

PLANTES AROMATIQUES ET MÉDICINALES ET LEURS HUILES ESSENTIELLES

B. BENJILALI, M. ET TALIBI,
M. ISMAILI-ALAOUI & S. ZIRRA (Eds.)

ISBN : 9981-801-29-1



CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DU GENRE *Foeniculum* Mill.

Alain BADOUC¹ & Ahmed LAMARTI²

1. INTRODUCTION

Le Fenouil, *Foeniculum vulgare* Mill. est une Apiacée proche des genres *Anethum* et *Ridolfia* (Badoc, 1986a). C'est une plante annuelle, bisannuelle ou vivace de 0,3-2,5 mètres, totalement glabre, ne formant pas une touffe de fibres à la base de la tige, aux cotylédons linéaires, aux feuilles primordiales et stériles pennatiséquées, (sub) distiques, avec des divisions ultimes terminées par un mucron. L'inflorescence est une ombelle composée d'ordre 2, avec 3-50 rayons, 8-21 fleurs par ombellule et un involucre et un involucelle (sub) nuls. La fleur est régulière, à sépales subnuls, à pétales jaunes à rouges à apex involuté. Le diakène est ovale allongé, non fortement comprimé, de plus de 2,5 mm, à 10 côtes primaires saillantes, les 4 commissurales légèrement plus grandes, sans côtes secondaires, divisibles éventuellement en 2 akènes, avec un carpophore bipartite jusqu'à la base (Badoc, 1988).

Selon de nombreux auteurs, il existerait 2 sous-espèces : subsp. *piperitum* (Ucria) Cout., ou Fenouil d'âne, non cultivé, dont les feuilles présentent des segments très courts et charnus et subsp. *vulgare*, dont les feuilles ont des segments plus longs et non rigides. La distinction sur le terrain entre ces 2 sous-espèces est difficile et des formes intermédiaires pourraient exister.

Plusieurs variétés et formes ont été décrites (Tableau 1). La variété *vulgare* ou Fenouil amer est sauvage ou cultivée pour l'obtention du (E)-anéthole, principe des boissons anisées. La variété *dulce* ou Fenouil doux a des fruits de goût plus agréable. La variété *panmorium* DC. est cultivée en Inde principalement pour les fruits, qui servent d'apéritif, et est parfois incluse

¹ Laboratoire de Mycologie et Biologie végétale, UFR des Sciences Pharmaceutiques, 3, place de la Victoire, 33000 Bordeaux, France

² Département de Biologie, Université Abdelmaleck Essâdi, Faculté des Sciences Mhanach II, B.P. 2121, Tétouan, Maroc

dans la variété précédente. La variété *azoricum* (Mill.) Thell. correspond au Fenouil bulbeux dont on consomme les gaines renflées et charnues des feuilles inférieures.

Tableau 1. Principaux taxons infraspécifiques proposés dans la littérature pour *Foeniculum vulgare* Mill.

1 Segments des feuilles caulinaires courts (< 2 cm), charnus et rigides limbe longuement triangulaire ombelle, pédoncules petits tige pleine, fruit non doux vivace, sauvage.....	subsp. <i>piperitum</i> (Ucria) Cout. «Fenouil d'âne»
2 rayons nombreux (13-20).....	var. <i>divaricatum</i> Griseb. = var. <i>pluriradiatum</i> Boiss.
1 Segments des feuilles caulinaires longs (1-6 cm), mous limbe large, ovale-triangulaire ombelle, pédoncule plus grands.....	subsp. <i>vulgare</i>
2 Gaine non renflée tige plus ou moins pleine, fruit amer pluriannuel, sauvage ou cultivé.....	var. <i>vulgare</i> «Fenouil amer»
3 Rayons peu nombreux (7-12).....	forme <i>pauciradiatum</i> Náb.
3 Odeur particulière, peu agréable.....	forme <i>claryi</i> Batt. & Trab. = var. <i>inodorum</i> Maire
2 Gaine des feuilles inférieures peu ou non renflées tige creuse, fruit doux (bis)annuel?, cultivé	
3 région méditerranéenne.....	var. <i>dulce</i> (Mill.) Thell. «Fenouil doux»
3 sous-continent indien.....	var. <i>panmorium</i> DC. «Fenouil d'Inde»
2 Gaine des feuilles inférieures renflée, charnue tige creuse, petite (30-80 cm) grande ombelle, rayons peu nombreux (6-8) fruits doux ou amer (bis)annuel?, cultivé.....	var. <i>azoricum</i> (Mill.) Thell. «Fenouil bulbeux»

Les données concernant l'huile essentielle de la sous-espèce *piperitum* sont contradictoires. Certains auteurs y ont inclus les Fenouils dont les fruits présentent majoritairement l'estragole (Pellini, 1923 ; Betts, 1968a). Pour d'autres auteurs, l'(E)-anéthole reste le principal constituant. Cavaleiro *et al.* (1993) envisagent même 3 chémotypes (E)-anéthole, (E)-anéthole/fenchone et (E)-anéthole/estragole. Mais aucun travail ne donne une description permettant d'affirmer que les Fenouils analysés appartiennent bien à la sous-espèce *piperitum*.

L'huile essentielle des fruits de la sous-espèce *vulgare* a été très étudiée. La teneur en essence est généralement plus importante pour la variété *vulgare*, très cultivée en Allemagne, en Autriche et en Europe centrale et plus faible pour les variétés *dulce* et *panmorium* cultivées plutôt à l'est de la Méditerranée et dans le sous-continent indien (Schimmel & Co, 1893 ; Clevenger, 1942 ; Graaff, 1930 ; Chingova, 1967). Les fruits du Fenouil bulbeux renferment peu d'essence (1,3-2,6%).

