



QUELQUES FACTEURS DE LA PRODUCTIVITÉ QUANTITATIVE ET QUALITATIVE DES ESSENCES CHEZ LES LAVANDES (LAVANDULA TOURN.) (1)

E. Barbier

► To cite this version:

E. Barbier. QUELQUES FACTEURS DE LA PRODUCTIVITÉ QUANTITATIVE ET QUALITATIVE DES ESSENCES CHEZ LES LAVANDES (LAVANDULA TOURN.) (1). Les Annales de l'Abeille, 1962, 5 (4), pp.265-379. hal-00890169

HAL Id: hal-00890169

<https://hal.science/hal-00890169>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

QUELQUES FACTEURS DE LA PRODUCTIVITÉ QUANTITATIVE ET QUALITATIVE DES ESSENCES CHEZ LES LAVANDES (*LAVANDULA* Tourn.) ⁽¹⁾

E. BARBIER

*Station expérimentale d'Agrumiculture,
Centre de Recherches agronomiques d'Algérie, Boufarik (Algérie)*

PLAN DU MÉMOIRE

Introduction

I. Historique

II. Matériel végétal

III. Extraction des essences à la vapeur d'eau

IV. Évolution des rendements et de la qualité des essences au cours de la végétation

V. Conséquences diverses du butinage des abeilles

VI. Discussion générale

Conclusions

INTRODUCTION

Les lavandes sont des plantes spontanées de la flore méditerranéenne qui ont toujours fait l'objet d'une cueillette plus ou moins importante.

C'est vers 1912 que les premiers essais de culture de lavande vraie furent entrepris. Mais depuis trente-cinq ans la découverte d'hybrides naturels à fort rendement donna à ces cultures une importance considérable dans les départements du sud est de la France et plus particulièrement dans celui des Basses-Alpes où elles couvrent, sur le plateau de Valensole, d'immenses surfaces.

Parallèlement au développement de la culture des lavandins, dont les innombrables fleurs offrent aux abeilles un abondant nectar, l'apiculture locale a suivi une progression constante ; mais cette progression s'est étendue aussi à l'apiculture des régions voisines qui, grâce à la pratique de la transhumance des ruches, a pu bénéficier également de cette provende.

La transhumance, principalement sur les cultures de Lavandins, est si importante qu'il n'en n'existe pas de comparable en France. Elle a pour conséquence de provoquer localement un grand rassemblement de ruches ce qui, jusqu'à ces derniers temps, n'avait pas soulevé de difficultés majeures.

(1) Thèse d'Université soutenue à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, en juin 1962.

Toutefois en 1955, peut-être à cause de la plus forte densité des ruches ou à cause de la venue de nouveaux apiculteurs ne connaissant pas les habitudes locales, certains lavandiculteurs ont cru devoir rendre responsables les abeilles, des diminutions de rendement en essence de leurs cultures.

Cette interprétation d'un fait malheureusement trop vrai, mais dû en réalité à une toute autre cause que le butinage des abeilles, était même accompagnée de chiffres ; c'est ainsi que des diminutions de rendement allant de 7 à 10 pour cent et même jusqu'à 30 pour cent étaient avancées sans qu'à notre connaissance ces chiffres aient été obtenus par des essais régulièrement conduits.

Néanmoins ces rumeurs avaient provoqué des réactions assez vives de la part des lavandiculteurs, réactions qui s'étaient traduites par l'envoi aux apiculteurs de correspondances destinées à leur interdire de transporter leurs ruches sur le territoire de certaines communes.

C'est au cours d'une réunion de la Société d'Apiculture du Var tenue à Brignoles en mars 1956, que nous avons eu connaissance de ce problème si particulier des rapports entre les plantes et les abeilles.

Sans vouloir porter ces interdictions sur le plan juridique où elles font que reprendre l'éternel opposition des droits des nomades face aux droits des sédentaires, nous avons voulu envisager ce problème sur un plan essentiellement technique.

La thèse des apiculteurs, au cours de la réunion de Brignoles, était que le miel de lavandin n'ayant pas l'odeur de l'essence, les abeilles ne prélevaient pas d'essence et, de ce fait, ne causaient aucun mal aux récoltes.

Cette action directe devant être écartée, car il est exact que le miel de lavandin ne sent pas l'odeur d'essence de lavandin, restait la possibilité d'une action indirecte. En effet, nous avons pu remarquer au cours d'études sur la sécrétion nectarifère que, lorsque les fleurs de lavandin étaient butinées par les abeilles, les corolles restaient épanouies pendant 2 à 3 jours alors que si les fleurs sont protégées de la visite des insectes les corolles restent épanouies pendant 12 à 13 jours.

Or, quelle pouvait être l'influence du raccourcissement de la vie de la corolle sur l'accumulation de l'essence dans la plante ?

Si pour les arbres fruitiers et pour l'ensemble des plantes à pollinisation entomophile, le rôle très important des abeilles est bien connu, encore que souvent sous-estimé, il faut bien reconnaître que nos connaissances sur les conséquences de la pollinisation chez une plante à parfum et par surcroît stérile, comme l'est le lavandin, étaient tout à fait insuffisantes pour pouvoir répondre à la question. Aussi avons-nous proposé que des expériences soient tentées, ce qui fut accepté.

Pour l'avenir de l'Apiculture dans le sud-est de la France, une réponse négative à la question ainsi posée était largement suffisante. Mais du point de vue de la biologie végétale, une réponse positive, qu'il y ait augmentation ou diminution du rendement, présentait une importance qu'il n'est pas besoin de souligner.

Les résultats des premières expériences réalisées en 1956 sur lavandins furent si intéressants qu'ils développèrent un vif courant de curiosité dans les milieux agricoles et apicoles. Nous reçûmes à cette occasion, de la part des services officiels intéressés et aussi de la part des deux professions, des encouragements et des concours dévoués qui nous permirent de mener à bien la suite des travaux.

Ces expériences furent reprises et étendues ensuite aux lavandes vraies mais elles nous conduisirent aussi à examiner les divers aspects du développement végé-

tatif et de la floraison chez les lavandes et lavandins ainsi que l'accumulation des essences et l'évolution de leurs caractéristiques physico-chimiques. Par ailleurs, une étude de la distillation des essences par entraînement à la vapeur d'eau a été ajoutée car il n'est pas possible d'utiliser tout au cours de ce travail une technique qui fournit toutes les données de base indispensables sans en connaître les possibilités et les insuffisances.

Que notre travail ait pu éclairer d'un jour nouveau l'important problème du rôle physiologique des essences chez les lavandes et apporter des indications sur l'évolution de leurs caractéristiques physico-chimiques, qu'il ait montré les conséquences inattendues de la pollinisation sur la biologie florale et sur l'accumulation et l'avenir des essences, il ne fera cependant qu'apporter un paragraphe de plus à la publication d'HAMBLETON (1946) intitulée « The indispensable Honeybee ».

Que les Apiculteurs y trouvent la preuve qu'ils pourront continuer à récolter le miel délicieux produit par les lavandins. Que les Lavandiculteurs y puisent les renseignements susceptibles de préciser le meilleur moment de la coupe, de distiller d'une façon plus rationnelle et en définitive de tirer un meilleur profit de leurs efforts, et le but primitivement poursuivi aura été largement dépassé.

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE

A. — Les Lavandes, principalement en France

Les Lavandes sont des plantes de la famille des Labiées. Elles appartiennent au genre *Lavandula* qui groupe une trentaine d'espèces, mais certaines d'entre elles peuvent n'être que des variétés ou sous-variétés ou même simplement des formes végétatives d'une espèce bien définie.

L'aire de végétation actuelle du genre *Lavandula* s'étend de part et d'autre de la Méditerranée, de l'Atlantique à l'Asie Mineure ; elle se prolonge à l'Est jusqu'aux Indes orientales et au Sud, d'une part jusqu'en Érythrée, Somalie, confins Soudano-Égyptiens, d'autre part jusqu'aux îles du Cap-Vert et Canaries.

Par ailleurs la survivance de deux espèces dans le Hoggar permet d'envisager qu'à une époque relativement proche, les lavandes couvraient une grande partie du nord du continent africain alors que le Sahara n'était pas encore transformé en désert.

CHAYTOR (Citée par GATTEFOSSE, 1939) subdivise le genre *Lavandula* en 5 sections dont deux seulement intéressent la France :

1^o Section *Stoechas* avec *Lavandula stoechas* L. et çà et là *L. dentata* L. en culture ornementale dans les jardins du midi.

2^o Section *Spica* avec *Lavandula vera* DC *L. latifolia* Vill., sans oublier leurs hybrides désignés sous le nom de « lavandins ».

Du point de vue des essences, seule cette 2^e section est à retenir.

I. — LAVANDULA VERA D. C.

Synonymes = *Lavandula spica* L. (en partie) = *Lavandula officinalis* Chaix = *Lavandula angustifolia* Mill. = *Lavandula vulgaris* Lamark. (en partie).

En français elle est appelée lavande vraie ou lavande fine ou plus simplement « fine ».

Cette plante donne par distillation des sommités fleuries, une huile essentielle appelée *Essence de Lavande*.

Lavandula vera D. C. présente un grand nombre de types assez différents les uns des autres par leur développement, la pilosité des feuilles et des calices, la couleur de ces derniers ainsi que des corolles, la forme de l'épi, etc. sans oublier le parfum de l'essence.

Ces nombreux types morphologiques ont conduit JORDAN à diviser l'espèce en *Lavandula fragrans*, à rameaux grêles, épis courts, forme ramassée, essence à odeur fine et odorante et en *Lavandula delphinensis*, à rameaux puissants, épis fournis et à essence plus grasse et plus riche en esters.

Mais FONDARD (1922) a montré que cette division de l'espèce est artificielle et que les caractères *fragrans* sont ceux que prend toute lavande dans un sol sec alors que les caractères *delphinensis* sont ceux de toute lavande poussant en sol humide et moins ensoleillé.

Cette espèce est abondante en France, principalement au sud des Alpes entre 400 à 500 m d'altitude jusqu'à 1 500 m environ, mais ces limites sont assez souples et c'est ainsi qu'on trouve des lavandes près de Nice à moins de 100 m d'altitude et près du col d'Allos aux environs de 2 000 m

2 — *LAVANDULA LATIFOLIA* VILL

Synonymes — *Lavandula Spica* L. (en partie) = *Lavandula Spica* D. C. = *Lavandula vulgaris* Lamark (en partie).

En français elle est appelée grande lavande, lavande mâle par les uns, lavande femelle par d'autres, ou Spic et le plus souvent Aspic.

Lavandula latifolia Vill se développe à plus basse altitude que l'espèce précédente (du niveau de la mer jusque vers 600 m environ) mais ici encore cette limite est assez relative. La plante existe au sud des Alpes ; elle est abondante dans les garrigues du Languedoc, mais son pays de prédilection semble être l'Espagne.

Comme la précédente, cette espèce est très variable et on ne cite pas moins de cinq variétés.

Du point de vue industriel on peut en extraire une huile essentielle appelée *huile* ou *essence d'Aspic* qui est riche en camphre et n'est plus utilisée actuellement. L'aspic serait donc sans importance pour cette étude si, par hybridation avec la lavande vraie, il ne donnait les lavandins.

3 — HYBRIDES OU LAVANDINS

Là où les aires de végétation des deux espèces se rejoignent on voit apparaître des individus qui se caractérisent par leur vigueur, mais qui morphologiquement sont assez dissemblables les uns des autres.

GIRAUD (1927) signale que dans les populations de lavandin les nombreuses formes que l'on peut remarquer constituent autant de termes de transition entre le type *Lavandula vera* D. C. et celui de *Lavandula latifolia* Vill, mais les lavandins cultivés sont assez voisins de *Lavandula vera* D. C. dont il est parfois difficile de les différencier.

Ces individus étaient bien connus des distillateurs et avaient été remarqués par les botanistes du siècle dernier ; certaines formes avaient été décrites, sous des noms reconnaissant leur origine hybride :

<i>Lavandula latifolia</i> × <i>fragrans</i> ,	Chatenier ;
<i>Lavandula Spica latifolia</i>	Albert ;
<i>Lavandula latifolia pyrenaica</i> ,	Sennem ;
<i>Lavandula hybrida</i> ,	Reverchon.

Leur formation est due à la pollinisation croisée résultant du butinage des insectes et plus particulièrement des abeilles.

Le sens du croisement semble bien être *Lavandula latifolia* × *L. vera*. C'est d'ailleurs en pollinisant l'aspic avec du pollen de lavande vraie que les Établissements CHIRIS (1927) produirent pour la première fois des lavandins. Le croisement inverse, s'il n'est pas impossible, est certainement très rare par suite du cycle végétatif des lavandes vraies qui s'arrête en été.

Caractères distinctifs

On reconnaîtra les Lavandins aux caractères suivants :

1 — *Absence de graines.*

De nombreux auteurs ont insisté sur ce fait qui est bien établi : LAMOTHE (1912) — GIRAUD (1927) — Établissements CHIRIS (1926) — IGOLEN (1944).

Seul FONDARD (1922) affirme avoir rencontré un Lavandin produisant des graines, mais IGOLEN (1944) considère qu'il a pu y avoir confusion avec une Lavande vigoureuse.

2 — *Forme des bractées de la base des épillets.*

HUMBERT cité par FONDARD (1922) et FONDARD lui même reconnaissent l'importance des bractées pour caractériser les lavandins. Nous avons pu constater (BARBIER, 1962) que le rapport longueur/largeur de ces bractées varie dans les proportions suivantes.

5,8	à 6,7	pour <i>Lavandula latifolia</i> Vill ;
1	à 1,40	pour <i>Lavandula vera</i> D. C. ;
1,94	à 2,17	pour les lavandins.

3 — *Présence et forme des bractéoles et sous bractéoles à la base des calices.*

FONDARD (1922) et IGOLEN (1944) considèrent la présence de ces pièces comme caractéristiques des lavandins. Or ces bractéoles et sous-bractéoles sont toujours présentes, aussi bien chez les lavandins que chez les parents, bien que de taille parfois réduite chez *Lavandula vera* D. C. (BARBIER 1962).

Leur forme est simple chez l'aspic, souvent bifide chez la lavande vraie et chez les lavandins, mais chez ces derniers la taille est plus développée.

4 — *Présence d'épillets secondaires à la base de l'épi -*

Ce caractère retenu par FONDARD (1922), IGOLEN (1944), GATTEFOSSE (1927), semble être très constant ; on note de 2 à 6 épillets secondaires.

5 — *Vigueur.*

C'est ce caractère qui a fait attirer l'attention sur les lavandins. Il se manifeste soit par la longueur des hampes florales, soit par leur robustesse, mais toujours on note une grande abondance de calices (BARBIER 1962). De plus le système racinaire est très puissant et permet une végétation normale, même par les fortes sécheresses de l'été.

6 — *Essences*

Pour différencier les plantes on peut rechercher dans le parfum qui se dégage des épis froissés l'odeur caractéristique du camphre, mais ce caractère suggestif est assez difficile à interpréter et ne peut être retenu que par des personnes averties.

Le camphre est abondant dans l'essence de *Lavandula latifolia* Vill, inexistant ou presque dans celle de *Lavandula vera* D. C. et présent en proportion variable dans les essences des lavandins.

7 — *Stérilité du pollen*

Les travaux de GAGNEPAIN (1901), DILLEMAN (1954), montrent qu'une forte proportion de pollens avortés peut être considérée comme une preuve de l'origine hybride de la plante.

FONDARD (1922) signale bien que chez les lavandins les pollens ont des dimensions variables selon les individus et IGOLEN (1944) indique qu'ils sont très peu abondants et souvent inexistants.

Nous avons constaté ailleurs (BARBIER 1958) que les grains de pollen sont aussi abondants dans les étamines des lavandes que des lavandins (900 environ), mais que chez ces derniers ils sont en grande partie avortés.

On note en effet les taux suivants de pollens ayant une forme normale .

Lavandula latifolia Vill, 97 p. 100 ; *Lavandula vera* D.C., 96 à 99 p. 100 ; Lavandins, 1,9 à 15,4 p. 100 selon les échantillons pour les plantes spontanées ou selon les « cultivars » pour les plantes cultivées.

B. — Extraction des essences

DIVERS MODES D'EXTRACTION

Pour l'extraction des huiles essentielles contenues dans les plantes, plusieurs procédés sont utilisés.

— *L'expression* pour des essences contenues dans des cellules épidermiques internes : fruits des *Citrus* (orange — citron).

— *La distillation sèche* ou *pyrogénéation* utilisée pour les bois (cèdre — genévrier mélèze, etc.).

— *L'enfleurage* — pour des essences excrétées par des cellules de la corolle des fleurs (jasmin — tubéreuse).

— *L'extraction par les solvants volatils* — s'applique à des parfums très délicats (mimosa — jacinthe — violette) qui ne peuvent être extraits par le procédé suivant.

— *L'extraction à la vapeur d'eau*. C'est le procédé le plus généralement employé ; il s'applique à de nombreuses plantes dont la lavande.

En ce qui concerne la lavande, quelques extractions sont réalisées à l'aide de solvants volatils dans certaines parfumeries de Grasse qui disposent à cet effet des installations nécessaires et de la main-d'œuvre qualifiée.

Les lavandes sont mises à macérer dans un solvant (Benzène — Chlorure de Méthylène, etc.) qui dissout en plus des corps constituant l'essence, des cires, la chlorophylle, etc.

Après évaporation du solvant on obtient la *concrète* de lavande. Celle-ci épuisée par l'alcool donne après évaporation de ce nouveau solvant, l'*absolue de lavande* dont les caractéristiques citées par LANGLAIS (1954) d'après les laboratoires CHIRIS sont les suivantes.

$$\begin{aligned} n_D^{15} &= 0,939\ 5 \text{ à } 0,972\ 2 \\ \alpha_D^{18} &= \text{--- } 1^{\circ} 5' \text{ à } \text{--- } 6^{\circ} 8' \end{aligned}$$

Esters (en acétate de linalyle) = 39,45 à 49 p. 100

Ces caractéristiques sont très différentes de celles des essences de Lavande, surtout en ce qui concerne la densité.

