50376 1986

Nº d'ordre: 122

265

50376 1986

MEMOIRE

présenté à

L'UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LILLE FLANDRES ARTOIS

pour obtenir le

DIPLOME SUPERIEUR DE RECHERCHE DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VEGETALE

par

Alain BADOC



CONTRIBUTION A L'ETUDE DU GENRE ANETHUM L.

Corrections faites après avis du jury

Soutenu le 16 Décembre 1986 devant la Commission d'Examen

R. M.

BOURIQUET,

MmeT.

DUBOIS-TYLSKI,

M. P. VERNET,

Professeur, Université de Lille

Maître de Conférences.

Université de Lille

Professeur, Université de Lille

Président et Rapporteur

Examinateur

Examinateur

REMERCIEMENTS

Je suis profondément reconnaissant envers Monsieur le Professeur R. Bouriquet et Mademoiselle feu le Professeur C. Paupardin d'avoir accepté la réalisation expérimentale de ce Diplôme Supérieur de Recherche au Laboratoire de Physiologie végétale de l'Université de Lille I.

Je dois aux Jardins Botaniques de la Ville et de l'Université de Mancy d'avoir eu accès à leur importante collection d'Index seminum et à leur bibliothèque spécialisée.

J'ai pu disposer d'échantillons de semences intéressants grace à la collaboration de divers Jardins Botaniques, Instituts et personnes, en particulier l'Institut Vavilov, celui de Gatersleben et Messieurs J. Dubois, L. Legrand et N.M. Taludker.

L'aide de Mademoiselle M. Gricourt a été précieuse pour l'interprétation des noms vernaculaires orientaux de l'aneth, et les discussions avec mon collègue Monsieur A. Lamarti très enrichissantes.

Ce travail n'aurait pu être mené à terme sans l'aide financière et matérielle de mes parents et grands-parents.

Je sais gré à Monsieur R. Bouriquet, Frofesseur à l'Université des Sciences et Techniques de Lille, d'avoir accepté de présider le jury de ce diplôme.

Je remercie Madame T. Dubois-Tylski, Maître de Conférences, et Monsieur P. Vernet, Professeur, de l'Université de Lille, d'avoir bien voulu juger mon travail.

TABLE DES MATIERES

		page
A	Introduction	1
	1) Définition du genre Anethum	1
	2) Plan général adopté	3
מ	Dentie biblingsphing	
D	Partie bibliographique I Ethnobotanique et répartition géographique	4
	1) Les noms vernaculaires de l'"aneth d'Europe" et du sowa	4
	a) Egyptien ancien	4
	b) Dénominations dérivées du sanscrit	4
	c) Autres termes orientaux	5
	d) Grec ancien	6
	e) Désignations en Europe	6
	2) Données historiques et répartition géographique	8
	a) Antiquité	8
	b) Moyen-âge (395 à 1453 apr. JC.)	9
	c) De la Renaissance à nos jours	10
	d) Zones de culture	10
	e) Aire géographique	13
	II Facteurs influençant les caractères de l'essence	14
	1) Mode d'extraction	14
	2) Stockage de l'essence	16
	3) Méthode d'analyse	17
٠	4) Mode de calcul	17
	5) Matériel végétal utilisé	18
	6) Biogenèse de la carvone	20
	7) Récolte et stockage	22
	8) Influence du climat	23
	9) Conditions de culture	24
	10) Conclusion	24
	III Caractères différentiels des aneths	25
	1) Essence de l'herbe	25 26
	2) Essence des fruits	26 26
	a) Ethers-oxydes phénoliques	31
	b) Monoterpènes	32
	c) Propriétés physiques3) Autres caractères chimiques	34
	4) Morphologie	34
	a) Plante	34
	b) Fruits	39
	5) Apport d'autres disciplines	42

	I	page
C Partie	expérimentale	43
	ériel et méthodes	43
1)	Echantillons d'aneths	43
. 2)	Analyse des 35 lots de semences	45
	a) Pourcentage de diakènes	45
	b) Poids de matière fraîche	45
	c) Extraction	45
	d) Conservation des essences	45
	e) Poids de matière sèche	46
	f) Poids d'eau et de lipides extraits	46
	g) Chromatographie en phase gazeuse	46
	h) Détermination des pics	47
	i) Calculs des coefficients K _i	48
3)	Analyse akène par akène	51
	Culture en champ	52
	Calculs statistiques	52
	ultats	53
1)	Analyse des 35 échantillons de semences	53
	a) Origine de l'essence	53
	b) Profil qualitatif de l'essence des fruits	55
	c) Pourcentage de diakènes	55
	d) Poids et teneur en essence des akènes	55
	e) Pourcentage de lipides extraits et d'humidité	57
	f) Teneurs des différents constituants	57
2)	Observations in vivo	61
	a) Plantule	61
	b) Plante adulte	62
3)	Cas particulier d' Anethum foeniculoides Maire α Wilczek	66
	Variation interindividuelle du profil pour 2 provenances	70
5)	Analyse akène par akène de l'aneth des Balkans	72
D Discuss	ion et Conclusion	77
1)	Division infraspécifique d'Anethum graveolens L.	77
	Position systématique d'Anethum foeniculoides Maire a Wilczek	80
3)	Origine d'Anethum graveolens L.	81
4)	Modification du profil avec le stockage	83
5)	Perspectives de sélection	83
	a) Teneur	84
	b) Profil	85
	c) Fructification	87
E Bibliog	raphie	88

A INTRODUCTION

1) Définition du genre Anethum

Si on suit les normes du CODE INTERNATIONAL DE LA NOMENCLATURE BOTANIQUE (1983), la validité des noms scientifiques des angiospermes débute en 1753 avec la première édition du Species Plantarum de LINNAEUS: ce dernier réunit dans le genre Anethum L. 2 espèces, l'"aneth", A. graveolens L. et le "fenouil", "A. Foeniculum L.", considéré actuellement comme appartenant au genre Foeniculum Mill. .

Dans un précédent travail (BADOC, 1986), nous avons placé le genre Anethum L. auprès de Foeniculum Mill. et Ridolfia Moris dans la tribu des Ammineae de la classification de CERCEAU-LARRIVA. (1962), basée principalement sur les caractères des plantules et du pollen. Les Ammineae appartiennent à la lignée cotylédonaire L (long), où les cotylédonaire R (rond) où ils sont arrondis, ovales, oblongs, ou ovales-lancéolés.

Anethum graveolens L., Foeniculum vulgare Mill. et Ridolfia segetum (L.) Moris se ressemblent par leurs feuilles profondément divisées, leurs ombelles composées, l'absence d'involucre et d'involucelle, leurs fleurs au calice peu marqué et aux pétales jaunes réfléchis vers l'intérieur. Les fruits de ces espèces réunies dans un même genre par BONNIER (1920) permettent cependant une nette distinction. Les côtes marginales de l'akène sont élargies en ailes uniquement dans le cas de l'aneth.

En 1890, Anethum sowa Roxb. est signale dans le Bengale et l'Assam comme espèce distincte d'A. graveolens L.; la séparation de ces 2 taxons a fait l'objet de nombreuses discussions. Le "sowa", Anethum sowa Roxb., a été considéré comme sous-espèce, variété, race, forme d'A. graveolens L. ou espèce distincte. La plupart des travaux modernes incluent le sowa dans Anethum graveolens L. .

HEGI et al. (1926, page 1293) ont proposé 3 formes pour Anethum graveolens L:

- f. 1. minus (Gouan) Moris (pro var., 1843), du Portugal et d'Egypte, de petite taille, qui correspondrait d'après ADHIKARI (1965, pages 11-13) à des aneths mal développés. Les fruits ne semblent pas pouvoir provenir de pieds chétifs de *Ridolfia segetum* (L.) Moris.
- f. 2. submarginatum Lej. et Court. (pro var. β, 1836), qui n'est d'autre que le sowa ou "aneth d'Inde", très cultivé en Asie.
- f. 3. hortorum Alef., largement cultivée de par le monde et que nous appelerons "aneth d'Europe".

La plupart des descriptions du genre Anethum reposent sur l'observation de l'"aneth d'Europe" et du sowa. Mais plusieurs autres espèces ont été mentionnées dans l'INDEX KEWENSIS. Certaines peuvent être rejetées sans trop de crainte de se tromper, telles les espèces ci-dessous, proposées en:

- 1793; Anethum piperitum Bernardino de Sicile (INDEX KEWENSIS, suppl. 13, 1959) = Foeniculum vulgare Mill., probablement.
- 1810: Anethum segetum Urv. = Ridolfia segetum (L.) Moris,
- 1849: Anethum chryseum Boiss, α Heldr, = Peucedanum chryseum (Boiss, α Heldr,) Chamberlain; cette espèce du sud-est de la Turquie, proche de P. palimbioides, a de nombreux caractères (BOISSIER, 1872, page 1026-7; CHAMBERLAIN, 1972) communs avec l'aneth, Si elle appartient bien au genre Peucedanum, les cotylédons devraient être ovales-lancéolés, ce qui reste à démontrer.
- 1912: Anethum patulum L. ex Jackson (INDEX KEWENSIS, suppl. 5, 1921), espèce incertaine, doit sans doute être abandonnée.
- 1916: Anethum japonicum K. Pol. (KOSO-POLJANSKY, 1916, page 117) est très éloigné de l'aneth et est considéré par YABE (1902, page 95) comme étant *Peucedanum japonicum* Thumb.

D'autres espèces doivent être étudiées pour savoir si on doit ou non les rattacher au genre Anethum

- 1936; Anethum foemiculoides Marre & Wilczek (MAIRE, 1936), qui aurait un port de fenouil et un fruit rappelant celui de l'aneth.
- 1936: Anethum Theurkauffii Maire (MAIRE, 1936) qui aurait un fruit intermédiaire entre celui du fenouil et de l'aneth.
- 1947: Anethum involucratum Korovin (KOROVIN, 1947), qui aurait des affinités avec Peucedanum chryseum (Boiss, α Heldr.) Chamberlain, mais qui en diffère notamment par la présence d'un involucre et par des feuilles triternatiséquées. Là encore, la connaissance du type cotylédonaire serait utile.

2) Plan général adopté

Dans une première partie, nous avons recherché tout caractère distinctif tiré de la littérature ainsi que les données susceptibles d'éclairer l'origine des aneths. Nous avons fait la synthèse de nombreux documents relatifs à la taxonomie des aneths, tirés entre autres de l'ethnobotanique, la répartition géographique, la chimie et la morphologie. Une étude critique de la variation de l'essence en fonction de divers facteurs nous est apparue nécessaire.

Dans une deuxième partie, nous avons analysé l'essence des fruits d'une trentaine d'échantillons par chromatographie en phase gazeuse. Les différences de profils de l'huile essentielle de semences obtenues après culture dans les terrains d'essais de la Faculté de Lille I nous ont amené à rechercher une éventuelle variabilité intrapopulationelle.

Les résultats expérimentaux ont été discutés à la lumière des données bibliographiques et diverses orientations de recherches proposées.

B PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE I ETHNOBOTANIQUE ET REPARTITION GEOGRAPHIQUE

L'aneth est une plante cultivée depuis la plus haute antiquité. Nous avons étudié les noms vulgaires, les données historiques et la répartition géographique de cette plante en vue de retracer sa migration, de préciser son aire d'origine et son éventuelle subdivision dans la partie discussion.

1) Les noms vernaculaires de l'"aneth d'Europe" et du sowa

a) Egyptien ancien

Les premières dénominations de l'aneth sont très anciennes. D'après KHAFAGY et MNAJED (1968), les égyptiens l'appelaient "imse". Pour JORET (1897, pages 76-77), l'aneth aurait été dénommé "ammisi" dans la langue hiéroglyphique, bien qu'il n'ait aucune preuve formelle qu'il s'agisse bien de cette plante. JORET rapproche ce nom d'"amisi" ou "emisé" trouvés dans des textes coptes et traduits ensuite en grec et arabe comme étant l'aneth.

b) Dénominations dérivées du sanscrit

L'éthymologie du sanscrit "šata pušpa" [prononcer shata poushpa] au même titre que "šata-puṣpī" ou "satapushuspi" ne laisse aucun doute. "Šata pušpa" signifie "qui a 100 fleurs" et peut aussi bien désigner l'aneth que l'anis (Pimpinella anisum L.) ou le fenouil (Foeniculum vulgare Mill. subsp. capillaceum (Gilib.) Holmboe. var. panmoricum D.C.) (BOIS, 1927; TAMIL LEXICON, 1928; etc...). Comme l'a souligné CONSTANCE (1971), il est difficile de fixer l'antiquité et l'identité des noms sanscrits d'ombellifères.

"Šata pušpa" est à l'origine d'un grand nombre de désignations à commencer par celles des autres langues indoeuropéennes comme l'hindi et l'ourdou (hindoustani), le konkani, le bengali, le persan. Mais la parenté est la plus évidente pour les langues dravidiennes du sud de l'Inde. Ainsi, l'aneth se dit "saddapa" en télougou, parlé dans l'état d'Andhra Pradesh, et "sadacoupy" ou "sthakuppa", "satakuppi", "satakuppai",... en tamoul,

parlé dans l'état de Tamil-Nadu, où ces termes peuvent aussi désigner l'"ajowan" (Trachyspermum copticum (L.) Link., espèce du groupe cotylédonaire R, parfois placée dans les genres Carum et Ammi) (DE LANESSAN, 1885; BOIS, 1927; TAMIL LEXICON, 1928; SANTAPAU et HENRY, 1973).

La parenté est moins évidente pour les langues indo-européennes. Ainsi en hindoustani, "sutopsha", "sowa" proviendraient de "šata pušpa". Le w et le y étant interchangeables, on aboutirait à "soya" (JORET, 1904; BOIS, 1927; BASLAS et GUPTA, 1971; etc...). Toujours en hindoustani, "saunf", qui désigne à la fois l'anis et le fenouil, proviendrait aussi de "šata pušpa", le p et le f étant phonétiquement voisins. En bengali, l'aneth est appelé "shulupa", "sulpha", "sulpa", "sowa",...(BOIS, 1927; GUPTA et al., 1958; etc...) et en konkani, parlé dans la région de Bombay et Goa, "sepo" (DALGADO, 1898).

Le persan "šabat" ou "šavat" vient probablement de "šata pušpa". Des noms voisins sont trouvés dans les pays arabes comme "chebit", "chihith" en Syrie, "shubit", "shebet",...(JORET, 1897; BOIS, 1927; DORVAULT, 1948; FRIEDBERG, 1978; etc...). En Ethiopie, on trouve des termes sans-doute apparentés, tels "sadan-schoa", "silan-beita", "schilan", "chelane", "eilan"...(CUFODONTIS, 1959).

Le cingalais est une langue indoeuropéenne avec forte influence du tamoul. L'aneth, "enduru", nous paraît proche d'autres condiments comme le cumin (Cuminum cyminum L.), "sududuru", ou le fenouil, "dewaduru" ou "maduru", ce dernier mot venant du sanscrit "madhurica", dont l'éthymologie pourrait s'expliquer par la douceur des fruits, "madhu" signifiant "doux".

c) Autre termes orientaux

En Chine, l'aneth, "ts'e meou le", est confondu d'après ROI (1955) avec le cumin et le carvi (*Carum carvi* L.), sous le nom de "che lo". "Shih-lo" désigne aussi le fenouil et proviendrait du persan "zila" ou "zira" qui correspond au cumin (ROSENTHALER, 1913). L'aneth et le fenouil sont aussi appelés "Siao hoei hiang"; ROI (1955) pense que cette expression vient du fait qu'on gardait les graines sur la poitrine ("hoai") d'où on les retirait pour les mâcher.

L'aneth est appelé "inondo" au Japon (BOIS, 1927) et "pak si" au Laos.

d) Grec ancien

En grec, langue soeur du sanscrit, l'aneth se dit "anéthon" ($\mathring{\alpha} \lor \eta \theta \circ \nu$) (BAILLY et EGGER, 1966). Plusieurs éthymologies ont été proposées. Ce terme proviendrait:

d'"aithô", [je brûle], car ses graines sont âcres (COSTE, 1902).

d'"anéou" (ανευ), [sans], et "théin" (θ είν), [courir], la plante n'ayant pas besoin de courir pour se reproduire (LECLERC, 1937)

d'"anothéin" (ανώθείν), [grimper (en courant)], à cause de la rapidité de sa croissance (MILLER, 1768; LECLERC, 1937)

d'"anikégos" (ἀνίκητος), [invincible], en hommage à ses vertus médicinales (LECLERC, 1937).

d'"aemi" ($\tilde{\alpha}\eta\mu$ i.), [je répands mon souffle], à cause de l'odeur de la plante, un n (ν) étant ensuite intercallé (HEGI et al., 1926).

FOURNIER (1947) estime par contre que ce mot est d'origine orientale et apparenté à "anis". "Anéthon" devait d'ailleurs désigner l'anis, normalement appelé "aneson" ($\tilde{\alpha}\nu\eta\sigma\sigma\nu$) ou "anison" ($\tilde{\alpha}\nu\iota\sigma\sigma\nu$) (BONNIER, 1920; HEGI et al., 1926; GARNIER et al., 1961)

FRIEDBERG (1978) pense que l'aneth était encore confondu en Grèce et dans les pays avoisinants avec le fenouil, alors appelé "marathon". Il cite pour exemple le terme "molotri" donné à l'aneth dans le vieux bulgare, l et r étant voisins.

e) Désignations en Europe

On constate plusieurs catégories d'appelations en Europe.

- Une première vient du latin "anethum" dont l'origine grecque est évidente et qui donne "anicetum" au moyen-âge. En France on rencontre "anete", "anois" au 14 me siècle, "anet", "anith" au 16 me; on admet actuellement en français 2 orthographes, "aneth" et "anet" (ROLLAND, 1967; C.N.R.S., 1973; ROBERT, 1979). On trouve cette racine dans les pays latins: Italie ("aneto"), Espagne ("anego", "enaldo", "eneldo"), Portugal ("endro", "endrão"), France. On signale cependant "anet" en Angleterre, "Anethkraut" en Allemagne et "anetë" en Albanie, ce dernier terme provenant peut-être directement du grec (DALGADO, 1898; BOIS, 1927; GARNIER et al., 1961; FRIEDBERG, 1978; etc...).
- Un autre groupe se rencontre dans les pays germaniques, où on considère classiquement un passage du d au t puis de nouveau au d; on parle de

première et deuxième "rotation consonantique". L'aneth se dit "dilla" en latin moyen-âgeux et "tille" ou "tilli" en vieil haut allemand. Par deuxième rotation consonantique, on aboutirait au "dill" allemand et anglais: Finlande ("tilli"), Suède ("dill"), Norvège et Angleterre ("dill", "dilla"), danemark ("dild"), Flandres ("dille"), Hollande, Allemagne ("Dill", "Dille",...) (GERTH VAN WIJK, 1911; BOIS, 1927; WAHRIG, 1968; FRIEDBERG, 1978). HEGI et al. (1926), repris par ADHIKARI (1965 page pensent que ces termes proviendraient de l'allemand [ombelle]. Le verbe "calmer" ("to lull", "stillen") a été aussi considéré, - Dans les pays de l'Est, l'aneth semble être confondu avec le fenouil. Ainsi, "koper" désigne en polonais les 2 plantes de même que "kapor" en hongrois, "oukrope" en russe. Nous ne pensons pas que l'éthymologie vienne du henné (Lawsonia inermis L.), appelé "kopher" en hébreu et "kouper" en copte (JORET, 1897, page 51). Par contre, ces noms pourraient rappeler le goût "camphré" des fruits. En effet la carvone a un goût très marqué, et on cultive dans les pays de l'Est beaucoup de "fenouil amer" (Foeniculum vulgare Mill. subsp. capillaceum (Gilib.) Holmboe. var. vulgare) dont on a dit que le goût était camphré: Pologne ("koper", "kepr"), Bulgarie ("kopër"), Hongrie ("kapor"), Russie ("oukrop", "oukrope", "onkrope") (BOIS, 1927; DORVAULT, 1948; HORNOK, 1973; FRIEDBERG, 1978).

- En Turquie, on trouve une quatrième catégorie: "téré otou", "dere otu", "durak otu" (BOIS, 1927; DORVAULT, 1948; FRIEDBERG, 1978). Le "tere-ote" des arméniens signifierait [herbe de Dieul (BOISVERT et HUBERT, 1977).
- Certaines désignations rappellent l'anis ("anois", "faux anis", "âni", "äna") ou le fenouil: Italie ("finocchio fetido"), Angleterre ("strong smelling fennel"), France ("fénoul bastar", "fenouil puant"). L'aneth est dit puant par opposition au "fenouil doux", Foeniculum vulgare Mill. subsp. capillaceum (Gilib.) Holmboe. var. dulce (Mill.) Thell.; notons que le nom scientifique d'espèce de l'aneth, "graveolens", vient du latin "grave" [fortement], et "olens" [odorant] (GARNIER et al., 1961; ROLLAND, 1967; C.N.R.S., 1973). Inversement le fenouil peut s'appeler "aneth doux", "aneth de France", "aneth de Paris", "aneth fenouil" et Ridolfia segetum (L.) Moris , "aneth des moissons" (GERTH VAN WIJK, 1911; FOURNIER, 1947)
- On signale en France des noms rappelant sans-doute la couleur rouge (photo 3) que prend souvent l'aneth en fin de croissance: "scarlatine",

"scarlatte", "éscarlate", "éscarlato", "ecarlate", et le t devenant un d, "ecarlade" (ROLET et BOURET, 1928; ROLLAND, 1967; etc...).

- L'utilisation de l'aneth comme condiment, en particulier dans les conserves de cornichons, se retrouve dans de nombreux termes allemands, de même que son effet protecteur contre les démons suite à sa forte odeur (GERTH VAN WIJK, 1911; HEGI et al., 1926). Ainsi "Teufelskraut" signifie [herbe du diable], et pourrait aussi faire allusion à la saveur "brûlante" de la plante.

2) Données historiques et répartition géographique

a) Antiquité

Feuilles et fleurs d'aneth auraient été trouvés dans la tombe d'Aménophis II de la 18^{eme} dynastie (BROCKHAUS, 1968). Si cette plante correspond bien à "ammisi" en langue hiéroglyphique, elle aurait été connue et probablement cultivée comme condiment et plante médicinale dès les premiers temps de la 18^{eme} dynastie soit vers le 16^{eme} siècle av. J.-C. . L'"ammisi" est en effet mentionné dans le papyrus de Berlin et le papyrus Ebers; ce dernier est un des premiers textes égyptiens se rapportant à la pharmacologie, et fut déchiffré en 1875 par l'égyptologue Ebers (JORET, 1897 pages 76-77; KHAFAGY et MNAJED, 1968).

L'"aneth d'Inde" serait rencontré dans les vieux textes sanscrits d'après GILDEMEISTER et HOFFMANN (1961) repris par LINDEMANN (1967). Mais seuls BASLAS et GUPTA (1971) parlent d'un texte sanscrit du 11ºmº siècle apr. J.-C., où Chakrapani rapporterait un texte sanscrit de Charak (Rishi) citant le sowa et écrit 2000 ans av. J.-C.

En Grèce, le médecin Hippocrate (460-377 av. J.-C.) signale quelques propriétés médicinales de l'aneth; au 4ème siècle av. J.-C. cette plante est citée par Théophraste, et le poète comique Alexis considère qu'il s'agit d'un ingrédient indispensable pour le cuisinier grec; le médecin et botaniste Dioscoride du 1° siècle apr. J.-C. cite cette plante dans le 5ème livre de son traité "[Sur la matière médicale]" (FOURNIER, 1947; BERGER, 1952; GILDEMEISTER et HOFFMANN, 1961; LAGRIFFE, 1968). Au 2ème siècle apr. J.-C., le médecin grec Galien utilise l'aneth (HEGI et al., 1926).

Les Romains se seraient couronnés d'inflorescences d'aneth lors de leurs festins (ROLET et BOURET, 1928) de la même manière que les Grecs avec le

fenouil, dans le culte de Dionysos (FOURNIER, 1947). Les gladiateurs se frottaient d'huile essentielle d'aneth avant les combats (ROLET et BOURET, 1928). Virgile (71-19 av. J.-C.) fait cueillir la fleur odorante de l'aneth par une divinité mythologique dans un de ses poèmes (LECLERC, 1937). Vers le 1er siècle apr. J.-C., le gastronome romain Apicius utilise l'aneth dans de nombreuses recettes culinaires (LAGRIFFE, 1968) et Columelle parle de cette plante (HEGI et al., 1926). A la même époque, le médecin Celse et l'encyclopédiste Pline font allusion aux vertus thérapeutiques de la graine (LECLERC, 1937; C.N.R.S., 1973).

L'aneth est mentionné dans l'Evangile selon Saint Matthieu (23, 23) dans le discours contre les scribes et les Pharisiens (FOURNIER, 1947; MOLDENKE, 1954). Le terme grec "anéthon" a été traduit en anglais dès le 14ºmº siècle comme étant l'anis (GILDEMEISTER et HOFFMANN, 1961). Nous donnons ci-dessous une adapatation du verset 23 avec une autre possibilité, le fenouil:

"Malheur à vous, scribes et Pharisiens hypocrites, qui acquitez la dîme de la menthe, du fenouil et du cumin et vous avez laissé de côté les points les plus graves de la Loi, la justice, la miséricorde et la bonne foi! Il fallait pratiquer ceci, sans laisser cela."

b) Moyen-âge (395 à 1453 apr. J.-C.)

Charlemagne vers 812 ordonne dans le "Capitulare de Villis et cortis imperialibus", capitulaire des terres et cours impériales, la culture de l'aneth dans tous les jardins: "Volumos quod in horto omnes herbas habeant, id est: ..., anetum, ...". L'aneth aurait été connu à l'abbaye de Saint-Gall en Suisse en 820 (HEGI et al., 1926).

L'aneth était utilisé en Angleterre par les magiciens dans leurs charmes contre la sorcellerie (HENRY, 1982) et on a la preuve de sa culture au 10^{ama} siècle dans ce pays (GILDEMEISTER et HOFFMANN, 1961). Les fruits ont été vantés pour leurs propriétés par l'école de Salerne (LAGRIFFE, 1968); cette école italienne de médecine, qui existait déjà au 9^{ama} siècle publia "[L'école de Salerne]" en latin au 12^{ama} siècle et fut détruite par Henri IV en 1193. On y célébrait aussi le fenouil en quelques vers (PALAISEUL, 1972).

La mystique bénédictine, Sainte Hildegarde (1098-1178), qui écrivit des ceuvres érudites en latin et allemand, indiquait l'aneth dans bon nombre de

maux; les réceptuaires ajoutèrent encore d'autres propriétés (HEGI et al., 1926; FOURNIER, 1947). On retrouve l'"anet" dans l'antidotaire Nicolas au 13-14 me siècle (C.N.R.S., 1973).

c) De la renaissance à nos jours

Le médecin suisse Paracelse (1493-1541) énumère quelques propriétés médicinales (BERGER, 1952) ainsi que le médecin italien Matthiole (1500-1577) (LAGRIFFE, 1968). Au 15^{ème} et 16^{ème} siècle, l'usage des essences aromatiques se développe en Europe. L'aneth est souvent cité dans les livres de distillation (ADHIKARI, 1965, page 20), et est mentionné dans les taxes allemandes sur les épices et la pharmacie dès 1587 à Francfort-sur-le-Main (GILDEMEISTER et HOFFMANN, 1961). Au 16^{ème} siècle, l'aneth aurait été cultivé dans tous les jardins (FOURNIER, 1947), et dans le nord de l'Europe (COUPLAN, 1983).

Plusieurs auteurs ont décrit les propriétés médicinales et culinaires de l'aneth dans les siècles suivants (ADHIKARI, 1965, pages 20-21; etc...).

d) Zones de culture

On réalise largement la culture d'hiver du sowa en Inde, notamment au nord dans les plaines du Pujabi Suba. L'"aneth d'Inde" est aussi cultivé au Pakistan, au Bangladesh, en Asie du Sud Est (Chine) et au Japon (DALGADO, 1898; GUENTHER, 1950; FENAROLI, 1963; VIRMANI et DATTA, 1970; BASLAS et BASLAS, 1971; BASLAS et GUPTA, 1971; HENRY, 1982). Des quantités non négligeables de fruits de sowa sont arrivées sur le marché de Londres et de là aux autres pays européens et en Amérique (BASLAS et GUPTA, 1971). Le sowa serait aussi exporté en Afrique de l'Est (HEGI et al., 1926, page 1294).

L'"aneth d'Europe" est principalement cultivé à petite et grande échelle, pendant les mois chauds, de l'Ukraine jusqu'aux pays scandinaves, en passant par les pays d'Europe centrale, l'Allemagne et l'Angleterre (figure 1). En Allemagne son exploitation, d'abord importante, dû diminuer face à la concurrence des pays d'Europe centrale comme la Hongrie, et à l'arrivée de nouveaux producteurs, la Pologne et l'Hollande (GUENTHER, 1950; FENAROLI, 1963).

Plus à l'ouest, on signale sa culture en Italie (FENAROLI, 1963), en Suisse dans le Valais (HEGI et al., 1926), dans la région vogéso-rhénane

(KIRSCHLEGER, 1870) et on exploiterait en Espagne l'herbe d'aneth sauvage (GUENTHER, 1950).

Nous avons constaté que l'aneth est aussi méconnu dans le nord-ouest africain qu'en France. L'essence a été étudiée dans le sud de la Rhodésie dès 1927 (GILDEMEISTER et HOFFMANN, 1961).

Des essais de culture à grande échelle de l'aneth en Amérique du Nord ont eu lieu dès 1924 (BRANIGAN, 1946), mais cette plante aurait été introduite dans les jardins bien avant (GUENTHER, 1950; EMBONG et al., 1977a). On aurait d'abord eu des exploitations à l'est (Ohio, Indiana, Michigan) puis dès 1946 à l'ouest (Oregon, Idaho) (BRANIGAN, 1946; BERGER, 1952; GILDEMEISTER et HOFFMANN, 1961). Au Canada, CHUBEY et DORRELL (1976) se sont intéressés à cette plante au Manitoba, et EMBONG et al. (1977a) ont obtenu de faibles rendements dans l'Alberta. L'aneth serait recherché depuis environ 1910 au sud du Brésil pour ses propriétés médicinales (FREISE, 1938).

L'"aneth d'Europe" a été cultivé pour la première fois en Inde en 1951, au Centre régional de Recherches de Jammu. Un échantillon fourni par le Professeur James de l'Université d'Oxford a été testé dans le Nord, près de l'Himalaya, dans l'état de Jammu et Kashmir, à différentes altitudes:

vallée du Kashmir (ou Cachemire): Yarikah (2130m), Mansbal (1520m) province de Jammu: Jammu (270m), Katra (910m)

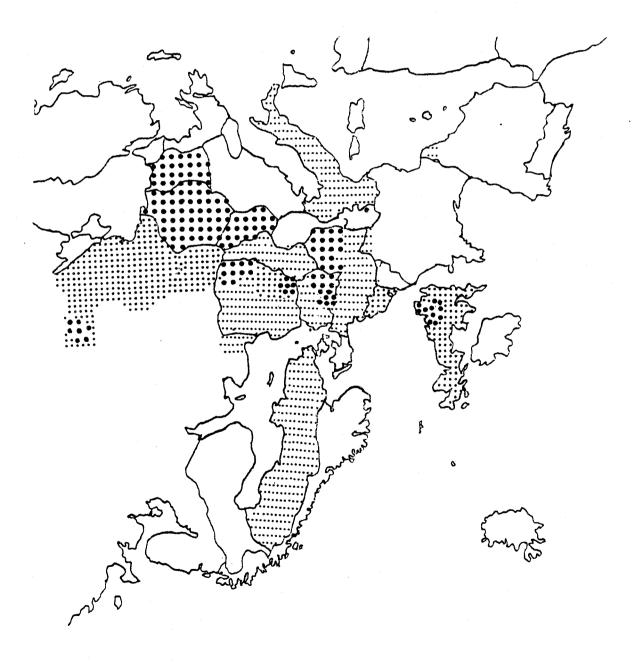
Les cultures d'été en haute altitude et d'hiver dans les plaines se sont avérées satisfaisantes et il a été décidé de les favoriser en Inde (HANDA et al., 1953; HANDA et al., 1957; SETHI et al., 1965; SANTAPAU et HENRY, 1973). A Haldwani, toujours dans le nord de l'Inde, dans l'état d'Uttar Pradesh, ce même aneth ainsi que d'autres pouvant provenir d'Europe ont été sélectionnés (GUPTA et BASLAS, 1967; GUPTA et al., 1969; BASLAS et al., 1971; GUPTA, 1971; GUPTA, 1977).

