of Pallars (Pyrenees, Catalonia, Iberian Peninsula). Part II. New or very rare uses of previously known medicinal plants., Journal of Ethnopharmacology, 84(2-3): 211-227.
- AGNIHOTRI S and VAIDYA ADB., 1996. A novel approach to study antibacterial properties of volatile components of selected Indian medicinal herbs. Indian J. of Exp. Biol., 34:712-715.
- ARTAMONOVA N.A., NIKONOV G.K., NUSIPBEKOVA K. and NOSUL CHAK V.A., 1987. Fatty oils from the seeds of some plants of the family Fabaceae., Chem. Nat. Comp. 23(5): 627-628.
- ASSINIWI, B., 1988. La médecine des Indiens d'Amérique. Guérin littérature, Montréal.
- BADAMI R.C. and PATIL KB, 1980. Structure and occurrence of unusual fatty acids in minor seed oils., Prog. Lipid. Res., 19: 119-153
- BARADAT PH. et LAFORÊT J.C., 1972. Essais comparatifs de greffage de branchyblastes (aiguilles) et d'auxiblastes chez le pin maritime, Ann. AFOCEL.
- BATE, N. J. and ROTHSTEIN, S. J., 1998. C6-volatiles derived from the lipoxygenase pathway induce a subset of defense-related genes., Plant J., 16: 561-569.
- BAUME A., 1769. Eléments de pharmacie théorique et pratique, Paris, p. 781-786
- BECCERA J., FLORES C., MENA J., AQUAVEQUE P., ALARCÓN J., BITTNER M., HERNANDEZ V., HOENEISEN M., RUIZ E. and SILVA, M., 2002. Antifungal and antibacterial activity of diterpenes isolated from wood extractable of Chilean *Podocarpaceae*., Boletín de la Sociedad Chilena de Química, 47(2): 151-157
- BEGUIN J., 1624. Les éléments de chimie, Paris, 57 p.

- BELITZ, H.D., GROSCH W. and SCHIEBERLE P., 1987. "Food Chemistry", Ed. CBS, Khetarpaul, Neelam, "Food Processing and Preservation"
- BENAYACHE. A., 2005. new isoflavone from *Genista saharae* (*Fabaceae*)., *Biochemical.Syst and Ecology*, 33: 635-638.
- BENJILALI B, TANTAOUI-ELARKI A, ISMAILI-ALAOUI M, *et al.*, 1986. Méthode d'étude des propriétés antiseptiques des huiles essentielles par contact direct en milieu gélose., *Plant Méd Phytothér*; 20: 155-167.
- BENTHAM G., 1865. Leguminosae., In: Bentham G, Hooker JD, eds. *Genera plantarum*, London: Reeve 1 (2): 434-600.
- BEZIC NADA, VALERIJA DUNKIC, and ANI RADONIC, 2003. Anatomical and chemical adaptation of *Spartium junceum L.* in arid habitat., *ACTA BIOLOGICA CRACOVIENSIA Series Botanica*, 45(2): 43-47.
- BISBY F. A. and NICHOLLS K. W., 1977. Effets of varying character definitions on classifications of *Genisteeae.*, *Bot. J. Linn.*, 74: 97-122.
- BISBY F. A., 1981. *Genisteeae* (Adans.)Benth. in R.M. Polhill & P.H. Raven advances in Legume systematics, Royal Bot. Garden, Kew, 409-425.
- BÔCHER T. W. et LARSEN K., 1958. Secondary polyploidy and ecotypical differentiation in *Sarothamnus scoparius.*, *New Phytol.*, 57(3): 311-317.
- BOISSIER E., (1839-45). Voyage dans le midi de l'Espagne pendant l'année 1837. Paris.
- BOJOVIC S., JURC M., DRAZIC D., PAVLOVIC P., MITROVIC M., DJURDJEVIC L., DODD R.S., AFZAL-RAFII Z. and BARBERO M., 2005. Origin identification of *Pinus nigra* populations in southwestern Europe using terpene composition variations., *Trees*, 19(5):531-538.
- BOUHDID S., 2009. Activités antimicrobienne et antioxydante des huiles essentielles Application biotechnologique pour l'amélioration de la qualité des boyaux naturels, Doctorat National, Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté des Sciences, Tétouan, Maroc.
- BOUMAZA O., MEKKIOU R., SEGHIRI R., SARRI D., BENAYACHE S., GARCIA V. P., BERMEJO J., BENAYACHE F., 2006. Flavonoids and isoflavonoids from *Genista tricuspidata.*, *Chemistry of natural compounds*, 42(6): 730-731.
- BOURQUIN, D., BRENNEISEN, R. AND WICKY, K., 1987. Alkaloids of *Spartidium saharae* Coss. et Dur.(*Fabaceae*)., *Pharm. Acta Helv.* 62: 297-301.
- BOURREL C., 1993. Analyse chimique, activités biostatiques et antioxydantes d'extraits de plantes aromatiques sélectionnées., Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle, INP Toulouse.
- BOUSQUET A., 1972. Plantes médicinales du Congo Brazzaville : *Uvariopsis pauridiantha*, *Diospyros*. ORSTOM., Paris

- BRIQUET J., 1894. Etudes sur les *Cytises* des Alpes Maritimes., Genève et Bâle.
- BRUNETON J., 1987. Éléments de phytochimie et de Pharmacognosie., Tec. et Doc. Lavoisier, Paris p 230.
- BRUNETON J., 1999. Pharmacognosie., Ed. Lassay les Chateaux, Europe Média Duplication S.A., 496-497.
- BUCHEGGER J., 1912. Beiträgäe zur systematic von *Genista hassertiana*, *G. holopetala* und *G. radiata*., Oesterr. Bot.Zeitschr., 67:303-438.
- CAHOON EB, SHANKLIN J. and OHLROGGE JB., 1992. Expression of a coriander desaturase results in petroselinic acid production in transgenic tobacco., Proc. Natul. Acad. Sci. USA, **89**: 11184-11188.
- CASTRO D., 1945. Algunas dados cariologicos para a sisteätica dos géneros *Echinopartum* (spach) Rothm., *Stauracanthos* Link, *Nepa* Webb e *Ulex* L., Bol., Soc. Brot., 19(2): 525-538.
- CERCHIARA T., G. CHIDICHIMO, M.I. RAGUSA, E.L. BELSITO, A. LIGUORI and A. ARIOLI, 2010. Characterization and utilization of Spanish Broom (*Spartium junceum* L.) seed oil., industrial Crops and Products, 31(2): 423-426.
- CHAMBERLAIN J.R., HUGHES C.E. and GALWEY N.W., 1996. Patterns of isozyme variation in the *Leucaena shannonii* alliance (*Leguminosae: Mimosoideae*)., Silvae Genet., 45: 1-7.
- CHARCHARI S. et BOUTEKEDJRET C., 1994. Composition chimique de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* assa. provenant de différentes régions d'Algérie., Rivista Italiana EPPOS, 13: 631-633.
- CHARLES D. J. et SIMON J. E., 1992. A new geraniol chemotype of *Ocimum gratissimum*., J. Essent. Oil Res., 4: 231-234.
- CHAUMONT JP et LEGER D., 1992. Lutte contre les moisissures allergissantes des habitations. Propriétés inhibitrices de l'huile essentielle de *Geranium* "Bourbon", du citronellol, du géranol et du citral., Ann. Pharm. Fr., 50: 156-166.
- CHAUMONT J.P. et LEGER D., 1989. Propriétés antifongiques de quelques phénols et de composés chimiquement voisins, relation structure-activité., Plant. Méd. Phytothér., 23:124-128.
- CHRISTOV V. DUTSHEWESKA H. D. SELENGHA S. ZHAVSON and ZHAMYANSAN Y., 1991. 13-epi-Hydroxysparteine and Desoxyangustifoline, New Alkaloids from *Thermopsis mongolica*., J. Nat. Prod., 54: 1413-1415.
- COMPS B., THIEBAUT B., PAULE L., MERZEAU D. and LETOUZEY J., 1990. Allozymic variability in beechwoods (*Fagus sylvatica* L) over central Europe: spatial differentiation among and within populations., Heredity, 65: 407-417
- CONGER A. D. and FAIRCHILD L., 1953. A quick-freeze method for making smear