Toutefois, la presque totalité des lavandes et surtout des lavandins est traitée à la vapeur d'eau.

DISTILLATION A LA VAPEUR D'EAU

Ce procédé appelé hydrodistillation ou distillation de fleurs ou improprement distillation, s'applique à l'extraction des essences contenues dans des cellules situées en diverses parties du végétal ou encore à des parfums libérés dans la masse à distiller par une hydrolyse (amande amère).

Sous diverses variantes, ce procédé est employé pour le traitement de très nombreuses plantes dont on distille les parties suivantes :

- fleurs : Oranger (essence de Neroli) — Rose
- calices : (en pratique hampe florale) Lavande — Sauge sclérée.
- feuilles : Eucalyptus — Oranger (essence de petit grain).
- parties aériennes plus ou moins ligneuses : Thym — Romarin — Menthe — Citronnelle.
- fruits : Baies de Génîèvre — Orange.
- semences : Angélique — Coriandre — Badiane — Anis — Amande amère.
- bois : Bois de Rose — Santal — Bouleau.
- racines : Vetyver : Iris etc...

Sous l'action de la chaleur et de l'eau à l'état liquide ou sous forme de vapeur, les cellules éclatent et l'essence est entraînée avec la vapeur d'eau. Le distillat est condensé dans un réfrigérant et les essences sont séparées des eaux par différence de densité dans un récipient appelé *essencier* ou *vase florentin*.

Ce procédé d'extraction par la vapeur d'eau est des plus simples et est certainement le plus anciennement connu. Il fut importé en Europe par les Arabes qui le tenaient eux-mêmes des peuples orientaux, ou encore par les Vénitiens qui ont eu pendant longtemps le monopole des importations et du commerce des parfums et des épices en provenance des Indes et de la Chine.

a) Matériel utilisé

A l'heure actuelle l'antique alambic à feu nu n'est plus utilisé. Il se composait d'un corps dans lequel on introduisait de l'eau puis, sur une grille perforée maintenue au-dessus du niveau d'eau, la charge de lavande à traiter. Le couvercle portait un col de cygne qui conduisait les vapeurs au réfrigérant.

Le chauffage était assuré par un feu de bois entretenu sous l'alambic, d'où l'expression « *distillation à feu nu* ».

Le principal défaut de ces appareils était leur faible débit et les irrégularités de la chauffe communiquaient parfois une odeur de brûlé à l'essence.

Ils furent remplacés par des appareils de plus grande capacité, alimentés en vapeur par une chaudière chauffée au bois ou au charbon fournissant la vapeur à 1 ou 2 alambics sous une pression de 5 et même 7 kg au centimètre carré.

L'extension considérable de la culture des lavandes et lavandins a nécessité l'abandon de ces anciens appareils et la création de distilleries modernes permettant de traiter rapidement l'énorme tonnage des récoltes.

Ces distilleries sont installées dans des exploitations importantes ou appartiennent à des coopératives de producteurs.

Les alambics actuels sont de forme cylindrique. Leur capacité va de 600 à 10.000 litres ; ils sont le plus souvent groupés côte à côte à hauteur d'une plate-forme de chargement. Ils ne sont plus chauffés individuellement mais sont alimentés en vapeur par une chaudière indépendante à basse pression qui utilise comme combustible les pailles des lavandes venant d'être distillées.

La vapeur est admise à la partie inférieure de l'alambic sous une grille perforée qui supporte la charge de fleurs. La présence de cette plaque a encore pour rôle d'assurer une bonne répartition de la vapeur.

À la sortie des alambics, le distillat est conduit par un jeu de tuyauteries vers un ou plusieurs réfrigérants à serpentin.

La quantité de vapeur utilisée est fonction de la capacité de production de la chaudière et surtout de sa marche laquelle, avec un combustible comme la paille, est très variable. C'est ainsi que nous avons relevé de 600 à 800 litres d'eau de distillation à l'heure, c'est-à-dire 600 à 800 kilogrammes de vapeur à l'heure pour un alambic de 5 000 litres. Mais le plus souvent il est utilisé de 800 à 1 200 kilogrammes de vapeur à l'heure.

Au cours de l'opération le distillateur cherche avant tout à extraire la totalité de l'essence contenue dans l'alambic en prolongeant la durée et en utilisant le maximum de vapeur.

Cette pratique n'est pas rationnelle du point de vue extraction de l'essence comme nous le verrons plus loin. La grande consommation de vapeur a pour conséquence la destruction des pailles dont une bonne partie pourrait être transformée en humus ; de plus la condensation des vapeurs nécessite une grande consommation d'eau de réfrigération.

Ce dernier aspect de cette pratique pose parfois des problèmes bien difficiles à résoudre et, dans bien des cas, les eaux en général très calcaires ont un débit insuffisant. Elles s'échauffent fortement à la partie supérieure du réfrigérant et déposent un tartre abondant dans les conduites d'évacuation. Ces conduites ont alors un débit insuffisant ; le réfrigérant déborde, ce qui nécessite inopinément leur détartrage improvisé ; dans certaines distilleries les tuyaux d'évacuation ont été remplacés par des gouttières tellement le dépôt est abondant.

Malgré l'importance que cette opération présente pour la production des essences de lavande et de lavandin, l'extraction à la vapeur d'eau, qui a fait l'objet de quelques études, ne semble pas à notre connaissance avoir été examinée avec toute l'attention qui serait nécessaire.

b) *Rendements et qualité des essences*

Pour les praticiens, l'extraction à la vapeur d'eau reste assez mystérieuse, mais il est admis par tous que la quantité et la qualité de l'essence fournie par une « passée » varient beaucoup selon l'opération, c'est-à-dire que des plantes provenant d'une même culture donnent des essences différentes à chaque extraction tant en quantité qu'en qualité. On invoque à cet égard l'importance de *l'enviscage* ou retenue d'une certaine quantité d'essence dans le serpentin du réfrigérant.

GATTEFOSSE (1926) dans son ouvrage sur la distillation des plantes aromatiques et des parfums remarque : ... « *il n'est pas excessif d'affirmer que l'art de la distillation*(1) *est resté tout à fait stationnaire depuis trois ou quatre millénaires* » et plus loin « ... nous sommes encore très éloignés de connaître exactement ce qui se passe dans un alambic ».

LANGLAIS (1954) signale que les essences extraites avec les alambics alimentés à la vapeur sont moins solubles que celles obtenues par les alambics à feu nu et nous avons relevé très souvent au cours de conversations avec les distillateurs, parfumeurs et spécialistes que ces dernières essences étaient également plus fines.

Déjà JEANCARD et SATIE (1900) avaient remarqué qu'au cours de l'extraction, les caractéristiques des fractions successives de l'essence de lavande, subissent des variations importantes.

CHIRIS (1930) signale que l'écoulement de l'essence devient de moins en moins abondant ; il note que pour une opération qui a duré 50 minutes 78,4 pour cent de l'essence ont été extraits au cours des 20 premières minutes. Il relève encore une certaine variation des divers indices (densité, pouvoir rotatoire, indice de réfraction, richesse en esters et en alcools mais conclut « ... les variations peu marquées des caractères physiques des liquides recueillis feraient penser que leur composition est sensiblement égale, mais il faut signaler cependant que la valeur olfactive des portions séparées décroît régulièrement ».

BAREL (1950) examinant la teneur en esters de fractions successives fait à son tour les mêmes remarques que CHIRIS.

De GIVRAY (1956) confirme encore les conclusions de CHIRIS et de BAREL mais remarque aussi des « petites différences de composition ou d'impression olfactive » qu'il attribue à la présence de fleurs plus ou moins sèches, ou de maturité inégale, en couches différentes et que la vapeur attaque successivement.

Mais NICOLOV (1957) étudiant sept fractions successives d'une essence provenant de l'extraction à la vapeur d'eau de la menthe bulgare, note des différences très importantes des divers indices et de la composition. Il remarque encore que ces différences évoluent régulièrement au cours de l'extraction.

De notre côté nous faisons des remarques analogues pour l'essence de lavandin et attachons une grande importance à l'indice de réfraction (BARBIER 1959).

Enfin NAVES (1955) a démontré d'une façon indiscutable que la distillation à la vapeur d'eau est directement responsable de la présence dans les essences de corps qui n'existaient pas dans la plante. C'est ainsi que l'essence de « clou de girofle » contient 5 à 12 pour cent de caryophyllène et celle d'Ylang Ylang 60 à 65 pour cent d'un mélange de divers sesquiterpènes, alors que ces corps sont totalement absents dans ces plantes.

(1) Ce mot désigne ici l'extraction à la vapeur d'eau

L'extraction à la vapeur d'eau apparaît donc comme une opération très complexe qui mérite d'être étudiée avec précision pour en connaître les possibilités, car c'est sur les produits qu'elle fournit que sera étudiée l'influence de quelques facteurs sur la productivité et la qualité des essences chez les lavandes et lavandins.

C. — Productivité des plantes et qualité des essences

Signalons tout d'abord que *Lavandula stoechas* L. a un très faible rendement en essence et que celle-ci a une odeur grossière et camphrée sans intérêt commercial (IGOLEN 1944) et que *Lavandula latifolia* Vill produit une essence assez voisine de celle de la lavande vraie mais qu'elle est riche en camphre. LAMOTHE (1926) cite des rendements de l'ordre de 0,45 pour cent d'une essence dont les caractéristiques sont : densité 0,904 à 0,922, solubilité : dans 1,2 à 2,5 volumes d'alcool à 70°, et qui titre de 4 à 11 pour cent d'esters. Cette essence contient en particulier : camphre, bornéol, cinéol, camphène et linalol.

1 — LAVANDULA VERA D.C.

La notion de rendement pour la lavande vraie a toujours été assez imprécise, à notre avis pour les raisons suivantes : dans les hampes, les tiges constituent une part importante de la masse distillée mais ne produisent pas d'essence ; les rendements ont, la plupart du temps, été exprimés par rapport au *poids vert* de la récolte ; les que les rendements varient en fonction de l'évolution végétative.

RATEAUX (1926) signale qu'en Italie la récolte des lavandes était réglementée par un avis officiel qui fixait la date de début de la coupe et qui précisait en outre que les hampes ne devaient pas être coupées à plus de 10 centimètres sous l'épi.

Il était admis par les praticiens que les meilleurs rendements étaient obtenus lorsque dans l'épi une partie des fleurs commençaient à flétrir.

FONDARD (1926) confirme ce point de vue par des essais. Ses conclusions sont reprises par FAURE et VERCIER (1954) puis par MAHOUT (1960).

De leur côté IGOLEN et BENEZET (1958) étudiant divers clones de lavande vraie, remarquent que l'évolution des rendements est sensiblement différente.

En ce qui concerne la qualité, il est reconnu qu'il existe des « crus » d'essence et qu'en altitude les essences seraient plus fines, mais ces questions n'ont pas été abordées ici.

En réalité les variations de qualités des essences de lavande sont assez mal connues.

CHARABOT (1900) remarque que les indices des essences extraites à divers moments de la floraison sont différents : il note une augmentation de la richesse en esters au moment de la pleine floraison et une diminution en fin de floraison.

FONDARD (1948) constate également des variations de diverses caractéristiques physico-chimique des essences au cours de la végétation.

2 — LAVANDINS

Pour les rendements, les mêmes principes qui viennent d'être signalés pour la lavande vraie ont été admis pour les lavandins et la récolte était faite au moment de la pleine floraison.

Mais IGOLEN (1944) étudiant un clone de lavandin remarque que la récolte peut commencer à partir du moment où toutes les fleurs sont épanouies, c'est-à-dire vers la fin juillet et peut continuer sans aucune perte pendant le mois d'août et pendant les deux premières semaines de septembre.

Il constate aussi que dans l'ensemble les constantes chimiques et physiques évoluent rapidement jusqu'à la pleine floraison, puis qu'elles se stabilisent.

BARBIER (1958) fait des constatations analogues pour un autre clone en ce qui concerne les rendements, *calculés sur le poids sec des hampes*, et pour l'indice de réfraction.

Puis MAUREL et BARBIER (1958) examinent les évolutions du pouvoir rotatoire et de la richesse en cétones terpéniques. Ce dernier indice, de 25 pour cent avant l'apparition des premières fleurs, tombe à 5 p. 100, à la fin de la floraison.

Enfin BARBIER (1958) indique encore que les meilleurs rendements et les valeurs d'indice considérés comme étant les meilleurs sont obtenus lorsque les dernières fleurs sont fanées.

Signalons encore que ROVESTI (1955) étudiant deux labiées d'Éthiopie *Meriandra benghalensis* Benth et *Thymus serrulatus* Hochst, constate des différences dans la composition des essences fournies par ces plantes à divers moments de la végétation.

3 — ESSENCES FOURNIES PAR LES DIFFÉRENTES PARTIES DE LA PLANTE

Très peu d'observations ont été faites sur ce sujet :

JEANCARD et SATIE (1900) remarquent que les essences extraites des feuilles sont peu abondantes et que leur densité et leur richesse en esters sont plus élevées que celles des essences des fleurs. A la même époque CHARABOT (1901) fait des constatations analogues mais n'en tient pas compte lorsqu'il formule sa théorie sur l'origine des esters.

D. — Origine, formation et rôle des essences

La présence des essences dans les plantes a toujours été un sujet qui a intéressé les botanistes et les physiologistes.

La conception ancienne selon laquelle les essences sont des produits de déchet pour les plantes et que l'on retrouve encore dans la plupart des traités classiques de botanique, a été combattue dans plusieurs publications parues entre 1899 et 1908 par CHARABOT, en collaboration, successivement avec LALOUE, HEBERT et GATIN.

Leurs études constituent une très importante contribution à nos connaissances sur les composés odorants chez les plantes et sur leur rôle physiologique. Aussi les conceptions de CHARABOT, bien que certaines d'entre elles soient actuellement abandonnées, ont-elles dominé pendant très longtemps les problèmes posés par la présence des essences chez les plantes.

CHARABOT a émis l'hypothèse que les essences étaient produites dans le tissu chlorophyllien, puis qu'elles émigraient dans les cellules devenues de simples cellules de réserve auxquelles était dénié tout rôle de sécrétion. N'écrivait-il pas :

« Enfin les organes qui contiennent les sences devraient cesser d'être désignés sous le nom d'organes de sécrétion pour être désignés sous le nom de réservoirs » (le parfum chez la plante, CHARABOT et GATIN, 1908, p. 235).

De son côté YAHAGI 1928 (cité par COMBES 1937) constate que :

« ...Dans le camphrier, le *Cinnamomum Laurieri* et le *Laurus nobilis*, les liquides circulants ne renferment jamais d'essence en qualité décelable, cette dernière ne se trouve que dans les cellules à essence. » (La vie de la cellule végétale, 1937, pp. 187-188.)

La formation des essences dans le tissu chlorophyllien devant être écartée, en même temps que leur origine chlorophyllienne directe, d'autres hypothèses ont été formulées.

Pour WIESNER, MULLER, HANAUSEK, FLUCKIGER et TSCHIRCH cités par COMBES (1937) les essences prendraient naissance à partir des glucides, sucres et amidon.

Également pour les résines, dont la parenté chimique avec les essences est très voisine, les travaux de FAUST, puis de BARGUES cités par COMBES (1937) ainsi que ceux de DAVID et DAGAN (1954) prouvent que les oléo-résines prennent naissance à partir de l'amidon, puis que ces oléorésines se transforment en résines.

Les travaux de PAECH, 1954 (cité par MENTZER 1955) montrent que les feuilles d'*Asarum* produisent à nouveau des essences lorsqu'il y a accumulation maximale d'hydrate de carbone dans les feuilles au moment où celles-ci arrêtent leur croissance.

De même pour FRANCESCONI, les essences auraient pour origine l'alcool isoamylique qui, lui-même, pourrait dériver soit du glucose (BUCHNER) soit des albuminoïdes (EHRlich) (ROVESTI, 1955).

Ainsi, les théories modernes redonnent aux essences et aux corps voisins une origine conforme avec l'activité normale de la photosynthèse. Si nous admettons que l'origine des essences est dans les glucides formés par la photosynthèse, on comprend que les zones de culture soient localisées au climat méditerranéen, malgré les tentatives qui furent faites pour introduire les lavandes dans d'autres régions.

C'est qu'en effet le climat méditerranéen, et plus encore le climat alpin, se caractérise par une forte insolation, c'est-à-dire que les plantes qui se développent sous ces climats reçoivent un rayonnement solaire doué d'une plus grande énergie que celui qui parvient aux plantes cultivées dans les régions de plaine où le ciel est moins pur.

Or, COSTES (1960) a montré dans une mise au point sur l'absorption et l'utilisation de l'énergie lumineuse par les végétaux que, non seulement la quantité d'énergie est réduite par la traversée de l'atmosphère terrestre dans des proportions qui peuvent atteindre jusqu'à 57 p. 100, mais encore que cette réduction s'accompagne de modifications importantes dans la répartition spectrale de cette énergie.

Dans les modifications constatées chez des essences extraites à divers moments de la végétation de plusieurs plantes et notamment de la lavande vraie et considérant l'étroite parenté des corps constituant les essences (CHARABOT, 1900), a voulu voir le résultat de réactions chimiques qui se produiraient dans la plante elle-même.

C'est ainsi qu'il formula une hypothèse sur la formation des esters selon laquelle :

a) les premiers corps formés seraient les alcools.

b) par déshydratation les alcools donneraient naissance aux esters et aux terpènes, mais en présence des acides les alcools pourraient s'isomériser ; le linalol, se transformer en géraniol, en nérol et en terpinéol. De la même façon le linalol, par un mécanisme plus compliqué, pourrait se convertir aussi en cinéol.

c) par oxydation, les alcools et leurs esters pourraient se convertir activement

en aldéhydes et en cétones (d'après CHARABOT et GATIN. Le parfum chez la plante, 1908, pp. 313-314.)

NAVES (1955) a démontré par des exemples concrets que cette hypothèse ne correspond pas à la réalité ; et nous verrons plus loin, comme l'avait déjà constaté IGOLEN (1944) que l'évolution des essences et notamment l'évolution des alcools et des esters signalée par CHARABOT n'a pas été retrouvée ici.