La variété *dulce* aurait nettement plus de limonène et d'(E)-anéthole mais moins d' α -pinène, de camphène, d' α -phéllandrène, de myrcène et de fenchone que la variété *vulgare* (Betts, 1968a ; Tóth, 1967a ; Betts, 1968 ; Karlsen, *et al.*, 1969). Sur 49 échantillons appartenant à la variété *vulgare*, Tóth (1967b) a observé une répartition bimodale de l' α -pinène, les plus hautes teneurs correspondant à des Fenouils de Pologne et d'Allemagne. Le pourcentage de fenchone est très variable. Harborne *et al.* (1969) concluent, à l'aide de la chromatographie sur couche mince, à la présence d'apiole dans les fruits de la variété *dulce* et à son absence dans ceux des Fenouils sauvages. Cependant, Ghiglione* (comm. pers., 1993) a mis en évidence par couplage chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse, ce composé ainsi que la myristicine, le tri et le tétraméthoxyallylbenzène dans les fruits de divers Fenouils. Leur concentration semble augmenter avec le stockage; le dillapiole est absent ou à l'état de traces. La variété *azoricum* s'apparente par son profil à la variété *dulce* (Piccaglia & Marrotti, 1993).

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1. Matériel végétal

Les 103 échantillons de semences proviennent de divers organismes ou personnes et du commerce ; ils ont été conservés à l'obscurité, à température ambiante, dans des sachets en cellophane.

2.2. Culture en champ

La germination des fruits d'une cinquantaine de lots a été obtenue en couche ; une centaine de jeunes plantules ont été repiquées en champ à 50 cm de distance et la croissance a été observée sur 2 années dans le Nord de la France.

2.3. Extraction par le pentane

L'extraction des échantillons a été réalisée à température ambiante par broyages successifs d'environ 0,2 g d'akènes mûrs avec du pentane bidistillé

* Faculté de Pharmacie de Marseille, France

dans un mortier. Les 1-4 ml de surnageants sont récupérés à l'aide d'une pipette Pasteur et filtrés sur papier. On ajoute 5 ml d'une solution d'étalon interne, l'oenanthate d'éthyle, et l'analyse par chromatographie en phase gazeuse est effectuée immédiatement.

2.4. Chromatographie en phase gazeuse

Les conditions opératoires pour les analyses sont les suivantes : chromatographe Girdel série 30 à détecteur à ionisation de flamme ; colonne en acier de 2 mètres, de 1,9 mm de diamètre interne avec 10% de carbowax 20M sur chromosorb WAW 80-100 mesh ; H₂ (2,2 bars), air synthétique (O₂ : N₂ 20 : 80, 1,0 bar), N₂ (0,5 bar à 60°C) ; programmation de température 2°C/mn de 60 jusqu'à 200°C, maintenus constant 30 mn ; injecteurs et détecteurs à 250°C ; injection de 3-5 µl ; enregistreur Sefram Servotrace (5 mm / mn) ; intégrateur ICAP 50 Delsi.

2.5. Détermination des pics

Par comparaison avec les chromatogrammes de substances témoins, la plupart des principaux pics ont été identifiés. Les fruits des principaux types de Fenouil ont aussi été analysés par CPG capillaire (chromatographe Intersmat IGC 16 à détecteur à ionisation de flamme, colonne capillaire CPSil-5CB 25 m x 0,33 mm d.i.). Plusieurs couplages CPG/SM (chromatographe Hewlett-Packard 5890, colonne CPSil-5CB 50 m x 0,32 mm d.i., Spectromètre Fisons Instruments Auto Spec-Q) ont été réalisés (Lamarti *et al.*, 1993 ; Badoc *et al.*, 1994).

3. RÉSULTATS

3.1. Observation botanique

Des lots sont nettement distincts par le caractère glauque de la plantule puis de la plante adulte en raison d'une épaisse cuticule. La gaine des premières feuilles est longue, arquée et entraîne un étalement des limbes à la surface du sol. Les feuilles ont un limbe étroitement triangulaire avec des lanières rigides et charnues. La taille des segments, généralement très courte, varie avec les conditions climatiques et selon la position des feuilles (Figure 1).

La montaison est tardive, la taille élevée, les ombelles peu fournies (environ 6-7 rayons), les ovaires plus ou moins rosés, les fruits relativement petits (4,4 mm), de goût citronné. Ces Fenouils sont vivaces et correspondent bien à l'iconographie proposée par Reichenbach (1867) pour la sous-espèce *piperitum*.

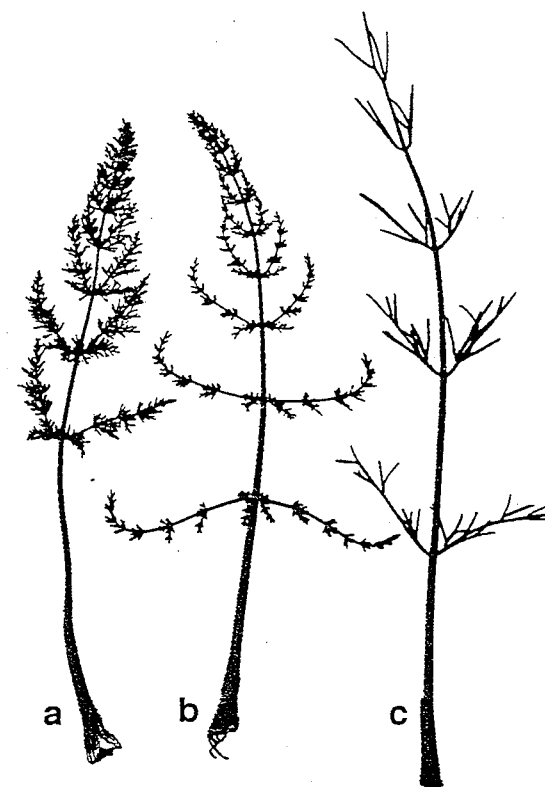


Figure 1. Aspects différents de 3 feuilles caulinaires prélevées à la base (a), au milieu (b) et en haut (c) de tige en 2ème année de croissance sur un pied de Fenouil provenant de Mèze (Hérault, France) et correspondant à la sous-espèce *piperitum*

Dès le stade plantule, on met aussi en évidence trois lots de Fenouils dont les parties aériennes sont brunâtres, cette coloration leur conférant un aspect ornemental. Ces Fenouils semblent vivaces et ont de petits fruits (3,5 mm).