CLARK et MENARY (1984) obtiennent en 1982 et 1983 de bons rendements en essence d'herbe en Tasmanie. Selon ces auteurs cette plante n'aurait jamais été cultivée commercialement en Australie.

Par des échanges commerciaux et scientifiques de semences, l'aneth est actuellement largement cultivé dans tous les continents.

Pays d'Europe où l'aneth est iréquemment cultivé, Les plus gros points indiquent les régions où l'aneth serait exploité à grande échelle, Principales sources; GUENTHER, 1950; FENAROLI, 1963; HOPPE, 1975; EMBGNG et ai., 1977a; HENRY, 1982

<u>:1__anupi3</u>



e) Aire géographique

- Anethum graveolens L. (inclu A. sowa Roxb.): Cette espèce se propage rapidement par ses graines et s'échappe aisément des cultures, ce qui explique son aire de répartition très importante. Elle semble surtout commune de l'Europe centrale à la Birmanie, et se rencontrerait dans les régions suivantes à l'état sauvage ou subspontané:

Asie: Inde, Bangladesh et Birmanie (BASLAS et GUPTA, 1971), Asie du sud-est

Mongolie, sud de la Russie

Syrie et Liban (MOUTERDE, 1970), Israël, Irac, Iran; nord-ouest de la Turquie (HEDGE et LAMOND, 1972); Chypre (MEIKLE, 1977)

Afrique: Cap vert (CHEVALIER, 1935); Canaries, Madère

rif et atlas saharien au Maroc (JAHANDIEZ et MAIRE, 1932); Tunisie, Sahara central près des points d'eau et dans les hautes montagnes telles le Tibesti (QUEZEL, 1965, pages 79-81, 220); Darfour, province du Soudan (CUFODONTIS, 1959)

Egypte, Ethiopie, sud de la Somalie, région nord du lac de Tanganyika (ENGLER, 1892; CUFODONTIS, 1959), Kenya

Europe: Portugal; sud-ouest de l'Espagne (GUENTHER, 1950); Baléares (KNOCHE, 1974); sud de la France; Malte, Italie et Yougoslavie (BARONI, 1977); Caucase

centre et nord de l'Europe, rare en Belgique et dans le nord de la France

Amérique: Etats-Unis, en particulier le Connecticut, la Virginie et le Dakota Nord

sud du Brésil (FREISE, 1938), Paraguay

- Anethum Theurkauffii Maire: Afrique du Nord; MAIRE (1936) ne donne pas d'autres précisions; peut être s'agit-il de la Mauritanie où le docteur Theurkauff a herborisé.
- Anethum foeniculoides Maire α Wilczek: endémique du Maroc, littoral et plus à l'intérieur le long des oueds, de Sidi Ifni au cap Juby et plus bas où cette plante tend à disparaître (MAIRE, 1936; QUEZEL, 1965, pages 154-159; MATHEZ et SAUVAGE, 1974).
- Anethum involucratum Korovin: Pamir et Alaj en Asie centrale russe (KOROVIN, 1947).

II FACTEURS INFLUENCANT LES CARACTERES DE L'ESSENCE

Une recherche bibliographique nous a permis de rassembler un grand nombre d'informations sur les huiles essentielles d'Anethum graveolens L. (inclu A. sowa Roxb.). C'est par l'essence des fruits, plus que par la morphologie, qu'il semble qu'on puisse le mieux distinguer l'"aneth d'Europe" de l'"aneth d'Inde".

Mais avant d'essayer de tirer de ces données quelques critères distinctifs, nous devons insister sur plusieurs facteurs susceptibles de fausser toute interprétation taxonomique. Les résultats diffèrent selon:

- le mode d'extraction, de stockage de l'essence, d'analyse, de calcul.
- l'organe étudié, son état physiologique, la façon dont on le conserve avant analyse.
- les conditions dans lesquelles la plante a été cultivée.

Vu l'intérêt systématique que représente l'analyse des essences d'aneths, nous allons développer ces différents points en détail. Nous donnerons en même temps un aperçu sur la biogenèse des composés quantitativement les plus importants.

1) Mode d'extraction

On a réalisé des distillations de 3 types (GUENTHER, 1948):

- distillation à l'eau ou "hydrodistillation": le matériel végétal est en contact direct avec l'eau bouillante de l'alambic.
- distillation à l'eau et à la vapeur: l'échantillon est séparé de l'eau bouillante de l'alambic par une grille, un tamis, etc...
- distillation à la vapeur: on n'a plus d'eau dans l'alambic, mais la vapeur humide souvent surchauffée et sous pression est fournie par un générateur séparé.

Plusieurs appareillages permettent la condensation et le dosage volumétrique de l'essence (STAHL et FUCHS, 1968; etc...) avec des résultats

équivalents (BERGER, 1952). On peut combiner ou suivre la distillation par une extraction par solvants; ainsi le distillat peut être passé sur un filtre séparateur imbibé de solvant organique (BETTS, 1965; POGGENDORF et al., 1977; KOEDAM et al., 1979; HUOPALAHTI et al., 1981).

L'extraction s'est faite directement avec pentane, hexane, éther, éther de pétrole, dichlorométhane, méthanol associés ou non. Elle a lieu par simple contact avec le solvant, dans un mortier par exemple, ou bien par contacts multiples et répétés et peut être suivie d'une concentration (KOEDAM et al., 1979; SCHREIER et al., 1981; HUOPALAHTI et LINKO, 1983).

Ou bien on évite l'extraction par une injection solide.

Les fruits doivent être broyés pour permettre la libération de l'essence des vittae (= bandelettes, canaux sécréteurs spéciaux rencontrés dans les fruits de nombreuses ombellifères) sinon on obtient un faible rendement (SCHEFFER et al., 1977; KOEDAM et al., 1979). La division doit être assez fine, car les bandelettes sont cloisonnées (MEYER, 1899). Mais on risque de perdre une quantité non négligeable des composés les plus volatils, ce qui peut être évité par l'emploi d'azote ou de gaz carbonique liquéfié (KOEDAM et al., 1979; HENRY, 1982). De plus, des fruits broyés forment plus facilement une bouillie où le passage de la vapeur d'eau risque d'être irrégulier lors de la distillation.

L'extraction par solvants est supérieure à la distillation et permet d'éviter une variation du profil de l'essence, l'effet de la température, du pH, de l'activité catalytique des métaux, voire des enzymes.

Pour des graines de sowa moulues, le limonène distille avant les dihydrocarvones et la carvone, et les dernières fractions renferment surtout du dillapiole (ADHIKARI, 1965; GOKHALE et MASADA, 1979). Le limonène, substance hydrophobe, quitte difficilement un matériel non finement broyé (plante, ombelles, fruits entiers) et peut distiller après la carvone, malgré un degré d'ébullition plus faible (RECHENBERG, 1910; KALITZKI, 1954; BALINOVA-TSVETKOVA et al., 1976; CHUBEY et DORRELL, 1976; KOEDAM et al., 1979; etc...). La distillation n'est jamais terminée car les dernières traces d'essence sont retenues par les lipides non volatils (GUENTHER, 1948; KOEDAM et al., 1979).

SCHEFFER et al. (1977) obtiennent un même taux de cis et trans-dihydrocarvone par chromatographie en phase gazeuse après injection solide et extraction au pentane. Par contre ce taux est variable au cours de

la distillation à la vapeur et ces auteurs mettent en cause le pH ou une éventuelle isomérisation sous l'influence d'impuretés métalliques. KOEDAM et al. (1979) observent effectivement une variation faible de ces composés en fonction du pH par distillation à l'eau; un constituant, qui pourrait être le 3,9-époxy-p-menth-1-ène, trouvé en quantité non négligeable dans les parties végétatives de l'aneth, serait absent à pH 2.2 et présent à pH 8 en même quantité que par extraction par solvants.



3,9-époxy-p-menth-l-ène Il existe plusieurs autres appellations (LAWRENCE, 1981).

De plus, si l'essence bouillie à reflux avec de l'eau désionisée possède un taux constant de trans-dihydrocarvone (CHOU et IVAMURA, 1978), ce composé augmente en présence des graines ou de leurs cendres dans l'alambic (KOEDAM et al., 1979). La distillation à l'eau favoriserait encore l'hydrolyse des esters.

SCHEFFER et al. (1977) n'observent pas en chromatographie en phase gazeuse le caryophyllène, un sesquiterpène, après distillation à la vapeur ou injection solide. Mais ce composé est présent à l'état de traces par extraction au pentane. L'huile essentielle obtenue par les différents modes d'extraction ne contient pas seulement des composés volatils détectables par chromatographie en phase gazeuse. Selon le procédé utilisé, le type de solvant, on trouvera en plus ou moins grande quantité acides gras, coumarines, voire pigments, saponosides (BETTS, 1964; STAHL et FUCHS, 1968; HEGNAUER, 1973; TOMAR et al., 1979; etc...). La teneur en essence pourra donc varier.

2) Stockage de l'essence

Si l'analyse ne suit pas l'extraction, l'essence devra être conservée à l'obscurité, dans un contenant ne cédant pas d'impureté, hermétiquement fermé, à basse température, ou au frais pour des ampoules scellées. En effet des terpènes comme l'α-pinène, le limonène, le β-phellandrène sont non seulement volatils, mais aussi susceptibles de s'oxyder (KALITZKI, 1954; KAROW, 1969; SCHANTZ et JUVONEN, 1969).

3) Méthode d'analyse

Avant le développement des techniques chromatographiques, on donnait fréquemment les caractères organoleptiques, et les propriétés physiques des essences comme densité, indice de réfraction et pouvoir rotatoire, qui varient avec la température et ont été généralement mesurés entre 15 et 33°C. Les premières déterminations chimiques sont grossières; on a estimé les cétones, c'est-à-dire principalement la carvone, par plusieurs méthodes (LANGENAU, 1948; SINGH et GUPTA, 1964) peu précises, souvent non indiquees, la plus fréquente étant la méthode au sulfite neutre de sodium, suivie de celle à l'hydroxylamine. On a fait appel à la distillation fractionnée, qui sépare mal les constituants et pourrait entraîner des changements de structure (MISRA et NIGAM, 1969; BASLAS et BASLAS, 1972) puis à la chromatographie sur couche mince, qui ne permet pas de distinguer en même temps tous les composés. Contrairement à la chromatographie sur colonne, celle en phase gazeuse a été largement utilisée. Avec une colonne longue, capillaire les résultats sont plus précis, les pics mieux séparés. La présence de centres acides dans les phases stationnaire ou liquide facilite une deshydratation des terpènes hydroxylés et une isomérisation possible à naute température de terpenes comme l'α ou le β-pinène (BURCHFIELD et ELEANOR, 1962). Mais on utilise généralement comme phase stationnaire le "chromosorb W", dénué de centre acide et la phase liquide est souvent du "carbowax", un polyéthylène glycol qui désactiverait les éventuels sites acides par liaisons hydrogène. Au niveau de l'injecteur, il faudrait vérifier si la température ne modifie pas le profil des essences d'aneths. suite à d'éventuelles décompositions.

4) Mode de calcul

Chaque constituant de l'essence présente en chromatographie en phase gazeuse un coefficient de réponse vis à vis du détecteur, généralement à ionisation de flamme. On utilise souvent un étalon interne dont on fixe le coefficient à 1. Les chercheurs négligent généralement de calculer ou de tenir compte de ces coefficients, qui varieraient entre 0.9 et 1.1 pour les terpènes des essences de l'"aneth d'Europe" (BELAFI-RETHY et al., 1974; EMBONG et al., 1977a). Les calculs des pics chromatographiques sont plus précis et reproductibles avec un intégrateur. La teneur en essence, donnée en volume ou en poids et les résultats quantitatifs sont généralement rapportés à 100 grammes de matière fraîche ou sèche. Mais la teneur en eau

des fruits est variable et le mode de calcul du poids de matière sèche diffère selon les auteurs. Ce poids peut varier avec la division plus ou moins fine du matériel végétal, le temps et la température de séchage dans l'étuve. BETTS (1965) corrige le poids de matière sèche en lui ajoutant celui de l'essence, calculé à partir de la teneur en carvone, ce qui est très imprécis. Les résultats peuvent encore être exprimés par rapport à une surface cultivée ou à un nombre de fruits et il convient alors de préciser s'il s'agit d'akènes ou de diakènes.

5) Natériel végétal analysé

Les canaux sécréteurs sont responsables de la synthèse des composés volatils et se rencontrent dans toutes les parties de l'aneth, souvent en rapport avec le trajet des faisceaux libéro-ligneux (KAROW, 1959). Ils sont de plusieurs types que l'on peut rattacher aux structures primaires et secondaires. Ainsi les canaux sécréteurs primaires de l'hypocotyle prennent uniquement naissance dans le péricycle chez l'aneth (CERCEAU-LARRIVAL, 1962). Les canaux sécréteurs de la tige ont été étudiés. Dans le pédicelle floral, PARRY (1969) n'en observe plus que 2. Au niveau du fruit on a des canaux sécréteurs particuliers, isolés, les bandelettes, étudiées par plusieurs auteurs tel GUPTA (1977). A ces distinctions anatomiques, il faut ajouter les conditions différentes dans lesquelles se les organes aériens et scuterrains: évaporation, lignification, d'oxydation, photosynthèse, etc...

Aucun travail n'a à notre connaissance démontré clairement une circulation de l'essence dans les canaux sécréteurs; on peut envisager un départ par évaporation des composés volatils et peut-être un passage de ces derniers dans la sève sous forme hydrophile car on connaît leur forme glycosylée. Au 19° siècle Trécul a prétendu pouvoir suivre au microscope la circulation de liquide dans le limbe d'une feuille vivement battue (d'après COLLIGNON, 1874, page 36). KLOHR-MEINHARDT (1958) observe une modification de l'essence après greffage de Petroselinum hortense Hoffm. sur Levisticum officinale Koch., et pense que la racine fourni des précurseurs à la tige et au greffon. Mais ses analyses par chromatographie sur couche mince sont peu précises. HEFENDEHL (1967b) a réussi 2 greffes entre carvi et fenouil et n'a pas observé d'influence marquée de l'essence du support sur celle du greffon; ses expériences de marquage radioactif chez la menthe ne vont pas

dans le sens d'un transport d'essence dans la plante. Et par culture d'ovaires de fenouil, YONEDA et IMAHORI (1978) obtiennent une essence des fruits de même composition quoiqu'en moindre quantité.

La teneur en essence des aneths diffère selon l'organe: elle est faible dans les racines, un peu plus élevée dans les tiges puis les feuilles, maximale dans les inflorescences fructifiées ou non; feuilles et tiges renferment plus d'essence dans la partie supérieure de la plante (ZLATEV, 1975; 1976a; GUPTA, 1977; GÖCKERITZ et al., 1979; etc...). La teneur dépend aussi du stade physiologique. On a principalement extrait la totalité des parties aériennes à plusieurs étapes de développement. Les résultats ne concordent pas et ne permettent pas de définir le moment où la récolte doit avoir lieu pour obternir un maximum d'essence (GILDEMEISTER et HOFFMANN, 1961; EL-HAMIDI et AHMED, 1966; KAPELEV, 1969; HORNOK, 1973; ZLATEV et FEDIN, 1975; POGGENDORF et al., 1977; HUOPALAHTI et LINKO, 1983; CLARK et MENARY, 1984, et de nombreux autres travaux). Les tiges de même que les feuilles, les ombelles, voient leur teneur en essence augmenter avec la croissance jusqu'à un maximum situé entre le début de la formation des bourgeons floraux et le mûrissement complet (ZLATEV, 1975; SUPRUNOV et al., 1976; EL-GENGAIHI et HORNOK, 1978). La teneur en essence des fruits rapportée au poids de matière sèche semble diminuer avec leur brunissement (STEINER et HOCHHAUSEN, 1954).

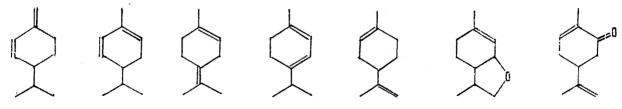
Le profil calitatif de l'essence des différents organes est très variable. Les éthers-oxydes phénoliques ont été signalés dans toutes les parties chez divers aneths. Comme pour le fenouil et contrairement à l'anis, ils sont oxydés dans les racines (BECKER, 1970; TRENKLE, 1972; LICHTENSTEIN et al., 1974; GÖCKERITZ et al., 1979; FUJITA et al., 1980). Ils sont encore oxydés dans la plante et diminueraient des premiers stades de croissance à la floraison (HUCPALAHTI et LINKO, 1983), mais on peut en trouver avec la formation des fruits (BASLAS et al., 1971). BASLAS et BASLAS (1972) proposent une origine terpénique de ces composés. Ils proviennent en fait chez les ombellifères de la phénylalanine et seraient de plus en plus oxydés (KANEKO, 1960a; 1960b; 1961; 1962; STAHL et JORK, 1964; ADCOCK et BETTS, 1974; MANITTO et al., 1974; GÖCKERITZ et al., 1979; etc...).

On trouve dans les racines et les jeunes plantes le limonène, l' α et le 8-phellandrène et le 3,9-époxy-p-menth-1-ène (GÖCKERITZ et al., 1979; SCHREIER et al., 1981). Dans les parties aériennes, l' α -phellandrène semble

atteindre un maximum avant la formation des bourgeons floraux (HUOPALAHTI et LINKO, 1983). Avec la fructification, sa concentration diminue dans les parties inflorescentielles alors qu'elle augmente légèrement dans les feuilles où il constitue le principal composé (IHLOFF, 1956). Le limonène et le 3,9-époxy-p-menth-1-ène augmentent de la jeune plante à la floraison (HUOPALAHTI et LINKO, 1983). On retrouve surtout le premier produit dans les fruits. Les tiges seraient riches en terpinolène (ZLATEV, 1975), et la jeune plante en α -terpinène (SCHREIER et al., 1981).

La carvone est présente dans les racines (GÖCKERITZ et al., 1979) mais on en rencontre peu dans les parties aériennes avant la floraison (SCHREIER et al., 1981; HUOPALAHTI et LINKO, 1983; HUOPALAHTI, 1985). La synthèse de ce composé augmente avec la formation des fruits (KALITZKI, 1954; IHLOFF, 1956; GILDEMEISTER et HOFFMANN, 1961; ADHIKARI, 1965, pages 35-36; BETTS, 1965; ZLATEV, 1975; EMBONG et al., 1977a; POGGENDORF et al., 1977; etc...). La concentration des fruits en carvone ne dépend pas de leur position à l'intérieur de l'ombelle, ni de leur poids et on peut observer des différences pour les akènes d'un même fruit (BETTS, 1968; STAHL et HERTING, 1976). Tout comme la carvone, la dihydrocarvone augmente avec le mûrissement (EL-GENGAIHI et HORNOK, 1978; CLARK et MENARY, 1984).

Nous donnons ci-dessous les formules des différentes substances citées:



8-phellandrène α-phellandrène terpinolène α-terpinène d-limonène 3,9-époxy-p-menth-l-ène d-carvone

6) Biogenèse de la carvone

On a d'abord proposé que la d-carvone du carvi (Carum carvi L.) provienne du carvéol et du limonène, ce qui a été critiqué. On a aussi fait intervenir le phellandrène: IHLOFF (1956) constate à la pleine floraison de l'aneth que la diminution du phellandrène n'est pas immédiatement suivie par une formation de carvone, et propose le limonène comme intermédiaire. BIRCH (1963) fait remarquer que si on rencontre fréquemment dans les essences le limonène sans carvone, la carvone est invariablement accompagnée du limonène. SANDERMAN et BRUNS (1965) obtiennent, après trempage d'ombelles

d'aneth dans de l'acide mévalonique marqué, du limonène et de la carvone radioactifs et proposent la voie de biosynthèse suivante:

HEFENDEHL (1967a) montre chez une menthe que le passage du géranyl pyrophosphate aux monoterpènes non oxydés puis oxydés n'est pas impossible après des expériences de marquage. LOOMIS (1967) note que les doubles liaisons du l-limonène et de la l-carvone d'une autre menthe sont isolées et ne permettent pas d'aller plus loin que la dihydrocarvone. Cet auteur pense que l'addition d'oxygène en α des doubles liaisons pourrait se faire par une enzyme non spécifique.

D'après SCHANTZ et HUHTIKANGAS (1971), le limonène ne serait pas un matériel de départ pour la carvone, par les teneurs de ces composés durant le développement de la plante de carvi, et suite à leurs expériences d'incorporation de 14CO2 à des plantes d'aneth entières à divers stades de fructification. Selon ces auteurs, carvone et limonène proviendraient d'un précurseur commun. BANTHORPE et al. (1972) émettent quelques avis critiques sur les travaux de SANDERMAN et BRUNS de 1965. Ils remarquent aussi que les cétones sont trouvées généralement en plus grande quantité que les alcools correspondants dans les essences; le passage du carvéol à la carvone ne pose pas de problème. Il existe en fait plusieurs isomères de carvéols et aussi des dihydrocarveols chez l'aneth (SCHEFFER et al., 1977). ZLATEV (1976b) observe en Bulgarie une teneur en essence de la plante relativement constante au cours de la journée avec par contre un profil qualitatif variable: la teneur en α -phellandrène est maximale à 3-6 heures (24.7 - 26.5%), minimale à 12-18 heures (19.9 - 23.0%), celle de limonène est maximale à 12-15 heures (38.2 - 40.2%), minimale à 0-3 heures (31.8 - 33.7%) et la carvone est maximale à 21-24 heures (31.0 - 32.2%), minimale à 6 heures. Cet auteur pense que la carvone se forme à partir de l'α-phellandrène, qui donnerait intermédiairement du limonène.

Signalons ici l'habitude de récolter les graines le matin quand les plantes sont encore humides; elle semble cependant uniquement destinée à éviter le détachement des akènes (GULATI et al., 1969).

7) Récolte et stockage

Dans l'industrie, on cherche généralement à avoir une essence de la plante d'aneth riche en phellandrène et pauvre en carvone. La récolte des parties aériennes s'est faite un peu avant ou au début de la floraison, avec plus ou moins de tiges basses. Un séchage de 1 à 2 jours a parfois précédé la distillation, d'où une perte importante des terpènes les plus volatils. Cependant divers auteurs ont observé une augmentation de l'essence, en particulier du phellandrène, dans les feuilles (ESDORN, 1950; GUENTHER, 1950; IHLOFF, 1956; GILDEMEISTER et HOFFMANN, 1961; etc...). STEINER et HOCHHAUSEN (1954) pensent que la fermeture des stomates occasionnerait une anaérobiose favorable à la synthèse d'essence.

Les fruits ont tendance à tomber quand ils sont bruns et on évite des pertes importantes en les récoltant à un stade de murissement moins avancé. Les parties supérieures sont séchées puis les graines sont séparées cu non avant d'être distillées dans l'industrie (GUENTHER, 1950; GILDEMEISTER et HOFFMANN, 1961; GULATI et al., 1969; BASLAS et al., 1971; GUPTA, 1971).

Les avis sont partagés sur une éventuelle modification de l'essence des fruits pendant le stockage (KALITZKI, 1954; KOEDAM et al., 1979; etc...).

Il faut sans-doute considérer une évaporation, surtout dans les jeunes fruits verts, peu lignifiés. STEINER et HOCHHAUSEN (1954) observent en effet une faible baisse de la teneur en essence lors du stockage de fruits non mûrs. On devrait s'attendre à avoir une fuite préférentielle des monoterpènes non oxydés, ce que ne traduisent pas les taux de carvone trouvés par KALITZKI (1954) pour le stockage d'ombelles récoltées à différents stades de maturité. Le départ des composés volatils serait rendu difficile dans les fruits âgés où les bandelettes pourraient s'entourer de cellules subérifiées comme on l'a observé chez plusieurs ombellifères (PLANCHON, 1875; MEYER, 1889). On expliquerait ainsi la teneur et le profil apparemment constants de l'essence des vieux fruits d'aneth (BETTS, 1969; SCHEFFER et al., 1977).

STEINER et HOCHHAUSEN (1954) observent une augmentation d'essence lors du stockage des fruits mûrs d'aneth avec un maximum entre 9 et 16 jours; les expériences de conservation des semences sous flux d'azote ou d'oxygène humides ou secs de ces auteurs suggèrent une reprise de l'activité enzymatique pour une certaine teneur en eau. Les contradictions de la littérature (IHLOFF, 1956; GILDEMEISTER et HOFFMANN, 1961; etc...)

tiendraient des différentes conditions de stockage, d'analyse et d'expression des résultats.

8) Influence du climat

L'aneth est cultivé dans des conditions climatiques diverses du fait de dates de semis extrêmement différentes; la durée de la phase végétative de ces plantes à photopériode plus ou moins longue va de plus varier. On a semé les aneths au printemps dès que le sol est travaillable et suffisamment humide, avec plus ou moins de succès, souvent dans le but d'obtenir une fructification dans l'année. La période végétative semble suffisamment courte et la mise à fleur facile à déclencher pour permettre un semis d'été. l'été les plaines d'Inde. σù est trop chaud, on septembre-octobre, les plantules supportent un hiver peu rigoureux et la fructification a lieu au début du printemps. En Amérique du Nord, les semis peuvent être tardifs, mais les graines ne germent qu'après l'hiver, dès que les conditions sont favorables (JORET, 1904; PERROT, 1947; WEICHAN, 1948; GUENTHER, 1950; HANDA et al., 1957; GULATI et al. 1969; VIRMANI et DATTA, 1970; BASLAS et al., 1971; EMBONG et al., 1977a).

GULATI et al. (1969) obtiennent en Inde des teneurs différentes de l'essence d'herbe pour des semis d'été et d'automne. HORNOK (1973) étudie l'effet de la date de semis sur la qualité de l'essence, mais récolte les plantes à des stades différents de croissance. ZLATEV (1975) compare les teneurs en essence de plante entière, feuilles, tiges, inflorescences fructifiées ou non pour un semis de printemps et d'été à plusieurs stades physiologiques et trouve des différences remarquables. Ainsi les feuilles présentent un maximum d'essence en début de floraison pour le semis d'été et en cours de fructification pour celui de printemps; au mûrissement complet, tiges et feuilles sont moins riches en essence pour le semis d'été, contrairement à l'inflorescence fructifiée (4.30% au lieu de 4.05%).

GILDEMEISTER et HOFFMANN (1961) reportent en Angleterre une baisse de carvone quand les étés sont froids et pluvieux. La faible synthèse d'essence obtenue sous serre en hiver serait dûe à un éclairement insuffisant (POGGENDORF et al., 1977). Selon HÅRDH (1978), températures basses, surtout la nuit, et jours longs favoriseraient la synthèse d'essence en Finlande. Pour HUOPALAHTI (1984), l'ensoleillement serait un facteur crucial dans la formation de l'arôme de même que des "températures favorables". Mais les

résultats de cet auteur, qui compare sur 3 ans les teneurs en essence avant floraison d'un aneth cultivé en Finlande à 2 endroits distants de 700 km nous paraissent peu interprétables suite aux conditions météorologiques très variables. Un vent artificiel n'entraîne pas de variation significative de la teneur pour les plantes en cours de mûrissement (ZLATEV, 1976a).

9) Conditions de culture

L'espacement des plants pourrait avoir une influence sur la teneur en essence. L'aneth a été généralement semé en rangs ou sillons espaces de 11-60 cm avec un éclaicissement des plantules à 10-40 cm en gardant les plus saines; les pieds sont serrés ou distants selon que l'on veut récolter l'herbe ou les graines (GUENTHER, 1950; HANDA et al., 1957; GULATI et al., 1969; VIRMANI et DATTA, 1970; EMBONG et al., 1977; HENRY, 1982). ZLATEV (1977) observe que la teneur en carvone dans l'essence de la plante augmente avec la densité de semis contraîrement à celles du limonène et de $1'\alpha$ -phellandrène.

Des expériences de fertilisation ont montré que les teneurs en azote, phosphore, potassium, calcium peuvent avoir une influence sur les rendements en masse verte, en fruits, en essence, avec des résultats parfois contradictoires. Un apport non excessif d'azote semble favoriser feuillage et inflorescence. Les analyses n'ont pas été effectuées à un même stade physiologique, mais la teneur ne semble pas dépendre uniquement du degré de croissance (WEICHAN, 1948; HANDA et al., 1957; VIRMANI et DATTA, 1970; HORNOK, 1979; etc...).

STEINER et HOCHHAUSEN (1954, page 294) font le rapprochement entre fermeture des stomates par temps sec et conditions d'anaérobiose propices à la synthèse d'essence. L'irrigation pourrait influer sur rendement en essence ainsi que teneur en d-carvone et taille des plantes (PORTER et al., 1983; CLARK et MENARY, 1984).

10) Conclusion

La liste des facteurs susceptibles de modifier les caractères de l'essence d'aneth est loin d'être épuisée; il faudrait encore considérer l'impact des insectes nuisibles (HUOPALAHTI, 1985), des maladies fongiques, des mauvaises herbes, etc... La comparaison des résultats tirés de la littérature devra être menée avec beaucoup d'esprit critique.

III CARACTERES DIFFERENTIELS DES ANETHS

Les travaux concernant le genre Anethum sont nombreux et permettent de relever plusieurs caractères distinctifs. Les observations chimiques et morphologiques sont les plus nombreuses. Pour simplifier, nous traiterons séparément les données concernant les fruits.

La comparaison des essences est plus aisée pour les fruits, qui présentent un profil moins variable que pour les autres parties de la plante, sont généralement récoltés mûrs, et correspondent à un stade de développement assez bien défini. Par contre dans l'essence de l'herbe, la présence d'inflorescences et de fruits est possible et n'est pas toujours indiquée, en particulier pour les huiles essentielles du commerce. Ainsi BELAFI-RETHY et al. (1974) ont dû analyser une herbe d'aneth fructifiée, d'où un fort taux de carvone (35.2 %) et d' α -phellandrène (29.0 %).

1) Essence de l'herbe

Nous ne nous étendrons pas sur les travaux concernant l'essence de l'herbe (tiges, feuilles, voire inflorescences), car leur comparaison est pratiquement impossible.