- slides permanent., *Stain Technology*, 28(6): 281-283.
- CONSEIL DE L'EUROPE, 1974. Matières aromatisantes naturelles, leurs sources et matières aromatisantes artificielles ajoutées., *Maison-neuves*, 17-31.
- CONTANDRIOPOULOS J., 1957. Contribution à l'étude caryologiques de la Corse., *Ann. Fac. Sci. Marseille*, 26: 51-65.
- CONTANDRIOPOULOS J., 1962. Recherches sur la flore endémique de la Corse et sur ses origines., *Ann. Fac. Sci. Mars.*, 32: 1-354.
- CONTANDRIOPOULOS J., 1969. Contribution à l'étude cytotaxonomique des *Alysseae* Adams de Grèce., *Bull. Soc. Bot. Suisse*, 79: 313-334.
- CRISTOFOLINI G. and LAURA FEOLI CHIAPELLA; 1977. Serological Systematics of the Tribe *Genisteae* (*Fabaceae*)., *Taxon*; 26(1): 43-56.
- CRISTOFOLINI, G., 1991. Taxonomic revision of *Cytisus* Desf. Sect. *Tubocytisus* DC., *Webbia*, 45(2): 187-219.
- CROFT, K. P. C., JÜTTNER, F. and SLUSARENKO, A. J., 1993. Volatile products of the lipoxygenase pathway evolved from *Phaseolus vulgaris* (L.) leaves inoculated with *Pseudomonas syringae* pv. *Phaseolicola*., *Plant Physiol.* 101: 13-24.
- CROTEAU F., 1986. Biochemistry of monoterpenes and sesquiterpenes of the essential herbs : spices and medicinal plants, Recent advances in botany, horticulture and pharmacology. Vol., 1, Craken, Simon, Oryx Press, Phoenix.
- CROUTEAU R., 1988. Catabolism of monoterpenes in essentials oil plants, Flavour and Fragrance, A world perspective, Amsterdam (Netherland) : 65-83.
- CUBAS P., PARDO C., SANCHEZ-MATA D. and P. CANTO, 1998. Karyological and taxonomic notes on *Genista* L. (*Papilionoideae*, *Leguminosae*) from the Iberian Peninsula., *Botanical Journal of the Linnean Society*, 128: 423-434.
- CUSMA V. T. and FEOLI CHIAPELLA L., 1991. Systematic relationships within the *Genista sylvestris* group (*Genisteae*, *Fabaceae*) on the basis of karyological and biometrical data., *Flora Mediterranea*, 1: 21-29.
- CUSMA V. T. and FEOLI CHIAPELLA L., 1994. Karyological studies of *Spartocytisus* Webb & Berth. (*Genisteae-Fabaceae*)., *Studia Geobotanica*, 14: 33-39.
- CUSMA V.T., FEOLI CHIAPELLA L. and AYTAC Z., 2002. Report (1315). In: Kamari G., Blanché C., Garbari F. (Eds), Mediterranean chromosome number reports 12., *Flora Mediterranea*, 12: 480-482.
- CUSMA V.T., FEOLI CHIAPELLA L. and BACCHETTA G., 2000. Reports (1189-1190). In: Kamari G., Felber F., Garbari F. (Eds), Mediterranean chromosome number reports 10., *Flora Mediterranea*, 10: 401-405.

- CUSMA VELARI T., FEOLI CHIAPELLA L. and KOSOVEL V., 1996. Osservazioni cariosistematiche sul gruppo di *Genista sericea*., *Giornale Botanico Italiano*, 130 (1): 369.
- CUSMA V. T., FEOLI CHIAPELLA L. and KOSOVEL V., 1999. Karyological systematics of *Genista ifniensis* A. Caballero, *Genista tricuspidata* Desf., and related species (*Genisteeae-Fabaceae*)., *Studia Geobotanica*, 17: 77-83.
- CUSMA V.T., FEOLI CHIAPELLA L. and KOSOVEL V., 2003. Karyological notes on *Genista sect. Spartioides Spach* with emphasis on western species and *G. pilosa* L. (*Genisteeae-Fabaceae*)., *Studia Geobotanica*, 22: 55-64.
- CUSMA V.T. and FEOLI CHIAPELLA L., The so-called primitive genera of *Genisteeae (Fabaceae)*: systematic and phyletic considerations based on karyological data., 160: 232–248.
- CUSMA V.T., FEOLI CHIAPELLA L. and KOSOVEL V., 2009. Karyomorphology and systematics of the eastern taxa of *Genista* sect. *Spartioides* and *G. pulchella* (*Genisteeae-Fabaceae*)., *CARYOLOGIA*, 62(2): 102-113
- DARLU P. et TASSY P., 1976. La reconstitution phylogénétique: Concepts et Méthodes., Ed. Edmond Jabès, 244p.
- DE BILLERBECK V. G., ROQUES C., VANIERE P. et MARQUIER P., 2002. Activité antibactérienne et antifongique des produits à base d'huiles essentielles, *HYGIENES*, X (3): 248-251.
- DE CLEYN R. and VERZELE M., 1972. Constituents of peppers, *Chromatographia*, 5: 346-350.
- DESBOIS A.P. and SMITH V.J., 2010. Antibacterial free fatty acids: activities, mechanisms of action and biotechnological potential., *Applied microbiology and biotechnology*, 85 (6): 1629-1642.
- DIOSCORIDE, De materia médica, Lib. II, 69.
- DJERRARI A., BENJILALI B. et CROUZET J., 1992. Effet de la période de coupe sur la composition de la fraction volatile de la verveine de Maroc., *Rivista Italiana EPPOS*, 11: 611-614.
- EDWARD P. CLAUS, VARRO E.T. and LYNN R.B., 1987. *Pharmacognosy*., sixth edition LEA et Febiger, 184-187.
- EL AJJOURI M., SATRANI B., GHANMI M., AAFI A., FARAH A., RAHOUTI M., AMARTI F. and BERCHANE M., 2008. Activité antifongique des huiles essentielles de *Thymus bleicherianus* Pomel et *Thymus capitatus* (L.) Hoffm. & Link contre les champignons de pourriture du bois d'œuvre., *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 12(4): 345-351.
- EL MOUSADIK A. et PETIT R.J., 1996. Chloroplast DNA phylogeography of the argan tree of Morocco., *Molecular Ecology*, 5: 547-555.

- EL RHAFFARI L., ZAID A., ET EL ALAMI F., 1999. Valorisation et protection de la flore utilisée en médecine traditionnelle dans le Tafilalet et ces environs, *Minbar Al-Jaiâa*, 1: 183-189.
- ENDLICHER S. L., 1840. *Genera Plantarum.*, Vienna.
- EVANS M.B. and HAKEN J.K., 1989. Review, Recent Developments in the Gas Chromatographic Retention Index Scheme. *J. Chrom.*, 472: 93-127.
- FARMER H.J. et MOORE J.E.S., 1905. On the meiotic phase in animals and plants.
- FAUGERAS, G. AND RENE, R., 1966. The alkaloids content of some *Genista* species and other legumes., *Klasse fuer Chemie, Geologie und Biologie*, 3: 235-236.
- FAVARGER C. et CONTANDRIOPOULOS J., 1961. Essai sur l'endémisme., *Bull. Soc. Bot. Suisse.*, 77: 383-408.
- FAVARGER C. et SILJAK-YAKOVLEV S., 1986. A propos de la classification des taxons endémiques basée sur la cytotaxonomie et la cytogénétique., *Coll. Int. Bot. Pyr. Soc. Bot. Fra. (ISARD).*, pp. 287-301.
- FAVARGER C., 1967. Cytologie et distribution des plantes., *Biol. Rev.*, 442: 163-206.
- FEDOROV A., 1969. Chromosomales numbers of flowering plants., *Komarov Bot. Inst. Acad. Sci., Leningrad, USSR.*
- FEOLI CHIAPPELLA L. and CRISTOFOLINI G., 1981, Serological contributions to the systematics of *Ulex (Genisteae-Fabaceae)* and allied genera., *Nord. J. Bot.* 1: 723-729.
- FERNANDES A. et SANTOS F., 1975. Contribution à la connaissance cytotaxinomique des *Spermatophyta* du Portugal. IV- *Leguminosae.*, *Bot. Soc. Brot.*, 45(2): 177-225.
- FERNANDES A. et QUEIROS M., 1978. Contribution à la connaissance cytotaxinomique des *Spermatophyta* du Portugal. IV- *Leguminosae* (Suppl. 3)., *Bot. Soc. Brot.*, 52(2): 79-164.
- FERNANDES A. et SANTOS M. F., 1971. Contribution à la connaissance cytotaxinomique des *Spermatophyta* du Portugal. IV- *Leguminosae.*, *Bot. Soc. Broteriana*, 45(2a): 178-219.
- FERNANDES A., QUEIROS M. et SANTOS M, F., 1977. Contribution à la connaissance cytotaxinomique des *Spermatophyta* du Portugal. XV- *Scrophulariaceae.*, *Bot. Soc. Brot.*, 51(2a): 37-90.
- FERNANDES A., SANTOS M. F. et QUEIROS M., 1977. Contribution à la connaissance cytotaxinomique des *Spermatophyta* du Portugal. IV-*Leguminosae* (Suppl. 2)., *Bot. Soc. Brot.*, LI(23): 37-186.
- FIEDLER K.; KRUG E. and PROKSCH P., 1993. Complete elimination of host plant quinolizidine alkaloids by larvae of a *Polyphagous lycaenis* Butterfly *Callophrus, Rubia.*, *Oecologia*, 94(3): 441-445.