En ce qui concerne le rôle des essences dans la plante, CHARABOT et HEBERT (1905 a et b), pour la première fois, émettent l'hypothèse que les essences accumulées dans les inflorescences, ou tout au moins les matériaux contribuant d'une façon immédiate à leur synthèse, concourent à la formation des graines chez *Ocimum Basilicum* L.

CHARABOT et LALOUE (1907) constatent encore chez *Artemisia absinthium* L. une diminution sensible de la richesse en essence dans les inflorescences après la floraison et concluent « qu'il y a intérêt à empêcher la fécondation des fleurs ou à extraire les essences avant la fécondation pour avoir une plus forte production en essence. »

FONDARD (1926) constatant que les rendements en essence baissent après la floraison des lavandes, émet l'hypothèse — que les essences contribuent à la formation des fruits (ou graines).

CHARABOT et HEBERT (1905 c), toujours sur *Ocimum Basilicum* L., constatent que chez les plantes cultivées à l'abri de la lumière solaire, la richesse des feuilles en essence, obtenue par extraction à la vapeur d'eau, a diminué dans une forte proportion.

CHARABOT et GATIN (1908) considèrent les essences comme des matières de réserve pour la plante.

Enfin pour LUTZ (1940) les essences seraient capables de s'opposer aux oxydations massives qui sont le corollaire d'une insolation très vive et d'une température élevée.

E. — Conclusion

En conclusion de cette revue des connaissances acquises sur les lavandes et leurs essences, il apparaît difficile de se faire une idée claire des modifications de composition, de rendement et, en définitive, du rôle des essences dans la plante ; car si des modifications peuvent être relevées, le mode d'extraction lui-même constitue une technique dont on connaît mal la valeur.

En effet NAVES (1955) considère qu'il est vain d'interpréter les modifications de la composition des essences obtenues par les distillations, comme étant dues à l'activité biologique de la plante et conclut :

« Les constituants des huiles essentielles ne sauraient être étudiés, du point de vue biologique, indépendamment des constituants végétaux non volatils. »

Toutefois les modifications des rendements et des caractéristiques des essences constatées par divers auteurs en traitant à la vapeur d'eau les lavandes vraies ou des lavandins au cours de leur végétation, ne sauraient être niées.

Nous verrons plus loin l'interprétation qui peut en être donnée.

CHAPITRE II

LE MATÉRIEL VÉGÉTAL

Avant d'entrer dans l'étude des facteurs de la productivité il nous semble nécessaire d'examiner rapidement le matériel végétal qui sera utilisé pour ces travaux.

A. — Anatomie et développement végétatif

I — ANATOMIE DE LA PLANTE

La plante, qu'elle soit lavande vraie ou lavandin, est un sous-arbrisseau à tiges ramifiées dont on récolte les hampes florales. Celles-ci portent, principalement à la base, quelques paires de feuilles et, à l'extrémité, un épi floral ; cet épi est constitué par un grand nombre de fleurs. Dans les cultures nous avons relevé par épi de lavande vraie 110 à 190 fleurs (fanées, épanouies ou en bouton) et chez les lavandins ce nombre atteint 332. *Après le flétrissement des corolles les calices persistent sur les épis.*

Sur les diverses parties du végétal on peut remarquer la présence de poils épidermiques ramifiés qui sont abondants à la face inférieure des feuilles. A la face supérieure ils sont plus nombreux en hiver qu'en été et communiquent à la plante un aspect grisâtre, parfois même laineux.

Mais ce sont d'autres poils épidermiques qui doivent retenir l'attention. En effet les essences s'accumulent dans les poils de l'épiderme que l'on appelle cellules à essence.

a) *Les cellules à essence*

Ces cellules sont portées par un pied plus ou moins développé. Elles sont constituées par une pellicule imperméable et très fine sous laquelle on distingue, à la base, la partie sécrétrice de la cellule et au-dessus un liquide blanc ou légèrement coloré en jaune.

On trouve ces cellules à essence sur toutes les parties jeunes de la plante, mais leur densité, leur forme et leur volume diffèrent :

— *sur les hampes florales* les cellules sont très rares ; leur diamètre ne dépasse pas 65 μ et leur pied est nettement visible ;

— *à la face supérieure des feuilles* les cellules sont assez semblables à celles des hampes ;

— *à la face inférieure des feuilles* les cellules sont en nombre variable selon la feuille considérée et leur diamètre est un peu plus grand que sur l'autre face.

TABLEAU I

*Dimensions des feuilles et nombre de cellules à essence,
à la face inférieure des feuilles par champ microscopique. Nice, 15 mai 1959*

Paire de feuilles N° en partant de la base	Longueur en mm	Largeur en mm (après étalement)	Nombre de cellules par champ (0,66 mm ²)
1	45	4	10
2	52	5	12
3	60	5	14
4	60	5	16
5	60	4	17
6	50	2	24
7	22	1,5	39

— *sur les calices*, les cellules sont très nombreuses, volumineuses et sans pied apparent ; elles sont localisées dans le fond des plis du calice et sont plus ou moins masquées par le feutrage des poils ramifiés qui prennent naissance sur le sommet des plis.

Chez le lavandin « Super Z » on compte jusqu'à 870 cellules par calice et leur diamètre varie entre 90 et 135 μ .

Si on considère que la forme des cellules peut être assimilée à celle d'une sphère, on remarquera que pour une différence de diamètre allant du simple au double le volume de la cellule est huit fois plus grand. Voici d'ailleurs, obtenu par calcul, le volume de quelques cellules observées sur diverses parties du végétal.

TABLEAU 2

Volume de quelques cellules à essence

	Diamètre en μ	Volume en μ^3
Cellules des feuilles		
face supérieure	62,4	127 154
face inférieure	77,4	242 630
Cellules des calices		
petite	90	381 510
moyenne	110	696 556
grosse	135	1 287 596
Cellules de la corolle	30	14 137

— *il faut signaler encore sur la corolle*, et principalement dans la gorge, la présence de cellules à essence d'un type particulier.

La cellule, de petit diamètre, est portée par un pied plissé mesurant jusqu'à 250 μ de longueur. L'essence est parfaitement limpide, sans aucune couleur apparente, et son parfum est très différent de celui des essences contenues dans les cellules des feuilles et des calices. Disons tout de suite, comme nous le verrons plus loin, que les essences extraites à partir des feuilles et des calices sont d'ailleurs différentes.

En traitant à la vapeur d'eau 300 grammes de corolles il n'a pas été possible de recueillir la moindre trace d'essence. Cela est peut être dû à la solubilité de cette essence dans l'eau, ce qui expliquerait le parfum particulier du miel de lavandin.

b) *Essences fournies par les diverses parties de la hampe*

En distillant séparément, après dessiccation, les tiges, les feuilles et les calices des hampes de lavandin « Super Z » cultivé à Nice nous avons obtenu les productions et les rendements en essence suivants.

TABLEAU 3

Production et rendement en essence des diverses parties de la hampe florale (lavandin Super Z, Nice, 8 juillet 1959)

Partie de la hampe	Poids sec distillé (en grammes)	Essence fournie (en ml)	Rendement en % ml/g
tige	1.830	néant	0
feuilles	223	0,43	0,493
calices	1.096	84,95	7,75

Les quelques remarques d'ordre morphologique signalées ci-dessus expliquent la grande importance des calices en ce qui concerne la production des essences par les lavandes.

Mais ces remarques doivent être complétées par des observations biologiques afin de donner aux calices toute leur importance.

2 — DÉVELOPPEMENT VÉGÉTATIF

L'évolution végétative de la plante et surtout la formation des calices et leur persistance sur la hampe a été examinée en détail par ailleurs (BARBIER, 1962). Nous la résumerons ici en ne signalant que les points importants.

TABLEAU 4

Évolution végétative (lavandin Super Z, Nice, 1958)

	Hampe entière		Matière sèche en %	Proportions des parties de la hampe			
	Longueur en mm	Poids en g		Calices (%)	Tige + feuilles (%)	Feuilles (%)	Tige (%)
19 avril	55	—	—	néant	100	—	—
7 mai.....	110	—	—	néant	100	—	—
9 mai.....	—	0,32	20,5	néant	100	86,5	13,5
16 mai.....	251	—	—	néant	100	—	—
17 mai.....	—	0,40	—	néant	100	—	—
23 mai.....	—	—	18	néant	100	50,4	49,6
29 mai.....	552	—	—	néant	100	—	—
2 juin	—	—	—	? (1)	100	32	68
6 juin	672	—	—	2,4	97,6	28	69,6
11 juin	premières fleurs		—	—	84,8	15,6	69,2
18 juin	735	1,30	—	—	67,2	7,2	60
8 juillet	735	1,44	38,5	32,8	62	?	?
25 juillet	735	—	—	38	62	?	?
9 septembre.....	Dernières fleurs		—	—	—	—	—
14 octobre	735	1,10	52,5	12	88	?	?

(1) Calices très petits — épis pesés avec la tige.

De ce tableau retenons que :

a) la longueur des hampes croît très rapidement durant un mois, du 6 mai au 5 juin (ces dates étant d'ailleurs variables avec les années). *Pendant cette période nous avons relevé des allongements journaliers atteignant 29,4 millimètres en 24 heures.*

b) le poids sec des hampes augmente régulièrement jusqu'au 18 juin, puis *il se maintient sensiblement pendant toute la période de floraison.*

c) du 2 juin au 8 juillet le poids des calices a progressé régulièrement jusqu'à 32,8 p. 100 du poids des hampes sèches ; *il atteint même 38 p. 100 le 25 juillet et se maintient sensiblement à cette valeur jusqu'à la disparition des dernières fleurs.*

D'autres observations répétées sur 11 séries de prélèvements hebdomadaires effectués sur divers lavandins confirment cette évolution et indiquent que la récolte trop précoce de ces plantes ne se justifie en aucune façon ; nous verrons plus loin qu'il n'en est pas de même, mais pour une toute autre cause que la chute des calices, lorsqu'il s'agit de lavande vraie.

Notons toutefois qu'une très forte sécheresse provoque l'arrêt de la floraison et une certaine chute des calices. De même les orages violents, surtout lorsqu'ils sont accompagnés de grêle, peuvent causer des pertes sensibles aux plantes.

B. — Les Lavandes et les Lavandins

I — POPULATIONS NATURELLES OU CULTIVÉES

A l'origine on se contentait de récolter les épis fleuris sur des plantes poussant spontanément en certains lieux favorables, pentes de montagne ou plateaux élevés, et où la densité des lavandes était assez élevée pour que le travail de cueillette soit rentable.

Mais très rapidement les besoins grandissants de l'industrie de la parfumerie nécessitèrent la mise en culture des lavandes.

A cet effet les jeunes plants mis en culture, provenaient d'un semis naturel consécutif à un incendie ou encore de semis artificiels.

Ces cultures, dont certaines sont âgées d'une trentaine d'années, constituent assurément de remarquables collections des innombrables formes de *Lavandula vera* D. C. On peut y remarquer tous les types morphologiques possibles ; par exemple, fleurs plus ou moins bleues, tube de la corolle plus ou moins allongé, lobes plus ou moins grands, calices globuleux ou allongés, plus ou moins colorés en bleu, etc.

Des différences semblables se retrouvent pour chaque partie du végétal, ainsi que pour le développement, la précocité, etc.

Mais des différences au moins aussi importantes peuvent être décelées dans le parfum dégagé par la plante, dénotant par cela même des différences dans la composition des essences.

En résumé, une population de lavande se caractérise par une très grande variabilité et celle-ci apparaîtra à chaque fois que le mode de multiplication choisi utilisera la graine.

Pour les lavandins des différences au moins aussi grandes existent et cela n'est pas étonnant si on considère que chez *Lavandula latifolia* Vill on retrouve la même variabilité que dans l'espèce précédente.

Dans ces conditions il est évident qu'il est impossible d'utiliser un tel matériel végétal pour étudier l'action de divers facteurs sur la productivité des lavandes en essence.

2 — LES « CULTIVARS » OU « VARIÉTÉS »

Le souci d'une production toujours plus abondante, après avoir attiré l'attention des agriculteurs sur les lavandins, conduisit les pépiniéristes et sélectionneurs à offrir des « variétés » obtenues par multiplication végétative à partir d'un individu remarqué pour les qualités de son essence et le plus souvent pour son abondante production.

Ces sélections baptisées de noms divers ou désignées par des numéros constituent des « cultivars » ou des « clones » mais nous utiliserons à leur égard le mot de « variété » qui est normalement employé en matière de lavande.

Dans une culture homogène faite avec de telles plantes, chaque individu est semblable à tous les autres. Chacun aura les mêmes évolutions végétative et florale, et les essences subiront en même temps les mêmes modifications, modifications sur lesquelles on pourra rechercher l'action de divers facteurs.

a) « *Cultivars* » de lavandin.

Ces sélections sont les premières venues sur le marché. Citons : « Standard ou grande bleue » — « Abrial » — « Grégoire » — « Maïme ou tête carrée » — « Super A » — « Super Z » — « Blanc » — « Bleu » — « Lavande AA 58 » qui malgré son appellation est bien un lavandin — et toute une série de « variétés » désignées par des numéros et encore peu cultivées (1).

b) « *Cultivars* » de lavande vraie.

Les excellents résultats obtenus avec les « variétés » de lavandin ont incité les producteurs à rechercher chez la lavande vraie des sélections analogues. C'est ainsi que les « Maillette » — « Matheronne » — « Frangans », etc. firent leur apparition en culture avec des résultats plus ou moins heureux.

Par exemple la « variété » « Matheronne », dont l'essence s'est vendue au début à des cours très élevés, a dû être arrachée par les producteurs : l'essence, insoluble, était refusée par les parfumeurs.

La mise en culture de ces « variétés » permet de constater, à côté des différences de forme et d'évolution végétative importantes, que les essences de chaque « variété », même cultivée en des points différents, possèdent un parfum bien particulier et très différent de celui des essences extraites d'une autre « variété ». En fait chaque « cultivar », ou chaque plant au sein d'une population, représente ce que ROVESTI (1955) appelle un « chémotype ».

C. — Discussion

Ce rapide examen du matériel végétal nous a permis de constater que :

1° les calices constituent la seule partie intéressante de la plante en ce qui concerne la production des essences.

(1) Notons que la plus grande partie de ces variétés ont été obtenues par M. ARNAUD, directeur du Domaine de Puberclaire des Établissements CHIRIS, à Allemagne-en-Provence.

C'est sur eux que les cellules sont, et de loin, les plus nombreuses et les plus volumineuses.

Ces faits expliquent parfaitement les différences de production et de rendement qui ont été relevées en distillant séparément les différentes parties de la hampe.

Par ailleurs, la distillation des seuls calices permettra d'utiliser un alambic de très petite capacité, tout en récoltant des quantités suffisantes d'essence, et surtout, d'opérer en laboratoire avec toute la précision nécessaire, précision difficile à obtenir avec des appareils industriels ou semi-industriels.

2° les populations de lavande vraie ou de lavandin sont hétérogènes. Les individus constituant ces populations sont très différents les uns des autres, tant du point de vue morphologique que biologique, et ils le sont également par leurs essences, chaque individu étant un chémotype.

Dans ces conditions nous considérons que pour étudier les modifications subies par les essences au cours de la végétation où sous l'influence de divers facteurs, il n'est pas possible d'utiliser les récoltes successives faites dans ces populations spontanées ou cultivées. Les résultats obtenus comporteraient nécessairement des variations plus ou moins importantes dues à des facteurs incontrôlables et agissant parfois en sens opposés.

Même en procédant à des coupes importantes et en multipliant les prélèvements, les inconvénients signalés ci-dessus ne seraient pas entièrement éliminés.

Par contre, les cultures réalisées avec des « cultivars » de lavandin ou de lavande vraie fournissent, grâce à leur homogénéité, un matériel de choix pour ces recherches.

C'est à un tel matériel végétal que nous nous sommes adressés.

CHAPITRE III

EXTRACTION DES ESSENCES A LA VAPEUR D'EAU

A. — Principe

Le phénomène de l'extraction des essences par la vapeur d'eau obéit au principe suivant :

Si l'on chauffe dans un ballon deux corps volatils non miscibles, on constate que :

a) *La température d'ébullition du mélange est celle pour laquelle la somme des deux tensions de vapeur équilibrera la pression atmosphérique.* En conséquence cette température sera toujours inférieure à celle où chacun des deux corps entre en ébullition lorsqu'il est à l'état pur.

b) *Dans les vapeurs, en vertu de la loi d'Avogadro, la proportion en poids des deux corps est déterminée par la forme suivante :*

$$\frac{P}{P^1} = \frac{M F}{M^1 F^1}$$

dans laquelle P et P¹ sont les poids des deux corps — M et M¹ leur poids moléculaire — F et F¹ leur tension de vapeur à la température d'ébullition du mélange

Il en résulte que, quelle que soit la proportion du mélange, *la température d'ébullition ainsi que la proportion des corps dans les vapeurs et le distillat sont des constantes.*

Considérons par exemple, un mélange d'eau et de nitrobenzène.

Pour ces deux corps, les poids moléculaires sont respectivement 18 et 123. A 99°, les tensions de vapeur, dont la somme équilibre la pression atmosphérique, sont 733 et 27. On a :

$$\frac{P_{\text{eau}}}{P_{\text{Nitrobenzène}}} = \frac{18 \times 733}{123 \times 27} = \frac{13.194}{3.321} = \frac{4}{1} \text{ environ}$$

Tant qu'il restera du nitrobenzène dans le ballon, la température restera à 99° et dans le distillat la proportion 4/1 sera constante. Ces corps sont dits azéotropes.

Pour les mélanges complexes, la théorie prévoit que chaque corps distillera concurremment et indépendamment des autres, selon son poids moléculaire et sa tension de vapeur.

Dans le cas de l'extraction des essences, le problème est sensiblement plus compliqué, car les essences sont des mélanges de très nombreux corps en proportion extrêmement variable, certains étant par ailleurs plus ou moins solubles dans l'eau.