Les propriétés physiques de l'essence apportent peu d'indications. Avec le mûrissement, la densité et l'indice de réfraction augmentent contrairement au pouvoir rotatoire (IHLOFF 1956; GILDEMEISTER et HOFFMANN, 1961). Les teneurs en essence, α-phellandrène, d-limonène, 3,9-époxy-ρ-menth-1-ène et carvone sont très variables. Nous n'avons pas observé de rapport évident avec l'origine géographique. SCHREIER et al. (1981) suggèrent un taux plus faible d'apiole et plus élevé de dillapiole pour l'essence d'herbe d'"aneth d'Inde". Nous pensons que le dillapiole peut provenir en grande partie des fruits, surtout si le pourcentage de carvone est élevé; en effet ce dernier composé est absent avant la floraison et augmente avec la formation des fruits. C'est vraissemblablement le cas de l'essence de sowa analysée par CHAKRAVARTY et BATTACHARYYA (1954) qui présente 18.9 % de dillapiole et

30 % de carvone. Les travaux de POGGENDORF et al. (1977) sur 3 cultivars ne permettent pas de dire si on a une augmentation plus ou moins rapide de la quantité d'essence pour des stades de croissance comparables, car les espacements étaient variables et les essais sur 2 ans peu reproductibles. MAIRE (1936) reporte une odeur de fenouil pour l'appareil végétatif d'Anethum foeniculoides Maire α Wilczek. On pourrait donc avoir de l'anéthole, d'odeur anisée prononcée. Anethum Theurkauffii Maire aurait une odeur différente du fenouil comme d'Anethum graveolens L. et du "cumin" (Cuminum cyminum L.).

2) Essence des fruits

a) Ethers-oxydes phénoliques

En 1896 CIAMICIAN et SILBER élucident la nature d'un produit plus dense que l'eau signalé en 1891 (SCHIMMEL & Co.) dans l'essence de fruits d'aneth de l'est de l'Inde, et parlent d'"Apiol aus Dill", c'est à dire d'apiole d'aneth, ou "dillapiole".

Depuis de nombreux auteurs ont séparé Anethum d'A. graveolens L. par la présence de cette substance dans l'essence des fruits mûrs. MYINT et GALE (1968), BETTS (1969), BANDOPADHYAY et al. (1972), STAHL et HERTING (1976), TOMAR et al. (1979) et d'autres auteurs ont effectivement trouvé ce composé pour des fruits d'Asie. Les tableaux 2a et 2b montrent qu'il se rencontre en quantité variable, atteignant 50 % pour une essence japonaise analysée par MIYAZAWA et KAMEOKA (1974). Des aneths cultivés en Egypte, près d'Alexandrie, renfermeraient 25.2 à 28.1 % de dillapiole (KHAFAGY et MNAJED, 1968). Cependant la présence ou non de cette substance ne permet pas une distinction absolue. SHAH (1977) a trouvé une absence de dillapiole sur 2 générations pour le "Vizag sowa". l'"aneth d'Europe" fourni par l'Université d'Oxford au Centre Régional de Recherches de Jammu a d'abord présenté des traces (CHAUDHRY et al., 1957) puis 3 % de dillapiole dans l'essence des fruits (BASLAS et al., 1971; BASLAS et GUPTA, 1971). Ces derniers auteurs se sont demandés si certains facteurs climatiques étaient reponsables de cette augmentation. GUPTA suggère que les climats tropicaux favorisent par ensoleillement la formation de composés oxygénés. Mais ADHIKARI (1965) n'obtient pas de modification du profil de l'essence des fruits de 3 aneths d'Inde après culture en Allemagne.

auteurs, modes d'extraction	docionation			8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8		pourcentag	ples de quelq	pourcentages de quelques composés		# # # # # # #	
et d'analyse	origine	α-pinène	ayrcène	a-phell.	a-terpinène	limonène	B-phe11.	f-cymène	diHcarvones	d-carvone	dillapiole
		₹	-	\leftarrow	$\leftarrow > <$	$\rightarrow \rightarrow \leftarrow$	=		trans / cis		CH ₃ D OCH ₃
ADHIKARI, 1965 D vapeur; CPG	ll aneths d'Europe comercialisés								1'5-0	7,89-6,03	
BASLAS et al., 1971 D vapeur;D fractionnée	d'Oxford, cultivé à Haldwani en Inde			9	٩	01			12	34,5	m
IRINCHEV et al., 1971 D vapeur, fract.; CP6	Bulgarie	***************************************	+	+		1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1				20-36,5	
EMBONG et al., 1977a D vapeur; CCM+CPG	commun et danois cultivés au Canada	0,2-0,3	0.7-1.2	4,3-9,7	0	33,1-40,8	1,4-2,5	0.4-0.9	1,4-2,5	43,3-48,5	
SCHEFFER et al., 1977 D eau; CC	Hollande	traces	0,2	0,2		39.8	0,1	0,2	1,4 / 1,5	54,9	
HODISAN et al., 1980 D vapeur; CPG	cultivé en Roumanie	+		+	+	+		+	+	45,6	

Profil qualitatif de quelques essences de fruits d'"aneth d'Europe", Les valeurs sont arrondies au dizième, On constate un fort taux d'œ-terpinène pour l'aneth analysé par BASLAS et al, en 1971, D: distillation CCM, CPG, CC: chromatographie sur couche mince, en phase gazeuse, sur colonne -: absence Iableau 1:

+; présence

auteurs					pourcentage	pourcentages de quelques composés	se composés		\$ 1	***		8 6 5 5 5 8 8
sodes d'extraction et d'analyse	designation, origine	α-pinène	myrcène	α-phell.	a-terpinène	limonène	p-cynène	diHcarvones	d-carvone	eugénol	myristicine dillapiole	dillapiole
		→	-	-				trans / cis	-\\			5 0
MALAVIYA et DUTT, 1940 O vapeur;O fractionnée	75 25 35 35					0'6			46,5	41 PT CES 3		39.6
GUPTA et al., 1958 D vapeur;D fractionnée	"indian dill"			ı		+		7,2	41,7			15,6
ADHIKARI, 1965 O vapeur; CPG	3 lots d'Inde							3,5-9,3	14,6-30,9		0,4-0,5	36,1-49,9
SETHI et al.,1965 D vapeur; CPG	Anethum sowa					19,7	2,2	4.4	1,61	·		30
MISRA et NIGAM, 1969 D; D fractionnée + CC	marché de Sāgar en Inde	3-3,6		2-2.2	 	34-35,5		8.	51,0-51,4			2,0-2,5
BASLAS et GUPTA, 1971 D; O fractionnée	souche S 163 de New Delhi en Inde	5,0		-	3,6	21,4		14.3	20.7	3.0	0.1	9 8

Profil qualitatif de quelques essences de fruits d'"aneth d'Inde", Les valeurs sont arrondies au dizième. On constate une présence de dillapiole, et beaucoup d'α-terpinène pour l'aneth analysé par BASLAS et BASLAS en 1971, D: distillation CPG, CC; chromatographie en phase gazeuse, sur colonne -; absence +; présence Tableau 2a:



	decions				pourcentag	pourcentages de quelques composés	sęsoduco sei					
et d'analyse	origine Origine	«-pinène	syrcène	«-phell.	a-terpinène	limonène	p-cynène	diHcarvones	d-carvone	eugénol	myristicine dillapiole	dillapiole
			-		\rightarrow	\sim	$\leftarrow > <$	trans / cis	~~~		664°	CH ₃ 0 CH ₃ 0 CH ₃ 0
SHAH et al., 1971 ". 0; CP6 "V.	"Ghoda sowa", Inde "Variyali sowa", Inde					34		43	35	5 4 4 4 4 4 4 6 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8		12
MIYAZAWA et KAMEDKA, *.	*A. graveolens L.*, Japon	1,2		+	+	5,7		6, 3	20,1	6,0		× 50,4
р. Внан, 1977	"dark variyali sowa" "pale variyali sowa" "Vizag sowa", Inde					24 39 45		.s 5.7	23 42 46,2			∞ ≠ 0
ASHRAF et al., 1977 D vapeur; CPG	Pakistan			S 9		6,8	medical can also be proposed as at also de-		52,3			28.3
CHOU et IWAMURA, 1978 solvants; CP6	Inde	traces	0'1	traces		27.2	traces	1,1 / 5,0	17.4	0,1		
LAVRENCE, 1980 0; CC+CP6	"Indian dill"	+	0,1	0,1	+	45,0	0,1	4,2 / 5,2	23,1			20,7

Profil qualitatif de quelques essences de fruits d'"aneth d'Inde", Les valeurs sont arrondies au beaucoup de dihydrocarvone pour l'aneth "dark variyali sowa", D: distillation CPG, CC; chromatographie en phase gazeuse, sur colonne -: absence Tableau 2b:

+; présence

dizième. On constate une présence fréquente de dillapiole,

D'autres éthers-oxydes phénoliques à chaîne latérale insaturée ont été signalés dans l'essence des fruits d'aneths, et nous donnons leurs formules ci-dessous:

Le dillapional a été isolé de l'essence des fruits de l'"aneth d'Inde" (TOMAR et MUKERJEE, 1981).

Par chromatographie sur couche mince et comparaison avec une "race" de persil présentant de l'apiole, STAHL et FUCHS (1968) trouvent ce composé dans des fruits indiens. Mais il s'agit certainement d'une confusion avec le dillapiole, qui migre de manière voisine. Du reste STAHL et HERTING ne reconnaissent plus en 1976 que le dillapiole pour l'"aneth d'Inde". Cependant BASLAS et GUPTA (1971) trouvent 5.7 % d'apiole pour la souche de sowa S 163 fournie par l'Institut Indien de Recherches Agricoles de New-Delhi. Mais ces auteurs remettent en cause ce résultat, qui pourrait être dû en particulier aux fortes températures lors de la distillation fractionnée. Des traces de ce composé ont été observées lors de l'isolement du dillapiole des semences par WULF et al. (1978).

Myristicine et cis-isomyristicine se rencontrent dans les fruits de l'"aneth d'Inde" (ADHIKARI, 1965, pages 41-42, 57-59). Cet auteur ainsi qu'HARBORNE et al. (1969) ne détectent pas de myristicine pour l'"aneth d'Europe". L'élémicine (CHOU et IWAMURA, 1978; LAWRENCE, 1980) et l'eugénol (tableaux 2a et 2b) semblent n'avoir été observés que pour l'"aneth d'Inde". Cependant l'isoeugénol, signalé dans les fruits par MIYAZAWA et KAMEOKA (1974) au Japon, se rencontre aussi pour ceux de l'"aneth d'Europe"

cultivé en Inde (BASLAS et al., 1971). De plus, HODIŞAN et al. (1980) trouvent par chromatographie sur couche mince puis analyse du spectre infrarouge le safrole dans des semences d'Anethum graveolens L..

Le trans-anéthole est mentionné pour les fruits des 2 aneths, de même que l'anisaldéhyde, produit d'oxydation dont nous donnons plus bas la formule (MIYAZAWA et KAMEOKA, 1974; EMBONG et al., 1977a; SCHEFFER et al., 1977; CHOU et IWAMURA, 1978; HODIŞAN et al., 1980; LAWRENCE, 1980).

b) Monoterpènes

Plusieurs monoterpènes sont fréquemment rapportés dans l'essence des fruits. Nous indiquons ci-dessous leurs pourcentages moyen et limites établis à partir des données bibliographiques en notre disposition:

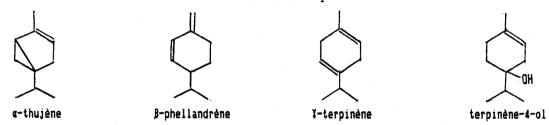
	"aneth d'Europe"	"aneth d'Inde"
α-pinène	traces - 0,4 - 0,8 %	0 - 1,5 - 5 %
α-phellandrène	traces - 8 - 29	0 - 4 - 12
d-limonène	3 - 29 - 47	5,7 - 26 - 45
dihydrocarvones	traces - 3 - 16	0 - 9,5 - 43
carvone	20 - 52 - 68	0 - 31 - 53

Les pourcentages plus faibles de limonène et de carvone pour le sowa s'expliquent en partie par la présence du dillapiole. Pour l'"aneth d'Europe", nous n'avons pas remarqué de relation évidente entre teneur en carvone et répartition géographique. GUENTHER (1950) signale un lot exceptionnel en Hongrie présentant 68 % de ce composé, probablement suite à une distillation incomplète. Les forts pourcentages fournis par HORNOK (1973) dans ce même pays doivent être corrigés sinon on aurait plus de 100 % d'essence!

BETTS (1969) trouve 3.7 - 5.2 - 8.2 mg de carvone par 100 diakènes pour des aneths dénués de dillapiole, et 1.8 - 3.4 - 5.0 mg pour des échantillons d'"aneth d'Inde". Rapportés en mg par poids de fruits, la faible teneur en carvone est encore plus nette pour les fruits du sowa, qui contiennent environ 2 fois plus de dillapiole mis à part un échantillon. Les tableaux 2a et 2b mettent cependant en évidence un rapport dillapiole/carvone très variable.

Des chercheurs ont constaté des taux de carvone et dihydrocarvones différents pour les essences de fruits présentant du dillapiole. Ainsi on distingue le "Ghoda sowa" (sud et nord-ouest de l'Inde) ou "Horse sowa", qui a 15.6 % de dihydrocarvone du "dark variyali sowa" (état de Gujarat en Inde) ou "Fennel sowa" qui en contient 35 ou 43 % (SHAH et al., 1971; SHAH, 1977). Le "pale variyali sowa" n'en a que 5 % (SHAH, 1977). STAHL et HERTING (1976) observent par chromatographie sur couche mince 2 groupes d'aneths à dillapiole: la carvone peut être présente accompagnée de peu de dihydrocarvone; ou bien la carvone n'est plus visible et on a un fort taux du composé hydrogéné.

L' α -thujène et le β -phellandrène semblent n'avoir jamais été détectés pour l'"aneth d'Inde". SETHI et al. (1965) trouvent des taux élevés de γ -terpinène (7.27 %) et de terpinène-4-ol (7.22 %) dans l'essence des fruits d'un sowa. Les formules de ces composés sont les suivantes:



c) Propriétés physiques

Nous reportons ci-après les moyennes et valeurs limites de quelques propriétés physiques de l'essence des fruits calculées d'après les documents en notre possession:

	"aneth d'Europe"	"aneth d'Inde"
teneur en %	0,8 - 3,2 - 7,7	1,3 - 2,9 - 6
densité rapportée à 20 °C	0,88 - 0,91 - 0,94	0.90 - 0.97 - 1.04
indice de réfraction rapporté à 20 °C	1,472 - 1,485 - 1,499	1,479 - 1,495 - 1,504
pouvoir rotatoire	+41*30' +72* +88*	+40* +48*30' +72*

La teneur en essence est variable et permet peu de distinction entre les 2 aneths. HEEGER et ROSENTHAL (1949) trouvent 3.00 - 4.57 - 7.69 % d'essence par distillation à la vapeur des fruits mûrs de 28 origines cultivées à Vienne et Leipzig entre 1939 et 1941; mais la teneur n'est plus que de 2.48 % pour des fruits de 20 origines en 1948. KAPELEV (1969) obtient une teneur

en essence des fruits mûrs particulièrement élevée après culture et analyse de 14 aneths de diverses origines: 1.80 - 5.13 - 7.17 %.

EMBONG et al. (1977a) obtiennent moins de 1.8 % d'essence au Canada, EL HAMIDI et AHMED (1966) moins d'1.3 % en Egypte. Cultivé en Inde, l'"aneth d'Europe" a une teneur en essence des fruits de 1.7 - 2.8 - 5 % (HANDA et al., 1953; CHAUDHRY et al., 1957; HANDA et al., 1957; GUPTA et BASLAS, 1967; GULATI et al., 1969; BASLAS et al., 1971; GUPTA, 1977; etc...).

ADHIKARI (1965) propose un éventuel effet de la polyploïdie sur la teneur en essence des fruits du "Tetra"-Dill fourni par 2 établissements allemands.

L'essence des fruits de sowa a une densité plus forte et un pouvoir rotatoire plus faible. Par contre on observe peu de distinction avec l'indice de réfraction, qui présente une plus faible variation que la densité pour les principales substances rencontrées (GUENTHER et ALTHAUSEN, 1949; GUENTHER, 1950; CHAKRAVARTY et BHATTACHARYYA, 1954; ADHIKARI, 1965; GILDEMEISTER et HOFFMANN, 1966; MISRA et NIGAM, 1969; BASLAS et GUPTA, 1971):

densité	indice de réfraction
rapportée à 20 °C	rapporté à 20 °C
0,844 ~ 0,850	1,472 - 1,473
0,841 - 0,851	1,474 - 1,475
0,927 - 0,928	1,471 - 1,472
0,958 - 0,963	1,499 - 1,500
1,143 - 1,144	1,540 - 1,541
1,155 - 1,158	1,529 - 1,530
	rapportée à 20 °C 0.844 - 0.850 0.841 - 0.851 0.927 - 0.928 0.958 - 0.963 1.143 - 1.144

Une densité et un indice de réfraction élevés permettent d'envisager la présence possible d'éthers-oxydes phénoliques; mais un fort taux de carvone, suite à une distillation incomplète entraîne aussi de fortes valeurs. Le pouvoir rotatoire est positif ou négatif selon les monoterpènes, et l'interprétation est malaisée. Il est élevé pour le d-limonène et d'environ + 62° pour la d-carvone.

Une essence d'aneth d'Espagne étudiée par SCHIMMEL (1898) possède une densité propre à l'"aneth d'Europe", de 0.913, mais un très faible pouvoir rotatoire, de 50° 21'. Plusieurs auteurs ont considéré par la suite que l'aneth d'Espagne présentait du dillapiole, ce qui reste à vérifier.

L'aneth cultivé en Egypte et étudié par KHAFAGY et MNAJED (1968), qui pourrait être considéré comme un "aneth d'Inde" par son taux de dillapiole, a cependant un pouvoir rotatoire élevé, d'environ 70°.

Signalons encore que d'après MAIRE (1936), les fruits d'Anethum foeniculoides Maire α Wilczek auraient une odeur de cumin (Cuminum cyminum L.).

3) Autres caractères chimiques

On a proposé une distinction des aneths par l'analyse des flavonosides. BANDOPADHYAY et al. (1972) trouvent 2 flavonosides dans les fruits d'Anethum graveolens L. en faible quantité, et n'arrivent pas à en mettre en évidence dans ceux de l'"aneth d'Inde". D'autres auteurs ont trouvé uniquement le kaempférol dans les fruits de l'"aneth d'Europe", alors que ceux du sowa auraient en plus quercétine et isorhamnétine (HARBORNE et WILLIAMS, 1972; SHAH, 1977). En fait, le kaempférol semble seulement prépondérant dans les fruits de l'"aneth d'Europe" (TEUBER et HERRMANN, 1978).

On a aussi analysé les teneurs en caroténoides, acide ascorbique, chlorophylles et substances minérales d'échantillons de plusieurs origines. Mais les plus forts taux peuvent correspondre à des provenances géographiques très différentes (KURLYANCHIK et al., 1979). Et on observe des variations pour 3 aneths des Etats-Unis (MADZHAROVA et al., 1973).

4) Morphologie

a) Plante

Les figures 2 et 3 représentent respectivement l'"aneth d'Europe" et l'"aneth d'Inde".

BRANIGAN (1946) n'observe pas de différence pour le système racinaire et la structure des feuilles entre ces 2 aneths.

JOSHI et al. (1963) trouvent que l'"aneth d'Europe" fleurit plus tard que le sowa en Inde.



Eigure 2: Iconographie d'Anethum graveolens L. d'après REICHENBACH (1867), au centre; sommité et partie basale; l; fleur vue de haut; 2; étamine; 3; pétale vu de l'intérieur; 4; jeune fruit; 5; fruit mature; 6; stylopode vu de haut avec les 2 styles; 7; ombelle fructifiée; 8 et 9; akène vu de l'extérieur et de l'intérieur; 10 et 11; coupe transversale de l'akène avec 1 bandelette par vallécule,

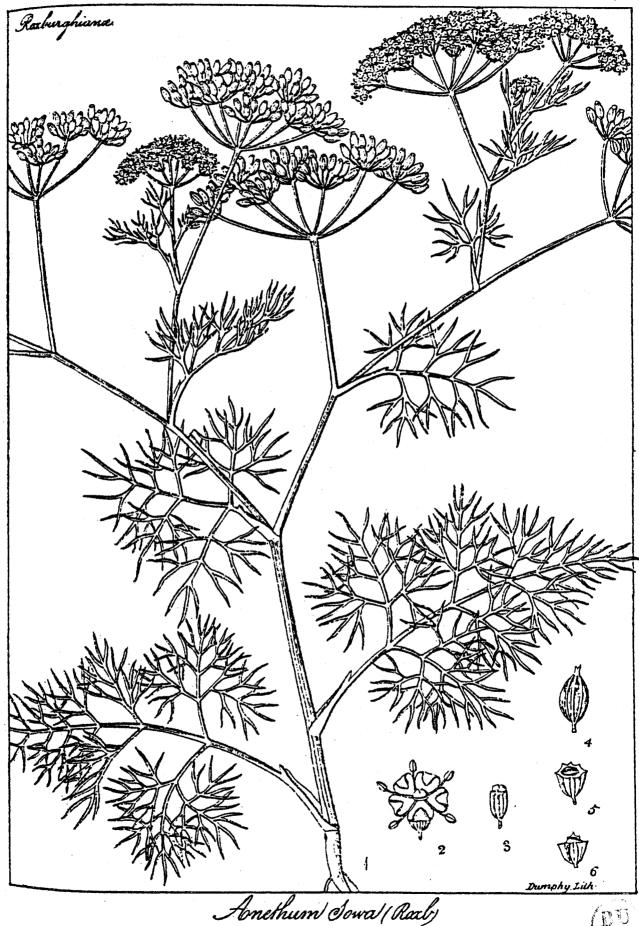


Figure 3: Iconographie d'Anethum sowa Roxb. d'après WIGHT (1843). 1: pied de sowa fleur: et fructifié; si fleur; 3: jeune fruit; 4: fruit mûr; 5 et 6: diakène et akène coupés transversalement

ADHIKARI (1965) signale parmi les formes cultivées en Allemagne des aneths à graines ("Körnerdill"), à feuilles ("Blattdill") et même un cultivar tétraploïde appelé "Tetradill". Cet auteur obtient à Sarrebruck la fructification d'au moins 50 pieds pour 6 aneths d'Europe et 3 d'Inde. Ces derniers présentent une plus faible taille, des tiges apparemment plus dures et cassantes, une floraison plus précoce d'environ une semaine, des ombelles de diamètre plus faible avec des rayons moins nombreux et moins de fleurs par ombellule; par contre les feuilles et la longueur des rayons ne permettent pas de distinction:

	"aneth d'Inde"	"aneth d'Europe"
taille (cm)	75 - 87 -100	80 - 99 -118
longueur des pédoncules (cm)	8 - 11 - 15	8 - 14 - 24
diamètre des ombelles (cm)	8 - 9 - 11	8 - 12 - 18
nombre de rayons	10 - 14 - 17	12 - 28 - 45
taille des rayons (cm)	3 - 4 - 5	3 - 6 - 10
nombre de fleurs par ombellule	8 - 18 - 30	16 - 29 - 46

Plusieurs auteurs (GUPTA et al., 1969; GUPTA, 1977) ont cultivé à Haldwani en Inde 15 aneths d'Europe et 2 des Etats-Unis. A raison d'environ 6 pieds par origine, ils observent des différences marquées pour le nombre d'ombelles par plante, le nombre de graines par ombelle, le poids d'inflorescence à la floraison, contrairement au nombre de ramifications:

taille moyenne (cm)	78 - 118 - 197
nombre de ramifications sur la tige principale	5 - 6 - 9
nombre d'ombelles par piante	14 - 32 - 51
nombre de graines par ombelle "terminale" (= "primordiale")	450 - 1050 - 1950
poids frais de l'inflorescence à la floraison (g)	14 - 34 - 51
rendement en fruits par plante (g)	20 - 26 - 36

La formation d'"ombelles tertiaires" en fin de saison est plus ou moins importante. Un faible nombre d'ombelles par plante semble s'accompagner d'une plus grande quantité de fruits par ombelle terminale (= primordiale) ou axillaire.

La floraison est précoce pour les échantillons des U.S.A. et d'Angleterre et tardive pour ceux d'Autriche, Hollande, Hongrie et surtout Bulgarie. Sauf erreur d'impression, les échantillons de Grèce et de Californie se ramifient pour une faible hauteur de tige principale alors que les botanistes s'accordent à dire que la tige d'Anethum graveolens L. est rameuse vers le haut.

Ces auteurs ont retenu le lot des Pays-bas et ont sélectionné les pieds présentant des ombelles de fort diamètre, avec des fruits nombreux et grands. Ils obtiennent alors l'"Haldwani Selection" (GUPTA, 1971; GUPTA, 1977), de petite taille, (96 cm), avec des ombelles de 29 cm de diamètre présentant un pédoncule de 22 cm.

GUPTA a aussi examiné les spécimens des herbariums de Kew, Calcutta et Dehra-Dun et BASLAS et GUPTA (1971) reportent que contrairement à l'aneth d'Europe, le sowa aurait une tige plus longue, plus mince, des lanières plus longues, des ombelles terminales non pas plus grandes mais de même taille que les axillaires, peu de rayons et peu de fleurs par ombelle.

KUPERMAN et KURLYANCHIK (1973) ont étudié l'influence de la lumière sur 6 aneths et observent une photopériode différente selon l'origine géographique. L'aneth serait une plante de jours plus ou moins longs. En condition de jours courts, le nombre et la taille des feuilles sont augmentés et on a un faible stade de croissance. Cultivés à l'Université de Moscou en lumière naturelle, les aneths des régions nordiques (Norvège, Finlande) ou des montagnes (Mongolie) ont une croissance rapide et peu de feuilles contrairement aux aneths d'Afghanistan et surtout de Bulgarie et d'Arménie, qui nécessiteraient une photopériode supérieure.

En Bulgarie, MADZHAROVA et al. (1973) ont constaté des différences morphologiques pour 9 échantillons d'aneths dont 3 des Etats-Unis.

POGGENDORF et al. (1977) ont testé 20 aneths d'Europe et 5 autres des Etats-Unis, Brésil, Mongolie, Chine et Australie, avec 50 pieds par origine. La plante n'est pas seulement vert foncé comme mentionne dans la littérature mais aussi vert clair ou vert jaune. Ces auteurs distinguent des aneths "à feuilles" (variété "Chrestensens Herkules", un des 4 échantillons d'Hongrie et celui de Mongolie), "à graines" (avec plus de tiges, et des feuilles nombreuses et petites) et tous les intermédiaires possibles. L'aneth américain, fourni par Fritzsche Brothers, de petite taille (80 cm), à la tige plus mince, versant lors des précipitations,

présentant peu d'ombellules (4) dans l'ombelle principale, serait un "aneth d'Inde". Le nombre de rayons de l'ombelle principale ne permettrait pas de caractériser entre eux les aneths d'origine européenne. Le cultivar "Chrestensens Herkules" atteint la plus haute taille. Nous donnons ci-après les résultats de l'ensemble des 24 échantillons qui pourraient correspondre à l'"aneth d'Europe":

hauteur moyenne (cm)	90 -	104 -	130
diamètre de l'ombelle principale (cm)	12 -	18 -	22
nombre d'ombellules dans l'ombelle "principale" (= primordiale)	19 -	29 -	41

Nous avons reporté dans le tableau 3 les valeurs extrêmes rencontrées dans la littérature pour quelques caractères susceptibles de présenter des différences pour le genre Anethum.

b) Fruits

D'après le dessin de WIGHT en 1843 (voir figure 3) et les premières descriptions, les fruits du sowa seraient plus étroits et convexes que ceux de l'"aneth d'Europe" (STYGER et ZÖRNIG, 1919; BRANIGAN, 1946); ils seraient même habituellement moins divisés avec des côtes plus claires (GILDEMEISTER et HOFFMANN, 1961). Mais ces caractères sont critiqués dès la fin du 19^{ème} siècle; ainsi CLARKE (1879) n'observe pas de différence dans la largeur des fruits.

ADHIKARI (1965) trouve un poids de 1000 akènes de 1 - 2.4 g pour le sowa et de 1 - 3.1 g pour l'"aneth d'Europe"; la largeur des côtes marginales est faible chez le sowa mais aussi chez des aneths européens, et après culture en Allemagne de 6 échantillons d'Europe et 3 d'Inde, on n'observe pas de différence de taille marquée:

	Europe	Inde
longueur (am)	2,5 - 3,5 - 4,5	3 - 3,5 - 4
largeur (mm)	1 - 2 - 3	1 - 1,5 - 2,5

espèces	Anethum gra	aveolens L.			
	"aneth d'Europe"		A, foeniculoides	A, Theurkauffii	A, involucratum
caractères		(A, sowa Roxb,)	Maire & Vilczek	Maire	Korovin
plante	annuelle	annuelle	perenne	annuelle	bisannuelle
hauteur (cm)	10-170	60-100		+60	50-60
tige	creuse	non fistuleuse			
feuille;					·
pennatiséquée	(2)-3-(4) fois	2-3 fois		3 fois	triternatiséquées
lanière en mm	5-30	13-25		+5	
involucre	-0	0-présence	0	5 linéaires pointues, 3-4 mm	3-5 linéaires lancéolées
involucelle	0	0-présence	0	courtes linéaires lancéolées	5
rayons; nombre	6~50	5-36	.10	16	5-9
nombre taille (cm)	1,5-10	3-36 3-5	+12	16	
sépales	subnuls	- '		+3, minces bien visibles	+5 et plus, inégaux nuls
style /stylopode	1	à peine visibles		OTEN ATZIDIEZ	UATA
après floraison			un peu supérieur	plus court	plus long
fruit	comprimé par le dos	peu comprimé		(peu) comprimé	
longueur (mm)	2,5-6	2,1-5	4	3,5	3.5 (immature)
largeur (mm)	1-3.5	1-3	2,5	2	0,0 (1000)
épaisseur (mm)		1	1,25	1,25	
ailes	0.1-0.8 mm	étroites	0.7 mm	0,6 mm	présentes
côtes dorsales		proéminentes ailées	proéminentes épaisses	proéminentes épaisses	filiformes
bibliographie	LEROY, 1951 GARNIER et	DE LANESSAN, 1885 ADHIKARI, 1965	MAIRE, 1936	MAIRE, 1936	KOROVIN, 1947
	collab., 1961 MEIKLE, 1977 etc	BETTS,1969; BASLAS et GUPTA, 1971 TSAI, 1979; etc			

<u>Tableau 3:</u> Valeurs extrêmes rencontrées dans la littérature pour des caractères morphologiques différentiels d'espèces rattachées au genre *Anethum*,

BETTS (1969) observe des fruits de 16 origines dont 6 correspondraient au sowa par la présence de dillapiole dans les graines. Il obtient les valeurs suivantes:

	"aneth d'Europe"	"aneth d'Inde"
longueur d'un akène (mm)	4 - 4,5 - 6	3 - 4,5 - 5
largeur d'un akène (mm)	2 - 2,5 - 3	1,5 - 2 - 2,5
poids correspondant à 500 diakènes (g)	1,5 - 1,8 - 2,6	1,3 - 2,6 - 3,3

Le sowa a des fruits plus étroits, souvent plus lourds mais pas systématiquement. Mis à part un échantillon d'un jardin botanique turc, tous les fruits de l'"aneth d'Europe" sont aplatis contrairement à ceux du sowa.