- FLUCK H., 1963. Chemical plant taxonomy., London T. Swain Academic.
- FORISSIER R., 1973. Recherches cytotaxonomiques préliminaires sur les genres *Lembotropis*, *Cytisus*, *Chamaecytisus*, *Genista* et *Chamaespartum*., Bull. Sci. Nat. Soc. Neuch., 96: 51-65.
- FRANCHOMME P., JOLLOIS R., PENOEL D., and MARS J., 1990. Aromathérapie exactement. Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles., éd. R. JOLLOIS, Limoges, France.
- GADELLA T. W. J. and KLIPHUIS E., 1967. Chromosome numbers of flowering plants in the Netherlands III., Proc. Kon. Ned Acad. Wet., Ser. C, 70: 7820.
- GADELLA T. W. J. et KLIPHUIS E., 1966. Chromosome numbers of flowering plants in the Netherlands II., Kon. Akad. Wet. Amsterdam Proc., 69(5): 541-556.
- GALLEGO M. F., SANCHEZ M. A. et ANDRES F. N., 1985. Datos cariologicas del algunas *Genisteas* supra-Mediterraneas., Lazaro, 8: 97-103.
- GALLEGO M. F., SANCHEZ M. A. & ANDRES F. N., 1986. Acerca de la cariologia de algunas *Geniateas* del Centro-occidentel-Espanol., Lazaro, 9: 55-60.
- GARNERO J., 1978. L'évolution des méthodes et techniques d'analyse dans l'étude de la composition chimique des huiles essentielles. Labo-pharma Problèmes et Techniques n° 277.
- GARNERO J., 1985. Les problèmes rencontrés au cours de l'obtention des huiles essentielles : le cas des huiles des labiées (1<sup>ère</sup> partie), Phytotherapy, 13 : 5-8.
- GASPAR F. and LEEKE G., 2004. Essential oil from *Origanum vulgare* L. ssp. *virens* (HOFFM. and LINK), JEOR, 16(2): 82-84
- GERVAIS C., 1979. Liste annotée des nombres chromosomiques de la flore vasculaire du Nord-Est de l'Amérique, Naturaliste Can., 106: 451-461.
- GIACHI I., MANUNTA A., MORELLI I. and PISTELLI L., 2002. Flavonoids and isoflavonoids from *Genista morisii*., Biochemical Systematics and Ecology, 30: 801-803.
- GIBBS P. E., 1966. A revision of genus *Genista* L., Note from the Royal Botanic Garden Edinburgh, 27(1): 11-99.
- GIBBS P. E., 1968. *Genista* L. in Tutin and al, Flora Europea 2, Cambridge.
- GILOT J., 1965. Contribution à l'étude cytotaxonomique des *Genisteae* et des *Loteae*., Cellule, 65(3): 317-347.
- GOLDBLATT P., 1981. Cytology and the phylogeny of *Leguminosae*., in R.M. Polhill & P.H. Raven, "Advances in Legume systematics", Royal Bot. Garden, Kew, 427-488.
- GRANUGLIO G. et ROSSO R., 1968. Embrologia e cariologia di *Genista anglica* L., con note fitogeografiche e sistematiche., Giorn. Bot. Ital., 102: 207-215.

- GRAY J.R., 1972. *Fatty acids from certain Andropogoneae.*, *Phytochemistry*, 11: 1192-1193.
- GRAY P., 1954. *The microtomist's from lary and guide.*, Constable, London.
- GREINWALD R., CANTS P., BACHMANN P., WITTE L. and CZYGAN F. C., 1992. Distribution and taxonomic signifiante of alkaloids in the *Genista cinerea* agregat., *Bioch. Syst. Ecol.*, 20(1): 75-81.
- GREINWALD R., VANRENSEN I., VEIT M., CANTO P. and WITTE L., 1995. A Chemical Dichotomy in Quinolizidine Alkaloid Accumulation Within the Section *Spartioides* of the Genus *Genista* (*Fabaceae, Genisteae*)., *Biochemical Systematics and Ecology*, 23(1): 89-97.
- GREUTER, W., BARRIE F. R., BURDET H. M., CHALONER W. G., DEMOULIN V., HAWKSWORTH D. L., JØRGENSEN P. M., NICOLSON D. H., SILVA P. C., TREHANE P. and MCNEILL J., 1994. *International Code of Botanical. Nomenclature (Tokyo Code)*. Ed. Koeltz Scientific Books, Königstein, Germany. *Regnum Vegetabile*, 131-389.
- GUIGNARD J. L., 1983. *Abrégé de botanique.*, Masson 5ème édition, Paris, 259p.
- GURR E., 1955. *Medical and biological staining techniques.*, Leonard Hill LTD, London.
- GUYOT L., 1972. *Les épices Que sais je ?*, Paris, Presse Universitaire de France, N°1040, 2<sup>ème</sup> édition, p.128.
- HAJJI F, FKIHI-TETOUANI S and TANTAOUI-ELARKI A., 1993. Antimicrobial activity of 21 *Eucalyptus* essential oils., *Fitoterapia*, 64: 71-77.
- HALUK J. P & ROUSSEL C., 1998. Durabilité naturelle du Red cedar et application des biotechnologies végétales dans le domaine de la préservation du bois. *In : Communication 2<sup>ème</sup> Journées Scientifiques Bois-Forêt, Épinal, France.*
- HALUK J. P et ROUSSEL C., 2000. Caractérisation et origine des tropolones responsables de la durabilité naturelle des *Cupressacées*. Application potentielle en préservation du bois., *Ann. Forest Sci.*, 57:819-829.
- HARBORNE J. B. et BAXTER H., 1995. *Phytochemical dictionary, a handbook of bioactive compounds from plants.*, Edits Taylor & Francis, Londres, 711p.
- HEMAVATHY J. and PRABHAKAR J .V., 1987 *Lipid composition of Rice (Oryza sativa L.) Bran.*, *JAOCS*, 64(7): 1016-1019.
- HORJALES M., 1974. Numeros cromosomicos en *Genisteas.*, *Anal. Inst. Bot. Cavanilles*, 31(1): 175-178.
- HUTCHINSON J., 1964. *The Genera of flowering Plants I.*, Oxford Univ. Press.
- JAHIER J., CHEVRE A.M., EBER F., DELOURME R. et TANGUY A.M., 1992; *Technique de cytogénétique végétale.*, INRA, Paris, 181p.
- JAWORSKI J., 1997. Regulation of plant fatty acid biosynthesis. *Ann. Rev. Plant Phys. Plant Mol. Biol.*, 48: 109-136.