Un troisième groupe de lots se distingue par le renflement marqué des gaines des feuilles stériles conduisant à la formation d'un «bulbe». Ce renflement se retrouve encore un peu dans le rachis principal du limbe foliaire. Ces Fenouils peu résistants au froid hivernal correspondent à la variété *azoricum* et possèdent des cotylédons et des feuilles de grande taille,

une tige droite, grande, épaisse, peu ramifiée, des rayons nombreux et longs, des fleurs nombreuses, des akènes de taille moyenne (4,9 mm).

L'observation *in vivo* ne permet pas de distinguer facilement d'autres groupes parmi les Fenouils restants. En particulier, la taille et la dissociation des akènes sont très variables.

3.2. Analyse de l'essence des fruits

Trois lots de fruits se distinguent nettement des autres par le profil de leur essence. Ce sont les seuls pour lesquels on a détecté la pipériténone et l'oxyde de pipériténone. Ils présentent, en outre, un pourcentage inhabituellement élevé de γ -terpinène (Figures 2 et 3). Ces lots correspondent, dans les champs, à la sous-espèce *piperitum*.

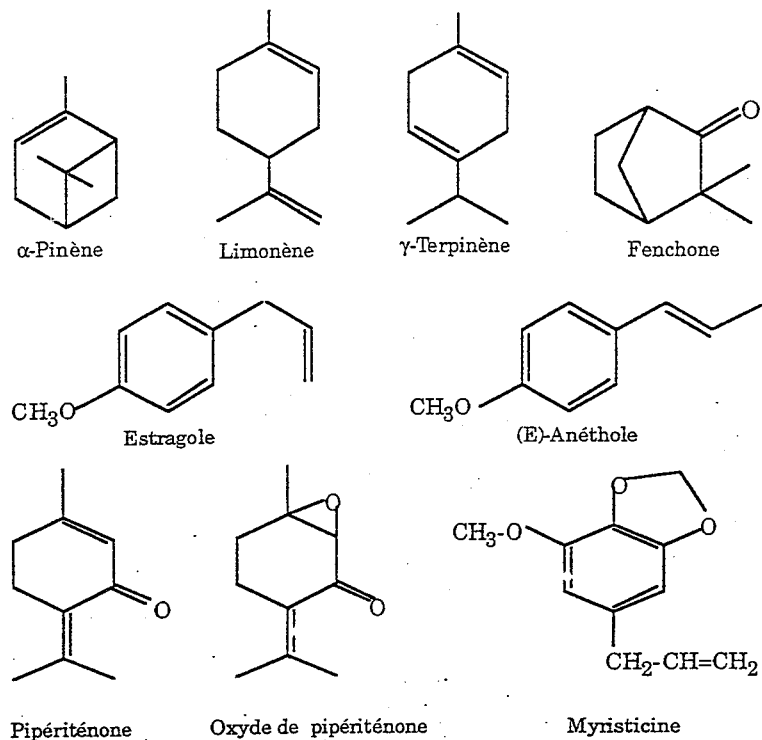


Figure 2. Formules de quelques composés rencontrés dans l'essence des fruits de Fenouils