En Inde, 15 aneths d'Europe et 3 d'Amérique du Nord présentent un poids de matière sèche de 1000 graines de 1.1 - 1.7 - 2.4 g (GUPTA et al., 1969; GUPTA, 1977). A partir d'un lot des Pays-bas, ces auteurs obtiennent l'aneth "Haldwani selection" aux fruits plus grands et plus lourds; la vigueur du pédicelle favoriserait le développement des fruits (GUPTA, 1971; GUPTA, 1977). BASLAS et GUPTA (1971) reportent pour le sowa des fruits plus longs mais étroits, convexes d'apparence, et plus lourds que ceux de l'"aneth d'Europe"; le sowa aurait des côtes marginales étroites et des côtes dorsales proéminentes et ailées. Sur 4 sortes de sowa d'Inde, une seule, le "Ghoda sowa", présente des fruits tous divisés (SHAH et al., 1971; SHAH, 1977); ces 4 aneths ont des fruits plus ou moins comprimés dorsalement de 4.3 - 5.7 mm de long et 1.6 - 2.5 mm de large.

POGGENDORF et al. (1977) étudient les caractéristiques des fruits de 25 aneths d'Asie, Europe, Australie et Amérique. Un des échantillons, provenant des Etats-Unis, à fruits étroits et lourds (2.7 g pour 1000 akènes) serait un sowa. Les autres présentent les valeurs suivantes:

longueur d'un akène (mm)	3,6 - 4,5 - 5,3
largeur d'un akène (mm)	1.8 - 2.5 - 3.2
épaisseur d'un akène (mm)	0.5 - 0.7 - 0.8
largeur de l'aile marginale (mm)	0,2 - 0,4 - 0,5
poids correspondant à 1000 akènes (g)	1,5 - 1,8 - 2,7

La largeur n'augmente pas forcément avec la longueur des fruits. Ces auteurs considèrent que longueur, largeur et poids de 1000 akènes sont des critères distinctifs, contrairement à épaisseur, largeur des aîles et aspect des côtes dorsales. Cependant les côtes dorsales semblent épaisses ou non selon les différentes espèces rattachées au genre Anethum (tableau 3) et la compression des fruits plus ou moins marquée.

5) Apport d'autres disciplines

L'histologie des fruits apporte peu de distinctions entre les différentes espèces. Anethum foeniculoides Maire a Wilczek, A. graveolens L. et A. Theurkauffii Maire ont tous une bandelette par vallécule et généralement 2 à la face commissurale, avec des cellules sclérenchymateuses dans les côtes marginales (MAIRE, 1936; PARRY, 1969). STYGER et ZÖRNIG (1919) prétendent trouver en coupe tranversale des bandelettes plus grosses pour l'"aneth d'Inde", surtout celles de la commissure, ce qui n'est pas vérifié par ADHIKARI (1965) et PARRY (1969). Le sowa présenterait un albumen légèrement plus convexe que l'"aneth d'Europe" (ADHIKARI, 1965).

Selon BASLAS et GUPTA (1971), on aurait peu de différences histologiques entre fruits du sowa et de l'"aneth d'Europe" et une morphologie du pollen voisine.

L'"aneth d'Europe" et l'"aneth d'Inde" ont 22 chromosomes (MOORE, 1971; SINHA et SINHA, 1977; HORE, 1979; etc...). BASLAS et GUPTA (1971) reportent une paire de chromosomes à satellite chez l"aneth d'Europe" contrairement au sowa. Mais un aneth indien présente 3 paires avec 3 constrictions (SHARMA et GHOSH, 1954; résultats repris par SHARMA et BHATTACHARYYA, 1959).

C PARTIE EXPERIMENTALE I MATERIEL ET METHODES-

Nous avons choisi d'analyser l'essence des fruits de plusieurs origines, car il s'agit d'une méthode rapide, susceptible de mettre en évidence des différences de profils comme le suggère la littérature.

Nous avons aussi cultivé quelques pieds d'aneths dans les terrains d'essais de la Faculté pour avoir une idée de la variabilité morphologique.

1) Echantillons d'aneths

Nous nous sommes procurés 35 lots de semences auprès de divers organismes, personnes et dans le commerce (tableau 4). Nous précisons ci-dessous quelques adresses:

N.I.A.V.T. : Research Center for Agrobotany, N.I.A.V.T. H-2766 Tápiószele Hungary
N.I.V.A.U.I.: The N.I. Vavilov All-Union Institute of Plant Industry, Herzena 44, 190,000 Leningrad
R.H.S.G. : The Royal Horticulture Society's Garden, Wisley, Working, Surrey 6U23 6QB England
Z.G.K. : Zentralinstitut für Genetik und Kulturpflanzenforschung der Akademie der Wissenschaften der
D.D.R. - 4325 Gatersleben, Kr. Aschersleben, Bezirk Halle, Deutsche Demokratische Republik.

Mme Ouyahya (A.), responsable de l'herbier de l'Institut scientifique de Rabat (Laboratoire de taxinomie et écologie végétales, Charia Ibn Batota, Rabat) nous a envoyé 5 akènes d' Anethum foeniculoides Maire α Wilczek, récoltés par Sauvage (C.) et son équipe dans la Province de Tarfaya. Les fruits ont un aspect particulier et nous envisagerons séparément leur étude.

Les fruits ont été placés à l'obscurité à température ambiante dans des sachets en cellophane. Les échantillons ont été déposés à la graineterie du Jardin Botanique du Montet, 100 rue du Jardin Botanique, 54600 Villers-lès-Nancy, France.

-	dénomination	origine	récolte réception	référence	Etablissements, expéditeurs
_	Anethum graveolens L.	Balkans	82 83	ANET 6/82	Z.G.K., Gatersleben, Allemagne de l'Est
7	A. graveolens L.	Egypte	79 83	ANET 17/79	Z,6,K,
က	A. graveolens L.	Azerbaidjan, local	83	WIR 332	M.I.V.A.U.I., Herzena 44, 190000, Leningrad
-	"Solpa" ou "Sulpha"	Bangladesh, cultivé	84		M. Taludker (M.M), University of Mymensingh
-CO		connercialisé en France	vieilles graines		Le jardin provençal, 2 rue du Pont-neuf, Paris
9	A, graveolens L.	Kazakhstan, local	82 83	UIR 289	K.I.V.A.U.I., Russie
7	"satakuppi" herboristerie	de Bangalore (Inde sud)	88 88		M. Legrand (L.)
00	dans du fenouil condimentaire	connercialisé en France	78		Mc Cormick & Co., Inc. Baltimore, MD-USA
6	cultivé depuis = 30 ans en Fram	nce, origine polonaise?	8		M. Oubois (J.), SN2, Université de Lille l
2	A, graveolens L,	"Mongolische VR"	80 83	ANET 14/80	Z,6,K,
=	تـ	Ukraine	79 83	WIR 285	, I, U, A, U, I,
12	L, To	hécoslovaquie (Č.S.S.R.)	81 83	ANET 20/81	Z,K,6.
3	.	Afghanistan	79 83	ANET 13/79	Z,K,6,
=	A, graveolens L. "Abi	"Abkhazian A.S.S.R.", local	78 83	WIR 18/18	M.I.V.A.U.I.
35	A, graveolens L, territo	oire de Stavropol, local	78 83	UIR 244	, I, U, A, U, I,
9	A, graveolens L.	"Gribovskij U.S.S.R."	80 83	WIR 388	'I'O'B' A'
17	A, graveolens L.	Uzbékistan	82 83	WIR 243	Z, I, C, A, U, I,
8	A, graveolens L.	Chine, local	82 83	WIR 298	M.I.V.A.U.I.
<u>5</u>	A, graveolens t.				J.B.de Mayence, Allemagne de l'Ouest
20	A. graveolens L.	origine incomnue	82? 83		R.H.S.G., Wisley, Woking, Surrey, Angleterre
=	A. graveolens L.	origine inconnue		g.	Centro Ricerche Floristiche Marche, Pesario, Italie
72	A. graveolens L.	origine inconnue	62 83		J.B. de Marry, 54600 Villers-lès-Nancy, France
23	A. graveolens L. "Nesten"	cultivar bulgare	83	VIII-234-18	VIII-234-18 N.I.A.V.I., H-2766, Tápiószele, Hongrie
24	A, graveolens L, "Mesten"			ANET 19/82	Z,6,K,
25	A, graveolens L, "Kerti"		83	ANET 16/81	2,6,K,
76	A, graveolens L. "Long Island	Hannoth"	80 83	ANET 15/80	Z,6,K,
27	A, graveolens L, "Long Island	Hammoth"	82ou83 83		Northrup King Seeds, Fresno 93776, Californie
28	"Aneth officinal" Abondance	commercialisé en France	84		Genest S.A., 38290 La Verpillière, France
23	"Aneth officinal" Clause	connercialisé en France	83	61880	Clause, 91220 Brétigny-sur-Orge, France
33	A. graveolens L. "Budakalászi"		83	VIII-234-5	M.I.A.V.T.
3	A, graveolens L. "Budakalászi"	cultivar hongrois	82? 83	Insi	Instituti Plantarum Medicinalium, Budakalász, Hongrie
32		connercialisé en France	83	1700 Et	Ets Blain-Herba-Blainco, 13210 S*-Rémy-de-Provence
33	A. graveolens L. "Präzský Jean	ný.	æ		J.B. de Brno, Tchécoslovaquie
34	"Aneth" Caillard	commercialisé en France	83		Chemin de Pouillé, 49130 Les Ponts-de-Cé, France
35	"Dill" "Dillzaad" condiment	conditionné en Hollande	vieilles graines		

Tableau 1: Détails concernant la provenance des 35 lots de semences d'aneths analysés,

2) Analyse des 35 lots de semences

a) Pourcentage de diakènes

L'aneth d'Inde présenterait d'après la littérature des fruits peu divisés. Afin de le vérifier, nous avons établi le pourcentage de diakènes en éliminant les fruits immatures, de petite taille, les akènes aplatis et légers, à albumen non développé. Les fruits verts sont rares et n'ont pas été séparés. Chaque diakène est considéré comme équivalent à 2 akènes.

b) Poids de matière fraîche

Nous avons pesé, chaque fois que la taille de l'échantillon nous le permettait, au moins 200 akènes, non verts, non abîmés, dénués de carpophore, à albumen développé. Nous n'avons pas tenu compte des variations de température et du degré d'hygrométrie ambiant.

c) Extraction

Elle est réalisée avec du n-pentane bidistillé dont on a vérifié la pureté par chromatographie en phase gazeuse. L'hexane, pourtant moins volatil, n'a pas été utilisé car il sort moins rapidement en chromatographie en phase gazeuse et peut gêner l'intégration des premiers pics. Le broyage d'environ 0.2 g d'akènes bruns a lieu dans un petit mortier avec un pilon, préalablement lavés, flambés à l'alcool et refroidis. Nous n'avons pas eu besoin d'utiliser de sable de Fontainebleau. A plusieurs reprises, on verse un peu de pentane, on broie et on enlève à l'aide d'une pipette la plupart du surnageant riche en particules en suspension. Ces dernières sont retenues sur un filtre plissé d'environ 5 cm de diametre. On opère à température ambiante jusqu'à obtention d'environ 3 cc d'extrait en moins de 5 minutes, afin de limiter au maximum les pertes par évaporation; l'idéal serait de travailler à basse température. On néglige les substances volatiles restées dans le résidu d'extraction ou le filtre. auteurs évitent la filtration par des décantations à basse température, mais l'extraction est alors très longue.

d) Conservation des essences

L'analyse par chromatographie en phase gazeuse suit immédiatement l'obtention des extraits. Ces derniers sont stockés à l'obscurité à -23° C dans des tubes en plastique fermés hermétiquement, et ont servi pour la chromatographie sur couche mince.

e) Poids de matière sèche

Il est calculé à partir du résidu d'extraction. Le filtre est gratté; pipette, mortier et pilon sont lavés plusieurs fois à l'alcool, à l'eau des couvercles distillée. Nous avons utilisé de boîte de Pétri préalablement tarés. Après évaporation, ils sont placés dans un dessiccateur et le résidu d'extraction ne présente presque plus d'eau après quelques jours. Nous avons néanmoins poursuivi la deshydratation dans une étuve à 60°C et réalisé des pesées successives jusqu'à obtenir une variation inférieure à 5 mg. Au sortir de l'étuve, les couvercles sont placés dans un dessiccateur afin d'éviter toute condensation. Une balance de précision à infrarouges permettrait sans-doute un calcul du poids de matière sèche plus rapide et précis, évitant d'éventuelles erreurs: variations du degré d'hygrométrie de l'étuve, dépôt de poussières, insectes, croissance de microorganismes, etc...

f) Poids d'eau et de lipides extraits

Il est rapporté à 100 g de matière fraîche et est calculé à partir du poids de matière fraîche des akènes diminué de celui de matière sèche de leur résidu d'extraction et du poids d'essence estimé par chromatographie en phase gazeuse.

g) Chromatographie en phase gazeuse

Nous avons disposé d'un chromatographe Girdel série 30 à détecteur à ionisation de flamme, et d'une colonne en acier de 2 mètres d'environ 1.9 mm de diamètre interne. La phase liquide est un polyéthylène glycol, le "carbowax 20M", à raison de 10% sur un support siliceux tiré de la diatomite, le "chromosorb W", lavé à l'acide (Acid Washed), composé de particules de 80-100 "mesh".

Le gaz combustible est de l'hydrogène dont on règle le manomètre à 2.2 bars (~ 27 cc.mn-1). Le gaz comburant est de l'air synthétique utilisé à 1.0 bar (~ 222 cc.mn-1) et présentant 20% d'oxygène et 80% d'azote. L'azote, gaz vecteur, arrive à 2 bars à l'entrée de l'injecteur, à l'intérieur duquel la pression est maintenue pour une température de 60° C à 0.5 bars (~ 10.5 cc.mn-1). Cette pression est légèrement supérieure à celle permettant une séparation maximale des pics à 60° C constants. En dehors des analyses, la colonne est laissée continuellement sous flux

d'azote afin de diminuer l'encrassement et le temps de purge qui a lieu à 200° C.

L'étude simultanée de terpenes et d'éthers-oxydes phénoliques nécessite une programmation de température. Au delà de 220° C le carbowax 20M risque de s'évaporer; en dessous de 60° C, le refroidissement du four devient long et le carbowax non liquéfié. L'élévation de température doit être faible pour séparer des pics voisins, mais plus la chromatographie est longue, plus ils ont tendance à s'élargir. Nous avons choisi une augmentation de 2°C par minute, de 60° C jusqu'à 200° C, maintenus constants 30 mm.

La température de l'injecteur varie généralement entre 190 et 270° C d'après la littérature et est supérieure ou égale pour le détecteur. Au niveau de l'injecteur on doit éviter la décomposition et permettre une volatilisation complète des produits à analyser, obtenir une sortie rapide du solvant ne gênant pas l'observation des premiers pics. Nous avons maintenu injecteur et détecteur à 250° C. La quantité injectée est de 3-5 µl.

Nous avons utilisé un enregistreur "Sefram, Servotrace" avec une vitesse de déroulement de 5 mm. mn^{-1} . Les analyses des 35 lots de semences ont eu lieu en 7-8/1984 sauf pour les n^* 28 (12/1984) et 4, 7, 8, 35 (4-5/1985).

h) Détermination des pics

L'identité de plusieurs pics (figure 4) a été possible par comparaison avec les chromatogrammes de substances témoins, en particulier: α -pinène, β -pinène, myrcène, α -phellandrène, limonène, γ -terpinène, ρ -cymène, mélange des dihydrocarvones, carvone. L' α -phellandrène sort en même temps que le myrcène, mais le premier composé semble prépondérant d'après la littérature.

Les éthers-oxydes phénoliques fortement oxydés sont difficiles à se procurer à l'état pur. La confrontation des chromatogrammes en phase gazeuse de l'essence des fruits d'aneths et d'autres ombellifères montre que les 2 pics sortant après 200° C sont la myristicine et le dillapiole. En effet, les fruits d'Haloscias scoticum L. (=Ligusticum scoticum L.) renferment du dillapiole (KARIYONE et TERAMOTO, 1939) et ceux du persil, Petroselinum hortense Hoffm., présentent des variations d'allyltétraméthoxybenzène, myristicine et apiole (STAHL et JORK, 1964; FRANZ et GLASL, 1976; LAMARTI et BADOC, 1987). De plus, l'ordre d'élution

des éthers-oxydes phénoliques a été étudie par SHULGIN (1967). D'après nos observations, l'essence des fruits d'*Haloscias scoticum* L. du Jardin Botanique de Trondheim (Norvège) a du dillapiole comme principal composé (72.6 %) à côté d' α -pinène (15.7 %), β -pinène (3.0 %), myristicine (2.4 %) et apiole (5.5 %).

La chromatographie sur couche mince confirme la présence de myristicine et de dillapiole dans les fruits de certains aneths. Nous avons utilisé des plaques de gel de silice (Merck), non activées. Le solvant est un mélange de benzène et de chloroforme (25:75) qu'on fait migrer sur 15 cm. On obtient des RF ("Rate Factor", rapport entre les trajets parcourus par composé et front du solvant) différents pour myristicine (0.77), apiole (0.63) et dillapiole (0.60). Ces 3 substances ont une coloration bleue à 254 nm et brune après pulvérisation d'une solution de vanilline sulfurique à 1 % suivie d'un chauffage 10 mm à 100° C.

La séquence d'élution des pics en chromatographie en phase gazeuse dépend du groupement fonctionnel (figure 4). Elle résulterait de la quantité et du type de phase liquide et les composés sortiraient par ordre de polarité croissante (EMBONG et al., 1977a, 1977b). Notons que le degré d'ébullition dépend en partie de la polarité et tend à croître avec le temps de sortie.

i) Calculs des coefficients Ki

Nous disposons d'un intégrateur "ICAP 50 Delsi". Entre 170 et 200° C, la détection des petits pics est difficile du fait de la montée de la ligne de base: en l'absence de régulateur de pression au niveau de la chambre d'injection, on passe de 0.5 bars à 60° C à un peu moins de 0.8 bars à 200° C. Une colonne de plus grande longueur éviterait ces ennuis.

Nous avons utilisé un étalon interne, l'oenanthate d'éthyle ou heptanoate d'éthyle, qui sort à 106° C sans coincider avec d'autres pics. Ce produit présentait 2 pics d'impuretés dont nous avons tenu compte dans les calculs. Environ 0.3 grammes d'oenanthate d'éthyle sont pesés exactement à la balance de précision, et complétés dans une fiole jaugée à 100 cc de pentane bidistillé dont on a vérifié la pureté par chromatographie en phase gazeuse. On obtient une solution mère d'environ 3 grammes par litre qu'on dilue au cinquième avec le même pentane à l'aide de fioles jaugées.

5 cc de cette solution d'étalon sont mesurés à l'aide d'une fiole jaugée et mélangés avec l'extrait. Appelons C_i et C_m les concentrations en

substances i et en étalon dans ce mélange. Le volume v injecté n'a pas besoin d'être précis. En effet, la quantité m, de substance injectée est égale à:

$$m_i = C_i \times v$$

De même pour la quantité d'étalon me injectée:

$$m_{ex} = C_{ex} \times v$$

Or on a proportionalité entre aires S des pics et quantités injectées; le rapport k diffère selon les substances, ces dernières n'ayant pas un même comportement vis à vis du détecteur à ionisation de flamme:

$$m_i = k_i \times S_i$$

 $m_{-}=k_{-}\times S_{-}$

On peut donc écrire:

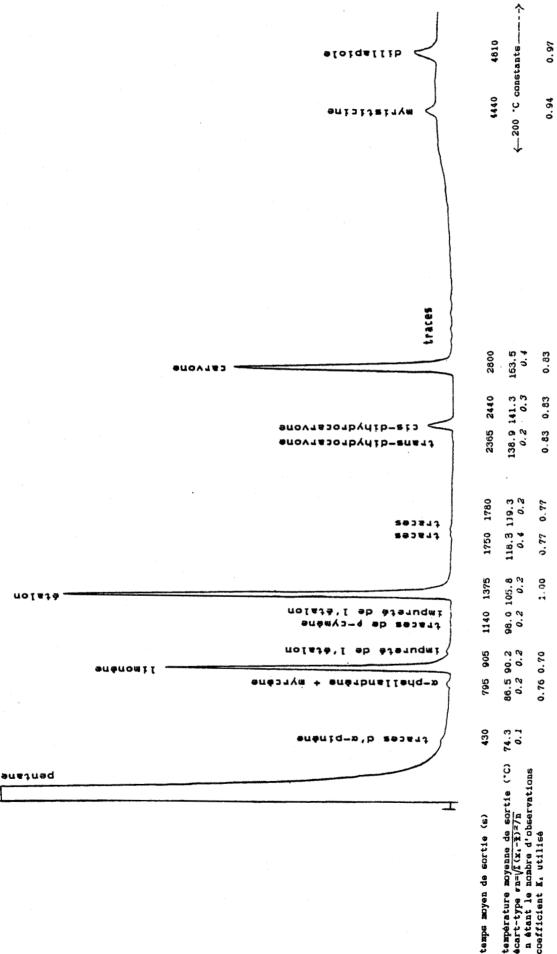
On voit donc que pour calculer les concentrations C_i des produits il est nécessaire de connaître les facteurs K_i de réponse par rapport à l'étalon interne:

$$K_{i} = \frac{K_{i}}{K_{ex}} - = \frac{C_{i}}{C_{ex}} \times \frac{S_{i}}{S_{ex}} -$$

Ces coefficients ont été calculés pour plusieurs composés disponibles dans le commerce, dont la pureté a d'abord été estimée après chromatographie en phase gazeuse par le % de surface totale. La principale source d'erreur a lieu lors des pesées et des dilutions, par évaporation et variation du volume du pentane en fonction de la température. L'intégrateur donne par contre des résultats relativement reproductibles. Nous avons pesé exactement à la balance de précision 40-50 mg d'étalon et de témoins n'interférant pas entre eux par les pics d'impuretés. On complète dans une fiole jaugée de 50 cc avec du pentane bidistillé. On obtient une première série de coefficients Ki, utilisés pour les calculs (figure 4).

On constate que les K_i des cétones terpéniques sont plus élevés que ceux des monoterpènes cycliques non oxygénés. D'autres essais vont dans le sens de K_i voisins pour une même classe chimique. Nous nous sommes permis d'extrapoler les K_i des pics inconnus par la formule empirique suivante:

$$K_1 = 0.64 + 7.13 \text{ r} \cdot 10^{-5} \text{ r} \cdot t$$
, t étant le temps de sortie en secondes



Eigure 4:

Chromatogramme de l'essence des fruits d'aneth d'Azerbaidjan. Pour chaque composé volatil on a indiqué le temps, la température de sortie, et le coefficient Kx utilisé dans les calculs. Les traces d'a-pinène et de p-cymène sont comptées avec les composés sortant à 118-119 °C. L'étalon interne est l'oenanthate d'éthyle, ûn observe entre 170 et 200 °C une montée de la ligne de base, qui varie légèrement d'un chromatogramme à l'autre. programmation de température; 60 °C à 200 °C, 2 ° par mn, puis 200 °C constants 30 mn, colonne de 2m carbowax 20M sur chromosorb WAW 80-100 mesh; gaz vecteur Na



témoin	origine	nombre visible de pics d'impuretés	pureté %	coefficient K:
α-pinène	Fluka	3	99,0	0,67 ± 0,03
β-pinène	Pernod - Ricard	16	83,0	0,67 ± 0,03
α-phellandrène	K & K Laboratories	28	45,3	0,79 ± 0,01
myrcène	Aldrich	10	80,2	1,12 ± 0,02
d-limonène	Pernod - Ricard	13	96,4	0,68 ± 0,01
Y-terpinène	Fluka	7	95,7	0,71 ± 0,01
p-cyaène	K & K Laboratories	14	94,6	0,65 ± 0,01
oenanthate d'éthyle	Fluka	2	99,2	1,00
trans-dinycarvone + cis-dihydrocarvone	Aldrich	3	99,8	0,82 ± 0,01 0,82 ± 0,01
d-carvone	Aldrich	8	98,8	0,83 ± 0,01

Tableau 5: Coefficients de réponse au détecteur à ionisation de flamme de plusieurs substances rencontrées dans l'essence de fruits d'aneth, avec indications sur l'origine et la pureté des témoins. L'étalon interne est l'oenanthate d'éthyle ou heptanoate d'éthyle. On remarque que le myrcène, monoterpène acyclique, présente un Κ. élevé, ce qui concorde avec les travaux de VERNON (1978). La pureté du témoin α-phellandrène est trop faible pour permettre un calcul exact de son coefficient.

Ces valeurs permettent d'estimer à nouveau la pureté des témoins. D'où une deuxième série de coefficients (tableau 5).

Les Ki de la yristicine et du dillapiole ont été choisis arbitrairement (figure 4). Nous supposons qu'ils sont supérieurs à ceux des éthers-oxydes phénoliques peu oxydés comme l'estragole (0.83 ± 0.02) ou le trans-anéthole (0.86 ± 0.01) . Cependant, avec le n-nonane comme étalon interne, VERNON (1978, pages 64-68) trouve pour la myristicine un coefficient de réponse au détecteur à ionisation de flamme du même ordre que celui du limonène; cet auteur a calculé les coefficients de 14 substances rencontrées dans l'essence de feuilles de persil, dont l' α -pinène (0.77), le myrcène (1.02), le limonène (0.93), et la myristicine (0.92).

3) Analyse akène par akène

Un akène mûr préalablement pesé est broyé à l'aide d'un agitateur dans un tube de verre avec quelques gouttes de pentane bidistillé. L'agitateur est ensuite rincé avec le moins possible de solvant et on ajoute 20-50 μ l d'une solution d'oenanthate d'éthyle (\simeq 0.6 g par l) exactement. L'analyse par

chromatographie en phase gazeuse et les calculs ont lieu comme précédemment, mis à part la quantité injectée, de 6 µl, et pour plusieurs analyses, une programmation plus rapide de température rendue possible par le faible nombre de pics de monoterpènes: 5 °C par mn de 60 °C jusqu'à 200 °C, maintenus constants 30 mn.

4) Culture en champ

Nous avons obtenu dans les jardins d'essais de la Faculté des Sciences et Techniques de Lille la croissance de 13 échantillons d'aneths, correspondant aux n° 1, 2, 10, 12, 13, 19, 20, 21, 23, 26, 30, 31, et 33 du tableau 4. Les graines ont été semées le 28/3/1983 dans des gobelets en plastique percés remplis d'un mélange de sable et de terre. Ces derniers sont placés dans une couche remplie de sable maintenu humide, surmontée d'un châssis de verre protégé des excès d'ensoleillement par un treillis en plastique. 68 jours plus tard, les plantules sont repiquées en ligne à 50 cm de distance sur un sol pauvre, glaiseux et peu homogène. On arrose et on désherbe régulièrement jusqu'à la récolte des graines qui a lieu au fur et à mesure du mûrissement des ombelles.

5) Calculs statistiques

 \bar{x} étant la moyenne, et n le nombre de mesures, nous avons calculé l'écart-type estimé s et le coefficient de variation CV.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \overline{x})^2}{n-1}} \qquad \text{CV= s } / \overline{x}$$

Nous avons aussi calculé les coefficients de corrélation linéaire r des caractères pris 2 à 2.

$$\mathbf{r} = \ (\ \frac{\underline{\Gamma}\,\underline{\mathbf{x}_{\,\underline{1}}}\,\underline{\mathbf{y}_{\,\underline{1}}}}{n} \ - \ \overline{\mathbf{x}}\ \overline{\mathbf{y}}\) \ / \ \sqrt{\frac{\underline{\Gamma}\,\underline{\mathbf{x}_{\,\underline{1}}}^2}{n} \ - \ \overline{\mathbf{x}}^2} \ \times \ \sqrt{\frac{\underline{\Gamma}\,\underline{\mathbf{y}_{\,\underline{1}}}^2}{n} \ - \ \overline{\mathbf{y}}^2}$$

Nous avons utilisé le test du χ^2 pour pouvoir éventuellement rejeter l'hypothèse d'une distribution expérimentale tirée d'une population suivant la loi normale.

$$\chi^{2}=\sum_{i}\frac{(O_{i}-T_{i})^{2}}{T_{i}}$$
 avec O_{i} : effectif observé T_{i} : effectif théorique

La probabilité d'avoir, l'hypothèse étant vraie, une valeur de χ^2 supérieure ou égale à celle qui a été calculée est donnée dans une table de distribution de χ^2 .

II RESULTATS

- 1) Analyse des 35 échantillons de semences
- a) Origine de l'essence

Nous nous sommes d'abord demandé si l'essence des akènes ne pourrait pas aussi provenir d'éventuels canaux sécréteurs associés aux faisceaux libéro-ligneux des côtes primaires. Nous avons analysé par chromatographie en phase gazeuse l'extrait tiré des seules côtes marginales de l'aneth des Balkans (n° 1), et nous n'avons obtenu aucun pic. L'essence semble donc correspondre aux seules bandelettes.

- b) Profil qualitatif de l'essence des fruits
- 3 groupes d'aneths peuvent être distingués par le profil de l'essence des akènes (tableau 6):
 - n° 1 à 5: la myristicine accompagne le dillapiole
 - n° 6 à 8: le dillapiole est seul présent
 - n° 9 à 35: on a une absence de ces 2 composés

Parmi les aneths du premier groupe, celui du Bangladesh (n° 4) se distingue par son fort pourcentage de myristicine, supérieur à celui du dillapiole contrairement aux 4 autres échantillons. De plus il présente très peu de carvone. Par son faible rapport carvone / limonène, il se rapproche de l'aneth de Bangalore (n° 7), qui provient aussi du continent indien.

				X	de surfa	ce corri	gée			2	9	
groupe	n*	désignation	α-phellandrène + myrcène	linonène	trans-dihydro carvone	cis-dihydro carvone	carvone	ayristicine	dillapiole	limonène a-phell, + myrcène	Carvone Limonène	dihydrocarvones carvone
myristicine + dillapiole	1 2 3 4 5	Balkans Egypte Azerbaidjan Bangladesh Le jardin provençal	0,3 0,2 0,4 0,3 0,2	39,9 43,8 37,9 46,7 39,3	T T T T 2,9	2,4 1,0 4,8 1,2 5,1	43.0 38.7 45.6 17.8 29.0	2,6 3,0 2,8 20,3 0,2	11,4 13,0 8,0 13,5 22,3	120 180 90 140 180	1,1 0,9 1,2 0,4 0,75	0,06 0,03 0,11 0,07 0,27
		moyenne 1 - 5	0,3	41,5	0,8	2,9	34,8	5,8	13,6	140	0,85	0,11
dillapiole	6 7 8	Kazakhstan Bangalore Mac Cormick	0.4 0.2 0.2	40,9 40,4 31,0	1 [9]	4,7 3,7 2,2	47,4 25,1 34,6	0 0	6,3 28,1 31,8	100 190 150	1,15 0,6 1,1	0,10 0,22 0,06
9		moyenne 6 - 8	0,3	37,4	0.7	3,5	35,7	0	22,1	150	0,95	0,13
éthers-oxydes phénoliques absents	9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 34 34 36 37 37 38 38 38 38 38 38 38 38 38 38 38 38 38	M. Dubois Mongolie Ukraine Tchécoslovaquie Afghanistan Abkhazie Stavropol Gribovskij Uzbékistan Chine J. B. de Mayence R. H. S. G. Pesario J. B. de Nancy "Mesten" "Mesten" "Kerti" "Long Island Mammoth" Abondance Clause "Budakalászi" "Budakalászi" "Budakalászi" "Blainco "Präzský Jemný" Caillard	0,4 0,9 0,2 0,3 1,2 0,4 0,6 0,4 0,5 0,5 0,5 0,7 0,5 0,4 0,8 0,4 0,8 0,4 0,8	47.9 50.5 43.3 48.0 49.3 39.5 43.1 44.5 40.3 40.0 47.6 46.2 49.7 44.9 49.3 45.1 48.9 50.7 44.9 50.4 49.3 47.7 49.3 47.7	T T T T T T T T T T T T T T T T T T T	1,4 1,9 1,4 1,3 1,5 2,3 1,5 1,6 1,1 0,9 2,1 1,0 2,5 1,8 1,7 0,6 1,2 2,6 1,6 1,7	50.0 47.2 53.6 50.2 48.9 56.2 54.7 57.6 50.9 52.3 47.5 53.4 46.8 52.3 48.8 47.7 52.8 46.2 47.3 48.3 48.3 49.4			110 130 50 200 190 30 110 80 100 70 140 100 130 70 90 120 60 70 130 40 30 70 130 120	1.05 0.95 1.25 1.05 1.0 1.4 1.25 1.15 1.45 1.45 1.05 1.15 0.95 1.15 0.95 1.15 0.95 1.15	0.03 0.04 0.03 0.03 0.04 0.03 0.04 0.03 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.03 0.04 0.03 0.03 0.04 0.03
	35	"Oillzaad"	0,6	44,8	1,0	1,5	51,2	0	0	70	1,15	0.05
		moyenne 9 - 35	0,6	46,8	0,1	1,8	50,4	0	0	100	1,1	0,04

Tableau 6: Profil qualitatif de l'essence des fruits de 35 lots d'aneths divisés en 3 groupes par la présence ou l'absence de myristicine et de dillapiole. Un remarquera la forte teneur en myristicine de l'échantillon n° 4 et la présence de l % et plus de trans-dihydrocarvone dans 3 cas.