- JAWORSKI J. and CAHOON E. B., 2003. Industrial oils from transgenic plants., *Curr. Opin. Plant Biol.*, 6: 178-184.
- JEAN FRANCE-IDA, 1992. Analyse de produit naturels de *Taxus canadiensis.*, Mémoire, université du Québec à Chicoutimi, 104p.
- JENNINGS W. and SHIBAMOTO T., 1980. Qualitative Analysis of Flavor and Fragrance Volatile by Glass Capillary Chromatography., Academic Press, NY. 472p.
- JOHANSEN D.A., 1940. Plant microtechnique., Mc. Graw-Hill Ed., New York.
- KAMMACHER M. et ZYGOMALA A. M., 1987. Analyse statistique du caryotype de *Pinus nigra. var. salzmanni* Asc. (Gro.), *Bull. Soc. Bot. FR.*, 134(2): 185-195.
- KARLESKIND A., 1992. *Manuel des corps gras*, tomes 1 & 2, Technique et Documentation., Lavoisier, Paris.
- KIRCH J., VEIT M., WAETZIG H., GAMISANS J., WITTE L., GREINWALD R. and CZYGAN F. C., 1993. Quinolizidine alkaloids in taxa of *Genista lobelii* s.l. Due to the geographical origine obtained by G.C. analysis., *Planta Medica*, 59(7): 592-595.
- KISHORE N., MISHRA A. K., CHANSOURIA J. P. N., 1993. Fungitoxicity of essential oils against dermathophytes., *Mycoses*; 36: 211-215.
- KOEDAM A., 1982. The influence of some distillation conditions on essential oil composition in aromatic plants: Basic and applied aspect., Martinus Nijhoff Publishers, Netherland, 229-226.
- KOROL L., KARA N., ISIK K. and SCHILLER G., 1997. Genetic Differentiation Among and Within Natural and Planted *Cupressus sempervirens* L. Eastern Mediterranean Populations., *Silvae Genetica*, 46: 2-3
- KUNTZE O., 1904. Lexicon generum of phanerogamarum.
- LA CAMERA S., GEOFFROY P., SAMAHA H., NDIAYE A., RAHIM G., LEGRAND M. AND HEITZ T., 2005. A pathogen-inducible patatin-like lipid acyl hydrolase facilitates fungal and bacterial host colonization in Arabidopsis., *Plant J.*, 44: 810-825
- LA COUR L., 1935. Technic for studying chromosome structure., *Stain Technology*,
- LA COUR L., 1941. Acetic-orcein., *Stain technology*, 16: 169.
- LATA-KAUL S., BOKAGIA M. M., MEHTA B. K. and JAIN S., 1990. Fatty acid composition of seeds of *leguminosae* family., *Grasas y Aceites*, 41(3): 224-226
- LAWRENCE B. M., 1995. Essential oils., allured publishing corporation, Carol Stream.
- LEVAN A., FREDGA K. and SANDBERG A. A., 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes., *Hereditas*, 52: 201-220.
- LEWITSKY G.A. and ARARATIAN G., 1931. Transformations of

- chromosomes under the influence of X-rays. *Bull. Appl. Bot.*, 27(1): 265-303.
- LIMA E. O, GOMPERTZ O. F., GIESBRECHT A. M., *et al.*, 1993. *In* Wfroantifungal activity of essential oils obtained from plants against dermatophytes., *Mycoses*, 36: 333-336.
- LOGET N. and VAN DEN DRIESSCHE J., 2006. On the origin of the Strait of Gibraltar., *Sedimentary Geology*, 188-189: 341-356.
- LOPEZ GONZÁLEZ G., 2001. *Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Ed. Mundi Prensa, Madrid, Spain.
- LÖVE A. et KJELLEQVIST E., 1974. Cytotaxonomy of Spanish plants. V- Dicotyledons, *Caeslpiinaceae, Asteraceae.*, *Lagascalia*, 4: 153-211.
- LÖVE A., 1983. IOPB chromosome number reports LXXIX., *Taxon*, 32(2): 320-324.
- LUBRUN J.P., 1982. *Introduction à la flore d'Afrique faits et chiffres*, I.E.M.V.T., 89p.
- LUCACCIONI F., DENEYER R. et TILQUIN B., 1993. Pour une analyse des huiles essentielles., *Chimie nouvelle*, 11(43): 1253-1257.
- LÜTTAGE U., KLUGE M. et BAUGER G., 1996. *Traité fondamental de botanique.*, Ed. Lavoisier Tec et Doc, Londres, 588p.
- LUTZ, (1940), *Bull. Soc. Chim. Bio.*, 22: 497p.
- MAARSE H. and BELZ R., 1981., *Isolation Separation of Volatile Componds in Aroma Research.*, Akademie-Verlag, Berlin, 290p.
- MACHEIX J.J., FLEURIET A. et JAY-ALLEMAND C., 2005. *Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique.*, Éd. PPUR presses polytechniques, 192p.
- MAIRE R., 1987. *La flore de l'Afrique du Nord. Les Légumineuses.*, Lechevalier Ed., Paris, XVI: 123-193.
- MANUTA A. et PICCI V., 1977. *Biologia e contenuto in alcaloïdi nel genere Genista della Sardegna.*, 1- osservazioni su *Genista morisii* Colla. Estratto da "Studi Sassaresi", *Annali Della Facolta Di Agrara de l'Universita di Sarrari*, XXV(3): 1-13.
- MARPEAU A., BARADAT PH. et BERNARD-DAGAN C., 1975. Les terpènes du Pin maritime: aspects biologiques et génétiques. IV. Hérité de la tenèur en deux sesquiterpenes: le longifolène et le caryophyllène. *Ann. Sci. Fort.*, 32: 185-203.
- MARPEAU A., BARADAT PH. et BERNARD-DAGAN C., 1983. Les terpènes du Pin maritime: aspects biologiques et génétiques. V. Hérité de la teneur en limonène., *Ann. Sci. Fort.*, 32: 185-203.
- MARTINS A., WINK M., TEI A., BRUM-BOUSQUET M., TILLEQUIN F. and RAUTER AP., 2005. *A Phytochemical Study of the Quinolizidine Alkaloids*

- from *Genista tenera* by Gas Chromatography-Mass Spectrometry., *Phytochem. Anal.*, 16: 264-266.
- MASSIMO M., 1996, Chemotaxonomic significance of leaf wax n-alkanes in the Umbelliferae, *Cruciferae* and *Leguminosae* (Subf. *Papilionoideae*)., *Biochem. Syst. Ecol.*, 24(6): 531-545.
- MASSIMO M., MASSIMO M. and SCANNERINI S., 1997, Chemotaxonomic significance of surface wax n-alkanes in the *Cactaceae*., *Biochem. Syst. Ecol.*, 25(3): 241-253.
- MAUDE P., 1939. The Merton catalogue. A list of the chromosome numerals of species of British flowering plants., *New Phytol.*, 38: 1-31.
- MAUDE P., 1940. Chromosome numbers in some British plants., *New Phytol.*, 39: 17-32.
- MAZLIAK P., 1984. *Physiologie végétale, Nutrition et Métabolisme.*, Hermann Ed., Paris, 349 p.
- MEKKIOU R., H. TOUAHAR, M.G. DIJOUX-FRANCA, A.M. MARIOTTE, S. BENAYACHE AND F. BENAYACHE, 2005. A new isoflavone from *Genista saharae* (*Fabaceae*)., *Biochem. Syst. Ecol.*, 33(6): 635-638
- MEUNIER E.P., 1950. *Parfumerie, Ind.*, 3: 27-28.
- MIMURIA MARIA R. M., MARIA L. F. SALATINO, ANTONIO SALATINO and JOSÉ F. A. BAUMGRATZ, 1998. Alkanes from foliar epicuticular waxes of *Huberia* species: Taxonomic implications., *Biochemi. System. Ecol.*, 26(5): 581-588
- MIRALDI E., FERRI S. and GIORGI G., 2004. Identification of Volatile Constituents from the Flower Oil of *Spartium junceum*., *Journal of essential oil research*, 16(6): 568-570.
- MISSET N. Th., 1975. Utilisation des métabolismes secondaires en chimie taxonomique, à l'exception des flavonoïdes., *Colloque inter. CNRS*, 235: 387-408.
- MOORE T. J., 1993. *Lipid Metabolism in Plants.*, CRC Press, Boca Raton, FL.
- OHLROGGE.
- NAUDIN L. et SCHNEIDER, 1879. Brevet franc., n° 130127 et n° 130873.
- NICHOLAS H. J., 1973. *Phytochemistry Organic Metabolites*, Vol. 2, Yonkers, New York.
- NORMANT H. et NORMANT J.F., 1968. *Chimie organique.*, Ed. Masson & Cie, pp 74-81.
- NOWACKI E., 1960. Systematics of *Genisteeae* in the light of chemical analyses., *Genetica Polonica*, 1(1): 119-143.
- OGZEWALLA C. and WILLIAMS M., 1962. Volatil oil in cardamon seed., *Proc. Okla. Acad.Sci.*, 16(8): 107-110.