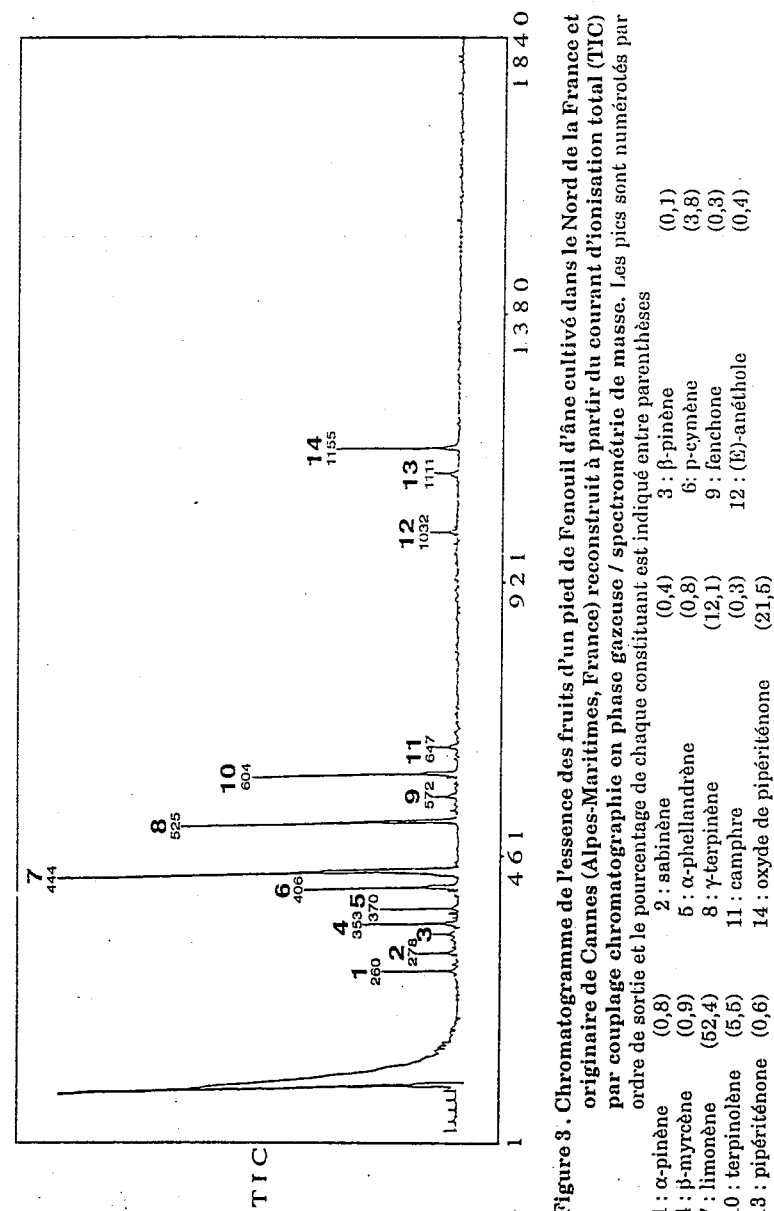


Figure 3. Chromatogramme de l'essence des fruits d'un pied de Fenouil d'âne cultivé dans le Nord de la France et originaire de Cannes (Alpes-Maritimes, France) reconstruit à partir du courant d'ionisation total (TIC) par couplage chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse. Les pics sont numérotés par ordre de sortie et le pourcentage de chaque constituant est indiqué entre parenthèses

Deux lots de fruits, du Portugal et du Maroc, présentent comme principal constituant de l'essence la myristicine et sont relativement riches en α - et β -pinène. La durée du stockage est trop faible pour pouvoir expliquer un tel profil et on doit donc envisager un chémodème myristicine (Tableau 1).

Les 98 échantillons restants referment beaucoup d'estragole et (ou) d'(E)-anéthole et peuvent être divisés en 2 séries (Tableau 2).

Tableau 2. Caractères de l'essence des akènes des divers groupes de 103 lots de Fenouils de différentes origines

	N*	E*	P/L*	Es*	An*	Pi*	Ox*	My*
subsp. <i>piperitum</i>	3	2,4	0,02	-	-	1,2	32,8	-
subsp. <i>vulgare</i>								
chémodème myristicine	2	2,7	3,4	0,2	0,1	-	-	59,2
série 1								
variété <i>vulgare</i>								
chémodème (E)-anéthole	26	5,2	2,1	2,7	64,9	-	-	-
chémodème intermédiaire	16	4,4	1,9	22,0	48,9	-	-	-
chémodème estragole	17	4,4	1,6	54,3	7,2	-	-	-
série 2								
variété <i>dulce</i> (Mill.) Thell.								
chémodème (E)-anéthole	15	1,4	0,22	3,4	66,2	-	-	-
chémodème estragole	4	1,5	0,14	60,8	13,2	-	-	-
variété <i>azoricum</i> (Mill.) Thell.	20	1,8	0,17	3,1	71,6	-	-	-

N : nombre de lots ; E : essence (g/100g de matière fraîche) ; P/L : α -pinène/limonène ; Es : estragole (en pourcentage moyen) ; An : (E)-anéthole (en pourcentage moyen) ; Pi : pipériténone (en pourcentage moyen) ; Ox : oxyde de pipériténone (en pourcentage moyen) ; My : myristicine (en pourcentage moyen) ; - : non détecté ou traces

La série 1 présente une teneur en essence généralement importante et des pourcentages d' α -pinène, β -pinène, camphène, myrcène, α -phéllandène, γ -terpinène et fenchone plus élevés. Le rapport α -pinène/limonène est habituellement supérieur à 0,4. On trouve dans cette série beaucoup de Fenouils sauvages et la quasi-totalité des Fenouils amers. Aussi avons-nous superposé cette série à la variété *vulgare*. On peut distinguer des chémodèmes myristicine, (E)-anéthole, (E)-anéthole/estragole (ou «intermédiaire») et estragole. Les 3 lots de Fenouils à feuillage brun appartiennent à la série 1. Ils diffèrent entre eux par le pourcentage d'estragole (0,9 ; 26,1 ; 65,5 %) mais ont tous des fruits riches en fenchone (49,1 ; 33,5 ; 15,4 %).

La série 2 présente une teneur en essence généralement faible et des pourcentages de limonène et d'(E)-anéthole plus élevés. Le rapport

α -pinène/limonène est habituellement inférieur à 0,4. On y trouve tous les Fenouils asiatiques et quelques Fenouils doux. On doit envisager les chémodèmes (E)-anéthole et estragole. Ce dernier est le principal constituant de l'essence des fruits de 4 lots condimentaires, encore caractérisés par des plantules présentant un hypocotyle de grande taille et par des fruits relativement longs (6,1 mm). On trouve encore dans cette série tous les Fenouils bulbeux.

La distinction entre les 2 séries n'est pas évidente. Une difficulté réside dans les profils intermédiaires entre les chémodèmes (E)-anéthole des 2 séries. Beaucoup de lots, qui nous ont été envoyés comme étant des Fenouils doux, doivent à cause de leur profil être inclus dans la variété *vulgare*. Des semences sélectionnées de Fenouil doux fournies par l'IRAB (Institut de Recherches Appliquées aux Boissons, Créteil, France) présentent un rapport α -pinène/limonène un peu élevé, de 0,7. Les fruits de 2 lots de Fenouils croissant à Ténériffe aux Canaries ont un rapport α -pinène/limonène variable (1,5 et 0,55).