T: traces

Les 2 premiers groupes ont un pourcentage de dillapiole très variable allant de 6.3 à 31.8 %; les pourcentages d' α -phellandrène semblent plus faibles et ceux de cis-dihydrocarvone plus élevés que pour le troisième groupe. Ceci se traduit par des rapports limonène / (α -phellandrène + myrcène) et dihydrocarvones / carvone plus élevés pour les 8 premiers échantillons.

Le troisième groupe est le plus homogène. La carvone varie dans des proportions moindres, de 43.7 à 57.7 %. On observe un taux différent de cis-dihydrocarvone entre les 2 lots du cultivar "Budakalászi": le rapport dihydrocarvones / carvone va du simple au quadruple.

Trans et cis-dihydrocarvones semblent varier de façon indépendante, le dernier composé étant prédominant. Ainsi, pour des pourcentages voisins de cis-dihydrocarvone, les aneths n° 3 et 5 ont des taux de l'isomère trans très différents. 3 échantillons (n° 5, 7 et 35) correspondant aux 3 groupes présentent un fort taux de trans-dihydrocarvone.

c) Pourcentage de diakènes

Le tableau 7 montre que les fruits renfermant dillapiole ou myristicine sont moins divisés. Mais les aneths n° 1 et 8 n'ont que 10 % de diakènes alors que le cultivar "Long Island Mammoth" en a 21 et 51 %.

d) Poids et teneur en essence des akènes (tableau 7)

Le poids des akènes bruns ne permet pas de différencier les 3 groupes d'aneths. Pour les échantillons dénués de myristicine et dillapiole, on a des valeurs allant presque du simple au triple. Ainsi les lots n° 19 et 28 ont 420 et 1150 akènes par gramme respectivement.

La teneur en essence est aussi changeante pour un même groupe d'aneth: les échantillons n° 25 et 35 possèdent respectivement 5.8 et 1.95 g d'essence rapportée à 100 g de résidu sec. On observe des différences entre les lots d'1 même cultivar, comme "Long Island Mammoth" (n° 26 et 27). Si les aneths à myristicine ou dillapiole ont globalement une teneur plus faible, celle des lots n° 1 et 6 est relativement importante.

	n.	désignation	% de	g	nombre	tene	ır en es	sence	g d'eau et
groupe		•	diakènes		d'akènes	ag /	g/100g	g/100g	de lipides
roc				de 1000	/g, de	1000	de	de	extraits /
3,				akènes	MF	akènes	MS	MF	100g de MF
	1	Balkans	10	1,2	830	42	4,3	3,25	21
	2	Egypte	34	1.5	660	43	3,6	2,75	21
ar ar	3	Azerbaïdjan	17	1,05	950	21	2,65	2,0	23
cin	4	Bangladesh	88	1,5	670	30	2,6	2,1	18
sti lap	5	Le jardin provençal	91	2,05	490	35	2,1	1,7	17
myristicine dillapiole		re laiatu bioscuier		2,73	470		2 ,1	<u> </u>	
		moyenne 1 - 5	48	1,45	720	34	3,05	2,35	20
GI	6	Kazakhstan	63	1,4	720	41	3,75	2,9	21
iol	7	Bangalore	67	2,3	440	36	1,85	1,55	14
dillapiole	8	Mac Cornick	10	1,3	760	20	1,8	1,5	15
di		moyenne 6 - 8	47	1,65	640	32	2,45	1,95	17
	9	M. Dubois	4	1,9	510	81	4,8	4,0	13
	10	Mongolie	14	1.4	710	43	3,65	2,75	22
	11	Ukraine	4	1,85	540	54	3,6	2,9	17
	12	Tchécoslovaquie	23	1,45	690	40	3,2	2,5	20
	13	Afghanistan	13	1,75	570	41	2,8	2,2	20
	14	Abkhazie	4	1,45	700	26	2,3	1,8	20
	15	Stavropol	16	1,25	820	21	2,1	1,7	18
	16	Gribovskij	2	1,1	910	18	2,05	1,7	16
	17	Uzbékistan	12	1,6	630	27	1,95	1,65	14
ints	18	Chine	7	1,6	630	23	1,75	1,4	18
phénoliques absents	19	J. B. de Mayence	21*	2,4*	420*	83	4,45	3,35	21
ν. σ	20	R, H, S, G,	27*	1,7\$	590*	67	4,35	3,35	19
anb	21	Pesario	7	1,25	790	30	3,05	2,3	21
oli	22	J, B, de Nancy	26	2,3	440	54	2,7	2,3	13
Pe l	23	"Mesten"	12	1,3	780	60	5,8	4,5	18
in in	24	"Mesten"	8	1,3	780	47	4,2	3,2	22
xydes	25	"Kerti"	44	1,35	750	66	5,8	4,5	18
X	26	"Long Island Mammoth"	51	1,2	820	41	4,8	3,15	31
éthers-o	27	"Long Island Mammoth"		2,2	460	37	2,15	1,7	19
the	28	Abondance	5	0,85	1150	29	4,5	3,4	21
49	29	Clause	2	1,55	640	51	4,05	3,3	15
	30	"Budakalászi"	.1	0,95	1040	28	3,75	2,85	20
	31	"Budakalászi"	. 16	1,65	610	40	2,8	2,1	24
	32	Blainco	5	0,90	1110	26	3,7	2,8	21
	33	"Präzský Jemný"	7	1,6	630	36	2,9	2,2	21
	34	Caillard	11	1,75	790	27	2,65	2.15	17
	35	"Dillzaad"	2	1,8	550	29	1,95	1,6	17
		moyenne 9 - 35	13	1,5	700	42	3,4	2,65	19

Tableau 7: Quelques caractéristiques des semences d'aneths de 35 origines, divisées en 3 groupes selon la présence ou l'absence de myristicine et de dillapiole. Le poids des akènes bruns est exprimé de 2 manières différentes. La teneur en essence est rapportée à 1000 akènes, 100 g de matière sèche (MS) ou fraîche (MF). Le poids de matière fraîche, ôté du poids d'essence et de celui de matière sèche établi à partir du résidu d'extraction au pentane, correspond à la quantité de lipides passés dans le solvant et d'eau.

‡; faible échantillonnage

Nous nous sommes permis d'effectuer quelques calculs statistiques, tout en ayant conscience que des akènes obtenus dans des conditions diverses sont peu comparables. On constate une corrélation étroite entre les teneurs exprimées en % de matière fraîche et sèche (r= 0.99). Par contre, rapportée à 1000 akènes, la teneur ne suit pas aussi nettement celle exprimée en % de matière fraîche (r= 0.75) ou sèche (r= 0.70). Il semble que le poids de matière fraîche de 1000 akènes n'ait pas de relation avec la teneur en essence rapportée à 1000 akènes (r= 0.48) ou exprimée en % de matière fraîche (r= -0.18) ou sèche (r= -0.23). Une relation entre poids des akènes et pourcentage de carvone est exclue.

e) Pourcentage de lipides extraits et d'humidité

On n'observe pas de différence entre les 3 groupes d'aneths (tableau 7). Le poids d'eau et de lipides extraits n'a pas de rapport avec le poids des akènes (r=-0.42) et la teneur en essence quel que soit son mode d'expression (r=-0.18, r=0.31, r=0.18)

f) Teneurs des différents constituants

les tableaux 8, 9 et 10 confirment les observations tirées du profil qualitatif des fruits: l'aneth provenant du Bangladesh (n° 4) se distingue par une forte teneur en myristicine et possède peu de carvone comme l'aneth de Bangalore (n° 7); les 8 premiers échantillons ont des taux variables de dillapiole, moins d' α -phellandrène et plus de cis-dihydrocarvone; les 2 lots du cultivar "Budakalászi" ont des quantités de cis-dihydrocarvone différentes et les aneths n° 5, 7 et 35 renferment beaucoup de ce dernier composé.

Les tableaux 8, 9 et 10 montrent de plus une fréquente baisse de carvone et limonène en présence de myristicine, de dillapiole (n° 5, 7, 8). Les aneths dont les fruits ne renferment aucun de ces 2 éthers-oxydes phénoliques diffèrent entre eux par leurs quantités de limonène et carvone, respectivement de 8-39 et 10-42 mg par 1000 akènes ou 710-2870 et 990-2820 mg par g de matière sèche. On remarque que le ρ -cymène est présent en faible quantité.

	moyenne i - 5 6 Kazakhstan 7 Bangalore 8 Mac Cormick moyenne 6 - 8 9 M. Dubois 10 Hongolie 11 Ukraine 12 Tchécoslovaquie 13 Afghanistan 14 Abkhazie 15 Stavropol 16 Gribovskij 17 Uzbékistan 18 Chine 19 J. B. de Mayence 19 J. B. de Mayence 20 R. H. S. G. 21 Pesario 22 J. B. de Nancy 23 "Mesten" 24 "Mesten" 25 "Kerti" 26 "Long Island Mammo"				mg pa	r 1000 a	kènes		
groupe	n.	désignation	α-phellandrène + Byrcène	l i monène	trans-dihydro carvone	C15-dihydro Carvone	Carvone	Myristicine	dillapiole
myristicine + dillapiole	3 4	Egypte Azerbaïdjan	0,1 0,1 0,1 0,1 0,1	16 19 8 14 14	T T T T	1.0 0.4 1.0 0.4 1.8	17 17 10 5	1.0 1.3 0.6 6.2 0.1	4,5 5,5 1,5 4 8
		moyenne 1 - 5	0,1	14	0,2	0,9	12	1,8	4.5
dillapiole	7	Bangalore	0,2 0,1 T	17 15 6	0,7 T	1,9 1,3 0,4	19 9 7	0 0 0	2,5 10 6,5
-5		moyenne 6 - 8	0,1	13	0,3	1,1	12	0	6,5
éthers-oxydes phénoliques absents	10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	M. Dubois Mongolie Ukraine Tchécoslovaquie Afghanistan Abkhazie Stavropol Gribovskij Uzbékistan Chine J. B. de Mayence R. H. S. G. Pesario J. B. de Nancy "Mesten" "Mesten" "Kerti" "Long Island Mammoth" Abondance Clause "Budakalászi"	0.4 0.2 0.5 0.1 0.3 0.1 0.1 0.3 0.3 0.1 0.2 0.4 0.2 0.3 0.3	39 22 23 19 20 10 9 8 11 9 39 31 15 24 30 21 32 21 17 15 25	T T T T T T T T T T T T T T T T T T T	1.2 0.8 0.7 0.5 0.6 0.3 0.4 0.4 0.9 0.6 0.6 1.5 0.9 1.1 0.3 0.4 0.8	41 20 29 20 20 15 12 10 15 13 42 35 14 29 28 25 32 20 20 13 24	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	31 32 33 34 35	"Budakalaszı" Blainco "Präzský Jemný" Caillard "Dillzaad"	0,3 0,1 0,1 0,1 0,2	20 13 17 13 13	T 0,1 T 0,3	0,5 0,6 0,6 0,4 0,4	19 12 17 14 15	0 0 0	0 0 0 0
		moyenne 9 - 35	0,2	20	τ	0,7	21	0	0

Tableau 8: Quantités, rapportées en mg par 1000 akènes mûrs des principaux constituants de l'essence des akènes d'aneths de 35 origines, divisés en 3 groupes selon la présence ou l'absence de myristicine et de dillapiole. Noter le fort taux de myristicine pour l'échantillon n° 4, et de trans-dihydrocarvone pour le n° 5.

T; traces

				£ g	par 100	g de ma	tière fr	aiche	
groupe	n' désignation		a-phellandrène + Myrcène	limonène	trans-dihydro Carvone	cis-dihydro carvone	carvone	Pyristicine	dillapiole
Myristicine + dillapiole	1 2 3 4 5	Balkans Egypte Azerbaidjan Bangladesh Le jardin provençal	11 7 8 7 4	1300 1210 760 970 660	T T T 48	80 30 95 25 85	1400 1070 910 370 490	85 85 55 425 5	370 360 160 280 375
		moyenne 1 - 5	7	980	10	65	850	130	310
dillapiole	6 7 8	Kazakhstan Bangalore Mac Cormick	11 3 3	1160 620 470	2 29 T	130 55 35	1350 390 530	0 0	180 435 485
£		moyenne 6 - 8	6	750	10	75	750	0	365
phénoliques absents	9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23	M. Dubois Mongolie Ukraine Tchécoslovaquie Afghanistan Abkhazie Stavropol Gribovskij Uzbékistan Chine J. B. de Mayence R. H. S. G. Pesario J. B. de Nancy "Mesten"	18 10 27 6 6 21 7 9 6 8 12 16	1900 1390 1250 1190 1080 710 730 750 670 570 1590 1550 1160 1030 2210	T	60 50 40 35 30 40 20 40 25 25 35 30 50 25	1990 1300 1550 1250 1070 1000 930 880 950 820 1700 1760 1100 1220 2100	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
éthers-oxydes ph	23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35	"Mesten" "Kerti" "Long Island Mammoth" "Long Island Mammoth" Abondance Clause "Budakalászi" "Budakalászi" Blainco "Präzský Jemný" Caillard "Dillzaad"	17 18 27 11 13 41 41 16 11 9 9	2210 1430 2200 1600 770 1700 1630 1370 1030 1420 1070 1040 710	2 T T T 3 1 6 T 1 4 T	10 60 80 20 20 90 50 165 30 70 35 30 25	2100 1660 2200 1510 910 1560 1570 1250 1000 1310 1070 1060 810	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
		moyenne 9 - 35	16	1250	1 4	45	1320	0	0

<u>lableau 9:</u>
Quantités, rapportées en mg par 100 g de poids de matière fraîche, des principaux constituants de l'essence des akènes d'aneths de 35 origines, divisés en 3 groupes selon la présence ou l'absence de myristicine et de dillapiole, T: traces



				 ag	par 100	g de ma	tière sè	che		
groupe	n"	désignation	a-phellandrène + Ayrcène	Limonène	p-cynène	trans-dihydro carvone	cis-dihydro carvone	Carvone	myristicine	dillapiole
nyristicine + dillapiole	1 2 3 4 5	Balkans Egypte Azerbaïdjan Bangladesh Le jardin provençal	14 9 11 9 4	1710 1590 1010 1210 820	T T T 0 T	T T 2 T 60	105 40 130 30 105	1840 1400 1210 460 600	110 110 75 525 5	490 470 210 350 460
******		moyenne 1 - 5	9	1270	T	12	80	1100	165	400
dillapiole	6 7 8	Kazakhstan Bangalore Mac Cormick moyenne 6 - 8	15 4 4 8	1530 740 570	T 0 0	3 35 T	175 70 40 95	1770 470 630 950	0 0	240 520 580 450
éthers-oxydes phénoliques absents	9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35	M. Dubois Mongolie Ukraine Tchécoslovaquie Afghanistan Abkhazie Stavropol Gribovskij Uzbékistan Chine J. B. de Mayence R. H. S. G. Pesario J. B. de Nancy "Mesten" "Kerti" "Long Island Mammoth" "Long Island Mammoth" Abondance Clause "Budakalászi" "Budakalászi" "Budakalászi" "Blainco "Präzský Jemný" Caillard "Dillzaad"	21 14 33 8 7 26 8 11 8 10 15 20 15 9 43 22 23 40 13 18 51 54 21 15 12	2300 1840 1560 1530 1380 900 910 790 710 2110 2010 1510 1200 2870 1900 2830 2420 960 2260 2010 1780 1390 1860 1390 1290 870	T T T T T T T T T T T T T T T T T T T	T T T T T T T T T T T T T T T T T T T	70 67 50 40 40 50 30 45 30 50 40 65 30 145 75 100 30 25 120 65 210 40 90 50 35	2410 1720 1930 1600 1370 1280 1160 1070 1130 1020 2250 2270 1450 1430 2720 2280 2280 1130 2070 1930 1630 1350 1720 1390 1320 990	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	000000000000000000000000000000000000000
		moyenne 9 - 35	20	1610	1	2	60	1690	0	0

Tableau 10: Quantités, exprimées en mg par 100 g de poids de matière sèche, des principaux constituants de l'essence des akènes d'aneths de 35 origines, divisés en 3 groupes selon la présence ou l'absence de myristicine et de dillapiole.

T; traces

2) Observations in vivo

a) Plantule

Nous avons obtenu un pourcentage de germination de 44 %. Le maximum de levée se situe entre la 3^{em} (5 %) et la 6^{em} semaine (<42 %).

Selon CERCEAU-LARRIVAL (1962), les cotylédons sont suivis de feuilles "primordiales", puis "adultes stériles", et enfin "adultes fertiles"; ces dernières se développent au moment de la formation de la sommité fleurie, et nous pensons qu'il est judicieux de prendre comme première feuille fertile celle insérée sur le noeud d'où part la première ombelle. Selon nous, le type de feuille adulte stérile est atteint pour la 3° feuille chez l'aneth comme le fenouil.

Feuilles primordiales et adultes stériles sont plus ou moins décussées, c'est à dire qu'elles sont opposées avec des paires qui se croisent à angle droit d'un noeud à l'autre. Les 2 feuilles primordiales sont elles-mêmes situées perpendiculairement par rapport aux 2 cotylédons linéaires-lancéolés et généralement opposés (photo 6). Le pied n° 31b a développé 2 cotylédons du même côté, puis présenté 2 apex au lieu d'un.

Nous n'avons pas observé de différence évidente entre les plantules provenant d'échantillons dont les fruits présentent ou non myristicine et dillapiole.

Les plantules ont été observées en tenant compte du stade physiologique, estimé par le nombre de feuilles visibles.

La longueur de la partie non enfoncée dans le sol de l'hypocotyle mince et rosé est maximale au stade 1 feuille puis diminue. Un tel comportement a été observé par BRUCH (1956) chez le fenouil où une contraction longitudinale de la racine primaire entraîne l'axe de la tige dans le sol au stade 2 à 3 feuilles.

Les cotylédons mesurent en moyenne 20 mm au stade cotylédons puis 28, 33 et 36 mm aux stades 1, 2, et 3 feuilles. De même la croissance de la première feuille primordiale se poursuit alors que d'autres feuilles sont formées. Cette première feuille est déjà (2)-3 fois divisée et présente une petite gaine d'environ 6 mm au stade 2 feuilles primordiales, stade retenu par CERCEAU-LARRIVAL (1962) pour l'étude des plantules.

b) Plante adulte

Le limbe des feuilles est d'un vert plutôt mat, et peut devenir plus ou moins rouge-brun avec l'âge, tout comme l'ombelle (photo 3). La première feuille commence à se dessécher après le stade 6 feuilles. Les lanières, qui correspondent aux divisions ultimes, sont terminées par une sorte de "mucron" (= courte pointe raide), déjà signalé par MEIKLE (1977).

	nombre de niveaux de ramification sur le rachis principal												
	l• f ▼		1			feuille s	•			feuille S	6 ° ⊼	feuille s	
n° 1,2	3,5	1	4,5	1	5,5	1	6	1	7,	5 <i>0,5</i>	7	1,5	
n° 10,12,13,19,20,21,23,25,26,30-33	3	0,5	4	0,5	5,5	1	6	0,5	6,	5 0,5	6,5	1	
ensemble des pieds observés	3	0,5	4	0,5	5,5	1	6	1	7	. 1	6,5	1	
nombre total d'observations	39			38		30		28		18		9	

Nombre de niveaux de ramification de l'axe principal du limbe ou "rachis principal" pour les 2 premières feuilles, dites "primordiales" et les 4 suivantes, dites "stériles".

Les pieds d'aneths de diverses origines ont été cultivés en 1983 dans les jardims d'essais de la Faculté des Sciences de Lille.

écart-type estimé $s = \sqrt{\Gamma(x_1 - \overline{x})^2/(n-1)}$, \overline{x} étant la moyenne et n le nombre de mesures

Nous avons reporté dans le tableau 11 le nombre de niveaux de ramification de l'axe principal du limbe, encore appelé "rachis principal", en "rachis latéraux" opposés 2 à 2, pour les 6 premières feuilles. Les résultats tirés des pieds des échantillons n° 1 et 2, dont l'essence des akènes présente myristicine et dillapiole, ont été comparés avec ceux des autres pieds, provenant de semences dénuées d'éthers-oxydes phénoliques; on n'observe pas de différence évidente. Le nombre de rachis latéraux augmente jusqu'à un maximum vers la 5° feuille, puis diminue.

Parallèlement le pétiole tend à se limiter à la gaine, et peut l'être totalement dès la cinquième feuille.

Le tableau 12 permet d'envisager un plus grand nombre de ramifications pour les aneths n° 1 et 2. Par contre, la longueur totale des entre-noeuds et l'épaisseur de la tige n'autorisent aucune distinction.

		longueur totale des entre-noeuds de la tige principale en cm					épaisseur de la tige à la base en mm					nombre de ramifications partant de la tige principale			
nombre de jours de culture		84	94	107	127	141	84	94	107	127	141	94	107	127	141
n* 1,2	X S	5 <i>5</i>	10 10	25 <i>2</i> 0	40 20	40 20	2 0,5	3 /	3 /	3,5 /,5	1,5 0,5	2 2	3,5 0,5	4,5 1,5	4,5 1,5
n* 10,12,13,19,20,21 23,26,30,31,33	X S	5 <i>5</i>	10 <i>5</i>	20 10	30 <i>15</i>	35 <i>20</i>	1.5 0.5	2 0,5	2,5 /	3 1,5	1,5 0,5	0,5 /	1,5 1,5	2 2	3 2
ensemble des aneths observés	X S	5 <i>5</i>	10 <i>10</i>	25 <i>15</i>	25 <i>15</i>	35 <i>20</i>	1,5 0,5	2	2,5 /	3 1.5	1,5 0,5	1 1,5	2	2,5 2	3,5
nombre total d'observations		32	33	30	31	29	13	14	26	31	28	35	34	31	25

Taille, épaisseur et nombre de rameaux latéraux de la tige principale d'une trentaine de pieds d'aneths de diverses origines cultivés dans les jardins d'essais de la Faculté des Sciences de Lille en 1983.

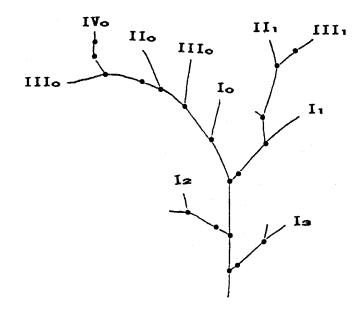
écart-type estimé $s = \sqrt{\Gamma(x_1-\overline{x})^2/(n-1)}$, \overline{x} étant la moyenne et n le nombre de mesures.

La taille moyenne est assez faible, mais varie dans une large proportion, ce que traduit un fort écart-type. Les 2 pieds les plus élevés atteignent 76 et 94 cm et ont été observés pour l'aneth des Balkans (n° la) et le cultivar "Long Island Mammoth" (n° 26a, photo 7) respectivement. Ces 2 pieds possèdent aussi le plus de ramifications (8 et 7). Mais taille et nombre de rameaux sont loin d'être constants pour une même crigine. Ainsi, pour les 2 aneths précédents, la hauteur de 2 autres pieds (n° 1d et 26b) en fin de croissance est très faible, de 29 et 18 cm respectivement, et on n'a que 3 et 2 ramifications.

L'épaisseur de la tige diminue en fin de période végétative, traduisant un desséchement des tissus. Elle atteint 9 mm pour le plus grand pied du cultivar "Long Island Mammoth" (photo 5).

La tige est striée de rayures blanches plus ou moins marquées qui correspondent à des faisceaux de collenchyme.

La première ombelle, ou "ombelle primordiale", est formée pour 50 % et 85 % des pieds à 94 et 107 jours respectivement. Nous proposons une classification des ombelles selon le schéma ci-dessous, tiré d'un pied du cultivar "Prăzský Jemný" (n° 33a):



Les ombelles issues d'un noeud de la tige principale seront affectées de l'indice o. On considèrera ensuite les ramifications de la tige principale en partant du haut. Les ombelles du premier rameau seront affectés de l'indice 1, celles du deuxième de l'indice 2 et ainsi de suite. Les ombelles fleurissant les premières sur un même rameau seront dites primaires (I); les suivantes seront des ombelles secondaires (II) puis tertiaires (III) et quaternaires (IV).

L'ombelle secondaire de la tige principale (IIo) se forme souvent à distance d'un noeud par rapport à l'ombelle primordiale Io; une ombelle tertiaire (IIIo) pourra se placer entre les ombelles IIo et Io. Les ombelles primaires des rameaux supérieurs (I1, I2) commencent leur développement peu après celui de l'ombelle IIo, et partent généralement du deuxième noeud.

Quatre pieds ont présenté au moins une ombelle avec un involucre (n° 1d, 2b, 33a et 33c). Quatre involucres et un involucelle ont été observés pour le pied n° 1d. Ces bractées correspondent souvent à des ombelles anormalement développées où un entre-noeud est visible sur un des rayons, comme le montrent les schémas ci-dessous (pied n° 1d):





Contrairement aux observations de GUPTA (1977), le nombre de rayons de l'ombelle primordiale n'est pas toujours le plus élevé, ce qui pourrait s'expliquer par une irrigation insuffisante en début de croissance.

Les 2 pieds de l'aneth du Jardin Botanique de Mayence (n° 19a et 19b) sont remarquables par leurs ombelles penchées, avec un grand pédoncule, des rayons peu abondants, et de nombreux longs pédicelles. Nous avons alors jugé utile d'étudier quelques caractères des ombelles primordiales après récolte. Ainsi les ombelles Io des pieds 19a et 19b possèdent des rayons de 83 et 74 mm et 27 et 32 pédicelles. Ces valeurs sont nettement plus élevées que les moyennes de l'ensemble des ombelles primordiales observées (tableau 13).

		re de yons	ns rayons pédicelles tail en mm rayon			taille des rayons/nombre	rayons/nombre rayons/nombre		
	X	S	. 🔻	S	X	S	de pédicelles	de rayons	nbre de rayons
n° 1,2	11	5	35	10	19	5	0,88	0,73	0,55
n° 10,12,13,19,20,21,23,26,30,31,33	12	7	36	19	17	8	0,91	0,23	0,45
ensemble des pieds observés	12	7	36	17	17	7	0,89	0,28	0,45
nombre total d'observations		31		30		30	30	30	30

Nombre et taille des rayons, et nombre de pédicelles floraux par ombellule observés sur les ombelles primordiales d'une trentaine de pieds d'aneths de diverses origines cultivés en 1983 dans les terrains d'essais de la Faculté des Sciences de Lille écart-type estimé $s=\sqrt{\Gamma(x_1-x_1)^2/(n-1)}$, x étant la moyenne et n le nombre de mesures coefficient de corrélation linéaire $r=(-\Gamma x_1y_1-x_1y_1)/(-\Gamma x_1^2-x_1^2)$ to $\Gamma x_1^2-x_1^2$

Le tableau 13 ne permet pas de distinction évidente entre les aneths n° 1 et 2, et les autres. Les calculs statistiques montrent une corrélation entre la taille des rayons et le nombre de pédicelles floraux développés.

Les ombelles primordiales observées ont 3 à 35 rayons de 14 à 83 mm avec des ombellules de 7 à 32 pédicelles.

La taille des rayons et le nombre de fleurs par ombellule diminuent en allant vers le milieu de l'ombelle. Au centre de l'ombellule, on observe parfois des pédicelles et des fruits soudés.

Les longueurs du pédoncule et des rayons des ombelles primordiales pourraient être en relation (r= 0.77 pour 19 observations).

3) Cas particulier d'Anethum foeniculoides Maire a Wilczek

D'après MAIRE (1936), les fruits de cette espèce endémique du Maroc (photo 2) rappelleraient ceux de l'aneth. Ils sont effectivement aplatis et lenticulaires comme pour Anethum graveolens L. (photos 1 et 4). Cependant nous trouvons qu'ils ressemblent tout aussi bien à ceux de Foeniculum vulgare Mill.; l'observation de plus de 100 échantillons de fenouils nous a permis de mettre en évidence des lots dont les semences étaient relativement larges sans toutefois posséder une allure lenticulaire marquée. Les fruits d'Anethum foeniculoides Maire α Vilczek ont de plus un aspect quelque peu luisant.

Le poids et la teneur en essence des akènes (tableau 14) sont assez élevés comparés aux moyennes des 35 aneths analysés (tableau 7). La quantité d'essence varie du simple au double pour un poids de l'akène pratiquement identique.

Le profil de l'huile essentielle diffère nettement des 35 lots préalablement étudiés (tableau 14). On a ni carvone ni dihydrocarvones, mais des composé inattendus comme le ρ -cyméne, le γ -terpinène, probablement le camphène, et de forts taux de pinènes. Ces substances ne sont pas forcément les seules à correspondre aux différents pics.

Le principal constituant est le dillapiole, déjà présent dans 8 des 35 lots d'aneths.

					\$ de surface corrigée											
n*	poids de l'akène en mg	µg d' essence par akène	µg d' essence par mg de matière fraîche	a-pinêne	camphène	B-pinène	a-phellandrène + ayrcène	Limonène	ĭ-terpinène	p-cymène	composé sortant à 121 °C	Byristicine	dillapiole			
A B C D	2,39 2,32 2,18 2,41	105 115 55 95	43 50 26 39	10,2 11,6 11,2 11,1	0,1 0,2 0,1 0,1	11,2 12,6 12,4 9,7	0,4 0,6 0,4 0,4	2,7 2,8 3,4 3,8	7,2 7,0 5,3 8,4	8,2 7,2 · 7,6 8,5	0,6 0,6 1,1 0,9	0.3 0.4 0.1 0.4	58,5 56,8 58,1 56,6			
X	2,33	95	40	11,0	0,1	11,5	0,5	3,2	7,0	7,9	8,0	0,3	57,5			

<u>Tableau 14:</u> Profil qualitatif de l'essence de 4 akènes d'Anethum foeniculoides Maire a Wilczek récoltés le 14/4/1961 par Sauvage et son équipe dans la province de Tarfaya et analysés en 5/1986.

Nous n'avons pas connaissance de travaux expérimentaux où cette substance aurait été trouvée dans les fruits du fenouil. Cependant tous les autres composés volatils des fruits d'Anethum foeniculoides Maire α Wilczek ont pu être détectés dans ceux du fenouil.