- OHLOFF G., 1990. Scents and Fragrances. Odors and Their Chemical Perspectives. Springer-Verlag, Berlin., 238p.
- OHLROGGE J. and JAWORSKI J., 1997. Regulation of plant fatty acid biosynthesis., *Annu. Rev. Plant Phys. Plant Mol. Biol.*, 48: 109-136.
- OSAMA B. A., HOSNY A. A., HALAWESH F. T. and HALIM A. F., 2000. Isoflavonoids and Alkaloids from *Spatidium saharae*., *Natural Product Sciences*; 6(4): 189-192.
- OURAINI D., AGOUMI A., ISMAILI-ALAOUI M., ALAOUI K., CHERRAH Y., ALAOUI M., et BELABBAS M., 2007. Activité antifongique de l'acide oléique et des huiles essentielles de *Thymus saturejoides* L. et de *Mentha pulegium* L., comparée aux antifongiques dans les dermatoses mycosiques., *Phytothérapie*, 5(1): 6-14.
- PAPAGEORGIU A. C., PANETSOS P. K. and HATTEMER H. H., 1994. Genetic differentiation of natural Mediterranean cypress (*Cupressus sempervirens* L.) populations in Greece., *Forest Genetics*, 1: 1-11.
- PARDO C., CUBAS P. and TAHIRI H., 2004. Molecular phylogeny and systematics of *Genista* (*Leguminosae*) and related genera based on nucleotide sequences of nrDNA (ITS region) and cpDNA (trnL- trnF intergenic spacer)., *Plant Systematics and evolution*; 244(1-2): 93-119.
- PARDO C., CUBAS P. and TAHIRI H., 2008. Genetic Variation and phylogeography of *Stauracanthus* (*Fabaceae*, *Genisteae*) from the Iberian Peninsula and Northern Morocco Assessed by chloroplast microsatellite (CPSSR) markers<sup>1</sup>., *American Jour. Bot.*, 95(1): 98-109.
- PARDO C.; CUBAS P. and TESTILLANO P. S., 1994. Evolutionary trends of the exine structure in *Ulex*, *Stauracanthus* and *Genista* (*Genisteae*, *Papillonoïdeae*, *Leguminosae*)., *Acta Botanica Gallica*, 141(2): 195-205
- PARIS R.R., MOYSE H., 1976. Matière médicale, Paris : Masson
- PAULI A and KNOBLOCH K., 1987. Inhibitory effects of essential oil components on growth of food-contaminating fungi., *Z Lebensm Unters Forsch*; 185: 10-13.
- PEDERICK L.A., 1967. The structure and identification of the chromosomes of *Pinus radiata* ., *Silvae Genetica*, 17(1):22-96.
- PEDERICK L.A., 1970. Chromosome relation ships between *Pinus* species., *Silvae Genetica*, 9(3): 171.
- PELLECUER J, JACOB M, SIMEON BOUCHBERG M (DE), *et al.*, 1980. Essais d'utilisation d'huiles essentielles de plantes aromatiques méditerranéennes en odontologie conservatrice., *Plant Médecin Phytothér*; 14: 83-98.
- PELLEGRIN F., 1908. Recherches anatomiques sur la classification des genêts et des cytises. *Annales des Sciences Naturelles, Botanique*, 7: 129-320.
- PELLERIN P., 1991. Supercritical fluid extraction of natural raw materials for the flavor and perfume industry., *Perfum. Flavor.*, 16 (4) : 37-39.

- PISTELLI L., BERTOLI A., GIACHI I., MORELLI I, RUBIOLO P. and BICCHI C., 2001. Quinolizidine alkaloids from *Genista ephedroide.*, *Biochemical Systematics and Ecology*, 29: 137-41
- PLINE, Histoire naturelle, Lib. XII, 2 ; Lib. XIII, 3.
- POLHILL R. M., 1976. *Genisteeae* (Adans.) Bentham and related tribes (*Leguminosae*)., *Bot. Syst.*, 1: 143-368.
- QUEZEL P. et SANTA S., (1962-1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales., 2 Vol., CNRS Paris, 1170p.
- RADDI S and SÜMER S., 1999. Genetic diversity in naturel *cupressus sempervirens* L. population in Turkey., *Biochem. Syst. Ecol.*, 27: 799-814.
- RAFII Z., BOSCH M.P. et VIANO J., 1986. Investigations cytogénétiques de quelques plantes médicinales des massifs du Lubéron, de Lure et du Mont-Ventoux., *Rev. Cytol. Biol. Végét. Bot.*, 9: 251-262.
- RAFINESQUE- SCHMALTZ C.S., 1838. *Sylva Telluriana*, 23-25
- RAMDANI M., 1993. Inventaire floristique et étude caryologique de quelques espèces endémiques de la région de Guerrouch (Jijel)., Thèse de magister, Univ. Sétif, 148p.
- RAUTER A. P., MARTINS A., LOPES R., FERREIRA J., SERRALHEIRO L.M., ARAÚJO M.E., BORGES C., JUSTINO J., SILVA F.V., GOULART M., THOMAS-OATES J., RODRIGUES J. A., EDWARDS E., NORONHA J.P., PINTO R. and MOTA-FILIPPE H., 2009, Bioactivity studies and chemical profile of the antidiabetic plant *Genista tenera*, *Journal of Ethnopharmacology*, 122(2): 384-393.
- REESE G., 1952. Ergänzende mitteilungen über die chromosomenzahlen mitteleuropäischer gefésspflanzen I., *Ber. Deutsh. Bot. Ges.*, 64(9): 240-255.
- RENSEN V WRAY V., WITTE L., CANTO P., GREINWALD R., VEEN G., VEIT M. and CZYGAN F.C., 1994. Ester Alkaloids of *Genista Cinerea* Subspecies *Cinerea.*, *Phytochemistry*, 35(2): 421-424.
- RENSEN V. and VEIT M., 1995. Simultaneous Determination of Phenolics and Alkaloids Using Ion Exchange Chromatography for Sample Preparation., *Phytochemical Analysis*, 6(3): 121-124.
- RENSEN V., VEIT M., GREINWALD R., CANTO P. and CZYGAN F.C., 1993. Simultaneous determination of alkaloids and flavonoids as a useful tool in chemotaxonomy of the genus *Genista.*, *Planta Medica*, 59 (7 suppl.).
- RICHARD HUBERT ET MULTON J. L., 1992. Les arômes alimentaires. Tec & Doc. Lavoisier Paris. 439p.
- RINGBOM T., HUSS U., STENHOLM A., SKATTEBOL L., PERERA P. and BOHLIN L., 2001. Cox-2 inhibitory effects of naturally occurring and modified fatty acids., *J. Nat. Prod.*, 64: 745-749.