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

Nos recherches bibliographiques et chimiques nous permettent de penser que le genre *Foeniculum* est monospécifique.

Deux espèces placées dans le genre *Anethum* et ayant des caractères proches du Fenouil peuvent être écartées : *Anethum theurkauffii* (Maire, 1936) est une espèce douteuse en raison de la présence d'un involucre et d'un involucre, d'un calice denté et de l'absence de description des fleurs. *Anethum foeniculoides* Maire et Wilczek, endémique du Maroc, a un appareil végétatif et une odeur peu agréable de Fenouil mais des fruits ressemblant à ceux de l'*Anethum* et d'odeur différente (Maire, 1936). La disposition des feuilles primordiales et stériles n'a malheureusement pas été décrite. Les fruits lenticulaires, luisants, renferment comme constituant principal le dillapiolène (57,5%) et plusieurs composés volatils communs avec ceux du Fenouil comme l' α -pinène (11,0%), le β -pinène (11,5%), le limonène (3,2%), le γ -terpinène (7,0%) et le p-cymène (7,9 %) (Badoc, 1986b). Le dillapiolène caractérise aussi l'essence des fruits de *Ridolfia segetum* (L.) Moris (90,9 %) et des chémodèmes myristicine/dillapiolène et dillapiolène d'*Anethum graveolens* L. (Badoc, 1986b ; Badoc & Lamarti, 1991). Le dillapiolène ne se rencontre chez le Fenouil en grande quantité que dans les parties racinaires et les plantules (Lamarti *et al.*, 1993 ; Lamarti, 1987 ; Lamarti, 1994). Par ailleurs, les fruits d'*Anethum foeniculoides* ne renferment pas de fenchone, composé détecté dans les 113 lots de Fenouils.

Foeniculum luteum Fisch. ex Sweet, d'Iran et *Foeniculum aromaticum* Kern. sont des synonymes de *Foeniculum vulgare* Mill. .

La densité des ombelles ne nous semble pas être un caractère suffisant pour envisager un taxon particulier. On ne retiendra pas les dénominations suivantes :

- *Foeniculum divaricatum* Griseb., de Grèce, encore appelé par plusieurs auteurs *pluriradiatum*, souvent considéré comme une variété ou une forme du Fenouil d'âne (Cf. Tableau 1). Le nombre de rayons est inhabituellement élevé bien que Lojacono Pojero (1891) indique dans sa Flore de Sicile des ombelles denses pour la sous-espèce *piperitum*. Par ses caractères, ce Fenouil pourrait appartenir à une forme intermédiaire comme l'avait suggéré Grisebach (1843) ou à la sous-espèce *piperitum*.
- *Foeniculum subinodorum* Maire, Weiller et Wilczek, du Maroc, appelé ainsi à cause de sa faible odeur de Fenouil (Maire, 1935), qui s'apparente par ses segments courts à la sous-espèce *piperitum* et en diffère par son ombelle primordiale multiradiée, possédant jusqu'à 30 rayons et par sa floraison précoce.
- *Foeniculum officinale* All. f. *pauciradiata* Náb., d'Arabie Saoudite, qui appartient par ses segments foliaires linéaires-capillacés (Nábelek, 1923) à la sous-espèce *vulgare*.
- *Foeniculum multiradiatum*, espèce annuelle de Turquie décrite par (Koch, 1847), qui pourrait correspondre à la variété *dulce*.

Foeniculum giganteum Lojac. est un Fenouil sauvage de Sicile dont les tiges dépasseraient 3 mètres (Lojacono Pojero, 1908), taille qui peut être atteinte par *Foeniculum vulgare* Mill. Les lanières rigides et toutes divariquées font penser à la sous-espèce *piperitum* et les feuilles amples aux segments filiformes longs à la sous-espèce *vulgare*. Il n'y a pas lieu d'en faire une espèce distincte.

La forme *Claryi* Batt. & Trab. encore appelée variété *inodorum* Maire, appartient à la sous-espèce *vulgare* en raison de ses segments foliaires allongés. La plante et les fruits ont une odeur désagréable différente de celle du Fenouil (Battandier, 1890). Cette forme, qui ne doit pas être retenue, pourrait correspondre au chémodème myristicine ou à un Fenouil riche en fenchone.

Foeniculum scoparium Quézel du Tibesti différerait de *Foeniculum vulgare* Mill. par les fruits, qui posséderaient des stries saillantes secondaires très nettes entre les côtes primaires (Quézel, 1957 ; Quézel, 1958). On n'a pas observé ce caractère sur les quelques fruits aimablement fournis par le Professeur Quézel. Par le profil de leur essence, ils correspondent au chémodème intermédiaire de la variété *vulgare*.

On conserve l'habituelle subdivision du Fenouil en 2 sous-espèces (Tableau 3).

Tableau 3. Clé de détermination infraspécifique de *Foeniculum vulgare* Mill.