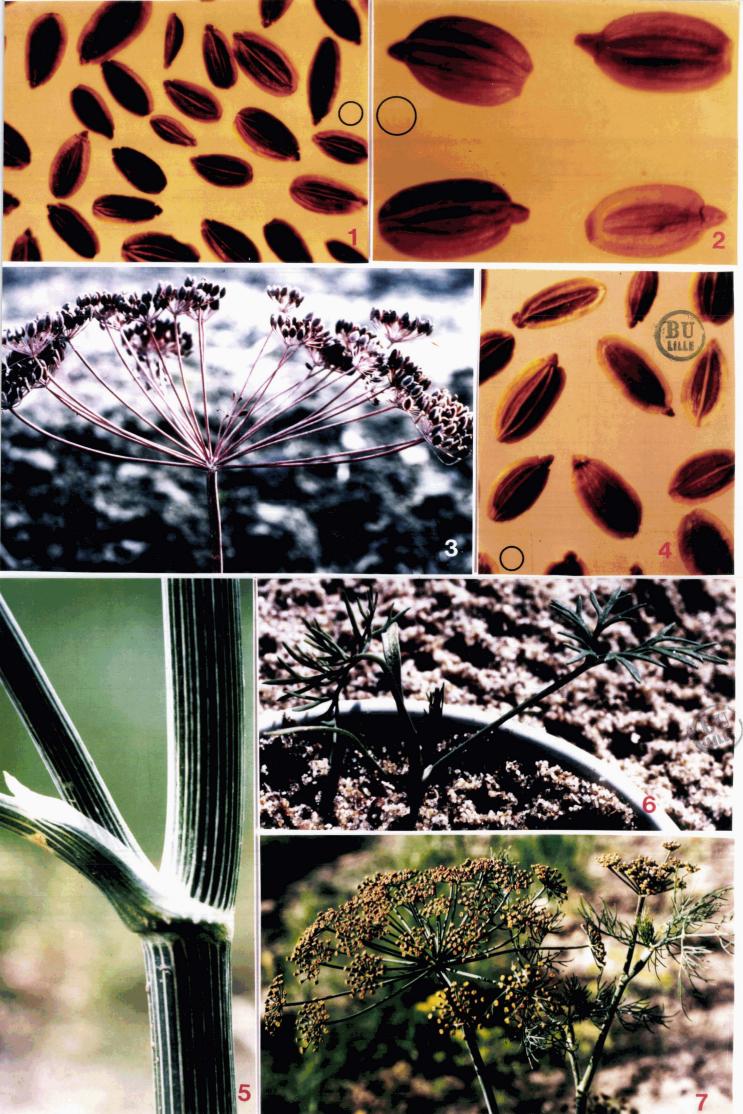
Il nous a paru intéressant d'analyser l'essence des fruits du genre monospécifique Ridolfia, que nous considérons comme proche des genres Anethum et Foeniculum (BADOC, 1986). L'essence de Ridolfia segetum (L.) Moris a été très peu étudiée: l'huile essentielle de la plante présenterait 33 % de myristicine et 50 % d'α-phellandrène (GATTEFOSSE et IGOLEN, 1946); les caractéristiques physiques d' une essence marocaine ont été données sans préciser si elle provenait d'une distillation des fruits ou de la plante (ANONYMUS, 1950).

Nous avons analysé 10 akènes d'un échantillon provenant de l'Institut de Botanique de Porto et récolté en 1984. Les akènes mûrs sont extrêmement petits, ne pèsent que 0.47 mg, renferment 2.5 μ g d'une essence riche en dillapiole (90.9 %), avec comme autres constituants l' α -pinène (2.9 %), le β -pinène (3.6 %), l' α -phellandrène + le myrcène (1.5 %), le limonène (0.6 %), le γ -terpinène (0.4 %), des traces de ρ -cymène et un faible pic sortant à 121 °C. La teneur est de 0.75 g par 100 g de matière fraîche.

PLANCHE

Les cercles noirs représentent environ 1.2 mm.

- Photo 1: Akènes d'"Aneth officinal", Abondance (n° 28).
- Photo 2: Akènes d'Anethum foeniculoides Maire α Wilczek, d'environ 4.2 mm de long et 2.2 mm de large.
- Photo 3: Ombelle primordiale rougeâtre avec fruits mûrs d'aneth d'Afghanistan (n° 13a).
- Photo 4: Akènes d'un aneth de Bangalore (n° 7) acheté dans une herboristerie dans le sud de l'Inde.
- Photo 5: Insertion d'un rameau sur la tige principale du cultivar "Long Island Mammoth" (n° 26a). On notera la marge translucide de la gaine et les striures de la tige.
- Photo 6: Plantule de 3 semaines d'"aneth officinal", Clause (n° 29); semis du 1/7/ 1983.
- Photo 7: Inflorescence du cultivar "Long Island Mammoth" (n° 26a); on remarquera la couleur rougeâtre inhabituelle des boutons floraux.



n*	désignation	% de diakènes	g de MF de 1000 akènes	nombre d'akènes / g, de MF				g d'eau et de lipides extraits / 100g de MF	
	Balkans		*****						
la		10	2,3	440	45	2,6	2,1	17	
1b		13	2,85	350	70	3,2	2,5	19	
1c		17	1,8	550	50	3,5	2,9	15	
ld		7	2,8	360	70	3,3	2,6	18	
	moyenne la - ld	12	2,45	420	60	3,1	2,5	17	
	Egypte								
2a		82	2,15	470	75	4,3	3,5	15	
2b		99				5,5•	4.5	14	
2c		18	2,45	410	105	5,3	4,3	14	
2d		31	2,1	470	65	3,7	3,1	13	
	moyenne 2a - 2d	57	2,25	450	80	4,7	3,9	14	

Tableau 15: Quelques caractéristiques des semences d'ombelles primordiales récoltées en 8-9/83 aux jardins d'essais de la Faculté des Sciences de Lille sur 8 pieds d'aneths provenant des Balkans et d'Egypte, L'analyse a eu lieu en 12/85-2/86.

Le poids des akènes bruns est exprimé de 2 manières différentes, La teneur en essence est rapportée à 1000 akènes, 100 g de matière sèche (MS) ou fraîche (MF), La différence entre poids de matière fraîche, et poids de matière sèche établi à partir du résidu d'extraction au pentane, donne le pourcentage d'eau ainsi que de lipides passés dans le solvant.

·: correspond à des diakènes

4) Variation interindividuelle du profil pour 2 provenances

Nous avons analysé les semences de l'ombelle primordiale de 8 pieds d'aneths (n°1 et 2) cultivés dans les terrains d'essais de la Faculté de Lille en 1983 (tableaux 15 et 16). On peut en effet se demander si les conditions de culture dans le nord de la France influent sur les caractères de l'essence, en particulier la présence des éthers-oxydes phénoliques fortement oxydés. L'analyse par chromatographie en phase gazeuse et les calculs sont menés comme pour les 35 échantillons de semences.

On observe une division plus ou moins importante des fruits, des pourcentages d'eau et de lipides extraits voisins pour les 4 pieds de chaque provenance, et un pourcentage de diakènes sans rapport évident avec le taux de dillapiole.

	.,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,		% de	au E					
n*	désignation	a-phellandrène + myrtène	limonène	cis-dihydro carvone	carvone	ayristicine	dillapiole	limonène «-phell, + myrcène	carvone limonène
la lb lc ld	Balkans	0,3 0,2 0,1 0,3	42.0 45.4 37.3 49.5	1.0 0.7 0.7 0.9	56,7 53,5 51,7 49,3	0.0 0.0 0.0	0,0 0,0 10,1 0,0	130 220 350 160	1,35 1,2 1,4 1,0
	moyenne la - ld	0,2	43,6	8,0	52,8	0,0	2,5	210	1,25
2a 2b 2c 2d	Egypte	0.0 0.1 0.1 0.2	40,8 41,4 38,4 46,6	0.7 0.6 0.5 0.5	40,2 27,1 28,4 29,7	0.0 0.1 0.0 0.3	18,1 30,6 32,7 22,2	290 240	1,0 0,65 0,75 0,65
	moyenne 2a - 2d	0,1	41,8	0,6	31,4	0,1	25,9	270	0.75

Tableau 16: Profil qualitatif de l'essence des akènes (diakènes: •) récoltés en 1983 aux jardins d'essais de la Faculté des Sciences de Lille sur 8 pieds d'aneths provenant des Balkans et d'Egypte, L'analyse a eu lieu en 12/85-2/86.

La teneur importante en essence rapportée à 1000 akènes, le poids plus élevé des semences des 2 aneths (420 et 450 akènes par 100 g de matière fraîche au lieu de 830 et 660), pourraient s'expliquer en partie par une meilleure croissance des fruits de l'ombelle primordiale.

Comme on pouvait s'y attendre, la trans-dihydrocarvone est pratiquement absente.

Le faible taux de myristicine (0 à 0.3 % seulement) est remarquable de même que l'absence de dillapiole dans 3 des 4 pieds d'aneth des balkans. Cette absence ne peut dépendre des conditions climatiques sinon les fruits de tous les pieds devraient ne pas en renfermer ou très peu. On doit donc émettre l'hypothèse d'une variabilité intrapopulationnelle de la teneur en dillapiole. La meilleure façon de le vérifier est d'analyser l'essence des fruits séparément.

5) Analyse akène par akène de l'aneth des Balkans

Le poids, la teneur et la composition de l'essence de 30 akènes de l'échantillon des Balkans (n°1) sont donnés dans le tableau 17, et illustrés dans les figures 5 et 6.

La teneur moyenne en essence est anormalement faible: d'après le tableau 7 on devrait s'attendre à avoir non pas 21 µg mais environ 42 µg d'essence par akène, et près de 32.5 µg d'essence par mg de matière fraîche au lieu de 18 µg. Le lavage de l'agitateur avec le solvant est peut-être insuffisant; une partie de l'essence peut être retenue dans le broyat, le volume d'étalon ajouté n'est peut-être pas assez précis, ...

La quantité d'essence apparaît très variable; elle est maximale pour l'akène n° 10 (64 μ g) et minimale pour le n° 25 (4 μ g). Ce dernier est aussi l'akène le plus lourd. Mais les coefficients de corrélation r entre poids et teneur exprimée en μ g par akène et par mg de matière fraîche sont de -0.45 et -0.12 respectivement et excluent toute relation. De même on n'observe pas de correspondance entre poids des fruits et pourcentage de carvone (r=0.22) ou de dillapiole (r=0.03).

Le coefficient r est par contre élevé (0.92) entre les 2 modes d'expression de la teneur: μg par akène, et μg par 100 g de matière fraîche.

La composition de l'huile essentielle est aussi très variable. C'est surtout net pour le dillapiole (0 à 34.1 %) et la cis-dihydrocarvone (0.8 à 29.6 %).

Les coefficients de corrélation linéaire ont été calculés pour les différents constituants pris 2 à 2, mais sont peu interprétables. Les pourcentages de limonène et de dillapiole sont inversement proportionnels (r=-0.85), mais r= 0.60 dès lors que l'on considère les teneurs en µg par akène. Entre les nombres de µg de limonène et de carvone par akène, r est élevé (0.94) mais n'est plus que de 0.16 si on considère les pourcentages.

Les histogrammes de répartition (figures 5 et 6) permettent de prévoir ou non une répartition uni ou plurimodale. Nous avons de plus utilisé le test du χ^2 pour éliminer ou non l'hypothèse, à un seuil ξ 5 %, d'un échantillon tiré d'une population suivant la loi normale.

	poids de l'akène en mg	µg d' essence par akène	µg d' essence par mg de matière fraîche	% de surface corrigée						69 1-69	
n*				a-phellandrène + myrcène	limonène	cis-dihydro carvone	Carvone	myristicine	dillapiole	limonène «-phell, + myrcène	Carvone Limonène
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21	1,53 1,64 1,18 0,84 1,77 1,69 0,84 1,13 1,12 1,01 1,39 0,78 1,11 1,65 1,33 1,11 0,84 1,55 1,03 1,48 1,44	10 21 12 26 17 34 17 32 16 64 25 54 13 22 8 13 40 7	6 13 10 31 9 20 28 14 63 18 32 48 8 16 7 15 26 7 8	0,1 0,0 0,0 0,1 0,0 0,1 0,1 0,2 0,1 0,2 0,2 0,2 0,2 0,2 0,2	21,1 26,1 25,6 28,2 32,5 41,2 43,6 42,4 35,7 38,0 38,3 25,6 38,3 43,8 42,2 42,6 32,8 47,9 37,3 43,2 43,1	4.3 1.3 2.2 12.9 1.7 1.2 4.9 1.3 0.8 1.4 1.3 29.6 2.1 1.1 1.3 2.3 1.9 3.2 3.6 1.3 2.2	35,5 43,8 44,1 36,2 44,7 38,5 31,8 39,8 47,6 45,0 45,1 27,4 45,3 42,6 44,1 42,9 53,2 37,3 48,8 44,9	0.2 0.4 0.2 0.5 0.0 0.8 0.5 0.2 0.1 0.4 0.2 0.1 0.3 0.7 0.6 0.2	34.1 27.7 27.4 22.2 19.7 18.8 18.1 15.4 14.8 14.7 14.7 14.0 12.9 11.8 11.8 11.4 10.9 10.1 9.1 8.8 8.4	460 590 360 420 230 340 360 290 240 290 120 400 320 400	1.7 1.7 1.7 1.3 1.35 0.95 0.75 0.95 1.35 1.2 1.2 1.05 1.05 1.05 1.05 1.05
22 23 24 25 26 27 28 29 30	1,37 1,30 1,40 1,98 0,76 0,91 1,75 1,66 0,69	22 19 25 4 19 18 19 12	16 14 18 2 26 20 11 7	0.1 0.4 0.3 0.2 0.4 0.3 0.5 1.3 0.1	40,8 47,3 45,4 46,8 52,9 46,9 48,6 58,7 56,5	1.5 1.0 1.4 1.7 1.7 1.1 1.3 0.9 7.8	48,2 50,6 52,5 50,5 44,3 51,1 48,4 38,1 35,4	0.1 0.0 0.0 0.0 0.1 0.2 0.1 0.0	7,7 0,2 0,1 0,1 0,0 0,0 0,0	330 110 140 230 150 140 110 50 780	1,2 1,05 1,15 1,1 0,85 1,1 1,0 0,65 0,65
Z CV	1,28 0,28	21 0,63	18 0,72	0,2 <i>1,23</i>	40,5 <i>0,23</i>	3,3 <i>1,66</i>	43,5 0,74	0,3 <i>0,93</i>	11,5 <i>0,80</i>	300 <i>0,57</i>	1,15 0,25

Tableau 17: Caractéristiques de l'essence de 30 akènes d'aneth des Balkans, analysés en 5-7/1986 et classés dans l'ordre décroissant du pourcentage de dillapiole. Coefficient de Variation CV= s/ \bar{x} avec s= $\sqrt{I(x_1-\bar{x})^2/29}$

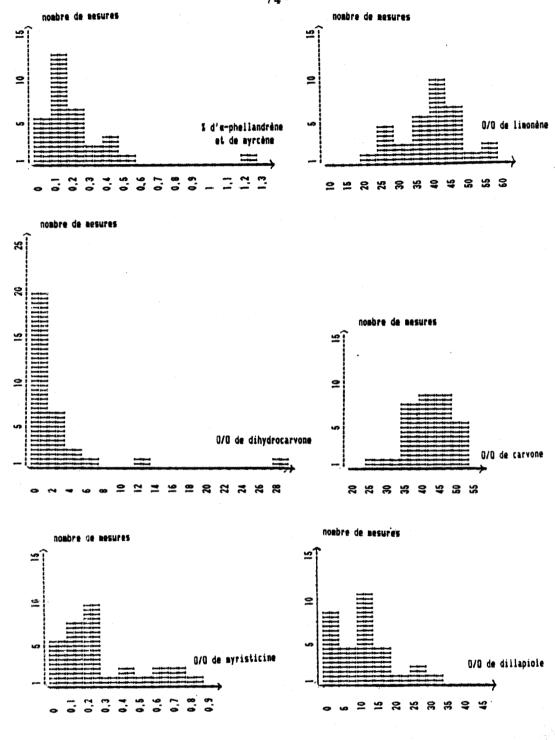


Figure 5: Histogrammes de fréquences des pourcentages de l'essence de 30 akènes d'un aneth des Balkans.

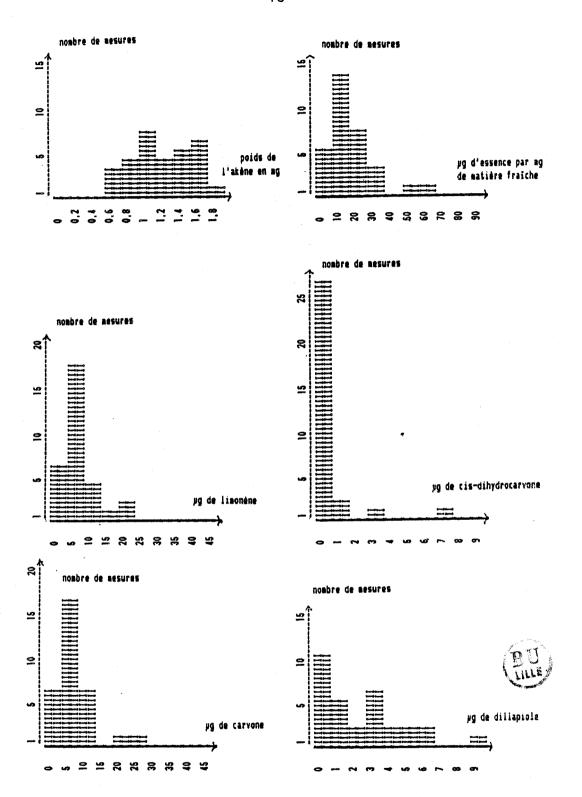


Figure 6: Histogrammes de fréquences tirés de l'analyse de 30 akènes d'un aneth des Balkans; poids de l'akène, teneur totale et des principaux constituants en microgrammes par milligramme de matière fraîche.

L'hypothèse ne peut être rejetée pour le poids des akènes, leur teneur en essence et en dillapiole.

Mais elle peut l'être au seuil de 1 % pour le pourcentage d'α-phellandrène + myrcène de même que pour la teneur en cis-dihydrocarvone; les akènes n° 4 et 12 possèdent une forte teneur en cis-dihydrocarvone et sont en faveur d'une répartition au moins bimodale.

De façon moins nette, l'hypothèse peut être rejetée au seuil de 5 % pour la teneur en µg par akène de limonène et de carvone. Les plus fortes valeurs correspondent en fait aux akènes les plus riches en huile essentielle: ainsi le n° 10 a 24 µg de limonène et 29 µg de carvone, et le n°13 en a 21 et 24 µg. L'hypothèse ne peut être éliminée si on considère les pourcentages de limonène et de carvone.

La répartition des pourcentages de myristicine semble bimodale, mais le test du χ^2 n'autorise pas le rejet de l'hypothèse d'une population de départ suivant la loi normale. Cependant et curieusement, les pourcentages de myristicine ne dépassent pas 0.8 %, alors qu'on devrait trouver une moyenne proche de 2.6 %. Cette dernière valeur est en fait la moyenne de 2.7 % et 2.5 %, correspondant respectivement à 2 analyses, effectuées en 8/1984 sur 127 akènes et en 4/1985 sur 106 autres. On peut donc envisager l'existence d'akènes à très forte teneur en myristicine. L'analyse de 30 échantillons ne suffirait pas pour faire ressortir l'essentiel de la variabilité.

D DISCUSSION BT CONCLUSION

1) Division infraspécifique d'Anethum graveolens L.

- Nous n'avons pas détecté de Y-terpinène et de terpinène-4-ol comme SETHI et al. (1965), ni d'apicle comme BASLAS et GUPTA (1971) dans l'essence des akènes de 35 échantillons d'aneths. La présence de ces composés reste à vérifier.

On distingue 3 groupes selon la présence de myristicine et dillapiole (n° 1 à 5), du seul dillapiole (n° 6 à 8) ou d'aucun de ces 2 composés (n° 9 à 35). La répartition géographique de ces 3 groupes est donnée dans la figure 7. Si ces derniers ont des aires propres, alors elles se recoupent largement. L'absence d'éthers-oxydes phénoliques s'observe aussi bien pour de nombreux échantillons d'Europe que pour les aneths de Mongolie, de Chine et d'Afghanistan. Ceci rejoint les observations de SHAH (1977) qui ne trouve pas de dillapiole pour le "Vizag sowa" en Inde. Inversement les lots n° 1 et 2 des Balkans et d'Egypte appartiennent au groupe à myristicine et dillapiole. KHAFAGY et MNAJED effectivement trouvé du dillapiole dans des fruits d'aneths cultivés en Egypte. Mais EL-HAMIDI et AHMED (1966) n'observent pas ce composé par chromatographie sur couche mince pour l'essence d'un aneth cultivé dans ce même pays.

La division et le poids des fruits des 35 échantilons fluctuent beaucoup pour un même groupe et ne permettent pas de distinction.

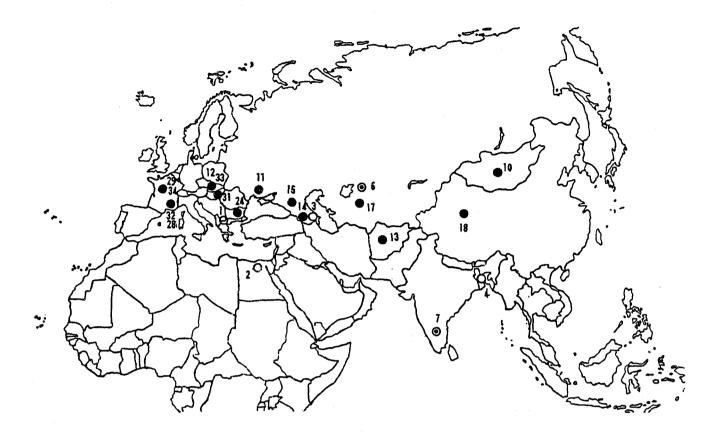


Figure 7:
Répartition géographique de quelques uns des 35 échantillons d'aneths analysés, divisés en 3 groupes selon la présence de ayristicine et dillapiole (○), du seul dillapiole (○) ou d'aucun de ces 2 éthers-oxydes phénoliques (●) dans l'essence des fruits,

- Une trentaine de pieds cultivés dans les terrains d'essais de la Faculté de Lille ont montré une extrême variabilité. Cette dernière ne permet pas de mettre nettement en évidence d'éventuels caractères morphologiques liés à la présence d'éthers-oxydes phénoliques ou à l'origine géographique.
- Les 30 akènes de l'aneth des Balkans (n° 1) ont de 0 à 34.1 % de dillapiole. Un tel résultat était loin d'être prévisible. Entre des populations de plusieurs origines, de nombreux auteurs ont montré chez des ombellifères des fluctuations de la teneur et du profil. Il existe par contre peu de travaux traitant des différences de composition de l'huile essentielle d'individus d'une même population. Par exemple, le profil des monoterpènes de l'essence du bois ou des tissus extérieurs au bois chez le genre Pinus est variable pour une même provenance (BERNARD-DAGAN et al., 1971; ARBEZ et al., 1974; BERNARD-DAGAN et al., 1982; etc...); de même STAHL et HERTING (1976) ont analysé individuellement des fruits d'"aneth

d'Europe" et de sowa et observé des teneurs diverses en carvone et dihydrocarvone par chromatographie sur couche mince.

- Nous pensons que l'"aneth d'Europe" de l'Université d'Oxford introduit en Inde a présenté des traces croissantes de dillapiole (BASLAS et BASLAS, 1971; BASLAS et al., 1971) suite à une hybridation avec le sowa plutôt qu'à cause de facteurs climatiques.

Les irrégularités méiotiques favoriseraient aussi une forte variabilité; elles sont fréquentes chez les ombellifères (GUPTA et KUMARI, 1959; SHARMA et BHATTACHARYYA, 1959; RAGHUVANSHI et JOSHI, 1966; HORE, 1975, 1976, 1977a et b, 1979; etc...).

- Il convient d'abandonner l'appellation Anethum sowa Roxb. et d'inclure les 35 échantillons d'aneths analysés dans une seule espèce, Anethum graveolens L., car on ne peut mettre en évidence des groupes nettement distincts.

Les 3 groupes considérés suite à l'analyse de l'essence des akènes ne peuvent correspondre à des sous-espèces, car ils ne forment pas un "ensemble régionalement différencié avec des caractères discriminatifs constants": la répartition géographique des 3 groupes se chevauche et en admettant que ce soit dû à l'action de l'homme, il reste qu'on a peu de critères différentiels, que le pourcentage de dillapiole varie à l'intérieur d'une même population.

L'appellation "race" s'appliquerait à une "population constituant des sous-espèces faiblement isolées géographiquement ou sexuellement"; le terme "variété" est assez vague et impliquerait des "modifications morphologiques distinctes non liées nécessairement à l'isolement des populations"; un "écotype" serait une "unité douée de continuité, dont divers caractères phénotypiques, physiologiques ou génétiques paraîtraient en rapport avec les limites d'extension et les conditions environnementales"; on parlerait de "forme" pour un "groupe d'individus avec une ou quelques modifications peu discriminatives" (AYMONIN, 1973).

En Allemagne, JORK (1963, pages 14-17) préfère parler de "race chimique" [chemische Rassel plutôt que de "chémoforme" ou de "chémovariété". Il est repris par ADHIKARI (1965, page 65) qui trouve pratique de considérer 2 races chimiques selon la présence ou non de dillapiole dans l'essence des

fruits d'aneth. Ces 2 auteurs citent Tétényi (P.) qui distingue en 1963 Anethum graveolens var. hortorum Alef. chemovar. Carvon s. str. d'A. graveolens var. hortorum Alef. chemovar. Dillapiol s. str. .

Le problème est loin d'être simple si on considère que l'aneth est une plante cultivée depuis longtemps et donc soumise à une éventuelle sélection humaine, qu'il existe une forte variabilité intrapopulationnelle pour l'aneth des Balkans (n° 1), que les caractères chimiques comme le pourcentage de cis-dihydrocarvone ne suivent pas forcément une courbe de Gauss.

HEGNAUER propose (1986, page 1524) de superposer à la nomenclature habituelle des catégories infraspécifiques, avec un retour à la terminologie des "dèmes" (= groupes locaux d'individus, populations locales); chémo-écogénodèmes et chémo-topogénodèmes correspondraient aux "races chimiques".

faut rejeter "race chimique" Nous pensons qu'il les termes "chémovariété". Dans l'immédiat et pour des raisons pratiques, nous parlerons de "chémotypes", dans le sens d'ensembles de populations dont un négligeable d'individus présentent une ou chimiques particulières; chémotypes caractéristiques ces correspondraient pas forcément aux divisions d'une classification reposant sur des bases phylogéniques. Pour l'aneth, nous pouvons envisager les chémotypes myristicine + dillapiole, dillapiole, et carvone s. str. . Le terme "cultivar" s'appliquera à une population inconnue à l'état spontané, crée par l'homme et propagée par celui-ci dans un but particulier.

2) Position systématique d'Anethum foeniculoides Maire a Vilczek

L'aspect et les caractères de l'essence des fruits de cette plante endémique du Maroc sont particuliers; ils permettent de parler d'une espèce à part, mais autorisent des discussions sur son rattachement au genre Anethum. En effet, nous avons détecté des mêmes constituants dans l'essence de fruits de genres voisins, parfois à raison de plus de 5 % (++), comme indiqué ci-après:

composés α-pinène	A, foenie	culoides A), graveole +	ns Ridolfia se +	getum Foeniculum ++	vulgare
camphène	4	•			+	
β-pinène	+	+		÷	+	
myrcène + «-phellandrène	+		+		++	
limonène	+	•	++	+	++	
Y-terpinène	+	+		+	++	
y-cymène	• +	+	+	+	• •	
myristicine	+	•	++		++	
dillaprole	+	+	++	++		

Les éthers-oxydes phénoliques sont très variables chez d'autres ombellifères comme le persil (LAMARTI et BADOC, 1987) et semblent n'avoir un intérêt taxonomique qu'à l'intérieur de l'espèce. Les terpènes oxydés sont plus intéressants: ainsi la carvone caractérise Anethum graveolens L. de même que le fenouil possède invariablement de la fenchone dans l'essence des fruits.

3) Origine d'Anethum graveolens L.

- Il est difficile d'établir l'origine d'une plante anciennement cultivée comme l'aneth. Pour certains auteurs, cette plante viendrait de l'Orient, probablement l'Iran, l'Inde, voire le Caucase et l'Egypte (ROLET et BOURET, 1928; FOURNIER, 1947; CALCANDI et al., 1961; SANTAPAU et HENRY, 1973; faudrait etc...). Pour d'autres, il aussi considérer la région méditerranéenne (BOIS, 1927; GUENTHER, 1950; FENAROLI, 1963; LAGRIFFE, 1968; etc...).

L'étude des noms vernaculaires apporte quelques éléments de réponse: on observe des racines différentes entre égyptien ancien, grec ancien, sanscrit, ce qui ne va pas dans le sens d'une distribution de l'aneth à partir de l'ancienne Egypte. Par contre les noms arabes semblent découler du sanscrit, ce qui est en faveur d'un échange qui irait de l'Inde à l'Afrique du Nord. Il n'est pas impossible d'autre part que les dénominations des pays de l'Est, voire de Grèce, proviennent des pays arabes.

En Europe, nous confirmons les conclusions de FRIEDBERG (1978) pour qui les termes d'appellation de l'aneth sont répartis autour de plusieurs foyers laissant supposer plusieurs points de dispersion anciens. De Grèce, l'aneth pourrait avoir été introduit en Italie puis en France et vers l'Espagne, le Portugal. Les désignations ne nous permettent pas de dire si l'aneth a rayonné dans les autres pays d'Europe à partir de la Grèce. Cette plante semble être présente très tôt dans les pays germaniques.

Une étude plus approfondie des noms vernaculaires pourrait donner des indications sur une éventuelle introduction humaine de l'aneth dans l'Asie du sud-est et le Japon. Il sera nécessaire de considérer les appellations de plusieurs ombellifères souvent confondues avec l'aneth (ajowan, carvi, cumin, fenouil) contrairement à la coriandre (Coriandrum sativum L.), sans doute à cause de son goût particulier et de ses fruits globuleux.

- L'aneth serait cultivé en Inde depuis fort longtemps et probablement aussi en Egypte, ce qui n'exclut pas une éventuelle origine asiatique: les interprétations doivent tenir compte de l'histoire du commerce des épices (voir LAGRIFFE, 1968, pages 33, 38, 42, 56, 61, 64, 72, 77); une liaison par voie maritime devait exister entre l'Egypte des pharaons et l'Inde par la mer rouge probablement dès le 16°me siècle av. J.-C.; les rapports commerciaux entre l'Occident et l'Orient ont été facilités par les expéditions de 334 à 323 av. J.-C. d'Alexandre le Grand.
- L'aneth provient de l'ancien Monde et s'est répandu en Amérique vers le début du 20ème siècle. Il est signalé de L'Europe à la Birmanie, mais aussi dans plusieurs pays d'Afrique, ce qui peut être interprété de plusieurs manières.

Cette espèce serait euroasiatique et se serait développée en Afrique du Nord lors des grandes glaciations du quaternaire; elle aurait subsisté dans les hautes montagnes pendant les périodes de désertification, comme QUEZEL (1965) le décrit pour le fenouil.