- RIVAS MARTINEZ S. et BELMONTE D. 1987. Sinopsis de la clase *Cytisetea-scopario-striati.*, Folia Botanica Matritensis, 3: 1–14.
- ROBERTS J. D. et MARJORIE C., 1977. Chimie organique moderne., Inter. Ed., 879p.
- RODRÍGUEZ-BUSTAMANTE E. and SÁNCHEZ S., 2007. Microbial Production of C<sub>13</sub>-Norisoprenoids and Other Aroma Compounds via Carotenoid Cleavage., Critical Reviews in Microbiology, 33(3): 211-230.
- ROTHMALER W., 1941. Revision der *Genisteen*. I. Monographien der gattungen um *Ulex*. *Botanische Jahrbücher für Systematik* 72: 69-116.
- ROTHMALER W., 1944. Systematische Einheiten in der Botanik., *Feddes Reppert.* 54: 1-22.
- ROUY in ROUY G. et FOUCAUD J., 1897. Flore de France 4. Paris et Rochefort.
- SAHEB SAMIR A., PIERRE TURCOTTE ET BENOIT PICARD, 1978. Effet des acides gras sur l'activité antibactérienne du butylhydroxytoluène (BHT)., *Can. J. Microbiol.*, 24(11): 1321–1330
- SANDRA PAT and BICHI CARLO, 1987. Capillary Gas Chromatography in Essential Oil Analysis., 350 p.
- SANTOS A., 1975. Algunas contagens de cromosomas nos generos *Genista* L. e *Cytisus* L., *Bot. Soc. Broteriana*, 19(2a): 519-521.
- SANTOS M. F. et QUEIROS M., 1977. Contribution à la connaissance cytotaxonomique des *Spermatophyta* de Portugal. *Leguminosae.*, *Bot. Soc. Brot.*, 51: 137-186.
- SANUDO A., 1971. Variabilidad cromosomica de las *Genisteas* de la flora Espanola en relacion con su ecologia., *Cuad. C. Biol. Univ. Granada.*, 1: 5-21.
- SANUDO A., 1972. Variabilidad crommosomica de las *Genisteas* de la flora Espanola en relacion con su ecologia., *Cuad. C. Biol. Univ. Granada*, 2: 43-52.
- SANUDO A., 1973a. Variabilidad cromosomica de las *Genisteas* de la flora Espanola en relacion con su ecologia. C.- Seccion *Cephalospartum* del Gen. *Genista* y géneros *Lygos* Adamson, *Spartium* L., *Teline* Medicus, *Calycotome* Link y *Arqyrolobium* Ecklin et Zenhyer., *Cuad. C. Biol. Univ. Granada*, 2(2): 117-120.
- SANUDO A., 1973b. Variabilidad cromosomica de las *Genisteas* de la flora Espanola en relacion con su ecologia. D. Géneros *Chronanthus* (DC.) Koch. *Adenocarpus* DC. y *Erinacea* Adamson., *Lagascalía*, 3(2): 205-210.
- SANUDO A., 1974a. In I.O.P.B. chromosome number reports XLVI., *Taxon*, 23(5-6): 801-802.
- SANUDO A., 1974b. Variabilidad cromosomica de las *Genisteas* de la flora Espanola en relacion con su ecologia. F. Géneros *Chamaespartium* Adamson y *Echinospartum* (Spach)Rothm., *Anal. Inst. Bot. Cav.*, 31(1):

- 165-174.
- SANUDO A., 1979. Chromosome variability in the *Genisteae* (Adam.) Benth. (*Leguminosae*)., *Webbia*, 34: 363-408.
- SAURAT JEAN-HILAIRE et THOMAS LUC, 2009. Dermatologie et infections sexuellement transmissibles., Éd. 5, Elsevier Masson, 1152p.
- SCARPATO R., PAGANUCCI L., BERTOLI A., FIORE L., PISTELLI L., FEDERICO G., 2008. Licoflavone C attenuates the genotoxicity of cancer drugs in human peripheral lymphocytes, *Phytotherapy Research*, 22 (12): 1650-1654
- SCHALLER F., 2001. Enzymes of the biosynthesis of octadecanoid-derived signalling molecules., *J. Exp. Botany*, 52: 11-23.
- SCHEELE F, 1843. Beiträge deutscher und schweizer flora., *Flora* 26: 437p.
- SCHMID K. and OHLROGGE J. B., 1996. Lipid metabolism in plants. In *Biochemistry of Lipids, Lipoproteins and Membranes.*, D. E. Vance and J. Vance, eds. Elsevier Press, Amsterdam, 363-390.
- SCHMIDT, 1981. Hydrodiffusion SA, brevet Suisse n° 2473058.
- SEEN H.A., 1938. Chromosome number relations in *Leguminosae*., *Bibliograph. Genet.*, 12: 175-345.
- SHIMURA M., MASE S., IWATA M., SUZUKI, A., WATANABE, T., SEKIZAWA Y., SASAKI T., FURIHATA K., SETO H. and OTAKE N., 1983. Anti-conidial Germination Factors Induced in the Presence of Probenazole in Infected Host Leaves. III. Structural Elucidation of Substances A and C., *Agric. Biol. Chem.*, 47: 1983-1989.
- SIMPSON G. G., 1961. Principles of animal taxonomy., Columbia University Press (New York).
- SIROT J., P. JOUANEL, C. MOTTA and SIROT D., 1983. Influence of the fatty acid content of bone tissue on the activity of antibiotics, *Annales de l'institut Pasteur. Microbiologie*, 134(1): 79-90.
- SIVROPOULOU A, PAPANIKOLAOU E, NIKOLAOU C, *et al.*, 1996. Antimicrobial and cytotoxic activities of *origanum* essential oils., *J. Agr. Food Chem.*; 44: 1202-1205.
- SOKAL R. R. and SNEATH Ph. A., 1963. Principales of numerical taxonomy., San francisco.
- SOMERVILLE C., BROWSE J., JAWORSKI J. G. and OHLROGGE J. B., 2000. *Lipids*, *Biochemistry & Molecular Biology of Plants*, B. Buchanan, W. Gruissem, R. Jones, Eds, American Society of Plant Physiologists, Ch. 10, 466-627.
- SPACH E., (1844-45). Revisio generis *Genista*., *Ann. Sci. Nat.*, 2(3): 102-279.
- SPRATT E., 1919. A comparative account of the root-nodules of the *Leguminosae*., *Ann. Bot.*, 33: 190.

- STAHL-BISKUP E., INTERT F., HOLTHUIJZEN J., STENGELE M. and SCHULZ G., 1993. Glycosidically Bound Volatiles. A review 1986-1991., *J. Flav. and Fragr.*, 8: 61-80
- STEBBINS G.L., 1950. Variation and evolution in plants., Columbia Univ. Press, New York, 1-64.
- STEBBINS G.L., 1971. Chromosomal Evolution in Higher plants., Edward Arnold Ltd, London.
- STEEL RW./trc/i. *Dermatol.*, 1980, 116, 189. |121 Harder J. et coll. *Nature*, 1997, 387, 387, 861 861
- SVOBODA K. P., 2000. Secretory structures of Aromatic and medicinal plant. Microscopix Publications. Powys,
- SVOBODA K. P., 2003. Investigation of volatile oil gland of *satureja hortensis* L., *Summersavory* and UK.4.
- TALAVERA S., 1999. *Genista* L. In S. Talavera, C. Aedo, S. Castroviejo, C. Romero Zarco, L. Sáez, F.J. Salgueiro, M. Velayos (Eds), "Flora Iberica", 7 (1): 45-119. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
- TARJAN G., NYIREDY SZ., GYOR M., LOMBOSI E. R., LOMBOSI T.S., BUDAHEGYI M. V., MESZAROSI and TAKACS J. M., 1989. A Review, 30th Anniversary of Retention Index According to Kovats in Gas-Liquid Chromatography., *J. Chrom.*, 472: 1-92.
- TECHECHOW W., 1931. Karyologisch systematische untersuchung der tribus *Sophoreae*, *Podalyrieae* und *Genisteeae*., *Mitt. der Tomsk. Abt. der Rus. Bot. Ges.*, 3: 121-131.
- TEISSEIRE P., 1952. *Ind. Perfumerie*, 11, p. 55.
- TOSUN F., TOSUN A., TANKER M. and OZDEM T., 1994. The alkaloids of *Genista* L. species growing in Turkey., *J. Fac. Phar. of Gazi, Uni.*, 11(2): 197-203.
- THOMPSON, J. D. 2005. Plant evolution in the Mediterranean. Oxford University Press, New York, New York, USA.
- TRANCHANT J., 1964. Manuel de chromatographie en phase gazeuse, Paris, Masson et Cie.
- TREMOLIERES A., 1998. Les lipides végétaux, Voies de biosynthèse des glycérolipides., 1ère Edition, Bibliothèque des universités, Paris.
- TUCAROV J., 1964. Influence des facteurs exogènes sur le rendement et la qualité de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* L., *La France et ses parfums*, 7(40): 277-283.
- TURNER B.L. and FEARING O.S., 1959. Chromosome numbers in the *Leguminosae* II, African species, including phyletic interpretation., *Amer. Journ. Bot.*, 46: 49-57.
- TURNER B.L. and FEARING O.S., 1959. Chromosome numbers in the