1 Segments des feuilles caulinaires courts (< 2 cm), charnus et rigides limbe longuement triangulaire, feuillage glauque gaine des premières feuilles souvent arquée ombelle, pédoncules petits, avec généralement peu de rayons fruit non doux, de goût citronné, de petite taille (E)-anéthole et estragole absents pipériténone et oxyde de pipériténone présents % élevés de γ -terpinène et de limonène dans l'essence des fruits vivace, sauvage.....	subsp. <i>piperitum</i> (Ucria) Cont. «Fenouil d'âne»	<i>nomencature prochaine publiée par J.-P. Reduron</i>
1 Segments des feuilles caulinaires longs (1-6 cm), mous limbe large, ovale-triangulaire feuillage vert plus ou moins luisant ou brun ombelle, pédoncule, fruit de taille variable absence de pipériténone et de son oxyde dans l'essence des fruits 1-2-pluriannuel, sauvage ou cultivé.....	subsp. <i>vulgare</i>	
2 Gaine des feuilles inférieures ne dépassant pas 2 cm de large		
3 Teneur en essence des fruits généralement > 2,5 g / 100 g de MF rapport α -pinène / limonène > 0,4 pluriannuel, sauvage ou cultivé.....	var. <i>vulgare</i>	
4 % élevé de myristicine.....	chémodème myristicine	
4 Peu ou pas de myristicine dans l'essence des fruits		
5 % (E)-anéthole >> estragole.....	chémodème (E)-anéthole «Fenouil amer»	
5 % (E)-anéthole = estragole.....	chémodème intermédiaire	
5 % (E)-anéthole << estragole.....	chémodème estragole	
3 Faible teneur en essence des fruits et rapport α -pinène / limonène < 0,4 à moins d'une sélection cultivé.....	var. <i>dulce</i> (Mill.) Theil.	<i>Batt. et Trabut (1905)</i>
4 % (E)-anéthole élevé, fruit doux.....	chémodème (E)-anéthole «Fenouil doux», «Fenouil d'Inde»	
4 % estragole > (E)-anéthole fruit plus ou moins doux.....	chémodème estragole	
2 Gaine des feuilles inférieures renflée, charnue plante robuste : cotylédons allongés, tige épaisse, feuilles stériles grandes rayons nombreux et longs, fleurs nombreuses essence des fruits riche en (E)-anéthole, moins de 4% d'estrageole fruits plus ou moins doux : % de fenchone variable cultivé.....	var. <i>azoricum</i> (Mill.) Theil. «Fenouil bulbeux»	

La sous-espèce *piperitum*, caractérisée par ses segments foliaires glauques et charnus et par un profil de l'essence des fruits très particulier, ne concerne que 3 lots et semble beaucoup moins fréquente que suggéré par la littérature. On n'a noté qu'un faible nombre de rayons et des observations ultérieures devront préciser si les ombelles peuvent être plus fournies. Le goût citronné agréable des fruits est probablement dû à leur

richesse en limonène, qui serait principalement sous la forme lévogyre. La saveur amère et désagréable mentionnée par les anciens auteurs pourrait venir d'une confusion avec des fruits de la sous-espèce *vulgare* pauvres en (E)-anéthole et riches en α -pinène et fenchone.

La sous-espèce *vulgare* dont les segments foliaires sont non charnus et généralement allongés peut se subdiviser en plusieurs taxons à partir des caractères de l'huile essentielle des fruits et du renflement ou non des gaines des feuilles inférieures.

On associe à la série 1 le chémodème myristicine qui présente un rapport α -pinène/limonène élevé, pour former la variété *vulgare* qui présente alors 4 chémodèmes : myristicine, (E)-anéthole, intermédiaire (ou (E)-anéthole/estragole) et estragole.

Les Fenouils à feuillage brun ne présentent pas d'autre caractère morphologique particulier, et diffèrent entre eux par le profil de l'essence des fruits. On préfère ne pas envisager de variété botanique et on considère ces Fenouils comme des variétés cultivées (cultivars). Le sélectionneur utilisera des noms de fantaisie nettement différents des noms latins et des appellations comme *atrosanguineum*, *purpureum*, ou *rubrum* sont à éviter. On leur préférera 'bronze', 'red form', 'roux', ou tout simplement 'brun'.

On distingue pour la série 2 les variétés *dulce* (Mill.) Thell. et *azoricum* (Mill.) Thell. selon la formation ou non d'un «bulbe». On conserve ainsi la nomenclature couramment admise pour la sous-espèce *vulgare*, avec fusion des variétés *dulce* et *panmorium* en accord avec Hegi et al. (1926). La variété *dulce* présente deux chémodèmes : (E)-anéthole et estragole.

Les Fenouils de la série 1 semblent vivaces et ceux de la série 2 annuels ou bisannuels avec une répartition géographique différente. Mais ce n'est pas une raison pour considérer ces séries comme des sous-espèces. On n'a pas trouvé de caractère morphologique différentiel marqué. La distinction chimique entre les Fenouils doux et amer n'est pas évidente, le rapport α -pinène / limonène étant très variable.

Quel

L'aire d'origine du Fenouil est à rechercher à l'Est de la Méditerranée, au Portugal et sur la côte Nord-Ouest africaine où on a observé une importante variabilité de l'huile essentielle des fruits. Les 2 échantillons du chémodème myristicine proviennent du Portugal et du Maroc. Les populations de départ correspondaient probablement aux Fenouils sauvages actuels qui appartiennent à la variété *vulgare*, en particulier les chémodèmes myristicine, estragole et intermédiaire. Ce dernier pourrait être le résultat d'un croisement entre des Fenouils des chémodèmes estragole et (E)-anéthole. Il est intéressant de constater que le Fenouil du Tibesti considéré comme une relique de souche méditerranéenne (Quézel, 1965) appartient au chémodème intermédiaire.