Ou bien, l'homme aurait favorisé la dissémination de cette plante dans le continent africain, autour des points d'eau et dans les zones montagneuses (celles d'Ethiopie en particulier). Des preuves de la culture de l'aneth en Egypte en des temps reculés renforceraient cette hypothèse.

- L'analyse de l'essence de 35 échantillons d'aneths ne nous permet pas de trancher nettement entre ces 2 possibilités.

On peut supposer que les aneths croissant dans l'aire d'origine présentent une plus grande variabilité. Dans ce cas il importe de connaître la répartition des populations dont les fruits ont une forte teneur en dihydrocarvones, ou sont riches en dillapiole et myristicine. L'échantillon du Bangladesh (n°4) est le seul à posséder une très forte teneur en myristicine. Les éthers-oxydes phénoliques sont aussi rencontrés (figure 7) du l'essence des akènes d'aneths Kazakhstan, d'Egypte, l'Azerbaïdjan et des Balkans. L'aire d'origine pourrait euroasiatique, avec une prédominance asiatique; l'analyse d'un plus grand nombre de lots d'Inde et des pays avoisinants serait souhaitable.

On peut cependant envisager une dissémination humaine de l'aneth vers la Chine, l'Afghanistan, la Russie du sud, l'Egypte à partir de l'Inde; la synthèse de myristicine et de dillapiole serait éventuellement perdue par dérive génétique. De plus, les éthers-oxydes phénoliques fortement oxydés le dillapiole, l'apiole. et vraissemblablement la auraient une faible odeur (CIAMICIAN et SILBER, 1896: GUENTHER et ALTHAUSEN, 1949; GILDEMEISTER et HOFFMANN, 1966; SHULGIN, 1966); une sélection sur les caractères organoleptiques des fruits éliminerait des aneths comme celui du Bangladesh (n°4), dont les semences ne sont pas assez riches en carvone. L'échantillon très variable des Balkans (n° 1) est plus problématique. Une introduction par la Turquie peut être envisagée; l'analyse d'aneths de ce pays serait utile.

4) Modification du profil avec le stockage

Dans 2 cas (n° 5 et 35) nous avons l'assurance que les lots de graines sont âgés. On peut se demander si le temps de stockage ne favorise pas la formation de trans-dihydrocarvone. Les semences de l'aneth n° 7, achetées dans une herboristerie indienne, pourraient bien être vieilles. Mais les aneths n° 14 et 15 récoltés en 1978 et analysés 6 ans plus tard ne présentent que des traces de ce composé.

5) Perspectives de sélection

- Elles dépendent des buts recherchés: usage médicinal, alimentaire, industriel; obtention d'organes frais, séchés, extraction d'essence, etc... Nous nous limiterons à l'amélioration des fruits et de leur huile

essentielle, tout en ayant conscience de l'intérêt économique nettement plus important de l'essence de la plante.

a) Teneur

Le sélectionneur a toutes les raisons de penser que la richesse en essence des semences dépend pour une partie non négligeable du génotype:

- la teneur varie au sein d'une même population; ainsi l'aneth des Balkans (n°1) présente de 4 à 64 μg d'essence par akène.
- elle varie entre les populations, d'après la littérature, pour nos 35 échantillons, et aussi pour des conditions identiques d'analyse et de culture: ainsi ADHIKARI (1965) observe de 36 à 53 µg d'essence par fruit pour 8 aneths d'origines différentes.
- des variations semblables ont été observées chez d'autres ombellifères et des cultivars riches en essence ont pu être sélectionnés, par exemple pour le fenouil.

Cependant avant d'envisager une amélioration du rendement en essence, il convient d'être prudent:

- les différences de teneur des akènes de l'aneth de Balkans pourraient être dues à un développement plus ou moins bon, à des pertes plus ou moins importantes lors de l'extraction.
- Les conditions de croissance influent sur la teneur et interviendraient dans les différences observées entre les provenances du cultivar "Long Island Mammoth". Les modes de culture et d'analyse pourraient expliquer en partie les valeurs élevées fournies par KAPELEV (1969). Cet auteur observe 4.28 et 7.16 % d'essence pour des aneths d'Abkhazie et du territoire de Stavropol, alors que pour les mêmes régions nous ne trouvons que 2.3 et 2.1 g par 100 g de matière sèche.

A la culture dans plusieurs stations de pieds de diverses provenances, nous préférons un travail sous serre éliminant en partie les aléas climatiques. Il faudra aussi tenir compte du stade physiologique de chaque individu: les durées du cycle végétatif, les sensibilités photopériodiques de l'aneth sont probablement très dissemblables, comme c'est le cas pour le fenouil où la fructification a lieu à des intervalles de plusieurs semaines.

Les teneurs assez fortes observées pour le "Tetradill" par ADHIKARI (1965) soulèvent le problème d'une éventuelle augmentation du rendement avec la ploïdie. Un aneth tétraploïde a pu être commercialisé relativement tôt en Suède sans donner un gain de rendement important (HAGBERG, 1955). Plusieurs auteurs du sous-continent indien tels JOHRI et SEHGAL (1966), JOSHI (1968), BHATTACHARYA (1974) ont réalisé des essais de mutagenése chez l'aneth.

b) Profil

Comme ADHIKARI (1965) ou STAHL (1967) nous pensons que les différences de profil sont fixées héréditairement. Ces dernières seront recherchées entre les individus d'une même population.

Le sélectionneur devra d'abord connaître les caractères organoleptiques des différents constituants des fruits avant d'engager une sélection. La d-carvone ou 45-carvone est responsable d'une odeur de carvi. Notons cependant que 8 à 10 % de la population souffriraient d'anosmie à ce (FRIEDMAN et MILLER, 1971). Quel que soit l'isomère. cis-dihydrocarvone aura une odeur peu agréable (RUSSEL et HILLS, 1971). Le limonène semble être dextrogyre dans l'essence des fruits comme celle de la plante (MALAVIYA et DUTT, 1940; KHAFAGY et MWAJED, 1968; BASLAS et al., 1971; EMBONG et al., 1977a; etc...). On aurait donc principalement une odeur d'orange (FRIEDMAN et MILLER, 1971), masquée par celle de la carvone. Les auteurs divergent sur l'odeur de la myristicine, non commercialisée à notre connaissance et probablement obtenue à l'état impur. Sa saveur serait brûlante, âcre, faiblement épicée; pour HARBORNE (1971) elle serait amère et conviendrait aux assaisonnements. Le dillapiole aurait une odeur faible ou nulle. Son goût serait brûlant, âpre (ADHIKARI, 1965).

Les composés ne devront pas être toxiques aux doses utilisées. La carvone peut être toxique chez l'animal et sa consommation journalière ne doit pas dépasser 1.25 mg par kg chez l'homme (ADHIKARI, 1965; LICHTENSTEIN et al., 1976; HENRY, 1982; etc...). Les éthers-oxydes phénoliques fortement oxydés comme l'apiole et la myristicine peuvent entraîner divers troubles chez l'homme ou l'animal (JORK, 1963; LICHTENSTEIN et CASIDA, 1963; SHULGIN, 1966; etc...). C'est pourquoi le fruit et l'essence du sowa, riches en dillapiole, ne sont pas admis dans la plupart des Pharmacopées. On ôte même

fréquemment par rectification le dillapiole (CHAKRAVARTY et BHATTACHARYYA, 1954; SETHI et al., 1965; GULATI et al., 1969; MYINT et GALE, 1969; BASLAS et GUPTA, 1971; ASHRAF et al., 1977; etc...); ce dernier composé peut être utilisé dans l'industrie, après une éventuelle hémisynthèse, pour son action synergique avec les pyréthrines (TOMAR et al., 1979; HENRY, 1982; etc...).

En fait, l'essence du sowa n'est pas apparue plus toxique que celle de l'"aneth d'Europe" chez l'homme, le chat et la souris (SHAH et al., 1972; SHAH, 1977). De plus les éthers-oxydes phénoliques auraient des propriétés médicinales et seraient en particulier antispasmodiques et diurétiques.

sélection d'aneths avec des fruits dénués de myristicine, dillapiole, présentant peu de dihydrocarvones ne Das nécessairement se faire à partir du chémotype carvone s. la str. : variabilité intrapopulationnelle permet d'envisager des sowas dillapiole, dont les caractères botaniques pourraient être intéressants, et il n'est pas impensable d'obtenir une perte de la synthèse du dillapiole suite à des hybridations.

Les travaux sur la génétique de composés volatils chez les *Pinaceae* (BARADAT et al., 1972; BARADAT et al., 1975; MARPEAU et al., 1975; etc...) ou les *Lamiaceae* (voir BANTHORPE et al., 1972; SOBTI et PUSHFANGADAN, 1977; VERNET, 1977: etc...) sont en faveur d'un déterminisme plutôt simple. L'étude de la transmission des constituants présentant une forte variation faciliterait la compréhension des voies de biosynthèse chez l'aneth et nous semble être une démarche préalable constructive pour l'amélioration des ombellifères aromatiques.

On pourrait avoir un contrôle monogénique pour la richesse en cis-dihydrocarvone, en myristicine et en dillapiole chez l'aneth. Ainsi l'akène n° 12 de l'aneth des Balkans correspondrait au phénotype richesse en cis-dihydrocarvone avec ses 29.6 %, et les akènes n° 4 et 30 au phénotype intermédiaire avec 7.8 et 12.9 %. Cette hypothèse s'accorderait bien avec l'existence d'aneths très riches en dihydrocarvones (SHAH et al., 1971; STAHL et HERTING, 1976; SHAH, 1977).

Le taux de trans-dihydrocarvone peut être élevé indépendamment de la présence ou de l'absence de la myristicine et du dillapiole pour les

échantillons n° 5, 7 et 35; l'analyse des akènes de l'aneth des Balkans ne contredit pas non plus l'hypothèse de genes peu liés. Il faudra cependant s'assurer que ces derniers ne sont pas répétés plusieurs fois, suite aux réarrangements chromosomiques fréquents et à la forte variation de la longueur totale des chromosomes pour une même espèce chez les Apiaceae (HORE, 1976, 1977a et b).

c) Fructification

La non division des fruits n'est qu'une tendance chez les chémotypes myristicine + dillapiole et dillapiole. Nous pensons qu'elle ne dépend pas uniquement du degré de maturation, et qu'il doit être possible de sélectionner des aneths dont les fruits ne tombent pas à maturité, comme on peut en rencontrer chez le fenouil et le carvi. L'intérêt est limité, car le rendement en essence est meilleur avant complet mûrissement.

Conformément à la littérature (BETTS, 1968; STAHL et HERTING, 1976; GUPTA, 1977), nous n'observons pas de corrélation entre le poids des akènes et la teneur en essence ou les taux de carvone et de dillapiole.

Par contre les valeurs fournies par GUPTA (1977) confortent une relation possible entre les longueurs des pédoncules et des rayons et nous avons trouvé une apparente corrélation entre le nombre de rayons et celui de pédicelles floraux. GUPTA (1971) a insisté sur la vigueur du pédicelle pour le développement des fleurs en fruits. Cet auteur a retenu plusieurs critères pour l'obtention de l'"Haldwani selection", mais cet aneth n'a pas donné des rendements en graines et en essence significativement supérieurs à ceux de 2 témoins (GUPTA, 1977). Nous pensons que la meilleure façon de définir des caractères liés au rendement sera de travailler sur des clones obtenus par culture in vitro comme cela a déjà été engagé pour le fenouil (DANES, 1984).

E BIBLIOGRAPHIE

ADCOCK (J.W.) and BETTS (T.J.), 1974. A chemotaxonomic survey of essential oil constituents in the tribe Laserpitiae. Planta Med., 26(1): 51-64.

ADHIKARI (V.M.), 1965. - Zur Chemotaxonomie von Anethum graveolens L. . Dissertation Univ. Saarbrücken. 81 pages, 95 références sur l'aneth.

ANONYMUS, 1950. - Huiles essentielles du Maroc. Constantes analytiques. Parfumerie mod., 42(20): 48-52.

ARBEZ (M.), BERNARD-DAGAN (C.) et FILLON (C.), 1974. Variabilité intraspécifique des monoterpènes de *Pinus nigra* Arn. Bilan des premiers résultats. *Ann. Sci. forest.*, 31(1): 57-70.

ASHRAF (M.), AZIZ (J.) and BHATTY (M.K.), 1977.— Studies on the essential oils of the Pakistani species of the family *Umbelliferae*. Part VI. Anethum *Graveolens* (Dill, Sowa) Seed Oil. *Pakistan J. Sci. Ind. Research*, 20(1): 52-54.

AYMONIN (G.G.), 1973. - Diversification et polymorphisme infraspécifique. IL: La Grande Encyclopédie. Librairie Larousse. 8: 4537.

BADOC (A.), 1986. - Position systématique du genre Anethum dans la classification des Apiaceae. Thèse Pharmacie Univ. Nancy. 59 pages, 129 références.

BAILLY (A.) et EGGER (E.), 1966 (28° ed. revue par Séchan (L.) et Chantraine (P.)).- In: Dictionnaire grec français. Librairie Hachette, Paris: 159, 160, 166.

BALINOVA-TSVETKOVA (A.), ZLATEV (S.) and DIMITROVA (L.), 1976. - [Dynamics of distillation of the essential oil of dill weed]. (bulgare). Rastenievad. Nauki., 13(5): 12-18. D'après CA 86 (1977) 78544a

- BANDOPADHYAY (M.), PARDESHI (N.P.), and SESHADRI (T.R.), 1972. Comparative study of Anethum graveolens and Anethum sowa. Current Sci. (India), 41(2): 50-51.
- BANTHORPE (D.V.), CHARLWOOD (B.V.) and FRANCIS (M.J.O.), 1972. The biosynthesis of monoterpenes. Chem. Revs, 72(2): 115-155.
- BARADAT (P.), BERNARD-DAGAN (C.), FILLON (C.), MARPEAU (A.) et PAULY (G.), 1972. Les terpènes du pin maritime: aspects biologiques et génétiques II.-Hérédité de la teneur en monoterpènes. *Ann. Sci. forest.*, 29(3): 307-334.
- BARADAT (P.), BERNARD-DAGAN (C.), PAULY (G.) et ZIMMERMANN-FILLON (C.), 1975. Les terpènes du pin maritime Aspects biologiques et génétiques III. Hérédité de la teneur en myrcène. Ann. Sci. forest., 32(1): 29-54.
- BARONI (E.), 1977 (4*** ed. revue et corrigée par Baroni Zanetti (S.), 1*** ed. en 1906).- 262. Anethum. In: Guida Botanica d'Italia. Cappeli (L.) ed., Bologna: 161.
- BASLAS (B.K.) and BASLAS (R.K.), 1971. Chemical Studies in to the Essential Oils from the Plants of Anethum Graveolens & Anethum Sowa (Dill Oils). Indian Perfum., 15: 27-29.
- BASLAS (R.K.) and GUPTA (R.), 1971. Chemical Examination of Essential Oils from Plants of Genus Anethum (Umbelliferae) Oil of Seeds of East Indian dill (Part II). Flavour Ind., 2(6): 363-366.
- BASLAS (R.K.), GUPTA (R.) and BASLAS (K.K.), 1971. Chemical examination of essential oils from plants of genus Anethum (Umbelliferae) Oil of seeds of Anethum graveolens. (Part I). Flavour Ind., 2(4): 241-245.
- BASLAS (B.K.) und BASLAS (R.K.), 1972. Biogenetische Verwandtschaft zwischen terpenischen und nicht terpenischen Bestandteilen in den ätherischen Ölen von Anethum graveolens und A. sowa. Riechst. Aromen, Körperpflegem., 22(8): 270-271.
- BECKER (H.), 1970.- Vergleichende Untersuchungen über die Zusammensetzung der ätherischen Öle der Vegetationsorgane von *Pimpinella anisum. Planta Med.*, 18(4): 336-346.
- BÉLAFI-RÉTHY (K.), KERÉNYI (E.) und KOLTA (R.), 1974. Untersuchung der Zusammensetzung von einheimischen und ausländischen ätherischen Ölen, III. Komponenten-Zusammensetzung des Dillöles. Acta Chim. Acad. Sci. Hung., 83(1): 1-13.
- BERGER (F.), 1952. Fructus Anethi. In: Handbuch der Drogenkunde. Verlag für med. Wissenschaften, Wien. 3: 45-50.
- BERNARD-DAGAN (C.), FILLON (C.), PAULY (G.) BARADAT (P.) et ILLY (G.), 1971.- Les terpènes du Pin maritime: aspects biologiques et génétiques I.- Variabilité de la composition monoterpénique dans un individu, entre individus et entre provenances. Ann. Sci. forest., 28(3): 223-258.

BERNARD-DAGAN (C.), PAULY (G.), MARPEAU (A.), GLEIZES (M.), CARDE (J.P.) and BARADAT (P.), 1982. - Control and compartimentation of terpene biosynthesis in leaves of *Pinus pinaster*. *Physiol*. *Vég.*, **20**(4): 775-795. 83 références.

BETTS (T.J.), 1964.- Umbelliferous fruit identification by thin-layer chromatography. J. Pharm. Pharmacol., 16: suppl. 131-135.

BETTS (T.J.), 1965.- Carvone in the developing fruits of Anethum graveolens L. and Carum carvi L. . J. Pharm. Pharmacol., 17: suppl. 41-43.

BETTS (T.J.), 1969. The carvone and dillapiole content of dill fruits by gas chromatography without preliminary distillation. J. Pharm. Pharmacol., 21: 259-262.

BHATTACHARYA (N.K), 1974. - Demonstration of the effect of chemicals on a few genera yielding spices of commerce. Bull. Botan. Soc. Bengal, 28: 19-24.

BIRCH (A.J.), 1963.- In: Chemical Plant Taxonomy. Swain (T.) ed., London: Academic Press: 156-158.

BOIS (D.), 1927. In: Les plantes alimentaires chez tous les peuples et à travers les âges. Lechevalier (P.) ed., Paris. Encyclopédie biologique. 3: 165-166.

BOISSIER (E.), 1872. - Umbelliferae. In: Flora Orientalis. Georg (H.) ed., Genève Bâle. 2: 819-1090.

BOISVERT (C.) et HUBERT (A.), 1977. - Aneth fenouil. In: Herbes et Epices. Petit dictionnaire de sorcellerie culinaire. Albin (M.) ed., Paris: 26-27.

BONNIER (G.), 1920.- Genre 286: Anethum Aneth. In: Flore complète illustrée en couleurs de France Suisse et Belgique. Delachaux et Niestlé (S.A.) ed., Neuchatel; Orlhac (E.) ed., Paris; Lebegue (J.) et Cie, Bruxelle. 4: 90-91, planche 216.

BRANIGAN (G.V.), 1946. - Domestic and Imported Oil Dill. Am. Ferfumer Essent. Oil Rev., 48(2): 65, 67, 69.

BROCKHAUS (F.A.), 1968. - Dill. In: Enzyklopädie. Wiesbaden. 4: 746.

BRUCH (H.), 1956. - Beiträge zur Morphologie und Entwicklungsgeschichte der Fenchelwurzel (Foeniculum vulgare Mill.). Beitr. Biol. Pflanz., 32(1): 1-26.

BURCHFIELD (H.P.) and ELEANOR (E.S.), 1962. In: Biochemical Applications of Gas Chromatography. Academic Press. New York London.

CALCANDI (V.), CIROPOL-CALCANDI (I.) und GEORGESCU (E.), 1961.-Untersuchungen über die ätherischen Öle einiger in Rumänien angebauter Umbelliferen. *Pharmazie*, 16(6): 331-334.

CERCEAU-LARRIVAL (M.T.), 1962.- Plantules et pollens d'Ombellifères. Leur intérêt systématique et phylogénique. Mém. Mus. Natl Hist. Nat. (Paris), Nouvelle Série, Sér. B., Botanique, 14: 166 pages.

CHAKRAVARTY (K.K.) and BHATTACHARYYA (S.C.), 1954. Examination of Indian dill oil - Isolation of dihydrocarvone. *Indian Pharmacist*, 9(7): 218-219.

CHAMBERLAIN (D.F.), 1972. - Peucedanum L. . In: Davis (P.H.). Flora of Turkey and the East Aegan Islands. University Press, Edinburgh. 4: 473-481.

CHAUDHRY (S.S.), SINGH (H.) and HANDA (K.L.), 1957. - Chemical composition of dill oil from plants raised in Jammu and Kashmir. *Indian J. Pharm.*, 19(3): 76-77.

CHEVALIER (A.), 1935.- In: Les îles du Cap vert. Flore de l'Archipel. Muséum, Paris.

CHOU (J.S.T.) and IWAMURA (J.I.), 1978. Studies on an Unknown Terpenoid Contained in Dill Weed Oil and Extract of Anethum graveolens Linn. from USA; and on the analysis of some other Dill oils. T'ai-wan K'o Hsueh, 32(4): 131-148.

CHUBEY (B.B) and DORRELL (D.G.), 1976. - Changes in the chemical composition of dill oil during hydrodistillation. Can. J. Plant Sci., 56(3): 619-622. D'après CA 85 (1976) 182261w

CIAMICIAN (G.) und SILBER (P.), 1896. - Ueber ein neues Apiol. Ber. deut. chem. Ges., 29: 1799-1811.

CLARK (R.J.) and MENARY (R.C.), 1984.— The Effect of Harvest Date on the Yield and Composition of Tasmanian Dill Oil (Anethum graveolens L.). J. Sci. Food Agr., 35(11): 1186-1190.

CLARKE (C.B.), 1973 (1ere ed. en 1879). - Peucedanum graveolens Benth. . In: Hooker (J.D.). The Flora of British India. Singh, Dehra Dun, and Periodical Experts, Delhi. 2: 709.

C.N.R.S., 1973.- In: Trésor de la langue française. Dictionnaire de la langue du 19 et 20° siècle. C.N.R.S. ed., Paris. 2: 986-987.

CODE INTERNATIONAL DE LA NOMENCLATURE BOTANIQUE, 1983.— In: International Code of Botanical Nomenclature, Adopted by the Thirteenth International Botanical Congress, Sydney, August 1981. Voss (E.G.) et al. ed., Antwerpen Boston: 81-163.

COLLIGNON (L.), 1874. - Des canaux sécréteurs dans les ombellifères. *Thèse*. 52 pages, 24 références.

CONSTANCE (L.), 1971. History of the classification of *Umbelliferae* (Apiaceae). In: The Biology and Chemistry of the *Umbelliferae*. Heywood (V.H.) ed., Academic Press, London New York: 1-11.

COSTE (H.), 1902.- Genre 271 Anethum L. . In: Flore de la France (Flore descriptive et illustrée de la France, de la corse et des Contrées limitrophes). Blanchard (A.) ed., Paris. 2: 173.

COUPLAN (F.), 1983.- Anethum. In: Le règne végétal. Plantes sauvages comestibles. Delbard ed., Paris: 213.

CUFODONTIS (G.), 1959 (fac-similé 1974).- Anethum L . In: Enumeratio plantarum aethiopiae spermatophyta. Bull. Jard. Bot. Etat, Bruxelles, 29(3): suppl. 648.

DALGADO (D.G.), 1898. - In: Flora de Goa e Savantvadi. Catalogo methodico das Plantas medicinaes, alimentares e industriaes. Imprensa nacional, Lisboa.

DANES (J.D.), 1984.- Contribution au programme de sélection génétique du fenouil amer. Rapport de stage, réalisé sous la direction de M. Desmarest (P.) au Laboratoire d'Agronomie du Centre de Recherche Pernod-Ricard. 58 pages, 13 références.

DE LANESSAN (J.L. de), 1885.- In: Les plantes utiles des colonies françaises. Imprimerie nationale, Paris: 628.

DORVAULT (F.), 1948 (18° ed.) .- In: L'officine. Répertoire général de pharmacie pratique. Vigot frères ed., Paris: 461.

EL-GENGAIHI (S.E.) and HORNOK (L.), 1978.— The effect of plant age on content and composition of dill essential oil Anethum graveolens L. Acta Hortic. (the Hague), 73: 213-218.

EL-HAMIDI (A.) and AHMED (S.S.), 1966.— The Content and Composition of Some Umbelliferous Essential Oils. *Pharmazie*, 21(7): 438-439.

EMBONG (M.B.), HADZIYEV (D.) and MOLNAR (S.), 1977a.— Essential Gils From Spices Grown in Alberta: Dill seed oil, Anethum graveolens, L. (Umbelliferae). Can. Inst. Food Sci. Technol. J., 10(3): 208-214.

EMBONG (M.B.), HADZIYEV (D.) and MOLNAR (S.), 1977b.— Essential Oils From Spices Grown in Alberta. Fennel oil (Foeniculum vulgare var dulce). Can. J. Plant. Sci., 57(3): 829-837.

ENGLER (A.), 1892.- In: Über die Hochgebirgsflora des tropischen Afrika. Berlin.

ESDORN (I.), 1950. – Untersuchungen über den ätherischen Ölgehalt welkender Pflanzen. Pharmazie, 5: 481-488.

FENAROLI (G.), 1963.- Aneto (Olio essenziale di). In: Le Sostanze aromatiche, Vol I Sostanze aromatiche naturali. Hoepli (U.) ed., Milano: 326-329.

FOURNIER (P.), 1947.- In: Le livre des plantes médicinales et vénéneuses de France. Lechevalier (P.) ed., Paris. 1: 90-92.

FRANZ (C.) und GLASL (H.), 1976. – Zur Kenntnis der ätherischen Öle von Petersilie II. Vergleichende Untersuchung des Frucht-, Blatt- und Wurzelöles einiger Petersiliensorten. Qual. Plant- Plant Foods Hum. Nutr., 25(3/4): 253-262.

FREISE (F.W.), 1938. - Zubereitungen von Dill (Anethum graveolens L.) als Antihaemorrhoidalia. Pharm. Zentralhalle, 79: 636-638.

FRIEDBERG (C.), 1978. - Quelques données ethnobotaniques sur les ombellifères. In: Contributions pluridisciplinaires à la Systématique. Actes du 2ºmº Symposium International sur les Ombellifères (Perpignan, 1977). Cauwet-Marc (A.M.) et Carbonnier (J.) ed.: 795-808.

FRIEDMAN (L.) and MILLER (J.G.), 1971. Odor Incongruity and Chirality. Science, 172: 1044-1046.

FUJITA (S.I), ASAMI (Y.) and MOZAKI (K.), 1980.— The Constituents of the Essential Oils from Foeniculum vulgare Miller (Miscellaneous Contributions to the Essential Oil of the Plants from Various Territories Part XLVI). (japonais). Nippon Nôgei-kagaku Kaishi, 54(9): 765-767.

GARNIER (G.), BEZANGER-BEAUQUESNE (L.) et DEBRAUX (G.), 1961.- Anethum graveolens L. In: Ressources médicinales de la flore française. Vigot frères ed. . 2: 857-859.

GATTEFOSSE (J.) et IGOLEN (G.), 1946.- Contribution à l'étude de la flore aromatique du Maroc. L'essence de Fenouil des Moissons (*Ridolfia segetum*). Bull. soc. chim. France, 13(5): 361-363. Voir aussi CA 47 (1953) 9573f

GERTH VAN WIJK (H.L.), 1911. - In: A dictionary of plant names. Published by the Dutch society of sciences at Haarlem. 1: 972.

GILDEMEISTER (E.) und HOFFMANN (F.), 1966 (réedition). - In: Die ätherischen Öle. Akademie Verlag, Berlin. 3d: 473-475, 485-488.

GILDEMEISTER (E.) und HOFFMANN (F.), 1961. - In: Die ätherischen Öle, Akademie Verlag, Berlin. 6: 450-464.

GÖCKERITZ (D.), POGGENDORF (A.), SCHMIDT (W.), SCHUBERT (D.) und POHLOUDEK-FABINI (R.), 1979. - Das ätherische Öl der Wurzeln von Anethum graveolens L. . Pharmazie, 34(7): 426-429.

GOKHALE (N.N.) and MASADA (Y.), 1979.— The mode of recovery of the essential oil constituents from the minute cells of the plant materials during steam distillation. *Proc. Intern. Essent. Oil Congr., Kyoto 1977.* 7: 242-247. D'après Lawrence (B.M.), 1981

GUENTHER (E.), 1948. - In: The Essential Oils. D. Van Nostrand Company, Inc. . Toronto New-York London. 1: 111-117.

GUENTHER (E.) and ALTHAUSEN (D.), 1949. - In: The Essential Oils. D. Van Nostrand Company, Inc. Toronto New York London. 2: 531-533, 537-540.

GUENTHER (E.), 1950. - Oil of dill. In: The Essential Oils. D. Van Nostrand Company, Inc. Toronto New-York London. 4: 619-634.

GULATI (B.C.), DUHAN (S.P.S.) and BHATTACHARYA (A.K.), 1969.— Quality of Seed and Herb Oil produced from Anethum graveolens Linn. grown in Tarai (sic: area) of Uttar Pradesh. Perfumery Essent. Oil Record, 60(7/8): 277-281.

- GUPTA (G.N.), CHANDRA (G.) and ZAIDI (S.T.H.), 1958.— Chemical Examination of Dill Seed and Herb Oils. Symposium on Essential Oils and Aromatic Chemicals, 1955, Dehra Dun. Council Sci. Ind. Research, New Delhi: 123-129.
- GUPTA (R.) and BASLAS (K.K.), 1967. Introduction of Anethum graveolens in Uttar Pradesh. Indian Perfum., 11(2): 22-26. D'après CA 71 (1969) 64018k
- GUPTA (R.), DUHAN (S.P.S.) and MEHROTRA (A.P.), 1969.— Studies of variability and selection amongst the cultivers' of Dill grown in India. *Proc. Indian Sci. Congr.*, **56**, Sect. Bot., Abstr. n°136: 329-330.
- GUPTA (R.), 1971. Isolation of a new cultivar of european dill (Anethum graveolens Linn.) in India. Current Sci. (India), 40(6): 141-142.
- GUPTA (R.), 1977. Studies in Cultivation and Improvement of Dill (Anethum graveolens) in India. In: Cultivation and Utilization of Medicinal and Aromatic Plants. Atal (C.K.) and Kapur (B.M.) ed.: 337-349.
- GUPTA (S.C.) and KUMARI (K.), 1959. A contribution to the embryology of Foeniculum and Coriandrum. Proc. Indian Sci. Congr. (Delhi), 46(3): 281.
- HAGBERG (A.), 1955.- Översikt över polyploidiförädlingen i Sverige [Reviews of polyploidy breeding in Sweden.] (suédois). Sver. Utsädesför. Tidskr., 65(3): 209-214. Voir BA 31 (1957) 39246
- HANDA (K.L.), KAPOOR (L.D.) and CHANNA (O.N.), 1953. A preliminary note on the essential oil bearing plants of Kashmir. Part II. Indian J. Agr. Sci., 28(6): 147-151.
- HANDA (K.L.), SINGH (H.) and SOBTI (S.N.), 1955.— A short note on dill raised in Jammu and Kashmir. Indian J. Pharm., 17(12): 256-258.
- HANDA (K.L.), CHOPRA (I.C.) and SOBTI (S.N.), 1957.— Anethum graveolens Linn. In: Aromatic plant resources of Jammu & Kashmir. J. Sci. Ind. Research (India), 16A(5): suppl. 5-6.
- HARBORNE (J.B.), HEYWOOD (V.H.) and WILLIAMS (C.A.), 1969. Distribution of myristicin in seeds of the *Umbelliferae*. *Phytochemistry*, 8(9): 1729-1732.
- HARBORNE (J.B.), 1971. Flavonoid and phenylpropanoid patterns in the *Umbelliferae*. In: The Biology and Chemistry of the *Umbelliferae*. Heywood (V.H.) ed., Academic Press, London New York: 293-314.
- HARBORNE (J.B.) and WILLIAMS (C.A.), 1972. Flavonoid patterns in the fruits of the *Umbelliferae*. *Phytochemistry*, 11(5): 1741-1750.
- HARDH (J.E.), 1978. The aromatic compounds of spice plants in nordic environment. Acta Horticulturae, 73: 269-271.
- HEDGE (I.C.) et LAMOND (J.M.), 1972. Anethum L. . In: Davis (P.H.). Flora of Turkey and the East Aegan Islands. University Press, Edinburg. 4: 377.