- Leguminosae* II, African species, including phyletic interprétation., Amer. Journ. Bot., 46: 49-57.
- TURNER B.L., 1956. Chromosome numbers in the *Leguminosae* I., Amer. Journ. Bot., 43(8): 577-581.
- VAN DE LOO F.J., BROUN P., TURNER S and SOMERVILLE C, 1995. An oleate 12-hydroxylase from *Ricinus communis* L. is a fatty acyl desaturase homolog. Proc Natl Acad Sci USA, 92: 6743-6747
- VAN DE LOO F.J., FOX B.G. and SOMERVILLE C, 1993. Unusual fatty acids. In TS Moore, Ed., Lipid Metabolism in Plants. CRC Press, Boca Raton, FL, 91-126
- VAN DEN DOOL.H. and KRATZ P.D., 1963. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography., J. chromatogr., 11: 463-471.
- VERLAQUE R., 1988. Modalités de la speciation chez les *Genisteeae.*, Actes del Simposi Internacional de Botànica Pius Font i Quer, 2: 49-68.
- VERLAQUE R., 1992. Modalités de la spéciation chez les *Genisteeae.* Actes del Simposi Internacional de Botànica Pius Font i Quer, 2: 49-68.
- VERLAQUE R., SEIDENBINDER M. et REYNAUD C., 1983. Recherches cytotaxonomiques sur la spéciation en région méditerranéenne. III : Espèces aneuploïdes.- Rev. Biol.-Ecol. Medit., 10(4): 315-346
- VERSCHAFFELT and STAHL, 1915. K. gl. Ak. Amsterdam, Gertz, Jahr, Wis. Bot., 56, p. 536.
- VICIOSO C, 1953. *Genisteeas* espanolas. Ministerios de Agricultura. Inst. Forest. Invest. Exp. Madrid.
- VIERHAPPER F., 1919 . Beiträgäe zur kenntnis der flora Griechenlands 3. Verh. Zoo. Bot. Gesell. Wien, 69: 157-185
- VIOLLON C and CHAUMONT JP., 1994. Antifungal properties of essential oils and their main components upon *Cryptococcus neoformans.*, Mycopathologia; 128: 151-153.
- VIOLLON C, LEGER D and CHAUMONT J.P., 1993. Activités antagonistes *in vitro* de certains composés volatils naturel vis-à-vis de germes de la flore vaginale., Plant Méd Phytothér; 26: 17-22.
- VISIANI R., 1850–1851. *Flora Dalmatica*, vol. 3. Leipzig.
- WALTERS C., 1999. Guide illustré du bien être, Aromathérapie, Könemann,
- WINK M. and WITTE L., 1993. Quinolizidine alkaloids in *Genista acanthoclada* and its holoparasite *Cuscuta palaestina.*, J. Chem. Ecol., 19(3): 441-448.
- WULFF E. V., 1950. An introduction to historical plant geography transi., E. Brissenden, 223p.

Tableau annexe : Nombres chromosomiques du genre *Genista* L.

Taxons	n	2n	Auteurs	Provenance
<i>acanthoclada</i> DC <i>ssp acanthoclada</i>		ca 36	CARDONA & CONTANDRIOPOULOS, 1983	Grèce
<i>ssp fasciculata</i>		72	LÔVE A., 1983	Baléares
		72	CARDONA & CONTANDRIOPOULOS, 1983,	Baléares
		52	VILLA, 1988	Sarda
		36	VILLA, 1988	Grèce
<i>aetnensis (Biv)DC.</i>	26		FORISSIER, 1973	Italie
		52	VILLA, 1988	
<i>anglica</i> L.	21		MAUDE, 1939, 1940	France
	21		GADELLA & KLIPHUIS, 1966, 1967	
	21		FORISSIER, 1973	
		42	LÔVE & KJELLQUIST, 1974	
		48	SANTOS, 1944	
		48	GRAMUGLIO & RESSO, 1967	France
		48	FERMANDES and al., 1977	
		48	SANUDO, 1972	Espagne
		12	NAVARRO & GALLEGO, 1984	Espagne
	<i>arbusensis</i> Val.		18	VILLA, 1988
<i>aspalathoides</i> Lam.		18	VILLA, 1988	Sardagne
<i>berberida(Ortega)L.</i>		36	FERMANDES, SANTOS. 1971	Portugal
		36	FERMANDES, & QUEIROS, 1978	Portugal
		36	SANUDO, 1972	Espagne
<i>cadasmensis</i> Vals.		48	VILLA, 1978	Sardagne
<i>cinerea(VILL.)DC.</i>		24	SANUDO, 1971	
	24	48	FORISSIER, 1973	
	24	48	AFZAL-RAFII, BOSC M.P.et VIANO J., 1986	France
<i>ssp cinerea</i>		48	SANUDO, 1972	
<i>ssp cinerascens</i> Lange	24	48	AFZAL-RAFII, BOSC M.P.et VIANO J., 1986	Esp.Baléa
		48	SANUDO, 1971	Espagne
		24,48	SANUDO, 1972	Espagne
		24	CONTANDRIOPOULOS & CARDONA, 1983, 1984	Espagne
		48	RODON-SEIDENBINDER, DEA. 1983	France
		24	RIVAS-MARTINEZ(in CAR. & CONT., 1983)	Espagne
<i>ssp leptoclada(Wil)B.M.</i>	24		CARDONA, 1976	Baléares
	24		SANUDO, 1972, 1973	
	24		CONTANDRIOPOULOS & CARDONA, 1984	Baléares
<i>ssp speciosa</i> Los. & R.G.	24		SANUDO, 1971, 1972	Espagne

Tableau annexe : Suite

Taxons		2	Auteurs	Provenance
<i>corsica(Loisel)DC</i>		48	CARDONA & CONTANDRIOPOULOS, 1983	Espagne
		48	VILLA, 1978, 1980	Sardagne
		48	CONTANDRIOPOULOS, 1957, 1962	
<i>corsiva( Loisel)DC.</i>		48	CONTANDRIOPOULOS, 1969	
<i>campestris Jank</i>		48	MURIN & NESCHOLOVA, 1913	Cen. Europe
<i>carpetana Lesc ex L</i>	20	40	SANUDO, 1971, 1973	Espagne
<i>delphinensis Vrel.</i>	22		LOVE A., 1973	France
<i>desélsolana Val,</i>		18	VILLA, 1988	Sardagne
<i>dorycnifolia Font Q. sp dorycnifolia</i>		96	SANTOS, 1948	
		9G	FORISSIER, 1973	
		50	CARDONA &	Alep
<i>ssp grosii Font Q.</i>		48	LOVE A, 1983	Baléares
		48	CARDONA et CONTANDRIOPOULOS, 1983	
<i>elator Koch</i>		48	MURIN et NESCHOLOVA, 1973	Europe
<i>falcata Brot.</i>	18		SANTOS, 1944	Portugal
		36	VALDES, 1971	
		3G	SANUDO, 1972	
	18		FERMANDES, SANTOS et	Portugal
<i>ferox (Biot.)Polret</i>		3G	FERMANDES et QUIEROS, 1978	Portugal
		48	VILLA, 1978, 1980	Sardaigne
		42	YEXOB, 1931	USSR
		48	TSCHECHOW, 1931	N. Afrique
<i>florida L.</i>	24		SANUDO, 1972	Espagne
		48	SANTOS, 1944	Holande
<i>ssp florida</i>	15	30	NAVARRO & LOPEZ, 1984	Espagne
		48	SANTOS. 1945	
	24		SANUDO,1972, 1973	
		28	FERMANDES, SANTOS &	Portugal
<i>ssp leptoclada Willk</i>		48	SANUDO. 1972	Espagne
<i>germanica L.</i>	22		FORISSIER, 1973	France
		46 48	REESE, 1952	
		42	HOLUB, 1970	
<i>haenseleri Boiss</i>	20		SANUDO, 1971	Espagne
<i>hirsuta Vahl.</i>		32	FERMANDES & QUIEROS, 1978	Portugal
	24		SANUDO, 1972	Espagne
<i>hispanica L.</i>	18		SANUDO, 1971	France
<i>ssp hispanica</i>	18		SANUDO, 1972	Espagne
	18		FORISSIER, 1973	
<i>ssp occidentalis Rouy</i>	18		SANUDO, 1972	
	18		FORISSIER, 1973	