À partir des populations naturelles, l'Homme a pu retenir les pieds dont les fruits et les feuilles avaient un goût le plus anisé possible et rejeter ceux qui étaient les plus amers. Il a pu ainsi éliminer les profils les plus riches en α -pinène et fenchone, et les plus pauvres en (E)-anéthole. Une telle sélection conduit plutôt vers des Fenouils de la série 2. C'est en Italie, probablement au 16^{ème} siècle, qu'on a obtenu les premiers Fenouils bulbeux. D'un autre côté, le développement de l'usage des essences aromatiques en Europe à partir du 15^{ème} siècle a conduit à préférer la culture des Fenouils amers, de meilleur rendement. Par sélection, l'Homme a rapidement obtenu des fruits riches en essence.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Badoc A. & Lamarti A. (1991) A Chemotaxonomic Evaluation of *Anethum graveolens* L. (Dill) of Various Origins. *J. Ess. Oil Res.* 3 (4) : 269-278
- Badoc A. (1986a) Position systématique du genre *Anethum* dans la classification des *Apiaceae*. 59 f. Thèse Pharm. Univ. Nancy
- Badoc A. (1986b) Contribution à l'étude du genre *Anethum* L. 104 f. Dipl. Sup. Rech. : Univ. Lille Flandres Artois
- Badoc A. (1988) Contribution à l'étude du genre *Foeniculum* Mill. 246 p. Thèse Doct. Sci., Univ. Lille Flandres Artois, n°214
- Badoc A., Deffieux G., Lamarti A., Bourgeois G. & Carde J.P. (1994) Essential Oil of *Foeniculum vulgare* Mill. (*Fennel*) subsp. *piperitum* (Ucria) Cout. *Fruit. J. Ess. Oil Res.* 6 (4) : 333-336
- Battandier J.A. (1890) *Foeniculum* L. (*Fenouil*) in Battandier J.A., Trabut L. Flore de l'Algérie contenant la description de toutes les plantes signalées jusqu'à ce jour comme spontanées en Algérie et catalogue des plantes du Maroc. Alger Paris : A. Jourdan, p. 362, Append. p. XII
- Betts T.J. (1968a) Examination of fennel fruits by gas chromatography without preliminary distillation. *J. Pharm. Pharmacol.* 20 (Suppl.) : 61-64
- Betts T.J. (1968b) Anethole and fenchone in the developing fruits of *Foeniculum vulgare* Mill. *J. Pharm. Pharmacol.* 20 (6) : 469-472
- Cavaleiro C.M.F., Roque O.L. & Proença Da Cunha A. (1993) Contribution for the characterization of portuguese fennel chemotypes. *J. Ess. Oil Res.* 5 (2) : 223-225
- Chingova B. (1967) [A study of some morphological and economic characteristics of fennel]. (traduit du bulgare). *Rastenievud. Nauki.* 4 (10) : 23-28
- Clevenger J.F. (1942) Volatile oils in fennel seeds. *J. Assoc. Off. Agric. Chem.* 25 (4) : 962-963
- Graaff W.C. (1930) De Studien über Fructus *Foeniculi*. Vorarbeiten zur Normierung der Drogen. *Heil Gewürz-Pflanz.* 12 : 41-45
- Grisebach A.H.R. (1843) XIX. *Foeniculum* Ad. in Spicilegium Florae rumelicæ et bithynicæ exhibens synopsis plantarum quas aest. 1839 legit. Brunswick : F. Vieweg et fils. 1 : 357-358

- Harborne J.B., Heywood V.H. & Williams C.A. (1969) Distribution of myristicin in seeds of the Umbelliferae. *Phytochemistry* 8 (9) : 1729-1732
- Hegi G., Beger H. & Marzell H. (1926) DXXXIII. *Foeniculum* Miller. in *Illustrierte Flora von Mittel-Europa*. München : Lehmanns J.F. 5 (2) : 1284-1290
- Karlsen J., Baerheim Svendsen A., Chingova B. & Zolotovitch G. (1969) Studies on the fruits of *Foeniculum* species and their essential oil. *Planta Med.* 17 (3) : 281-293
- Koch K. (1847) *Foeniculum multiradiatum* C Koch. in *Beiträge zur Flora des nördlichen Küstenlandes von Kleinasien*. *Linnaea* 19 : 38
- Lamarti A. (1994) La culture *in vitro* du Fenouil amer (*Foeniculum vulgare* Mill.), modèle expérimental pour l'étude analytique et structurale de l'évolution et de la régulation de la biosynthèse des huiles essentielles. 246 p. Thèse Doctorat ès-Sciences, Université de Tétouan
- Lamarti A. (1987) Évolution de l'huile essentielle de Fenouil amer (*Foeniculum Vulgare* Mill.) dans les différents organes de plantules cultivées «*in vitro*». 387p. Thèse Doct. Sci. : Univ. Lille Flandres Artois n° 129
- Lamarti A., Badoc A. & Carde J.P. (1993) Étude chromatographique de l'huile essentielle de la plantule de Fenouil amer (*Foeniculum vulgare* Mill.) ; caractéristiques spectrales (UV, IR, SM) de ses constituants. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux* 132 (1-4) : 73-89
- Lojacono Pojero M. (1891) 26. *Foeniculum adans* in Flora sicula. o Descrizione delle piante vascolari spontanee o indigenate in Sicilia. Palermo : *Tipografia dello «statuto»* 1 (2) : 280-281
- Lojacono Pojero M. (1908) *Foeniculum giganteum* sp. in Flora sicula. Descrizione delle piante vascolari spontanee o indigenate in Sicilia. Palermo : Scuola Tip. «Boccone del Povero» 3 : 445
- Maire P. (1935) *Foeniculum subinodorum* Maire, Weiller et Wilczek. in Contribution à l'étude de la Flore de l'Afrique du Nord. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord* 26 : 205
- Maire R. (1936) in Contribution à l'étude de la Flore de l'Afrique du Nord. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord* 27 (2) : 66 ; (6) : 225-227 ; 28 (7) planche 27
- Nábelek F. (1923) *Foeniculum officinale* All. f. *pauciradiata*. in *Iter Turcico-Persicum*. Brno : A. Pisa 1 : 127
- Pellini G. (1923) Untersuchung über die wirksamen Bestandteile, welche aus den Arznei- und Parfümeriepflanzen Siciliens gewonnen werden können. I. Die ätherischen Öle. *Chem. Zentr.* 4 : 607-611
- Piccaglia R. & Marrotti M. (1993) Characterization of Several Aromatic Plants Grown in Northern Italy. *Flavour Fragrance J.* 8 (2) : 115-122
- Quézel P. (1957) *Foeniculum scoparium* nov. sp. in *Plantes nouvelles du Tibesti*. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord* 48 : 91-92
- Quézel P. (1958) *Foeniculum scoparium* Quézel in *Mission botanique au Tibesti*. Mémoire n°4. Univ. Alger, Institut de Recherches sahariennes. Alger : Imbert E. impr. p. 156-157