- HEEGER (E.F.) und ROSENTHAL (C.), 1949. In: Vorschläge für die Festsetzung der Wertstoffmindestgehalte deutscher Anbaudrogen im neuen Deutschen Arzneibuch (DAB. 7) auf Grund kritisch-experimenteller Untersuchungen. Pharmazie, 4(8): 381.
- HEFENDEHL (F.W.), 1967a. Beiträge zur Biogenese ätherischer Öle. Die Rolle der Kohlenwasserstoffe bei der Biogenese sauerstoffhaltiger Monoterpene. Planta Med., 15(2): 121-131.
- HEFENDEHL (F.W.), 1967b.- Einfluß heteroplastischer Propfungen auf die Zusammensetzung ätherischer Öle. Z. Pflanzenphysiol., 57: 310-316.
- HEGI (G.), BEGER (H.) und MARZELL (H.), 1926.- In: Dicotyledones (III. Teil). In: Hegi (G.). Illustrierte Flora von Mitteleuropa mit besonderer Berücksichtigung von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz (zum gebrauche in den Schulen und zum Selbstunterricht). Lehmanns (J.F.) Verlag, München, 5(2): 1161-1162, 1290-1295.
- HEGNAUER (R.), 1973.- Umbelliferae. In: Chemotaxonomie der Pflanzen. Birkhäuser Verlag, Basel Stuttgart. 6: 554-629, 791-792, 763-773.
- HEGNAUER (R.), 1986. Phytochemistry and plant taxonomy An essay on the chemotaxonomy of higher plants. *Phytochemistry*, **25**(7): 1519-1535.
- HENRY (B.S.), 1982.— Composition and characteristics of dill: a review. *Perfum. Flavor.*, 7(1): 39-44.
- HODIŞAN (V.), POPESCU (H.) şi FĂGĂRĂŞAN (E.), 1980. Studiul plantei Anethum graveolens L. II. Compozitia chimică a uleiului volatil din fructe. (roumain). Contrib. Bot., Univ. Babes-Bolyai Cluj, Gradina Bot.: 263-266.
- HOPPE (H.A.), 1975.- In: Drogen Kunde. Walter de Gruyter ed., Berlin New York. 1: 82-83.
- HORE (A.), 1975. Karyomorphological studies of the genus Carum L. . Indian Agr., 19(3): 303-312.
- HORE (A.), 1976.- Cytogenetical studies of the genus Foeniculum (Umbelliferae). Indian Agr., 20(3): 183-191.
- HORE (A.), 1977a. Study of the structure and behaviour of chromosomes of different agricultural strains of *Coriandrum sativum* (Coriander). Caryologia, 30(4): 445-459.
- HORE (A.), 1977b. Study of the Structure and Behaviour of Chromosomes of the Different Varieties of Apium graveolens (Celery). Cytologia (Tokyo), 42(1): 21-28.
- HORE (A.), 1979. Improvement of Minor (Umbelliferous) Spices in India. Econ. Botany, 33(3): 290-297.
- HORNOK (L.), 1973. Investigations on the effects of fractional sowing on the yield and volatile oil content of dill (Anethum graveolens L.). (hongrois). Herba Hung., 12(2/3): 37-43.

HORNOK (L.), 1979. - Effect of nutrition supply on yield of dill (Anethum graveolens L.) and the essential oil content. Herba Hung., 18(3): 337-342. D'après CA 93 (1980) 131404c

HUOPALAHTI (R.), KALLIO (H.), KARPPA (P.), and LINKO (R.), 1981.— Comparison of two isolation procedures for aroma compounds of dill. *In: Flavour 81, Weurman Symp.*. Schreier, Peter de Gruyter ed., Berlin. 3: 369-376. D'après CA 96 (1982) 84169e.

HUOPALAHTI (R.) and LINKO (R.R.), 1983.— Composition and Content of Aroma Compounds in Dill, Anethum graveolens L., at Three Different Growth Stages. J. Agric. Food Chem., 31(2): 331-333.

HUOPALAHTI (R.), 1984. - Effect of Latitude on the Composition and Content of Aroma Compounds in Dill, Anethum graveolens, L. . Lebensm-Wiss. u. Technol., 17(1): 16-19.

HUOPALAHTI (R.), 1985 - The Content and Composition of Aroma Compounds in Three Different Cultivars of Dill, Anethum graveolens L. . Z. Lebensm. Untersuch. u. - Forsch., 181: 92-96.

IHLOFF (M.L.), 1956. – Die Zusammensetzung des ätherischen Öls von Anethum graveolens L. in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren. Fette, Seifen, Anstrichmittel, 58(2): 122-130.

INDEX KEWENSIS (1895-1981).- In: I: 133; II: 480-1; suppléments 5: 16; 7: 14; 9: 209; 10: 15; 12: 9; 13: 7; 16: 210.

IRINCHEV (I.), PARAMIISKII (D.), TSUTSULOVA (A.), and YANEV (M.), 1971.[Production and chemical composition of essential oil of Bulgarian dill.]
(russe). Nezhdunar. Kongr. Efirnym Maslam, [Mater.], 4th 1968. Naumenko (P.V.) ed., Moscow. 1: 129-134. D'après CA 78 (1973) 151554v

JAHANDIEZ (E.) et MAIRE (R.), 1932.- A. graveolens L. . In: Catalogue des Plantes du Maroc. Imprimerie Minerva, Alger; librairie Lechevalier (P.), Paris. 2: 544.

JOHRI (B.M.) and SEHGAL (C.B.), 1966. - Growth responses of ovaries of Anethum, Foeniculum and Trachyspermum. Phytomorphology, 16(3): 364-378.

JORET (C.), 1897.- In: Les plantes dans l'antiquité et au moyen âge. Histoire, usages et symbolisme. Première partie. Les plantes dans l'orient classique. I Egypte, Chaldée, Assyrie, Judée, Phénicie. Bouillon (E.) ed., Paris: 51, 76-77.

JORET (C.), 1904.- In: Les plantes dans l'antiquité et au moyen âge. Histoire, usages et symbolisme. Première partie. Les plantes dans l'orient classique. Il L'Iran et l'Inde. Bouillon (E.) ed., Paris: 258.

JORK (H.), 1963. - Chemische Rassen bei Petroselinum hortense HOFFM. und Asarum europaeum L. . Dissertation, Universität Saarbrücken. 168 pages, 260 références.

- JOSHI (B.S.), RAMANUJAM (S.) and SAXENA (M.B.L.), 1963.— Improvement of some essential oil bearing spice plants. *Bull. Reg. Res. Lab.*, *Jammu*, 1(2): 94-100. Cité par plusieurs auteurs dont Gupta (R.), 1977 et Hore (A.), 1979.
- JOSHI (S.), 1968.- A Comparative Study in Umbellifers of Artificially Induced Polyploids and Structural Hybridity with Special Reference to Change in the Expression of Gene (Genes) Controlling the Pollen Shapes. Cytologia (Tokyo), 33(3/4): 345-356.
- KALITZKI (M.), 1954.- Untersuchungen über Veränderungen in der Zusammensetzung des ätherischen Öles von Mentha piperita L. und Anethum graveolens L. mit besonderer Berücksichtigung des Welkevorganges II. Pharmazie, 9(2): 155-166.
- KANEKO (K.), 1960a. Biogenetic Studies of Natural Products. IV. Biosynthesis of Anethole by Foeniculum vulgare. (1). Chem. Pharm. Bull., 8: 611-614.
- KANEKO (K.), 1960b. Biogenetic Studies of Natural Products. V. Biosynthesis of Anethole by Foeniculum vulgare. (2). Chem. Pharm. Bull., 8: 875-879.
- KANEKO (K.), 1961. Biogenetic Studies of Natural Products. VI. Biosynthesis of Anethole by Foeniculum vulgare). Chem. Pharm. Bull., 9: 108-109.
- KANEKO (K.), 1962.- Biogenetic Studies of Natural Products. VIII. Biosynthesis of Anethole by Foeniculum vulgare. (4). Chem. Pharm. Bull., 10: 1085-1087.
- KAPELEV (I.G.), 1969. [Accumulation d'huile essentielle chez les plantes d'aneth] (russe). *Masloboino-Zhirovaya Prom.*, 35(7): 26-27. Résumé sommaire dans CA 71 (1969) 109793c
- KARIYONE (T.) and TERAMOTO (H.), 1939. [Essential oil of Ligusticum scoticum L.]. (japonais). J. Pharm. Soc. Japan, 59(5): 313-314.
- KAROW (H.), 1969. Über die wertbestimmenden Inhaltsstoffe einiger Gewürze (II). Riechst., Aromen, Körperpflegem., 19(2): 60-62, 65-66.
- KHAFAGY (S.M.) and MNAJED (H.K.), 1968. Phytochemical investigation of the fruit of *Anethum graveolens* L. growing in Egypt. Part I. Examination of the volatile oil and isolation of Dillapiole. *Acta Pharm. Suecica*, 5(3): 155-162.
- KLOHR-MEINHARDT (R.), 1958.- Die Bildung des ätherischen Öls bei heteroplastischen Umbelliferenpropfungen. *Planta Med.*, 6(2): 208-214.
- KNOCHE (H.), 1974 (1º ed. 1923).- In: Flora balearica. Etude phytogéographique sur les îles baléares. Otto Koeltz Science Publishers, West Germany.

KOEDAM (A.), SCHEFFER (J.J.C.) and BAERHEIM SVENDSEN (A.), 1979. - Comparison of isolation procedures for essential oils. I. Dill (Anethum graveolens L.). Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm., 6(1): 1-7.

KOROVIN (E.), 1947. – Anetum (sic) involucratum Eug. Kor. sp.n. . In: Not. Syst. Herb. Inst. Bot. α Zool. Acad. Sci. Uzbekistan, 8(2): 11-12.

KOSO-POLJANSKY (B.M.), 1916. - Sciadophytorum systematis lineamenta. II. Byull. Moskov. Obshchestva Ispytatelei Prirody (=Bulletin of the Naturalists' Society of Moscow), 29: 93-222.

KUPERMAN (F.M.) et KURLYANCHIK (I.A.), 1973.- (traduit du russe). Dokl vsesojuz Akad sel'skokhoz. Nauk VI Lenina. S.S.S.R., 3: 21-23.

KURLYANCHIK (I.A.), SUPRUNGV (N.I.), SKOKOVA (A.A.), SYSHCHIKOVA (N.M.) and DEREN'KO (S.A.), 1979. - [Accumulation of carotenoids and ascorbic acid in Anethum graveolensi. (russe). Khim. Prir. Soedin., 6: 861. D'après CA 93 (1980) 22590q

LAGRIFFE (L.), 1968.-Histoire des épices, des aromates et des condiments à travers les siècles. *In*: *Le livre des épices, condiments et aromates*. Morel (R.) ed., marabout service: 25-91.

LAMARTI (A.) and BADOC (A.), 1987.— A chemotaxonomical Study of essential Oil of Parsley ($Petroselinum\ hortense\ Hoffm.$) marketed in France. Soumis à publication dans $Flavor\ Fragrance\ J.$

LANGENAU (E.E.), 1948. - In: Guenther (E.). The Essential Oils. D. Van Nostrand Company Inc. Toronto New York London. 1: 279-291.

LAWRENCE (B.M.), 1980. - New trends in essential oils. *Perfum. Flavor.*, 5: 6-16.

LAWRENCE (B.M.), 1981. - Progress in essential oils. *Perfum. Flavor.*, 6(1): 37-46.

LECLERC (H.), 1937.- Un remède du hoquet: l'aneth (Anethum graveolens L.). Presse méd., 45: 1429.

LEROY (A.), 1951.- In: Illustrated Flora of the pacific states Washington Oregon and California. University Press, Standford. 3

LICHTENSTEIN (E.P.) and CASIDA (J.E.), 1963.— Naturally occuring insecticides Myristicin, an Insecticide and Synergist Occuring Naturally in the Edible Parts of Parsnips. J. Agric. Food Chem., 11(5): 410-415.

LICHTENSTEIN (E.P.), LIANG (T.T.), SCHULZ (K.R.), SCHNOES (H.K.) and CARTER (G.T.), 1974. Insecticidal and Synergistic Components Isolated from Dill Plants. J. Agr. Food Chem., 22(4): 658-664.

LINDEMANN (G.), 1967. - Die Umbelliferenfrüchte in der Likörindustrie VII. Dill. Riechst. Arom. Körperpflegem., 17(3): 88, 90.

LINNABUS (C.), 1753 (fac-similé 1957). - Anethum. In: Species plantarum exhibentes plantas rite cognitas, ad Genera Relatas, cum Differentiis Specificis, Nominibus Trivialibus, Synonymis Selectis, Locis Natalibus, Secundum Systema Sexuale Digestas. The Ray society, Adlar and Son ed., Bartholomew Press, Dorking. 1: 263.

LOOMIS (W.D.), 1967. Biosynthesis and Metabolism of Monoterpenes. In: Tepenoids in Plants. Pridham (J.B.) ed., Academic Press, New York: 59-82.

MADZHAROVA (D.), PETROVA (V.), et BUBAROVA (M.), 1973.— [Etude de fenouils de différentes origines]. (bulgare). *Gradin. Lozar. Nauka* (= Horticultural and viticultural Sciences), 10(2): 63-67.

MAIRE (R.), 1936. - Contribution à l'étude de la Flore de l'Afrique du Nord. Bull. soc. hist. nat. Afr. Nord, 27(2): 66; 27(6): 225-227; 28(7): planche 27.

MALAVIYA (B.K.) and DUTT (S.), 1940. - Chemical Examination of the Essential Oils derived from *Anethum soa* (sic) Roxb. Oil from the green herb and the seeds. *Proc. Indian Acad. Sci.*, 12A: 251-265.

MANITTO (P.), MONTI (D.) and GRAMATICA (P.), 1974. Biosynthesis of anethole in *Pimpinella anisum* L.. Tetrahedron Letters, 17: 1567-1568.

MARPEAU (A.), BARADAT (P.) et BERNARD-DAGAN (C.), 1975. - Les terpènes du pin maritime: aspects biologiques et génétiques IV. - Hérédité de la teneur en deux sesquiterpènes: le longifolène et le caryophyllène. *Ann. Sci. forest.*, 32(4): 185-203.

MATHEZ (J.) et SAUVAGE (C.), 1974. - 205. Anethum foeniculoides Maire et Wilczek. In: Catalogue des végétaux vasculaires de la province de Tarfaya. Cah. Rech. agron., Maroc: 161-162.

MEIKLE (R.D.), 1977. — In: Flora of Cyprus. Published by The Bentham-Moxon Trust, Royal Botanical Gardens, Kew. 1: 739, 750-751.

MEYER (A.), 1889.- Ueber die Entstehung der Scheidewände in dem Sekretführenden plasmafreien Intercellularraume der Vittae der Umbelliferen. Botan. Z., 21: 341-52; 22: 357-66; 23: 373-379.

MILLER (P.), 1768 (8° ed.).— In: The Gardeners Dictionary. Rivington (J.) and (F.) ed., London. 1: pas de pagination.

MISRA (K.P.) und NIGAM (S.S.), 1969. - Chemische Untersuchung des aus den Samen von Anethum Sowa DC. gewonnenen ätherischen Öles. Riechst., Aromen, Körperpflegem., 19(5): 185-186, 189-190.

MIYAZAWA (M.) and KAMEOKA (H.), 1974. The Constitution of the Volatile Oil from Dill Seed. Yukagaku (= J. Jpn. Oil Chem. Soc.), 23: 746-749.

MOLDENKE (H.N.), 1954. The Economic Plants of the Bible. Econ. Botany, 8(2): 152-163.

MOORE (D.M.), 1971. - Chromosome studies in the *Umbelliferae*. *In*: *The Biology* and *Chemistry of the Umbelliferae*. Heywood (V.H.) ed., Academic Press, London New York: 233-255.

MOUTERDE (P.), 1970. - Anethum L. . In: Nouvelle Flore du Liban et de la Syrie. Dar el-Machreq ed., Beyrouth. 2: 627, planche CCXCI.

MYINT (D.K.H.) and GALE (M.H.), 1968.— Chemical examination of the essential oil from indigenous dill seeds. *Union Burma J. Sci. Technol.*, 1(2): 329-332. D'après CA 71 (1969) 128578x

MYINT (K.H.) and GALE (M.M.), 1969. - Preparation of terpeneless [Indian] dill oil from Anethum sowa. Union Burma J. Sci. Technol., 2(2): 363-366. D'après CA 74 (1971) 67610v

PALAISEUL (J.), 1972.- In: Nos grand-mères savaient... La vérité sur les plantes et la vie naturelle. Laffont (R.) ed., Paris: 144-146.

PARRY (J.W.), 1969. - XXVI. Dill. In: Spices. Chem Pub. Co., New York. 2: 116-119.

PERROT (E.), 1947.- In: La culture des plantes médicinales. Presses universitaires de France, Paris: 83.

PLANCHON (G.), 1875. - In: Traité pratique de la détermination des drogues simples d'origine végétale. Librairie Savy (F.), Paris. 2 tomes.

POGGENDORF (A.), GÖCKERITZ (D.) und POHLOUDEK-FABINI (R.), 1977. - Der Gehalt an ätherischem Öl in Anethum graveolens L. . Pharmazie, 32(10): 607-613.

PORTER (N.G.), SHAW (M.L.), SHAW (M.L.) and ELLINGHAM (P.J.), 1983.— Content and composition of dill herb oil in the whole plant and the different plant parts during crop development. New Zealand J. Agr. Research, 26: 119-127. D'après Clark (R.J.) et Menary (R.C.), 1984.

QUEZEL (P.), 1965.- In: La Végétation du Sahara Du Tchad à la Mauritanie. Fischer (G.) ed., Stuttgart. 333 pages.

RAGHUVANSHI (S.S.) and JOSHI (S.), 1966. - Foeniculum vulgare. Polyploidy, Translocation, Heterozygosity and Follen Variability. Part I. Cytology. Cytologia (Tokyo), 31(1): 43-58.

RECHENBERG (Von C.), 1910. – In: Theorie der Gewinnung und Trennung der ätherischen Öle durch Destillation. Schimmel & Co. ed., Miltitz bei Leipzig: 430. Cité par Guenther (E.), 1948.

REICHENBACH (H.G.), 1867. - XLVI. Anethum (L.) Hoffm. . In: Icones florae germanicae et helveticae. 21: 65-66, planche 127. Présent à la Bibliothèque universitaire de Lille I.

ROBERT (P.), 1979. - In: Le petit Robert. Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française. Société du Nouveau Littré, Paris.

ROI (J.), 1955.- In: Traité des plantes médicinales chinoises. Lechevalier (P.) ed., Paris: 243-244, 249.

ROLET (A.) et BOURET (D.), 1928 (2^{to} ed.).- In: Plantes médicinales. Culture et cueillette des plantes sauvages. Librairie Baillière et Fils, Paris: 93-95.

ROLLAND (E.), 1967.- In: Flore Populaire ou Histoire naturelle des plantes dans leurs rapports avec la linguistique et le folklore. G.P. Maisonneuve et Larose ed., Paris. 6: 143-145.

ROSENTHALER (L.), 1913. - Über chinesischen Fenchel. Ber. deut. pharm. Ges., 23: 570-576.

RUSSEL (G.F.) and HILLS (J.I.), 1971. - Odor Differences between Enantiomeric Isomers. Science, 172: 1043-1044.

SANDERMANN (W.) und BRUNS (K.), 1965. - Biogenese von Carvon in Anethum graveolens L. . Planta Med., 13(4): 364-368.

SANTAPAU (H.) and HENRY (A.N.), 1973. - In: A dictionary of the flowering plants in India. Publications α information directorate, New Delhi.

SCHANTZ (M. von) und JUVONEN (S.), 1969.- Gaschromatographische Untersuchungen von aromatischen Wässern. Arch. Pharm., 302(10): 775-787.

SCHANTZ (M. von) und HUHTIKANGAS (A.), 1971. - Über die Bildung von Limonen und Carvon im Kümmel, Carum carvi. Phytochemistry, 10: 1787-1793.

SCHEFFER (J.J.C.), KOEDAM (A.) and BAERHEIM SVENDSEN (A.), 1977. - Analysis of Essential Oils by Combined Liquid-Solid and Gas-Liquid Chromatography Part II * Monoterpenes in the essential seed oil of Anethum graveolens L. . Medd. Norsk Farm. Selskap., 39: 161-187. 90 références.

SCHIMMEL und Co., 1891. - Dill-Oel. Ber. Schimmel & Co., October: 12.

SCHIMMEL und Co, 1898. - Dill-Oel. Ber. Schimmel & Co., October: 18-20.

SCHREIER (P.), DRAWERT (F.) and HEINDZE (I.), 1981.— The Quantitative Composition of Natural and Technologically Changed Aromas of Plants. VIII. Volatile Constituents of Fresh Dill Herb, Anethum graveolens, L. (Umbelliferae). Lebensm.-Wiss. Technol., 14(3): 150-152.

SETHI (S.), NIGAM (M.C.) and RAO (P.R.), 1965. Studies on Chemical and Economic Utilization of Anethum sowa. Indian Perfum., 9(1): 17-19.

SHAH (C.S.), QADRY (J.S.) and CHAUHAN (M.G.), 1971. - Constituents of two varieties of Indian dill. J. Pharm. Pharmacol., 23: 448-450.

SHAH (C.S.), 1977. Varieties of Indian Dill and their Importance. In: Cultivation and Utilization of Medicinal and Aromatic Plants. Atal (C.K.) and Kapur (B.M.) ed.: 335-337.

- SHARMA (A.K.) and GHOSH (C.), 1954. Cytogenetics of some of the Indian Umbellifers. Genetica, 27: 17-44. Cité par Sharma (A.K.) et Bhattacharyya (N.K.), 1959.
- SHARMA (A.K.) and BHATTACHARYYA (N.K.), 1959. Further investigations on several genera of *Umbelliferae* and their interrelationships. *Genetica*, 30: 1-62.
- SHULGIN (A.T.), 1966. Possible implication of myristicin as a psychotropic substance. *Nature*, 210: 380-384.
- SHULGIN (A.T.), 1967.— The separation and identification of the components of the aromatic ether fraction of essential oils by gas-liquid chromatography. J. Chromatogr., 30: 54-61.
- SINGH (K.P.) and GUPTA (G.N.), 1964.— A critical study of the methods used for the estimation of carvone and dihydrocarvone in the essential oil of dill. *Indian Perfum.*, 8(1): 25-27. D'après CA 65 (1966) 15146f
- SINHA (B. M.B.) and SINHA (A.K.), 1977. Meiotic Studies in Some Species of Umbelliferae. Cytologia (Tokyo), 42(3/4): 465-471.
- SOBTI (S.N.) and PUSHPANGADAN (P.), 1977.- Studies in the Genus Ocimum: Cytogenetics, Breeding and Production of New Strains of Economic Importance. In: Cultivation and Utilization of Medicinal and Aromatic Plants. Atal (C.K.) and Kapur (B.M.) ed.: 273-286.
- STAHL (E.) und JORK (H.), 1964.- Chemische Rassen bei Arzneipflanzen I. Mitt.: Untersuchung der Kulturvarietäten europäischer Petersilienherkünfte. Arch. Pharm., 297(5): 273-281.
- STAHL (E.), 1967. Neues über chemische Rassen bei Arzneipflanzen. Deut. Apotheker Ztg, 107(5): 168.
- STAHL (E.) und FUCHS (J.), 1968.- Dünnschicht-Chromatographie zur Kennzeichnung von Arzneibuchdrogen. 3 Mitteilung: Direktaufgabe der Wirkstoffe von Drogen, die ätherische Öle enthalten mit dem TAS-Verfahren. Deut. Apotheker Ztg., 108: 1227-1231.
- STAHL (E.) und HERTING (D.), 1976. Über die Verteilung des ätherischen Öles und der Cumarine in den einzelnen Früchten einiger Apiaceen. *Planta Med.*, 29(1): 1-9.
- STEINER (M.) und HOCHHAUSEN (I.), 1954.- Untersuchungen an Umbelliferen-früchten über Veränderung des Gehaltes an ätherischen Ölen bei der Reife und Lagerung und seine Beeinflussung durch Außenfaktoren. Biochem. Z., 73(5/6): 283-296.
- STYGER (J.) und ZÖRNIG (H.), 1919. Anethum graveolens L. In: Beiträge zur Anatomie der Umbelliferenfrüchte. Schweiz. Apotheker-Ztg, 57: 174-175.
- SUPRUNOV (N.I.), KURLYANCHIK (I.A.) and DEREN'KO (S.A.), 1976. Dynamics of accumulation of ether oil in specimens on (sic) Anethum graveolens of different geographic origin. (ukrainien). Farm. zhur. (Kiev), 31(6): 52-54.

- TAMIL LEXICON, 1928. University of Madras ed. .3(1): 1254.
- TEUBER (H.) und HERRMANN (K.), 1978. Flavonolglykoside der Blätter und Früchte des Dills (Anethum graveolens L.). II. Über Gewürzphenole. Z. Lebensm. Untersuch. u.-Forsch., 167(2): 101-104.
- TOMAR (S.S.), MAHESHWARI (M.L.) and MUKERJEE (S.K.), 1979. Synthesis and Synergistic Activity of Dillapiole Based Pyrethrum Synergists. J. Agric. Food Chem., 27(3): 547-550.
- TOMAR (S.S.) and MUKERJEE (S.K.), 1981. Dillapional, a New Constituent of Anethum sowa Roxb. Indian J. Chem., 20B(8): 723-724.
- TRENKLE (K.), 1972.- Neuere Untersuchungen an Fenchel (Foeniculum vulgare M.) 2. Mitteilung: Das ätherische Öl von Frucht, Kraut und Wurzel fruktifizierender Pflanzen. Pharmazie, 27(5): 319-324.
- TSAI (D.S.), 1979. [Foeniculum vulgare and Anethum graveolens.] (chinois). K'o Hsueh Nung Yeh (Taipei), 27(1/2): 35-39.
- VERNET (P.), 1977. Les variations de composition de l'essènce de *Thymus vulgaris* L.; mode de transmission héréditaire de trois terpènes (le thymol, le carvacrol et le linalol). *C. R. Acad. Sci. Paris, Sér. D*, 284: 1289-1292.
- VERNON (F.), 1978. Etude qualitative et quantitative des constituants de l'huile essentielle de feuilles de persil frisé (*Petroselinum sativum* Hoffm.). Modifications apportées dans sa teneur et sa composition par le séchage ou la congélation. *Thèse Univ. Paris Sud, Centre d'Orsay.* 112 pages, 54 références.
- VIRMANI (O.P.) and DATTA (S.C.), 1970. Essential Oil of Anethum graveolens. Flav. Ind., 1(12): 856-862. 178 références sur l'aneth.
- WAHRIG (G.), 1977.- Dill. In: Deutsches Wörterbuch. Bertelsmann Lexikon-Verlag: 924.
- WEICHAN (C.), 1948.- Der Gehalt an ätherischem Öl bei aromatischen Pflanzen in Abhängigkeit von der Düngung. *Pharmazie*, 3(10): 464-467.
- WIGHT (R.), 1843.- In: Icones Plantarum Indiae Orientalis or Figures of Indian Plants. Madras, Calcutta, London. 2: planche 515.
- WULF (L.W.), NAGEL (C.W.) and BRANEN (A.L.), 1978. Hight-pressure liquid chromatographic separation of the naturally occurring toxicants myristicin, related aromatic ethers and falcarinol. J. Chromatogr., 161: 271-278.
- YABE (Y.), 1902 (réimp.).- Peucedanum japonicum Thunb. In: Revisio Umbelliferarum Japonicarum. J. Fac. Sci. Imp. Univ. Tokyo, 16(2): 95-96, planche III (fig. 61).
- YONEDA (Kaisuke) and IMAHORI (Yoshio), 1978. Seed Biology of Medicinal Plants: (VI) The Characters of Fennel after Ovary Culture. Shoyakugaku Zasshi, 32(3): 158-161.

- ZLATEV (S.K.), 1975. Dynamics of accumulation of the essential oil in the Dill (Anethum graveolens Linnaeus) during its ontogenical development. Riv. Ital. Essenze, Profumi, Piante Off., Aromi, Saponi, Cosmet., Aerosol, 57: 203-209.
- ZLATEV (S.K.), and FEDIN (P.I.), 1975.— Influence of Dill seeds presowing irradiation by gamma-rays on the yield of essential oil. Riv. Ital. Essenze, Profumi, Piante Off., Aromi, Saponi, Cosmet., Aerosol, 57(4): 248-252.
- ZLATEV (S.K.), 1976a. Influence of meteorologic factor on quantity and quality of the essential oil synthesized in Dill. Riv. Ital. Essenze, Profumi, Piante Off., Aromi, Saponi, Cosmet., Aerosol, 58(10): 541-547.
- ZLATEV (S.K.), 1976b. Dynamics of essential oil accumulation in Dill (Anethum graveolens Linnaeus) during 24 hours. Riv. Ital. Essenze, Profumi, Piante Off., Aromi, Saponi, Cosmet., Aerosol, 58(10): 553-555.
- ZLATEV (S.), 1977.- [Sowing rates of dill grown for essential oil production]. (bulgare). Rastenievud. Nauki, 14(5): 57-63. D'après CA 88 (1978) 148985n

RESURE L'aneth est une plante médicinale et condimentaire peu connue en France, mais largement utilisée en Europe centrale et en Inde.

L'"aneth d'Inde", souvent appelé Anethum sowa Roxb., se distingue de l'"aneth d'Europe" par la présence de dillapiole dans l'essence des fruits. Nous considérons qu'il s'agit de la même espèce, Anethum graveolens L..

Nous avons regroupé les données bibliographiques susceptibles d'avoir un intérêt taxonomique, tirées de l'ethnobotanique, la répartition géographique, la chimie et la morphologie.

Parallèlement une étude expérimentale a été menée et par chromatographie en phase gazeuse de l'essence de 35 lots de semences de diverses origines, nous observons 3 groupes ou "chémotypes": myristicine+dillapiole, dillapiole, carvone s. str.

Mais l'analyse de l'huile essentielle akène par akène d'un échantillon des Balkans met en évidence une forte variabilité intrapopulationnelle: absence ou présence de dillapiole, répartition non gaussienne de la teneur en cis-dihydrocarvone. L'origine d'Anethum graveolens L. est discutée à partir de ces résultats et des données bibliographiques.

Anethum foeniculoides Maire α Wilczek, endémique marocaine, diffère par l'aspect et l'essence des akènes; des composés communs avec ceux de l'essence des fruits d'espèces probablement voisines, Foeniculum vulgare Mill. et Ridolfia segetum (L.) Moris, ont été observés.

MOTS-CLES aneth Anethum graveolens Anethum sowa
Anethum foeniculoides
Haloscias scoticum Ligusticum scoticum
Ridolfia segetum
chimiotaxonomie ethnobotanique
myristicine dillapiole dihydrocarvone
huile essentielle essence