Pour l'essence de lavandin, IGOLEN (1944) ne cite pas moins de 27 corps parmi lesquels :

	(%)
Linalol	43 à 44
Acétate de linalyle.....	20
<i>d</i> - α -pinène	4,5
Bornéol	3 à 5
<i>d</i> -camphre	6,5
Cinéol	4,8

et près de 20 corps dont la proportion est égale ou inférieure à 1 p. 100. Depuis cette époque, d'ailleurs, la liste s'est encore allongée.

Pour la lavande vraie, LANGLAIS (1954) évalue à une quarantaine le nombre des corps présents dans son essence. Or, chacun de ces corps possède une tension de vapeur et un poids moléculaire particulier, ce qui complique singulièrement le problème.

Ajoutons encore que les essences ne sont pas en mélange avec l'eau mais qu'après éclatement des cellules elles se trouvent supportées par la masse végétale et exposées à un courant de vapeur.

Dans les conditions de la pratique ce courant de vapeur est en général trop rapide et tend à utiliser les points de moindre résistance entre les bottes de hampes ou dans des cheminées qui se forment pendant l'opération ; aussi, le plus souvent, l'extraction obtenue est plus ou moins éloignée de ce que la théorie permet d'envisager.

C'est pour ces raisons qu'il nous a paru indispensable pour la suite du travail, d'étudier en détail l'extraction des essences à la vapeur d'eau afin de connaître les possibilités de cette technique et leurs répercussions sur les rendements et la qualité des essences obtenues.

B. — Matériel et techniques

I. — AU LABORATOIRE

a) Appareillage

Bien qu'il soit admis que les petits appareils de laboratoire ne donnent pas des résultats comparables à ceux obtenus dans les grands alambics, nous avons, dès 1956, utilisé pour nos essais un appareillage comprenant :

1. — un générateur de vapeur chauffé au gaz et fournissant 2 300 g de vapeur à l'heure à 50 g près. Cette chaudière est raccordée à l'alambic par une tuyauterie munie de vannes et d'une dérivation permettant de n'alimenter l'alambic que lorsque la chaudière a atteint son plein régime.

2. — un alambic proprement dit constitué par un ballon à extraction de 12 litres de capacité et dont le goulot mesure 100 millimètres de hauteur et 100 millimètres de diamètre. A la partie inférieure un faux fond en grillage supporte les matières à distiller.

La fermeture étanche est assurée par un joint de caoutchouc noir, une plaque de laiton formant couvercle et un système de serrage à vis.

Le couvercle est percé de 3 ouvertures, l'une pour la mise en place d'un thermomètre dont le réservoir est à 2 centimètres sous le couvercle, la deuxième permettant le passage du tube d'arrivée de vapeur qui conduit celle-ci sous le faux fond grillagé ;

la troisième sert à la sortie du mélange vapeur d'eau-essence. Ces vapeurs sont conduites au réfrigérant par un tube de cuivre de 16 millimètres de diamètre intérieur coudé en quart de cercle selon un rayon de 5 centimètres, un raccord en caoutchouc et une rallonge en verre d'une longueur totale de 20 centimètres. L'alambic est enveloppé d'un matelas de coton pour diminuer les condensations de vapeur, qui atteignent toutefois 365 grammes (215 grammes étant absorbés par la matière végétale, seuls 150 centimètres cubes d'eau se retrouvent sous le faux fond grillagé),

3 — un réfrigérant de Vigreux à pointes, prolongé par un réfrigérant à serpentín (fig. 1).



FIG. 1 — Alambic utilisé au Laboratoire pour l'extraction des essences à la vapeur d'eau

b) Matériel végétal distillé

Nous avons vu précédemment que les calices sont pratiquement les seuls à produire les essences apportées par la hampe ; aussi n'est-il pas utile de distiller les feuilles et surtout les tiges dont le grand volume aurait pour conséquence de nécessiter l'emploi d'un alambic important et de compliquer les opérations.

Avec ses 12 litres de capacité, l'alambic utilisé permet de traiter 1 000 grammes de calices secs et de recueillir les 90 ml d'essence qu'ils contiennent, alors que la distillation faite sur les hampes entières aurait nécessité un alambic de 60 à 70 litres de capacité.

Dans une première série d'essais (BARBIER, 1959) et afin de pouvoir disposer d'une quantité suffisante de calices, nous nous sommes adressés à une récolte faite après floraison de la variété de lavandin « Super Z ».

Les hampes étaient mises à sécher sur des claies, puis les calices ont été séparés des hampes par frottement entre les paumes des mains ; les 18 kilogrammes de calices ainsi obtenus ont été soigneusement homogénéisés et après tamisage, mis en caisse fermée en attendant leur distillation.

Pour d'autres variétés de lavandin et pour celles de lavande vraie, récoltées parfois en pleine végétation, les hampes étaient desséchées à l'étuve ventilée, réglée à 55-60°. Les calices étaient ensuite séparés des hampes.

Il est possible que ce traitement entraîne des modifications des essences, mais on doit remarquer que ces modifications éventuelles se produisent dans le même sens ; aussi nous considérerons que les résultats obtenus seront comparables entre eux.

c) Technique

L'étude entreprise ici repose essentiellement sur le fractionnement du distillat. Aussi est-il nécessaire de pouvoir déterminer avec précision le moment du début de chaque opération : branchement de la vapeur, passage du distillat, lecture de température, prélèvement d'une fraction, etc.

A cet effet un stylet commandé par une pédale enregistre chaque opération sur une bande placée sur un cylindre mu par un mouvement d'horlogerie. La vitesse du mouvement est telle qu'il est possible d'apprécier le moment d'une opération à 2 secondes près.

Par passage dans une ampoule à décanter, les essences de chaque fraction sont séparées et mesurées. Sur celles-ci sont ensuite déterminées avec soins les caractéristiques suivantes : couleur, indice de réfraction et pour le plus grand nombre, la solubilité.

Selon l'abondance de l'essence, en fonction de la variété et de l'époque de coupe pour certains essais, le distillat est recueilli en fractions plus ou moins nombreuses (17 à 28) dont le volume total varie entre 2 150 et 3 150 millilitres. La durée de chaque distillation est comprise entre 67 et 90 minutes.

TABLEAU 5

Exemple de fractionnement du distillat sur alambic de laboratoire. Lavandin Super Z

Distillat				Essences		
Fractions		Volume en ml		Volume		
Volume en ml	Nombre	partiel	cumulé	partiel en ml	cumulé en ml	cumulé en %
5	2	10	10	2,85	2,85	3,16
10	4	40	50	9,26	12,11	13,42
50	15	750	800	75,55	87,66	97,19
250	5	1 250	2 050	2,20	89,86	99,63
500	1	500	2 550	0,18	90,04	99,83
600	1	600	3 150	0,15	90,19	100
	28	3 150		90,19		

Voici à titre d'exemple le fractionnement tel qu'il a été réalisé, 8 fois de suite de la même façon, sur des calices de lavandin « Super Z » ; les 8 distillations ont donné des résultats si voisins qu'ils peuvent être considérés comme identiques.

Toujours pour l'étude de l'extraction à la vapeur d'eau, d'autres distillations furent effectuées avec des essences imbibant des calices déjà distillés et très soigneusement épuisés par passage de 10 kg de vapeur par kilogramme de calices secs. Ces calices dans ce cas servent simplement de support à l'essence qui se trouvait mélangée à l'ensemble des calices. Au total 52 extractions fractionnées, conduites selon la technique exposée ci-dessus ont été réalisées spécialement pour cette étude ou ont servi à préciser certains points ; elles se répartissent de la façon suivante :

1) Distillations fractionnées de calices.

	Nombre
— Lavandin « Super Z » (coupe tardive).	
a) Distillations fractionnées diverses — n° L.3-4-6-10-13-14-15	7
b) Distillations fractionnées normales. n° L.1-2-5-7-8-9-11-12	8
— Lavandin « Super Z » (coupe précoce) n° L.46	1
— Lavandin « Abrial » (coupe précoce) n° L.45	1
— Lavandin « AA 58 » (coupe précoce) n° L.49	1
— Lavandin « Maïme » (coupe précoce) n° L.47	1
— Lavandin « Maïme » (coupe tardive) n° L.18	1
— Lavandin « Super A » (coupe précoce) n° L.48-19-20	3
— Lavande « Matheronne » (coupes échelonnées). n° L.16-25-26-27-28-29-30-31-33-34-35-36.	12
— Lavande « Maillette » (coupes diverses) n° L.17-32-37. »	3

2) Redistillations fractionnées d'essences.

— Lavandin « Abrial » (redistillation d'une essence globale) n° L.21.	1
— Lavandin « Super Z » (redistillation d'une essence globale) n° L.24	1
— Lavande « Matheronne » (redistillation d'une essence globale) n° L.23-43-44.	3
— Lavande « Matheronne » (redistillations de fractions diverses) n° L.38-39-40	3
— Lavande « Matheronne » (redistillations successives) n° L.43/2-43/3-43/4-43/5.	4
— Lavande provenant de Mévouillon (Drôme) — (redistillations diverses) n° L.22-41-41/2-42.	4
	54

2 — DANS LA PRATIQUE

Pour aussi intéressants que soient les résultats obtenus au laboratoire, on pouvait se demander si dans les alambics de grande capacité, l'entraînement des essences se produirait de façon identique, aussi fut-il décidé d'étendre cette étude à des extractions réalisées dans les appareils normalement utilisés dans la pratique.

a) *Appareillage*

Dans les distilleries où nous avons pu opérer, les appareils étaient du type courant, c'est-à-dire que les alambics recevaient la vapeur d'une chaudière utilisant comme combustible les pailles déjà distillées.

Les alambics employés pour ces essais appartenaient à 2 modèles — 3 000 et 5 000 litres de capacité (figure 2).

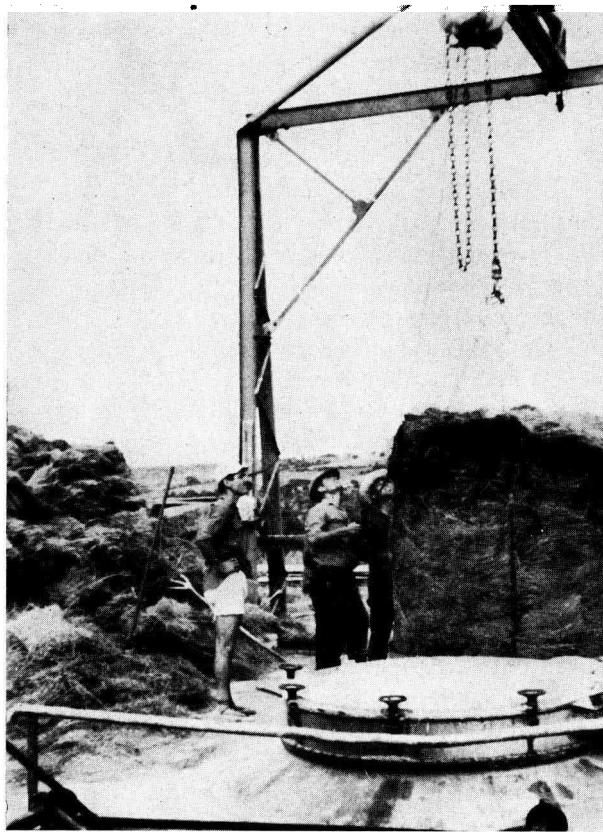


FIG. 2. — Alambic industriel à deux cuves de 5 000 litres chacune ; une cuve en cours de déchargement ; au premier plan une cuve en fonctionnement

b) *Matériel végétal distillé*

Ces extractions au nombre de 8 furent conduites sur une lavande : la « Matheronne » et deux lavandins « Abrial » et « Super A ».

Lavande « Matheronne », 3 extractions

Lavandin « Abrial », 3 extractions

Lavandin « Super A », 2 extractions

Les hampes florales qui dans la pratique sont introduites telles qu'elles proviennent des champs, c'est-à-dire en bottes, ont pour ces travaux été déliées et la masse des hampes tassées pour éviter la formation de cheminées.

c) Technique

La technique utilisée au laboratoire et qui consistait à prélever la totalité du distillat ne pouvait être envisagée ici ; aussi, à intervalles plus ou moins rapprochés, des fractions de distillat, 500 ou 1 000 ml environ, furent prélevées directement sur le tuyau conduisant le distillat du réfrigérant à l'essencier. Le volume de la fraction était soigneusement mesuré, la plus grande partie de l'eau éliminée et l'essence mise en bouteille. La suite des opérations était effectuée au laboratoire.

Pour mesurer le volume de l'eau de distillation, cette dernière, à la sortie de l'essencier, est conduite dans un récipient muni extérieurement d'une jauge en verre permettant de lire le volume d'eau contenu.

Comme pour les extractions réalisées au laboratoire le moment de chaque opération est enregistré sur bande.

Nous nous sommes efforcés d'obtenir que la chaudière fournisse un minimum de vapeur, sans aucune pression, mais cela n'a pas toujours été possible. Toutefois les quelques poussées de chauffe qui se sont produites ont permis de faire des observations complémentaires qui se révélèrent très utiles.

Le volume des essences contenues dans chaque fraction est ici suffisant pour permettre, en plus de la détermination des caractéristiques examinées sur les essences provenant d'extraction en laboratoire, celle d'autres indices physiques (pouvoir rotatoire, densité) et, sur 3 séries, de définir divers indices chimiques : esters, alcools libres et alcools combinés, en utilisant les méthodes préconisées par le Syndicat national des Fabricants et Importateurs d'Huiles essentielles et Produits aromatiques naturels (1954).

Dans les figures relatives à cette partie, les extractions affectuées au laboratoire sont désignées par (L.), celles réalisées dans les alambics industriels sont désignées par (In).

C. — Recherches sur l'extraction des essences

En conclusion de deux travaux antérieurs (BARBIER, 1959; BARBIER MAUREL et DOUILLET, 1961) nous étudierons successivement les modifications de la richesse du distillat et des divers indices physico-chimiques des essences contenues dans les fractions successives provenant d'extractions réalisées en alambic de laboratoire et en alambics industriels, puis seront examinées des constatations complémentaires effectuées sur des points précis.

Alors que nos prédécesseurs n'avaient, sur un seul distillat, séparé que quelques fractions : au maximum 7 (NICOLOV 1957), nous avons effectué dans ce travail 62 extractions fractionnées qui ont fourni un total de 1 387 essences partielles.

Nous pensons que les observations ainsi accumulées permettent d'apporter des éclaircissements sur la façon dont s'effectue l'entraînement des essences à la vapeur d'eau.

I. — MODIFICATIONS CONSTATÉES AU COURS DE L'EXTRACTION

a) Richesse du distillat en essence

- 10) Au laboratoire on constate dans tous les cas et pour chaque extraction que :
- la première fraction est la plus riche en essence ;
 - cette richesse diminue plus ou moins rapidement dans les fractions suivantes ;

— pour des distillations qui ont duré de 74 à 90 minutes, 90% des essences ont été entraînés entre 10 et 18 minutes au maximum.

Par la suite pour extraire les 10% d'essence restants il faut prolonger longtemps la distillation et utiliser de grandes quantités de vapeur, comme le montre le tableau 6.

TABLEAU 6

*Temps nécessaire pour recueillir la plus grande partie des essences (90 p. 100)
Alambic de laboratoire*

Variété	Distillations complètes			Passage de 90 % env. des essences		
	Durée en minutes ⁽¹⁾	Distillat en ml	Essence en ml	% recueilli	Durée en minutes et secondes	Distillat en ml
<i>Lavandes</i>						
Matheronne...	86	3 000	36,38	90,3	12	300
Maillette	75	2 650	36,21	89,2	10, 45	250
<i>Lavandins</i>						
Maïme	79	2 650	51,67	91,5	13, 10	350
Super A	74	2 600	44,42	91,2	14	400
Super Z	90	3 150	90,19	91,0	18, 20	550

(1) A compter de l'admission de la vapeur

Dans ces extractions, conduites dans un but expérimental, on remarquera les disproportions considérables qui existent entre le temps nécessaire pour extraire la totalité des essences et celui qu'il faut pour en extraire 90 % environ .

2^o) Dans les alambics de grande capacité, la richesse du distillat est toujours beaucoup moins élevée, que dans l'alambic de laboratoire comme le montre le tableau suivant.

TABLEAU 7

Pourcentage d'essence contenue dans le distillat au moment où sa richesse est maximale

Variété	Alambic de laboratoire essence en %	Alambics de grande capacité essence en %	
	Débit de vapeur très lent ⁽¹⁾	Débit de vapeur	
		lent ⁽²⁾	rapide ⁽³⁾
Super Z	27	—	—
Super A	29,3	12,8	10,6
Maïme	24	—	—
Abrial	—	—	17,1
Matheronne.....	28,4	15,6	4,6
Maillette	21	—	—

Débit de vapeur en kilogrammes à l'heure

(1) 2,300 kg ; alambic 12 litres ;

(2) environ 600 kg ; alambic 5 000 litres ;

(3) égal ou supérieur à 800 kg ; alambic 5 000 litres.

Cette différence est très importante mais on remarquera qu'elle est plus ou moins grande selon la quantité de vapeur utilisée à l'unité de temps et mieux encore à l'unité de surface d'attaque à l'intérieur de l'alambic (tableau 8).

TABLEAU 8

Quantité de vapeur/heure utilisée par centimètre carré de la surface d'attaque

Alambic	Surface d'attaque		Débit de vapeur en grammes par centimètre carré de la surface d'attaque			
	Diamètre en cm	Surface en cm ²	600 kg/h	800 kg/h	1 000 kg/h	2,3 kg/h
Industriel de 5 000 litres (forme cylindrique)	165	21 371	28	37,4	46,7	—
De laboratoire de 12 l (forme sphérique) :						
au niveau de la grille.....	22	380	—	—	—	6,0
au milieu de l'alambic.....	28,4	633	—	—	—	3,6

En effet dans les deux types d'alambic la circulation de la vapeur n'est pas semblable : très lente à travers une masse très homogène dans l'alambic de laboratoire, elle est extrêmement rapide et certainement irrégulière dans l'alambic de grande capacité.

Dans le tableau suivant, on trouvera les quantités de vapeur admises par centimètre carré de la surface de la grille ou « surface d'attaque ». Pour l'alambic de laboratoire qui est de forme sphérique, cette quantité de vapeur est en outre rapportée à la surface du plus grand diamètre.