Tableau annexe : Suite

Taxons	n	2n	Auteurs	Provenance
<i>hungarica</i> Kerner		96	MURIN & NESCHOLOVA, 1973	Cen. Europe
<i>hystrix</i> Lange	12	24	SANUDO, 1973	
		26	SANUDO, RUIZ R. & FERMANDES, 1977	Portugal
		26	FERMANDES & QUIEROS, 1978	Portugal
<i>ssp hystrix</i>		24	SANUDO, 1973	
		26	SANUDO, RUIZ R. & FERMANDES, 1977	
<i>Ssp legionensis</i> (Pau)P.G.		40	SANUDO, 1971	
<i>januensis</i> Viv.		24	FORISSIER, 1973	Italie
		24	TSCHECHOW, 1931	
<i>lanuginosa</i>	24		SANUDO, 1972	Espagne
<i>lobelii</i> DC.		18	VILLA, 1988	Sardagne
<i>ssp longipes</i>		18 36	SANUDO, (1971, 1974 & 1975)	
<i>lydia</i> Boiss		48	KOZMAROV & KUZMANOVI, 1970	Europe
<i>mayeri</i> Jank		48	MURIN & NESCHOLOVA, 1973	Cen. Europe
<i>micrantha</i> Ortega	18		SANUDO, 1972, 1973	Espagne
		36	NAVARRO & LOPEZ, 1984	Espagne
<i>morisii</i> Coll.		48	VILLA, 1978, 1980	Sardagne
<i>obtusirramea</i> Gay		48	SANUDO, 1972	Espagne
<i>ovata</i> Waldst & Kit		48	GILOT, 1965	Danemark
<i>pilosa</i> L.	11		FORISSIER, 1973	France
	22		LOVE A., 1973	France
		24	LOVE & KJELLQUIST, 1974	
	11	22	SANUDO, RUIZ & FERMANDEZ, 1975	
		24	TSCHECHOW, 1931	Suisse
		24	BAKASAS( in LOVE & LOVE, 1961)	Autriche
		24	GILOT, 1965	
	24	SANUDO, 1971	Espagne	
<i>polianthos</i> R.	12	24	SANUDO, 1971	Espagne
<i>polygaliphylla</i> Brot,		30	NAVARRO & LOPEZ, 1984	Espagne
<i>pseudopilosa</i> Cosson	36	72	SANUDO, 1972	Espagne
<i>pubescens</i> Lange		48	MURIN & NESCHOLOVA, 1973	Cen. Europe
<i>Pulchella ssp. pulchella</i>		18	CUSMA et al., 2009	Croatia
<i>Ssp. aquilana</i>		18, 24	CUSMA et al. 2009	Italie
<i>Pumila ssp mugronensis</i>		18	SANUDO, 1971	
<i>ssp pumila</i>		36	SANUDO, 1971	
<i>radiata</i>	25		LOVE A., 1973	Italie
		48	SANTOS, 1944	Portugal
<i>ramosissima</i> (Desf)P.	24		SANUDO, 1972	Espagne

Tableau annexe : Suite

Taxons	n	2n	Auteurs	Provenance
<i>sanabrensis</i> Val. B.	12	24	NAVARRO, GALLEGO & CABEZAS, 1984	Espagne
<i>sardoa</i>		52	VILLA, 19884	Italie
		36, 72	CONTANDRIOPOULOS & CARDONA, 1984	Grèce
<i>scorpius</i> (L.) DC.		48	VILLA, 1978, 1980	Sardagne
		40	LORENZO & GARCIA, 1950	Espagne
		40	SANUDO, 1971	
<i>salzmännii</i> DC.		18	VILLA, 1988	Italie
<i>spartioides</i> Spach, ssp <i>retamoides</i> (Sp.)R.G.	40		SANUDO, 1971	
<i>sulcitana</i> Val		18	VILLA, 1988	Sardaigne
<i>tanaitica</i> Smi.	24		FORISSIER, 1973	Moscow
<i>tinctoria</i> L.	48		FORISSIER, 1973	Suisse
	48		TSCHECHOW, 1931	Autriche
	48		SANTOS, 1945	Irlande
	24		GADELLA & KLIPHUIS, 1966	Italie
		120	VERLAQUE, 1988	
		48	GARAJAVA (in BOSKHOWSKIH, 1969)	USSR
		96	SANUDO, 1971	Espagne
<i>var elata</i> (Moench)A.G.		96	SANUDO, 1972	Espagne
<i>var angustifolia</i> Ledeb		48	TSCHECHOW, 1931	USSR
<i>toluensis</i> Val.		18	VILLA, 1988	Sardagne
<i>tournefortii</i> Spach		30	SANUDO, 1972	Espagne
		32	FERMANDES & SANTOS, 1971	
		32	FERMANDS, SANTOS & QUIEROS, 1977	
		30	NAVARRO, SANCHEZ & GALLEGO, 1985	Espagne
		36	NAVARRO & LOPEZ, 1984	Espagne
		24	NAVARRO & LOPEZ, 1984	Espagne
<i>triacanthos</i> Brot.	16		FORISSIER, 1973	Portugal
	16		SANUDO, 1972	Espagne
	16		FERMANDES & SANTOS, 1975	
		36 32	HORGALES, 1974	
	18	36	NAVARRO & LOPEZ, 1984	
<i>tridentata</i> L.	28	56	FERMANDES & SANTOS, 1972	
		56	SANUDO, 1974	
		56	NAVARRO & LOPEZ, 1964	
<i>tridens</i> (Cur) DC.	36		SANUDO, 1972	Espagne

<i>teretifolia</i> Wilk	24	48	SANUDO, 1972	Espagne
<i>triangularis</i> Kit	24	48	SANUDO, 1972	Espagne
<i>var jajuensis</i>		48 50	TSCHECHOW, 1931	S.E.Europe
<i>umbellata</i> (L'her)P	23	46	SANUDO, 1973	
		42	SANTOS, 1944	Portugal
<i>var equisetiformis</i>	23		SANUDO, 1973	Espagne
<i>valentina</i> (Willk) S.		48	SANUDO, 1972	
		48	CARDONA, 1976	

Etude Caryologique et Phytochimique de Six Espèces endémiques  
du genre *Genista* L. en Algérie

**Résumé :**

L'étude des espèces endémiques du genre *Genista* L. a mis en évidence 4 espèces polyploïdes, *G. tricuspidata*, *G. microcephala* à  $2n = 48 + 2B$ , *G. vepres* à  $2n = 52$  et *G. numidica* à  $2n = 36$  ; et deux espèces diploïdes *G. saharae* et *G. ulicina* à  $2n = 18$ . L'analyse des huiles essentielles de six espèces endémiques du genre *Genista* L. par GC et par GC/MS a permis d'identifier 177 composés avec une variabilité interspécifique importante dont l'abondance des acides gras. Les huiles essentielles de ces espèces montrent une activité antimicrobienne faible.

**Mots clefs :** *Genista*, Caryologie, Chromosome, composition de l'huile essentielle, Acide gras, Activité biologique, Algérie

Karyology and phytochemical study of six endemic species  
of the genus *Genista* L. in Algeria

**Abstract:**

The study of endemic species of genus *Genista* L. highlighted four polyploid species, *G. tricuspidata*, *G. microcephala* à  $2n = 48 + 2B$ , *G. vepres* à  $2n = 52$  and *G. numidica* à  $2n = 36$ , and two diploid species *G. saharae* and *G. ulicina* à  $2n = 18$ . The essential oil Analysis by GC and GC/MS allowed the identification of 177 compounds with interspecific variability and the abundance of fatty acids. The essential oil of these species shows a low antimicrobial activity.

Keywords: *Genista*, Karyology, Chromosome, Essential oil, fatty acid, Biological activity, Algeria

الدراسة الكارولوجية والكيميائية لستة أنواع مستوطنة من جنس (*Genista* L.) بالجزائر

ملخص :

دراسة الأنواع المستوطنة لجنس *Genista* L. سمحت بتعيين 4 أنواع متعددة المجموعة الكوموزمية. ونوعين ثنائيي المجموعة الكوموزمية *G. vepres*  $2n = 52$  et *G. numidica*  $2n = 36$ , *G. tricuspidata*, *G. microcephala*  $2n = 48 + 2B$  و *G. saharae* et *G. ulicina* à  $2n = 18$ . تحليل الزيوت الأساسية باستعمال GC و GC/MS سمح بالتعرف على 177 مركب كيميائي مع وجود تغاير بين الأنواع ووفرة الأحماض الدسمة، أظهرت الزيوت الأساسية وجود نشاطية ضعيفة ضد الميكروبات

الكلمات المفتاحية : *Genista*, Caryologie, Chromosome, composition de l'huile essentielle, Acide gras, Activité biologique, Algérie