- Quézel P. (1965) Association à *Phagnalon tibesticum* et *Foeniculum scoparium* in La végétation du Sahara Du Tchad à la Mauritanie. Stuttgart : Fischer G., p. 242-243
- Reichenbach H.G. (1867) XXV. *Foeniculum* Adans. in *Umbelliferae in Flora Germanica recensitae*. in Reichenbach L., Reichenbach H.G. *Icones florum germanicae et helveticae*. Leipzig : Ambrosi Abel (21) : 37-38, planches 89-90
- Schimmel & Co. (1893) Fenchel-Oel. Ber. Schimmel & Co. Akt.-Ges. October, p. 18-19
- Tóth L. (1967a) Untersuchungen über das ätherische Öl von *Foeniculum vulgare*. I Die Zusammensetzung des Frucht- und Wurzelöls. *Planta Med.* 15 (2) : 157-172
- Tóth L. (1967b) Untersuchungen über das ätherische Öl von *Foeniculum vulgare*. II Veränderungen der verschiedenen Fenchelöle vor und nach der Ernte. *Planta Med.* 15 (4) : 371-389

Résumé

Contribution à l'étude du genre *Foeniculum* Mill.

Alain BADOC & Ahmed LAMARTI

Le Fenouil est une Apiacée cultivée comme légume et condiment. Il est utilisé comme source d'anéthole, principe des boissons anisées. Une étude de Fenouils de différentes origines a été menée en vue d'une meilleure définition du genre *Foeniculum*. L'huile essentielle de 103 lots de fruits de diverses origines a été analysée par couplage chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse. Le genre ne renferme qu'une espèce, *Foeniculum vulgare* Mill., que l'on peut diviser en 2 sous-espèces :

- subsp. *piperitum* (Ucria) Cout. - Le profil de l'huile essentielle des fruits présente très peu d'(E)-anéthole et des pourcentages élevés de limonène, de γ -terpinène et se distingue par la présence de deux monoterpènes oxygénés, la pipériténone et l'oxyde de pipériténone.
- subsp. *vulgare* - Le profil de l'huile essentielle des fruits permet de distinguer des lots riches en myristicine (chémodème myristicine) et deux séries de lots présentant beaucoup d'estragole et (ou) d'(E)-anéthole.

À la série 1, on superpose une variété *vulgare* où la teneur en essence est élevée et le rapport α -pinène/limonène est supérieur à 0,4. On distinguera le chémodème estragole, le chémodème (E)-anéthole et le chémodème intermédiaire, pour lequel les pourcentages d'estragole et d'(E)-anéthole sont voisins. Les lots de la série 2 semblent tous cultivés. La teneur en huile essentielle des fruits est souvent faible et le rapport α -pinène/limonène est inférieur à 0,4. Le renflement des gaines des feuilles stériles caractérise la variété *azoricum* (Mill.) Thell., dont les fruits sont pauvres en estragole. Les autres lots, en particulier d'Asie, peuvent être inclus dans la var. *dulce* (Mill.) Thell. On pourra distinguer là encore un chémodème estragole et un chémodème (E)-anéthole.

Mots clés : Fenouil - *Foeniculum vulgare* - subsp. *vulgare* - subsp. *piperitum* - Fruits - Huile essentielle - Chémodèmes - Chimiotaxonomie

Summary

Study of the genus *Foeniculum* Mill.

Alain BADOE & Ahmed LAMARTI

Fennel is an Apiaceae cultivated as a vegetable, as a seasoning, and as a source of anethole, the principle ingredient of anised beverages. A study of Fennels of different origins was undertaken in order to better define the genus *Foeniculum*. We analysed the essential oil of 103 fruit specimens of diverse origins by gas liquid chromatography/mass spectrometry coupling. The genus contains only one species, *Foeniculum vulgare* Mill., which can be divided in two subspecies :

- subsp. *piperitum* (Ucria) Cout. - The profile of the fruit oil shows little (E)-anethole and high percentages of limonene, γ -terpinene and is characterised by the presence of two oxidised monoterpenes, piperitenone and piperitenone oxide.
- subsp. *vulgare* - The profile of the fruit oil enables us to distinguish specimens rich in myristicin (chemotype myristicin) and two series of samples which show high amounts of methyl chavicol and/or (E)-anethole.

A variety *vulgare*, which has a high essential oil content and a α -pinene / limonene ratio higher than 0.4 is superposed on the series 1. The chemotype estragole, the chemotype (E)-anethole and the intermediate chemotype, for which the percentages of estragole and (E)-anethole are similar, can be distinguished. All of the specimens of the series 2 seem to be cultivated. The essential oil content of the fruits is often low and the α -pinene/limonene ratio is less than 0.4. The variety *azoricum* (Mill.) Thell., whose fruits are low in estragole, is characterised by a swelling of the sheaths of the sterile leaves. The other specimens, in particular those originating in Asia, can be included in the variety *dulce* (Mill.) Thell. A chemotype estragole and a chemotype (E)-anethole can be distinguished.

Key words : Fennel - *Foeniculum vulgare* - subsp. *vulgare* - subsp. *piperitum*- Fruits - Essential oil - Chemotypes - Chemotaxonomy