Pour l'alambic industriel de 5 000 litres, cette quantité de vapeur est calculée pour un débit de 600 kg/h de vapeur (débit normal au cours de nos essais sur grand alambic) et 800 et 1 000 kg/h (débits couramment utilisés dans la pratique).

TABLEAU 9

*Temps nécessaire pour recueillir la plus grande partie des essences (environ 90 p. 100)
Alambic de grande capacité*

Variété	Volume de l'alambic en litres	Durée de la distillation (1)	Temps nécessaire pour recueillir 90 % env. de l'essence	
			% réellement recueilli	Temps
Matheronne	3 000	47 mn 15 s (2)	88,9	16 mn 18 s
Matheronne	5 000	47 — 22 —	90,5	22 — 24 —
Super A	—	26 — 25 —	91	13 — 30 —
Abrial	—	50 — 26 —	88,7	25 — 0 —
Abrial	—	45 — 0 —	89,7	22 — 0 —

(1) Durée de la distillation comptée à partir du moment où le distillat s'écoule.

(2) Distillation prolongée.

Le simple examen de ce tableau indique que dans l'alambic industriel, la vapeur va circuler très rapidement et il est probable qu'elle utilisera de préférence les zones de moindre tassement qui vont devenir des cheminées où la circulation sera intense, alors qu'à côté la vapeur ne pénétrera que difficilement.

L'influence du débit de vapeur sur la richesse du distillat en essence a pu encore être remarquée à l'occasion du « coup de chauffe » au cours des extractions sur alambic de grande capacité. Ces « coup de chauffe » se traduisent par une nette diminution de la richesse du distillat en essence.

Quoi qu'il en soit, c'est toujours dans le début de l'extraction que le distillat est le plus riche en essence et on remarquera que c'est dans la première moitié de la distillation que les 9/10 environ de l'essence contenue dans l'alambic sont entraînés.

En conséquence l'extraction des dernières fractions est longue, coûteuse en vapeur, en eau de refroidissement et en combustible. Nous verrons plus loin qu'elle fournit des essences de qualité inférieure. Une telle conduite de la distillation ne se justifie donc pas du point de vue technique.

b) *Couleur des essences*

Dans toutes les distillations effectuées au laboratoire ou en grand alambic industriel, les essences contenues dans les premières fractions sont incolores et limpides après quelques heures de repos ; mais dans les fractions suivantes apparaît une couleur jaune qui augmente jusqu'au brun foncé au fur et à mesure que l'on approche de la fin de la distillation et que le rendement en essence diminue.

c) *Parfum*

Les 28 fractions d'une essence de lavandin « Super Z » extraite en alambic de laboratoire (voir tableau 5) furent soumises à un expert olfactif ou « nez » qui a pu déceler la présence de certains corps dans les fractions suivantes : (BARBIER, 1959).

- Fraction 1 : Éthylamyl — cétone
- Fraction 1 à 3 : un corps à odeur de « poisson »
- Fraction 6 à 8 : odeur de « tête » lavandée
- Fraction 9 à 11 : odeur de « corps » (Esters Alcools)
- Fraction 12 : géraniol
- Fraction 14 : camphre
- Fraction 15 : bornéol
- Fraction 17 : odeur de « queue de distillation »
- Fraction 22 : caryophyllène
- Fraction 25 : coumarine.

En réalité, ces corps ne sont pas seuls dans les fractions où leur odeur a été décelée, mais c'est dans ces fractions qu'elle peut être reconnue pour la première fois.

C'est ainsi que le caryophyllène apparaît dans la fraction 22 dont le volume est de 1,20 ml, pour 250 ml de distillat.

Or d'après la théorie de l'entraînement à la vapeur d'eau, les corps qui constituent cette fraction avec le caryophyllène ont été entraînés dès le début par le distillat dans des proportions identiques ou extrêmement voisines, compte tenu de la variation de la température.

C'est-à-dire que dans la fraction n°1 d'un volume de 5 ml les essences de la fraction 22 seront représentées par un volume d'environ 0,024 ml, alors que le volume d'essence est de 1,35 ml; aussi n'est-il pas étonnant que l'odeur du caryophyllène soit dominée par celle d'autres corps plus abondants ou au parfum plus puissant.

C'est la disparition progressive des corps peu abondants ou très rapidement entraînés qui donne cette évolution du parfum des fractions au cours de l'extraction réalisée en alambic de laboratoire et en alambic de grande capacité.

Cette évolution du parfum a d'ailleurs été signalée par CHRIS (1930) et elle est bien connue des distillateurs.

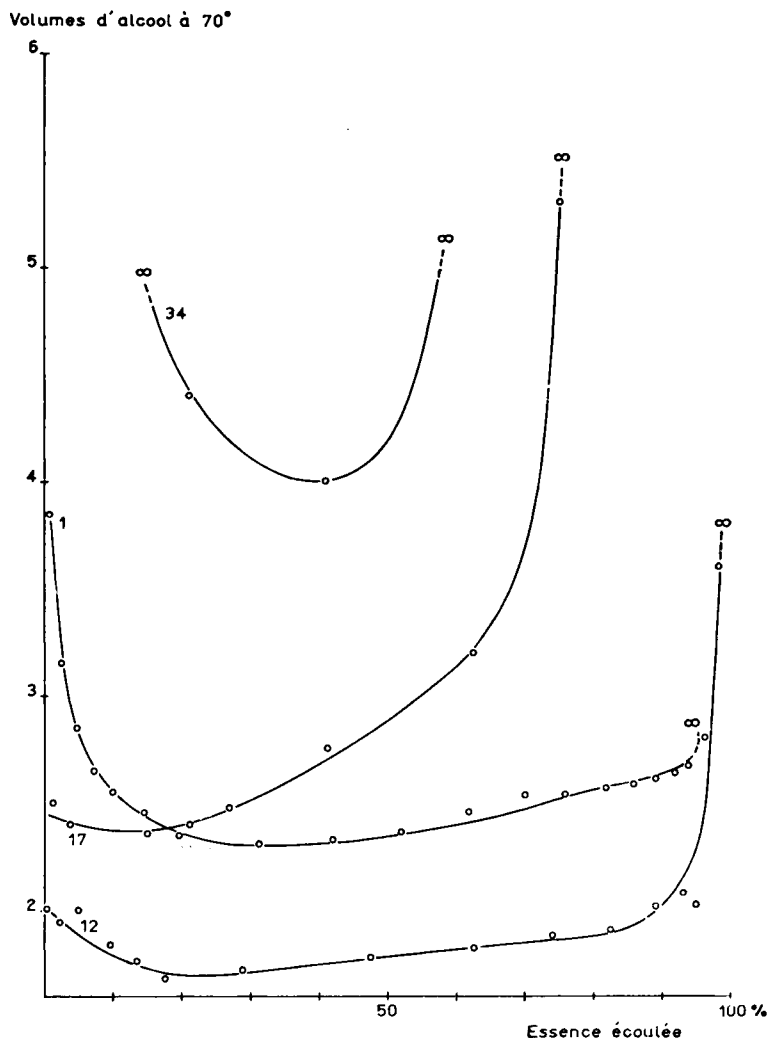


FIG. 3. — Solubilité dans l'alcool à 70° des essences contenues dans les fractions successives du distillat

Extractions au Laboratoire

1 = Lavandin Super Z 12 = Lavandin Maïme 17 = Lavande Maillette 34 = Lavande Matheronne

d) *Solubilité*

La solubilité dans l'alcool éthylique à 70° est déterminée selon la méthode préconisée par les parfumeurs de Grasse (1954). D'une façon générale on constate, au laboratoire comme dans la pratique, que les premières fractions ont une solubilité moins bonne que celle des fractions suivantes et que vers la fin de la distillation la solubilité devient plus ou moins rapidement médiocre puis nulle.

On remarquera sur la figure 3 les grandes différences qui existent entre les essences des diverses variétés.

e) *Indice de réfraction*

Cet indice est déterminé à l'aide d'un réfractomètre à la température de 20° C. A cet effet nous avons utilisé le réfractomètre d'ABBE fabriqué par la Maison ZEISS qui permet d'évaluer la 4^e décimale dans de bonnes conditions.

On remarquera sur la figure 4 que les fractions successives d'une même essence ont un indice de réfraction très différent.

Ainsi, pour le lavandin « Super Z », l'indice de la première fraction est de 1,4574 et celui de la dernière de 1,4910. Le passage de l'indice minimum à l'indice maximum se fait progressivement, plus ou moins rapidement selon le moment de la distillation.

Dans les premiers 6 pour cent de l'essence totale extraite, on constate une variation assez importante de l'indice, puis jusqu'à 85 p. 100 la progression est relativement lente et régulière pour subir ensuite une augmentation très importante.

La courbe ainsi obtenue est constante pour les huit extractions conduites dans des conditions rigoureusement identiques, et avec le même matériel végétal.

Par contre les courbes correspondant à d'autres extractions conduites de la même façon, mais avec des calices provenant d'une autre variété de lavandin ou de lavande sont très différentes.

Cette différence est encore plus nette si, pour chaque essence, on calcule pour chaque moment de l'extraction l'indice de réfraction de l'essence globale écoulée.

On constate alors que, compte tenu du volume de chacune des fractions, qui ajoute proportionnellement son propre indice de réfraction, la courbe ainsi tracée pour chaque variété évolue d'une façon bien particulière.

Voir à cet égard sur la figure 5 les courbes suivantes :

- n° 17 : lavande Maillette récoltée après la floraison
- n° 18 : lavandin Maïme récolté après la floraison
- n° 19 : lavandin Super A récolté après la floraison
- n° 1 : lavandin Super Z récolté très tardivement.

Ainsi l'influence de la durée de la distillation sur la valeur de l'indice de réfraction de l'essence globale apparaît très nettement et on remarquera que ce sont justement les dernières essences qui apportent une modification rapide de l'indice de réfraction de l'essence globale.

Est-ce à dire que les courbes ainsi obtenues sont caractéristiques de la « variété » ? On pourrait le penser mais il n'en est pas ainsi.

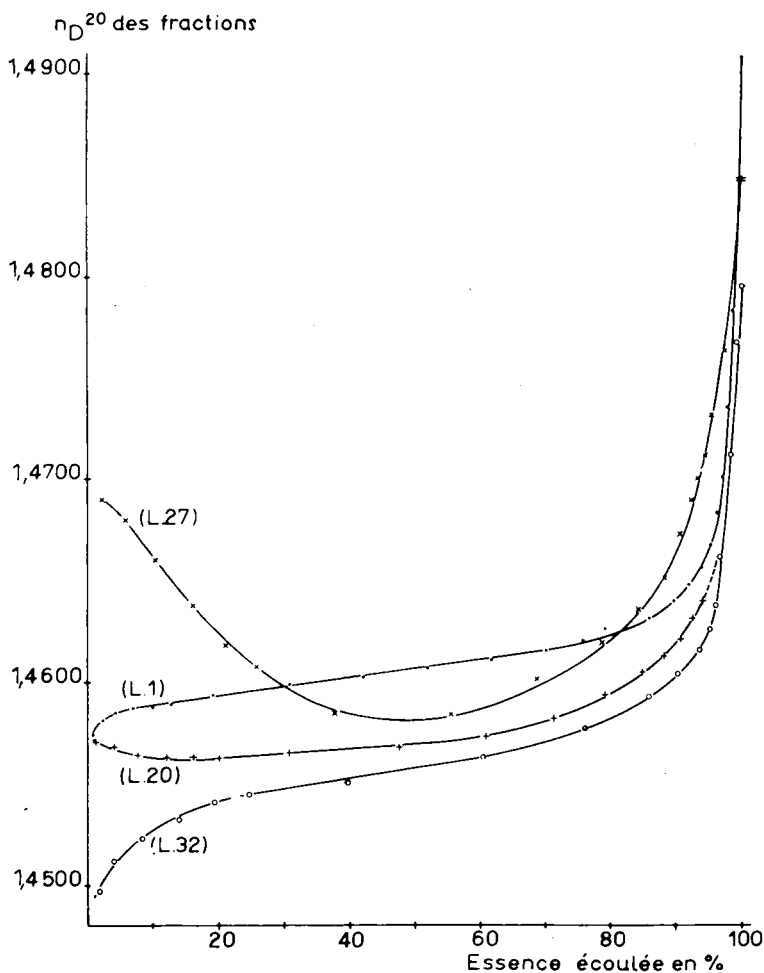


FIG. 4. — Indice de réfraction à 25° des essences contenues dans les fractions successives du distillat. Noter la valeur très élevée des indices pour les fractions de « queue » et l'évolution particulière de l'indice pour chaque essence.

Extractions au Laboratoire

1 = Lavandin Super Z 20 = Lavandin Super A 27 = Lavande Matheronne 32 = Lavande Maillette

Sans vouloir empiéter sur le chapitre consacré à l'influence de la végétation sur la valeur de cet indice, nous pouvons signaler que sur cette figure les courbes suivantes correspondent à des récoltes effectuées, soit au tout début de la floraison, soit en fin de la pleine floraison :

n° 46 : lavandin Super Z ; coupe au tout début de la floraison.

n° 47 : lavandin Maïme ; coupe au tout début de la floraison.

n° 32 : lavande Maillette ; coupe en fin de la pleine floraison.

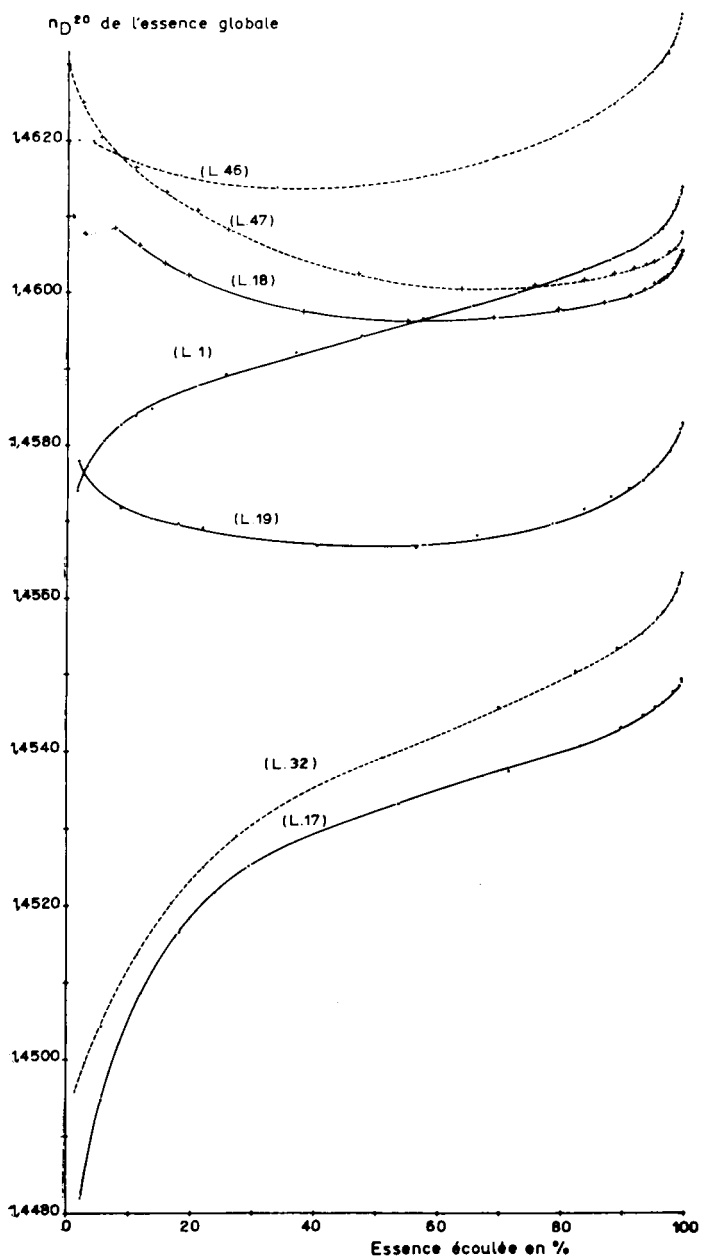


FIG. 5. — Évolution de l'indice de réfraction de diverses essences globales au cours de l'extraction
 Extractions au Laboratoire (voir page 289).
 Les différences sont importantes entre les variétés; comparer 17 et 46.
 Pour une même variété, des différences sont observées selon l'époque de coupe; comparer 46 et 1 — 18 et 47
 — 32 et 17.

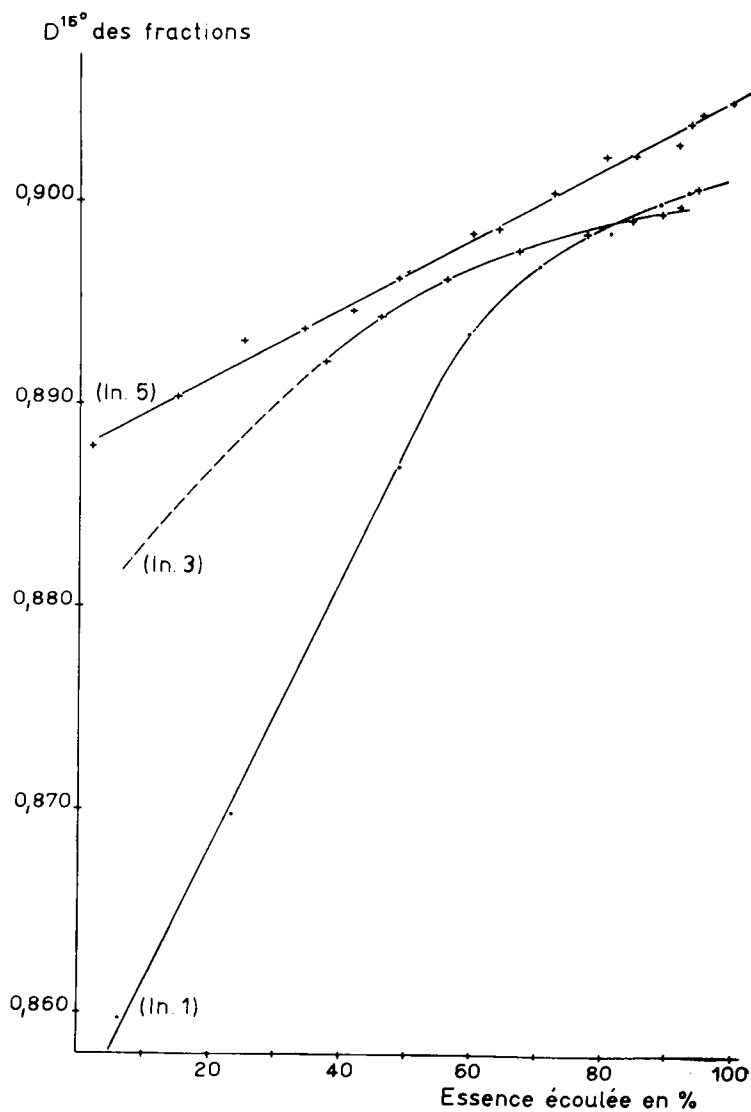


FIG. 6. — Densité à 15° des essences contenues dans les fractions successives du distillat

Extractions en alambic industriel

1 = Lavande Matheronne

3 = Lavandin Super A

5 = Lavandin Abrial

La comparaison des courbes obtenues pour ces 3 variétés pour lesquelles nous disposons de distillations effectuées à divers moments de la végétation permet d'expliquer pourquoi, lors de l'examen des essences, l'indice de réfraction est considéré comme une caractéristique physique incertaine et trop fluctuante. Cela apparaît mieux encore dans une étude plus complète des essences de la variété « Matheronne » (voir plus loin au chapitre IV la figure 20).

Toutefois on doit reconnaître que c'est justement parce que cet indice est extrêmement sensible aux moindres changements de la composition de l'essence, comme à la durée de l'extraction, qu'il subit des variations si importantes et jusqu'à présent inexplicables.

f) *Densité*

Cette caractéristique a toujours été considérée comme importante, mais sa détermination exige un certain volume d'essence, aussi n'a-t-elle pu être effectuée, sur des séries complètes, que pour les distillations industrielles.

Lorsqu'après déshydratation au sulfate de soude anhydre, le volume d'essence était au moins égal à 2 ml, la densité était obtenue au picnomètre. Si ce volume était supérieur à 10 ml, le densimètre était utilisé.

Dans tous les cas, les premières fractions ont une densité très faible : 0,880 à 0,890 pour les lavandins — (« Abrial », distil. n° 5, « Super A » distil. n° 3) et beaucoup plus basse encore pour les lavandes (« Matheronne » distil. n° 1).

Quant aux fractions suivantes, leur densité s'élève régulièrement pour atteindre en fin d'opération des valeurs voisinant 0,900 aussi bien pour les lavandins que pour les lavandes (voir figure 6).

Ainsi donc, plus la distillation est poussée dans le but d'extraire la plus grande quantité d'essence, plus la densité de l'essence globale provenant de la réunion des fractions successives sera élevée.

g) *Pouvoir rotatoire*

Cet indice est exprimé en degrés et minutes pour une longueur de tube de 100 mm.

Pour le lavandin « Abrial » (distil. n° 5) la première fraction possède un pouvoir rotatoire de — 2°. Cet indice s'élève rapidement dans les fractions suivantes, puis plafonne vers — 6°.

Pour le lavandin « Super A » l'indice de la première fraction est supérieur à — 6° et celui des dernières dépasse — 10° (courbe n° 1).

De même pour la lavande « Matheronne » on assiste aux mêmes variations (courbe n° 5).

Ici encore, au cours de l'extraction, les fractions successives ont un pouvoir rotatoire qui varie du début à la fin de l'opération (fig. 7).

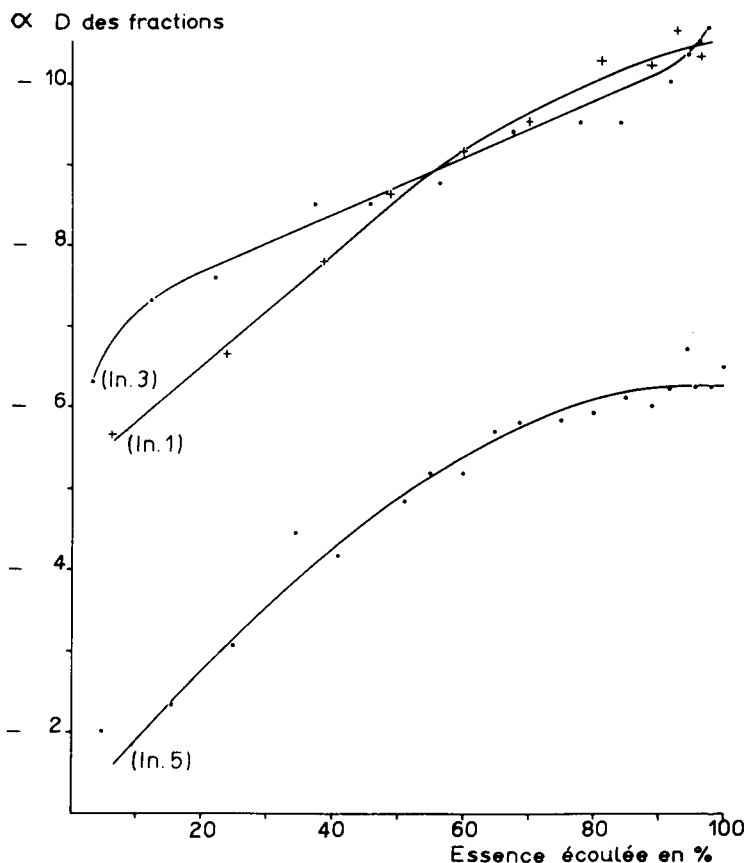


FIG. 7. — Pouvoir rotatoire des essences contenues dans les fractions successives du distillat

Extractions en alambic industriel

1 = Lavande Matheronne

3 = Lavandin Super A

5 = Lavandin Abrial

h) Richesse en esters

La richesse en esters est exprimée en acétate de linalyle qui est l'ester le plus abondant dans les essences de lavande et de lavandin. Mais il n'est pas le seul ester présent et nous devons reconnaître que cette façon d'exprimer les résultats est assez grossière. Toutefois elle permet de faire des constatations intéressantes (fig. 8).

C'est ainsi que pour le lavandin « Abrial » (distil. n° 5) la richesse en esters croît régulièrement de la première à la dernière fraction — (de 25,4% à 44,1 %), alors que pour la lavande « Matheronne » (distil. n° 1) cette richesse partant de 35,5 pour cent atteint progressivement 65,8 pour cent et *diminue* dans les fractions suivantes.

Au cours de l'extraction la richesse en esters des fractions successives évolue constamment pendant toute l'opération et cette évolution est différente selon la « variété » distillée.

Esters en %
dans les fractions

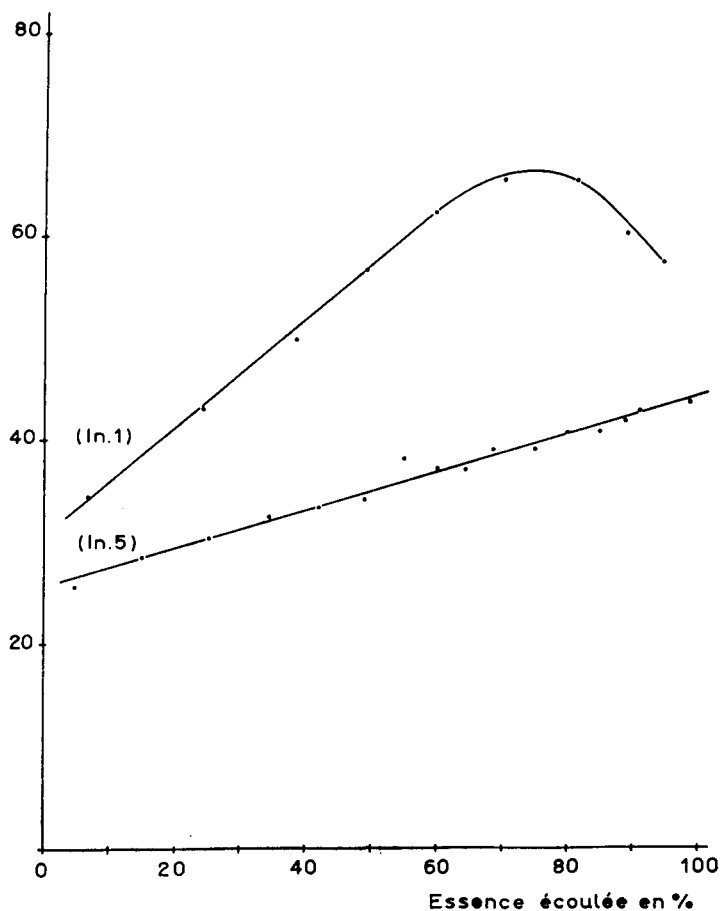


FIG. 8. — Teneur en esters des essences contenues dans les fractions successives du distillat
(Esters exprimés en acétate de linalyle)

Extractions en alambic industriel

1 = Lavande Matheronne

5 = Lavandin Abrial

i) Richesse en alcools libres et en alcools totaux

Pour les deux mêmes « variétés » « Abrial » (distil. n° 5) et « Matheronne » (distil. n° 1) on remarquera sur la figure 9 que les fractions successives possèdent des richesses en alcools constamment différentes et que les évolutions sont ici encore particulières à chaque « variété ».

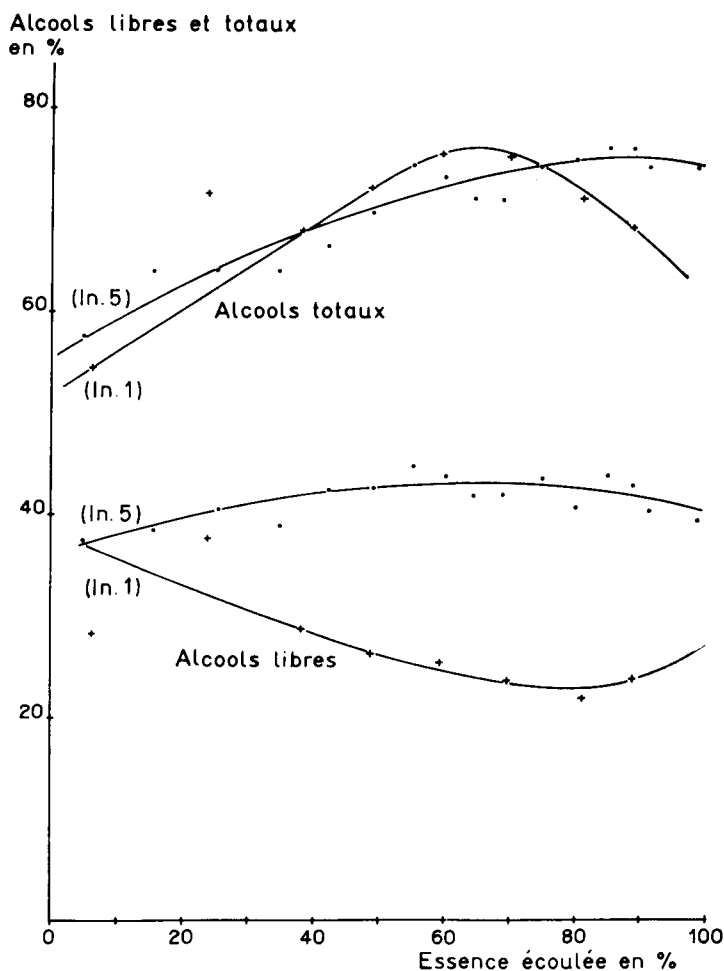


FIG. 9. — Teneurs en alcools libres et en alcools totaux des essences contenues dans les fractions successives du distillat. (Alcools exprimés en linalol.)

Extractions en alambic industriel

1 = Lavande Matheronne

5 = Lavandin Abrial

2 — AUTRES OBSERVATIONS

Les observations précédentes sur la richesse du distillat et sur les caractéristiques des essences s'appliquent à des extractions réalisées dans des conditions bien définies. Mais poursuivant cette étude, examinons quelles sont les modifications qui apparaissent lorsque les conditions sont différentes.

a) Modifications dues à l'emploi de vapeur à température plus élevée

Dans la mesure où l'alambic de laboratoire le permettait, les conditions d'extraction ont été modifiées de la façon suivante :

1 — *Vapeur surchauffée à la pression atmosphérique.*

A l'aide d'un serpentin de cuivre chauffé par une rampe à gaz, la température de la vapeur sortant de la chaudière est élevée à 160-164°.

Dans ces conditions la durée d'extraction a été légèrement moins longue par suite d'une condensation moins forte dans l'alambic, mais aucun changement n'a pu être décelé ni dans les rendements ni dans les caractéristiques.

A la sortie de l'alambic la température des vapeurs distillées a toujours été inférieure à 100° comme pour une distillation normale.

2 — *Extraction sous pression à 110°.*

Dans cet essai la chaudière est branchée directement sur l'alambic, mais entre celui-ci et le réfrigérant une pince freine la sortie des vapeurs distillées et assure une surpression qui n'a pas été enregistrée mais qui peut être évaluée à 500 g au centimètre carré.

Par contre le thermomètre a indiqué que la température à l'intérieur de l'alambic a varié entre 107-111° avec une courte poussée à 112°.

Trois modifications furent constatées

— le rendement fut légèrement inférieur à celui obtenu par une extraction normale, 87 ml contre 90 ml

— les indices de réfraction des premières et des dernières fractions sont plus élevés que pour une distillation normale.

— le parfum des premières fractions est également différent.

Il semble donc que l'élévation de la température provoque une modification de la composition chimique des essences par destruction de certains corps ou par création de corps nouveaux et par extraction d'autres substances.

b) *Modifications pouvant être attribuées à la rapidité de passage de la vapeur*

Nous ne possédons que des résultats obtenus avec la lavande Matheronne et qui sont présentés à la figure 10.

Dans une distillation industrielle (ind. 1) la quantité de vapeur utilisée est évaluée à 28 g/heure au centimètre carré. Les hampes sont traitées quelques jours après la récolte entière et en vrac. Dans les mêmes délais, seuls les calices sont distillés, après dessiccation, dans l'alambic de laboratoire (L. 30) où la quantité de vapeur employée est de 3,6 g/h au centre de l'alambic, c'est-à-dire qu'ici il est utilisé environ 7 fois moins de vapeur.

Dans ces conditions les résultats ne sont pas entièrement comparables. Ils ne sont rapportés ici que parce qu'ils trouvent une confirmation dans diverses observations concordantes.

A un faible débit de vapeur correspondent des indices de réfraction plus bas, dans la première partie de l'extraction et aussi une solubilité plus grande, portant sur une plus grande proportion de l'essence recueillie.

Il est à noter que le chevauchement des courbes d'indice de réfraction en fin d'opération est dû à ce que dans une distillation industrielle il n'est pas possible de pousser l'extraction à fond, sans immobiliser longtemps un appareil dont on attend par ailleurs des services.

Nous avons constaté encore au cours de prélèvements faits dans des distilleries, que d'une façon générale, plus il est utilisé de vapeur, moins la solubilité des essences est bonne.

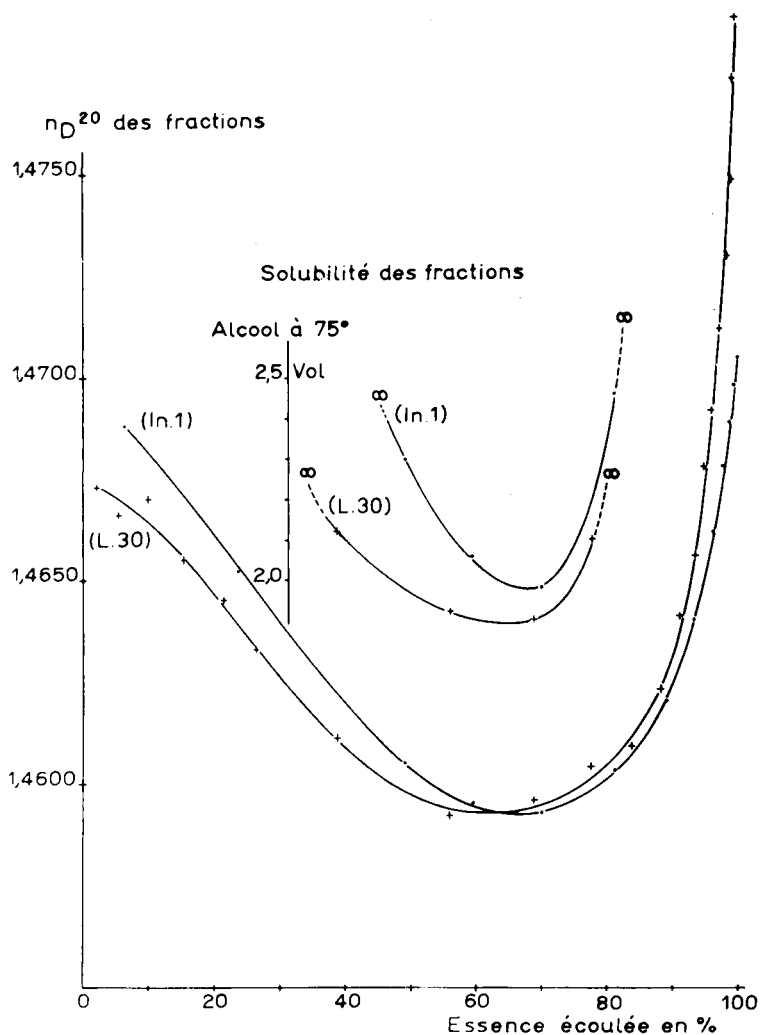


FIG. 10. — Influence du mode d'extraction sur la solubilité et l'indice de réfraction des essences contenues dans les fractions successives du distillat

Lavande Matheronne traitée en alambic de laboratoire (L. 30) et en alambic industriel (In 1).

Ces observations rejoignent les remarques de LANGLAIS (1954) qui signale que les essences obtenues dans les anciens alambics à feu nu étaient plus fines et plus solubles que celles provenant des appareils à vapeur directe.

Nous avons eu l'occasion de voir fonctionner un de ces alambics de type ancien. La chaudière fournit la vapeur sous 7 à 8 kg de pression au centimètre carré, c'est-

à-dire à une température voisine de 170°. L'extraction était prolongée, les essences étaient peu solubles, fortement colorées et à densité élevée.

Dans cet appareil la vapeur circule très rapidement mais la masse des hampes lui offre une certaine résistance et, tout au moins dans les parties inférieures de l'alambic, la température est supérieure à 100°.

Nous trouvons ici les deux conditions qui favorisent une mauvaise solubilité et un indice de réfraction élevé.

Par contre dans les antiques appareils à feu nu le chauffage, le plus souvent médiocre, ne permettait, surtout au début, qu'une extraction lente et à température ne dépassant pas 100°.

Par ailleurs dans toutes les distillations où la vapeur est utilisée en grande quantité, celle-ci circule dans les points de moindre résistance pour traverser la masse des hampes. Elle les trouve entre les bottes ou dans les zones de moindre tassement. Là, après avoir entraîné les corps les plus volatils, la vapeur épuise complètement les corps « lourds » et « gras » peu volatils, alors qu'à côté certains corps « légers » n'auront pas encore été entraînés.

Une telle technique est certainement peu adaptée à l'amélioration des essences.

*c) Modifications des caractéristiques d'une essence
dues à une nouvelle extraction*

L'essence extraite des calices de lavandin « Super Z » permet par le fractionnement de suivre l'évolution de la courbe d'indice de réfraction (courbe n°1 à la figure 11)

Si après extraction normale (sans fractionnement) mais en respectant les conditions de l'opération, on soumet l'essence globale obtenue à une nouvelle extraction fractionnée et qu'on en établisse la courbe de l'indice de réfraction (courbe n° 24), on constate une différence sensible dans les deux courbes, celle correspondant à l'essence redistillée se tenant à un niveau nettement inférieur, sauf dans le début.

A cette modification correspond aussi une atténuation de la couleur jaune dans les fractions de « queue ».

Par ailleurs une essence de lavande « Matheronne » insoluble dans 20 volumes d'alcool à 75° a été soumise à 4 redistillations successives, en remettant l'essence obtenue sur des calices épuisés et, après chaque opération les caractéristiques suivantes ont été examinées : indice de réfraction, couleur et solubilité. Les résultats sont portés au tableau suivant.

TABLEAU 10
*Modifications des caractéristiques d'une essence provoquées
par des redistillations successives*

Caractéristiques	Essence initiale	Distillations			
		N° 1	N° 2	N° 3	N° 4
Indice de réfraction à 20°	1,4625	1,4619	1,4619	1,4619	1,4619
Solubilité dans l'alcool à 75°	Insoluble dans 20 volumes	soluble dans 5,1 vol.	soluble dans 4,6 vol.	soluble dans 4,5 vol.	soluble dans 4,5 vol.
Couleur	jaune	jaune très clair	jaune très clair	jaune très clair	jaune très clair

Comme pour l'essence de lavandin « Super Z » on constate une atténuation de la couleur et aussi une grande amélioration de la solubilité.

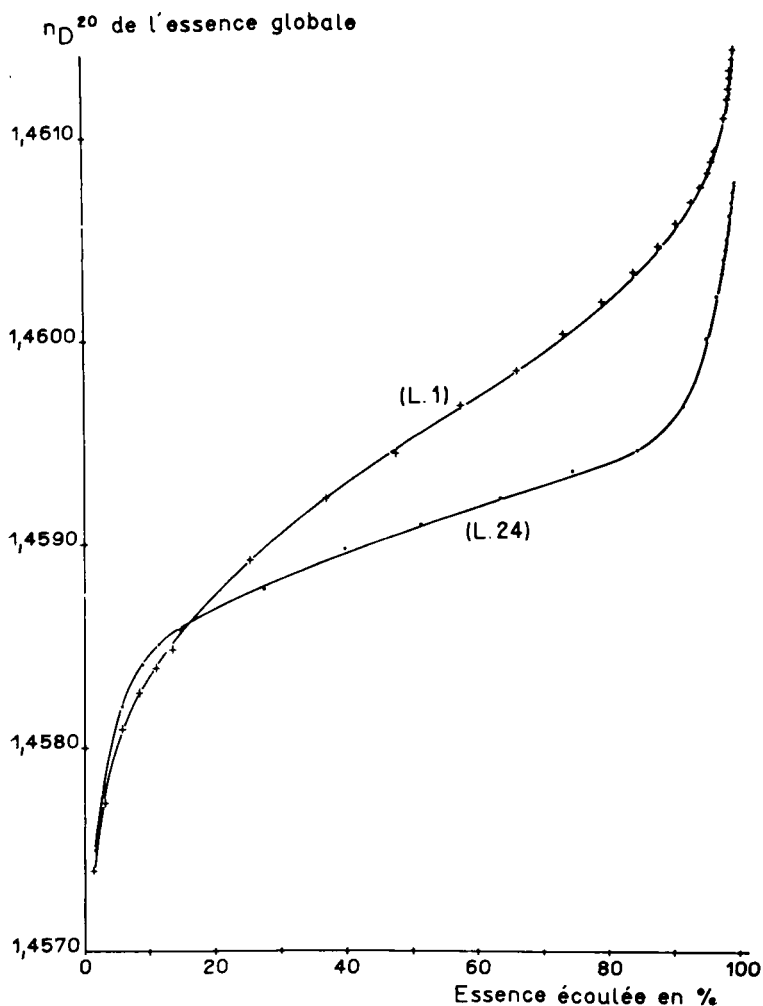


FIG. 11. — Influence de la « redistillation » d'une essence sur l'évolution de l'indice de réfraction de l'essence globale au cours de l'extraction

Extractions au laboratoire (Lavandin Super Z).

1 --- Extraction à partir de calices,

24 --- Extraction à partir de l'essence obtenue en 1 — et remise sur un support de calices totalement épuisés.

D'autres redistillations ont été faites sur d'autres essences de la variété « Mathe-ronne » et les résultats ont toujours été les mêmes, comme ceux obtenus avec une essence provenant de Mévouillon ⁽¹⁾ également insoluble. Mais dans tous les cas il n'est pas possible d'extraire autant d'essence qu'on en a introduit dans l'alambic et

(1) Localité du département de la Drôme.

la perte varie suivant les essences entre 7 et 13 pour cent du volume utilisé. Pour des redistillations successives cette perte diminue à chaque opération.

Ces résultats nous conduisent à constater que : *le fait de soumettre une essence à l'action d'une température élevée en présence de vapeur d'eau provoque la destruction de corps insolubles et à indice de réfraction élevé.*

Au cours d'une extraction la condensation des vapeurs met un terme aux modifications subies par un nombre plus ou moins grand de corps et fixe ainsi un moment fugitif de la composition des essences.

d) *Observations faites au cours de la redistillation
de 2 fractions d'une même essence*

Deux fractions provenant de la distillation fractionnée industrielle n° 1 de hampes florales de la variété « Matheronne » ont été soumises à une redistillation fractionnée à la vapeur d'eau.

La fraction n° 2 a été prélevée une minute onze secondes après l'apparition des premières gouttes de distillat. C'est une essence de tête à haut indice de réfraction. La deuxième essence est constituée par les fractions n° 6 et 7 prélevées respectivement 6 minutes 10 secondes et 8 minutes 12 secondes après la fraction n° 2 de cette même distillation, c'est-à-dire au moment où les essences qui s'écoulent possèdent un indice de réfraction dont la valeur est minimum (indice pris le lendemain de la distillation).

En huit mois de conservation, leur indice de réfraction a varié dans les proportions suivantes :

TABLEAU II

Modifications de l'indice de réfraction provoquées par la conservation

Fraction	Indice de réfraction à 20°		
	le 28/7 1959	le 21/3 1960	Augmentation
N° 2 de tête.....	1,4688	1,4721	0,0033
N° 6 + 7 de corps.....	1,4594	1,4607	0,0013

Les variations de cet indice sont, comme nous le verrons pour l'essence de lavandin « Super A », plus importantes pour les fractions de « tête » que pour celles de « corps ».

La grande différence des valeurs de l'indice de réfraction entre les fractions 2 et 6 + 7 relevées le 29 juillet 1959 au moment de la distillation, est due à leur différence de composition. Mais cette différence apparaît d'une façon éclatante lors de l'établissement de la courbe de l'indice de réfraction des fractions au cours de la distillation fractionnée de ces essences. Dans ces conditions sur la figure 12 la courbe n° 38 correspond à la fraction de « tête » à l'indice élevé et la courbe n° 39 à la communelle obtenue par réunion des fractions 6 et 7 à indice très bas.

En effet, une très grande différence existe entre l'indice de la première fraction, (1,4768) et celui de la seconde (1,4683) et on peut constater que l'évolution des courbes

est très différente. Les deux distillations ayant été conduites dans des conditions rigoureusement semblables (même débit de vapeur, même quantité d'essence : 60ml ; même durée de distillation, même fractionnement), il apparaît que la vitesse d'ex-

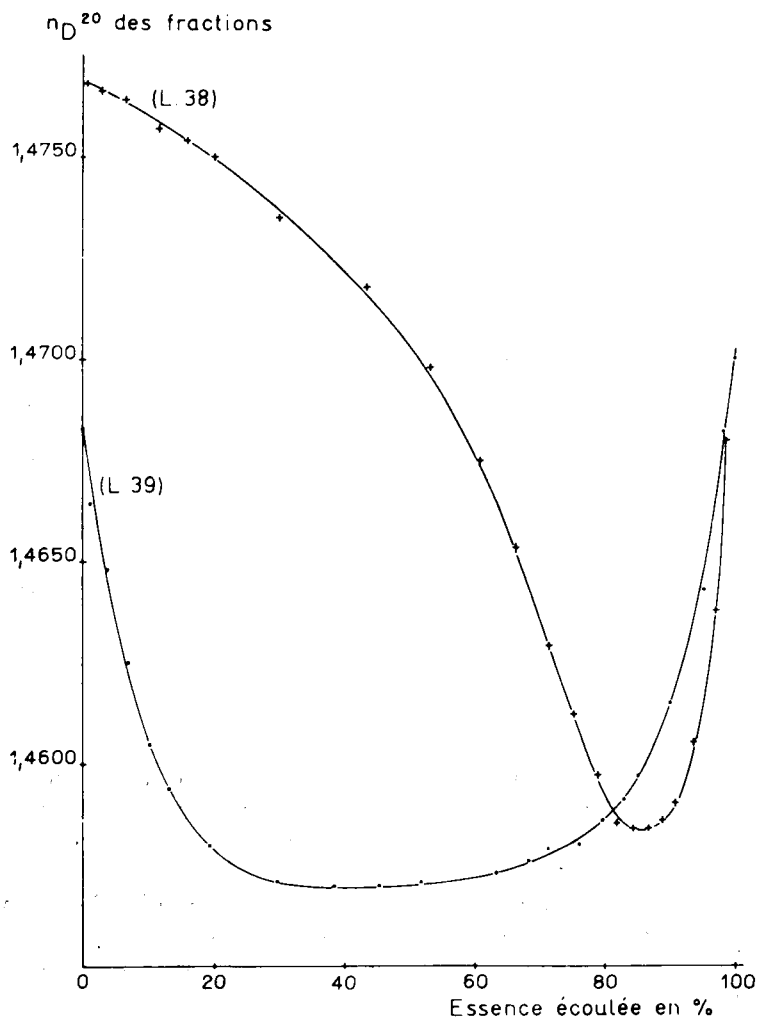


FIG. 12. — Différence de composition de deux fractions d'une même essence, mise en évidence par « redistillation » en alambic de laboratoire

38 = « tête » d'une essence de Matheronne (fraction 2, extraction industrielle n° 1, voir figure 10).

39 = « corps » de cette même essence (communelle des fractions 6 et 7).

Les essences de « tête » sont riches en corps à indice de réfraction élevé.

traction des deux essences est différente, comme l'indique le tableau 9 dans lequel on peut remarquer que les 5 premiers millilitres de distillat contiennent dans un cas 1,83 % de l'essence qui sera entraînée et dans l'autre cas 0,41 %, soit près de 4,5 fois moins, ce qui indique que l'essence de « tête » est constituée par un nombre de

corps certainement beaucoup plus grand que le nombre de ceux constituant l'essence des fractions de « corps ».

TABLEAU 12

Vilesse d'extraction de 2 essences au cours de leur redistillation. (Durée 80 minutes)

Distillat écoulé		Volume de l'essence extraite en %	
A la fraction n°	Volume total en ml.	Essence de tête n° 38	Essence de corps n° 39
1	5	1,83	0,41
2	10	4,19	1,97
3	20	9,39	5,72
4	30	14,16	8,83
5	40	18,42	11,54
6	50	22,55	14,04
7	100	38,21	25,18
8	150	49,39	34,53
9	200	57,74	42,33
10	250	64,16	49,19
11	300	69,27	55,32
12	350	73,67	60,84
13	400	77,47	65,84
14	450	80,54	70,32
15	500	83,27	74,38
16	550	85,73	78,02
17	600	88,02	81,29
18	650	90,03	84,11
19	700	91,63	86,61
20	950	96,40	93,78
21	1 200	98,24	97,11
22	1 700	99,12	98,99
23	3 000	100,00	100,00
Pertes dues à la redistillation		13,2 %	12 %

e) Variation des essences au cours de leur conservation

Il est bien connu que pendant la conservation des essences, certains corps entrant dans leur composition subissent, par polymérisation et auto-oxydation, des modifications plus ou moins profondes, lesquelles se traduisent par des modifications des indices physico-chimiques.

Il n'est pas dans nos intentions ni dans nos possibilités d'étudier ces variations mais nous voudrions simplement indiquer quelques modifications de la solubilité et de l'indice de réfraction constatées sur des fractions isolées au cours de distillations fractionnées.

Sur les essences globales ces variations se manifestent après quelques mois de conservation sans précautions particulières, par une légère augmentation de l'indice de réfraction et une amélioration peu sensible de la solubilité, variations d'ailleurs très différentes selon l'origine variétale de l'essence.

Par contre les modifications de ces caractéristiques sont très importantes sur certaines fractions d'une essence, alors qu'elles sont faibles sur d'autres.

Ces modifications nous étaient apparues pour la première fois sur une distillation fractionnée de lavandin « Super A » dont le tableau suivant donne un résumé, après 3 mois de conservation en flacons incomplètement remplis et bouchés sans précautions spéciales.

TABLEAU 13

Modifications de l'indice de réfraction après 3 mois de conservation à la température du laboratoire
Fractions de l'essence de lavandin « Super A » — Distillation du 23 avril 59

Fraction n°	n_D^{20} le 23/4/59	n_D^{20} le 20/7/59	Différence
1	1,4578	1,4630	+ 0,0052
2	1,4570	1,4582	+ 0,0012
6	1,4567	1,4567	néant
9	1,4575	1,4575	néant
18	1,4671	1,4677	+ 0,0006

Pour les autres variétés, les fractions de tête sont toujours celles pour lesquelles les variations de l'indice de réfraction sont les plus importantes (voir tableau 11) en même temps que ces essences deviennent visqueuses et filantes.

f) *Gaz parfumés non condensables précédant le distillat*

L'existence de gaz parfumés non condensables précédant le distillat est bien connue des distillateurs et ces derniers avaient remarqué que le parfum de ces gaz est sensiblement différent de l'odeur de l'essence que l'on recueille ensuite.

L'étude de la distillation qui vient d'être faite permet de donner l'explication suivante à ce phénomène.

Lors du chargement de l'alambic, il est évident que de nombreuses cellules à essence se trouvent écrasées et que les corps constituant ces essences se volatilisent dans l'alambic et se mélangent à l'air.

Au moment de l'admission de la vapeur, celle-ci va chasser l'atmosphère de l'alambic dans le serpentín du réfrigérant, mais en l'absence de vapeur d'eau, les essences ne sont pas condensées ou leur condensation est très incomplète. Elles sont entraînées par l'air et parfument fortement l'atmosphère de la distillerie.

Il est probable que le barbotage de ces gaz dans de l'eau ou mieux dans un solvant permettrait la récupération des essences ainsi perdues ; mais nous ne pensons pas que la quantité d'essence ainsi obtenue soit bien importante. Par ailleurs il est probable que leur composition est bien différente de celle des essences entraînées par la vapeur d'eau.

En effet, au moment du chargement de l'alambic, les cellules écrasées libèrent les essences telles qu'elles existent à l'état naturel dans la plante, alors que, dès que la vapeur entre en contact avec les hampes florales, les corps constituant les essences subissent des modifications sous la double action de la chaleur et de la vapeur d'eau. On peut supposer encore que ces gaz sont particulièrement riches en produits doués d'une grande volatilité. Aussi n'est-il pas étonnant que le parfum des gaz non condensés précédant le distillat, soit si différent de celui des essences entraînées par la vapeur.

D. — Discussion

Après avoir procédé à 62 extractions fractionnées et examiné plus de 1300 fractions d'essences de diverses variétés, nous considérons de la façon suivante certains points touchant la distillation à la vapeur d'eau.

I. — ÉVOLUTIONS AU COURS DE L'EXTRACTION

Dans les modifications constantes de la richesse du distillat et des caractéristiques physico-chimiques des essences au cours de l'extraction, nous trouvons une confirmation de ce que la théorie permettait d'envisager.

En effet, lors du passage de la vapeur et sous l'influence de la température élevée, les nombreux corps constituant les essences sont entraînés indépendamment les uns des autres et leur présence dans le distillat est fonction de leur tension de vapeur et de leur poids moléculaire.

Dans les premières fractions tous les corps présents dans l'alambic sont présents, mais dans les fractions suivantes, les corps les moins abondants ou les plus facilement entraînés ayant disparu, on assiste à une baisse de la richesse du distillat car les autres corps sont toujours entraînés dans les mêmes proportions ; on assiste aussi à une modification des caractéristiques physico-chimiques. Ces modifications sont d'autant plus importantes que les caractéristiques des corps ayant disparu étaient différentes de celles des corps restant dans les fractions suivantes.

C'est ainsi qu'on a pu relever des variations importantes des différents indices : solubilité, pouvoir rotatoire, densité, richesse en esters, etc.

Nous remarquerons particulièrement les variations suivantes :

a) *La solubilité*

Celle-ci, médiocre en général pour les premières fractions, s'améliore par la suite. Si nous examinons le cas extrême de l'essence de « Matheronne » dont l'essence globale est insoluble, l'extraction fractionnée permet de constater que, quelques fractions « de corps » présentent une certaine solubilité, alors que les fractions « de tête » sont totalement insolubles. Cela est sans doute dû à la présence du mircène et de l'ocimène, corps qui sont insolubles et qui ont été décelés en quantité notable dans l'essence de « Matheronne » par CRABALONA et GILLI (1958).

Pour les autres essences, dont la composition chimique est différente, les variations de la solubilité seront fonction de cette composition chimique.

b) *Indice de réfraction*

Tout comme la solubilité, l'indice de réfraction des diverses fractions au cours de la distillation subit des variations considérables et ses variations sont particulières à chaque variété.

En effet, chaque corps entrant dans la constitution des essences possède un indice de réfraction qui lui est propre. Par exemple, selon l'index MERK (1960), on note les valeurs suivantes :

Éthylamyl-cétone.....	n_D à	15° = 1,4195
Linalol	—	20° = 1,4604
Acétate de linalyle.....	—	20° = 1,4460
Géranol	—	20° = 1,4766
Caryophyllène.....	—	20° = 1,5004

Comme la composition de l'essence de lavande ou de lavandin varie constamment au cours de la distillation, il est évident que l'indice de réfraction des diverses fractions subit des variations qui sont le reflet de ce changement de composition.

En conséquence, plus la distillation est prolongée plus l'essence globale contient de fractions à indice très élevé.

On comprend maintenant pourquoi l'indice de réfraction déterminé sur une essence a toujours été considéré comme de peu de valeur : c'est précisément à cause de son extrême sensibilité.

En effet, la valeur de cet indice est influencée non seulement par la conduite de l'extraction (quantité de vapeur utilisée et durée), mais aussi, comme nous le verrons plus loin, par l'évolution végétative de la plante.

A une valeur donnée de l'indice de réfraction ne correspond pas une composition chimique particulière. Cette valeur est la conséquence d'un mélange, en proportions définies, de corps possédant chacun leur propre indice. Le même indice peut être obtenu par le mélange en proportions différentes des mêmes corps, ou encore par le mélange de corps différents.

Mais en ce qui concerne l'étude de la distillation, cette sensibilité de l'indice de réfraction devient une qualité rare car sa détermination est rapide et ne nécessite qu'une très faible quantité d'essence.

Il convient encore de remarquer que les courbes d'indice de réfraction obtenues par extraction des essences ou par entraînement des essences elles-mêmes à la vapeur d'eau, présentent une certaine analogie avec celles tracées par RIPERT (1937) après distillation sous vide.

RIPERT attribue la haute valeur des toutes premières fractions de tête pour les essences de lavande vraie à la présence d'un corps à très haut indice de réfraction 1,5284, corps qui serait absent dans les essences de lavandin.

En conséquence RIPERT conclut que toute essence dont les premières fractions n'atteignent pas l'indice 1,4700, n'est pas une essence de lavande mais une essence de lavandin.

Le corps étant présent en faible proportion dans l'essence, il doit, d'après le principe même de l'extraction à la vapeur d'eau, se retrouver dans les premières fractions de distillat de nos extractions et leur communiquer un indice de réfraction constamment plus élevé que celui des fractions suivantes.

Déjà sur la figure 5 (courbes 32 et 17), nous avons pu constater que pour la lavande de la variété « Maillette » deux distillations à la vapeur faites à des moments différents de la végétation donnent des courbes dont les premières fractions ont des indices de réfraction très bas.

Sur la figure 19, on remarquera que pour la lavande « Matheronne », si les premières coupes donnent des essences dont les premières fractions sont à indice élevé, la valeur de cet indice diminue régulièrement au fur et à mesure de l'avancement de la végétation.

Aussi, bien que les techniques qui ont permis de tracer ces courbes ne soient pas comparables, nous pensons que si les conclusions de RIPERT peuvent s'appliquer aux essences qu'il a examinées, essences provenant de populations de lavande mélangées et à des stades végétatifs très variés, elles risquent de ne pouvoir s'appliquer à des variétés de lavandes sélectionnées comme la « Maillette », ou à des essences provenant de variétés récoltées tardivement comme la « Matheronne ». Quoi qu'il en soit, l'extrême variation des caractéristiques des essences obtenues dans la pratique n'avait pas échappé aux distillateurs qui attribuaient à l'enviscage de l'alambic et surtout du serpentín du réfrigérant, le pouvoir de

modifier dans de grandes proportions les indices et mêmes les rendements d'une distillation.

Cet enviscage correspond à la pellicule de corps huileux qui se dépose sur les parois du serpentin au moment de la condensation des essences et surtout à la fin de la distillation. Il est manifestement exagéré de penser que cette infime quantité de corps puisse modifier de quelque façon que ce soit le rendement.

De même, ce dépôt ne peut modifier les indices de l'essence globale ; mais on peut admettre que les premières essences qui s'écoulent au début d'une nouvelle extraction peuvent dissoudre la pellicule de corps déposés dans le serpentin et modifier les caractéristiques des toutes premières fractions. Toutefois l'infime quantité de ces corps comparativement au volume d'essence extrait au cours d'une distillation, n'est pas en rapport avec l'importance qui a été attribuée à l'enviscage.

Si on envisage le parfum de l'essence, il est bien difficile de se faire une idée exacte du rôle de l'enviscage. Ce rôle est sans aucun doute insignifiant en regard des modifications dues à l'évolution végétative des plantes. Aussi considérons-nous l'enviscage comme un mythe.

c) *Possibilités d'amélioration des essences et valeur des normes*

L'étude des essences au cours de leur extraction a montré d'une façon indiscutable qu'à toute modification d'un indice correspondait une modification des autres indices ; aussi pouvons-nous affirmer que l'examen du seul indice de réfraction pendant l'extraction permet, par l'arrêt de la distillation, de modifier dans les proportions désirées l'ensemble des caractéristiques physico-chimiques des essences et que les critiques qui furent faites à un exposé sur ce sujet (BARBIER, 1959) sont sans fondement. Les résultats que nous apportons ici le prouvent amplement.

1. — *L'emploi d'un faible débit de vapeur*

- diminue l'indice de réfraction,
- augmente la solubilité des premières fractions principalement et de l'essence globale en général.

2. — *Dans tous les cas l'arrêt précoce de la distillation* permet, en éliminant les dernières fractions, d'obtenir des essences présentant :

- une couleur plus claire,
- un indice de réfraction moins fort,
- un parfum amélioré,
- une densité plus basse,
- un pouvoir rotatoire moins grand,
- et, selon les cas, modifie dans un sens ou un autre les richesses en esters et en alcools.

Compte tenu des modifications que le distillateur peut apporter volontairement ou involontairement aux caractéristiques des essences, on comprendra mieux pourquoi les normes retenues par divers auteurs et par les professionnels pour l'examen des essences sont si peu précises, comme il ressort au tableau 14.

TABLEAU I4

Normes de l'indice de réfraction et du pouvoir rotatoire pour les essences de lavandin

	n_D à 20°	α_D	
GUENTHER (1952)	1,4640 à 1,4616	à 25°/ — 2°33 à — 5°26	Normes adoptées aux U. S. A.
Syndicat des Parfumeurs (1954)	1,4660 à 1,4580	à 20°/ — 1° à — 7°	Normes adoptées par l'industrie Grassoise.
NAVES et coll. (1937).....	1,4684 à 1,4582	à 20°/ — 4°20 à — 7°41	Lavandins divers distillés d'une façon identique.
IGOLEN (1944)	1,4713 à 1,4620	à 25°/ + 2° 8 à — 5°40	Série d'études selon végétation var. « standard »
BARBIER (1958).....	1,4703 à 1,4620	à 20°/ + 5° à — 9°	Série d'études selon floraison variété « Z »
MAUREL (résultats inédits)	1,4700 à 1,4603	à 20°/ — 0° 8 à — 7°	Essences commerciales.

2. — ESSENCES EXTRAITES ET CORPS PARFUMÉS DANS LES VÉGÉTAUX

En dehors des variations constatées au cours de l'extraction des essences, diverses observations ont montré que toute modification des conditions d'extraction (température plus élevée, plus grande rapidité de passage de la vapeur ou redistillation de l'essence) entraîne une modification des caractéristiques des essences.

Par ailleurs il est bien connu que l'odeur d'une essence extraite d'une plante est très différente de celle dégagée par cette même plante.

Ainsi NAVES (1955) a démontré en comparant les essences extraites à la vapeur d'eau et les concrètes obtenues par extraction à l'éther de pétrole, que les sesquiterpènes n'existent pas dans l'Ylang Ylang, ni le caryophyllène (qui est un sesquiterpène) dans le « clou de girofle », et que ces corps sont engendrés par l'action de la distillation elle-même sur des produits végétaux.

Et si, avec cet auteur, on peut dire que l'étude des essences ne permet pas de connaître l'évolution des corps qui sont à l'origine de ceux qui les constituent, on doit toutefois considérer les évolutions des rendements, de la composition et des caractéristiques d'essences obtenues par des distillations conduites dans des conditions rigoureusement semblables et effectuées à divers moments de la végétation des plantes comme étant le reflet de modifications réellement subies par les corps qui sont à leur origine.

E. — Conclusions

L'extraction des essences des lavandes ou des lavandins se fait normalement par entraînement à la vapeur d'eau. Cette technique très anciennement connue a toujours été utilisée d'une façon empirique. Elle est improprement appelée distillation.

Les différences quantitatives constatées au cours de nombreuses extractions ont fait, malgré les travaux de CHRIS (1930) et de NICOLOV (1957), l'objet d'interprétations erronées qui ont gêné considérablement les recherches relatives aux divers problèmes posés par la présence des essences dans les plantes.

L'étude de la distillation a été effectuée ici en fractionnant le distillat fourni par un alambic de laboratoire en 17 à 28 fractions selon les variétés traitées, ou en procédant à des prélèvements successifs du distillat s'écoulant d'appareils de grande capacité normalement employés dans la pratique. Les alambics qui sont servi à ces travaux ont une capacité de 3 000 ou de 5 000 litres ; selon les variétés, il était procédé à un nombre de prélèvements variant entre 15 et 27.

Les essences séparées de ces fractions, sont mesurées et leurs diverses caractéristiques physico-chimiques déterminées.

Les résultats obtenus en alambic de laboratoire ou en alambics de grande capacité sont en tous points comparables.

Dès le début de l'extraction la proportion d'essence dans le distillat est très importante et diminue rapidement par la suite. Pour une extraction telle qu'elle est conduite dans la pratique, la presque totalité de l'essence (90 p. 100) est entraînée dans la première moitié de l'opération.

Au fur et à mesure de la poursuite de l'extraction le parfum varie, la couleur fonce, la densité et le pouvoir rotatoire augmentent. Selon les variétés l'indice de réfraction subit des variations différentes mais toujours remonte vers la fin. La solubilité varie également et les dernières fractions sont toujours insolubles.

La richesse en esters (exprimés en acétate de linalyle) est faible au début et augmente ensuite mais peut baisser vers la fin (cas de la lavande Matheronne) alors qu'elle progresse régulièrement pour une variété de lavandin (l'Abrial).

Ces variations sont si importantes que les essences de « tête » de « corps » et de « queue » sont totalement différentes les unes des autres, mais ces observations sont en accord avec le principe même de l'extraction des corps volatils par la vapeur d'eau.

L'extraction elle-même, sous l'influence de l'élévation de température, en présence de vapeur d'eau, provoque des modifications importantes du parfum et des caractéristiques des essences.

De même la vitesse de passage de la vapeur est responsable de certaines variations des indices, donc de la composition des essences.

La condensation du distillat gazeux sortant de l'alambic, semble fixer un moment fugitif dans les modifications successives subies par certains corps mis en contact de la vapeur d'eau sous une température élevée.

L'extraction des essences à la vapeur d'eau est une opération apparemment très simple mais en réalité d'une extrême complexité, et il est regrettable qu'elle soit encore si mal connue.

L'étude poursuivie ici nous a permis de définir les possibilités et les limites de ce mode d'extraction des essences et aussi de mettre en lumière les raisons pour lesquelles les essences obtenues sont parfois si différentes.

Nous avons montré encore qu'il est possible de modifier les caractéristiques des essences en modifiant les conditions ou la durée de l'extraction et que les normes utilisées pour examiner les essences ont une valeur toute relative.

Chaque « cultivar » de lavande ou de lavandin possède une essence bien particulière. Il constitue un chémotype et les règles générales établies par RIPERT sur la composition des essences doivent être appliquées avec précautions aux essences produites à partir des plantes en culture.

Quoi qu'il en soit nous pouvons affirmer que la technique utilisée au laboratoire donne des résultats constants et comparables à ceux obtenus dans les alambics de grande capacité.

Cette technique étant bien définie, elle permet d'aborder l'étude des variations des rendements et de la qualité des essences produites par les plantes au cours de leur évolution végétative et aussi de rechercher l'influence que peut avoir la pollinisation sur ces variations.

CHAPITRE IV

ÉVOLUTION DES RENDEMENTS ET DE LA QUALITÉ DES ESSENCES AU COURS DE LA VÉGÉTATION

A. — Observations préliminaires

Les travaux de FONDARD (1926) sur la lavande vraie, puis d'IGOLEN (1944) sur le lavandin ont montré que les rendements en essence de ces plantes ainsi que les caractéristiques des essences extraites évoluaient au cours de la végétation. Mais ces observations étaient faites sur des essences obtenues par traitement de hampes entières. Aussi il nous a semblé intéressant de rechercher quelles étaient les variations subies par les essences des feuilles et par celles des calices.

ESSENCES FOURNIES PAR LES DIFFÉRENTES PARTIES DE LA PLANTE

En complément des travaux antérieurs sur le lavandin « Super Z » (BARBIER, 1958, puis MAUREL et BARBIER, 1958), nous avons voulu rechercher quelles pouvaient être les productions des diverses parties du végétal depuis le moment où les pousses commencent à se développer.

A cet effet, en 1959, comme en 1958, des coupes furent effectuées sur ce lavandin à divers moments de l'évolution végétative. Les hampes récoltées sur 3 à 5 plants étaient pesées en vert et aussitôt desséchées à l'étuve. Puis les diverses parties étaient séparées, pesées et distillées à part en alambic de laboratoire selon la technique déjà exposée.

Toutefois, au début, les feuilles représentant une très forte proportion de la récolte, la séparation des feuilles et des tiges ne fut pas faite et c'est leur ensemble qui fut distillé.

Du 19 mai au 8 juin, les calices ne pouvant être séparés ce sont les épis entiers qui furent distillés.

L'examen des résultats exposés au tableau 15 montre que :

a) les tiges seules n'ont jamais fourni la moindre quantité d'essence, même si la masse distillée était importante : 1 820 grammes en sec ou environ 5 500 grammes en vert pour la coupe du 8 juillet,

b) les feuilles par contre produisent un certain volume d'une essence qui apparaît être différente de celle des calices ; elle est grasse, fortement colorée en jaune, à odeur forte et désagréable et son indice de réfraction est très élevé. Cette essence est assez semblable à celle obtenue par la distillation de *Lavandula stoechas* L.

TABLEAU 15

Évolution végétative, rendements et indice de réfraction des essences fournies par les diverses parties des hampes florales provenant de récoltes successives au cours du développement du lavandin « Super Z » (Nice 1959)

	2 mai	11 mai	19 mai	25 mai	2 juin	8 juin	22 juin	8 juillet
Longueur des hampes en mm	190	400	600	700	790	830	845	845
Poids de la récolte en grammes	1 470	3 695	4 084	4 870	7 340	4 700	4 845	9 410
En vert	292	707	699	897	1 612	1 195	1 391	3 150
Matière sèche en %	19,9	19,2	17,2	18,4	21,9	25,4	28,7	33,4
<i>Importance relative des différentes parties de la hampe, en % du poids sec</i>								
Feuilles	100	100	97,5	31,3	24	15,9	9,9	7,1
Tiges				63,7	68,3	70,7	68,4	58,1
Épis	néant	néant	2,5	5	7,7	13,4	—	—
Calices							21,7	34,8
<i>Essences des feuilles. Rendement en % de la matière sèche.</i>								
Feuilles + tiges	0,100	0,152		0,192	0,142	0,100	0,133	0,193
Feuilles seules				1,4825	1,4802	1,4800	1,4725	1,4758 ⁽¹⁾
n_D^{20}	1,4905	1,4835		1,4808				
<i>Essences des tiges.</i>								
	?	?	0	0	0	0	0	0
<i>Essences des épis ou des calices. Rendement en % de la matière sèche.</i>								
Des épis	néant	néant	traces	0,104	0,337	0,920		
Des calices seuls							4,87	7,75 ⁽²⁾
n_D^{20}				1,4925	1,4805	1,4730	1,4658	1,4630
<i>Essences globales.</i>								
Essence de feuilles en %	100	100	100	92	56,5	11,4	1,23	0,50
Essences des épis et des calices en %	0	0	0	8	43,5	88,6	98,7	99,5
n_D^{20} ⁽³⁾	1,4905	1,4835	1,4825	1,4817	1,4803	1,4738	1,4659	1,4631

⁽¹⁾ La formation de nouvelles feuilles entraîne un relèvement de cet indice.

⁽²⁾ En fin de végétation le rendement atteint 9 %.

⁽³⁾ Par le calcul.

Les rendements restent toujours très faibles et les petites différences que l'on peut relever sont très probablement dues à la viscosité de cette essence qui provoque des pertes inévitables par adhérence aux parois de l'ampoule de décantation ou des récipients dans lesquels est recueilli le distillat à la sortie du réfrigérant.

L'indice de réfraction subit des variations importantes pendant la végétation, puisque de 1,4905 au 2 mai, c'est-à-dire au début du départ de la végétation, cet indice descend à 1,4758 au 8 juillet. A cette époque d'ailleurs les essences de feuilles sont moins jaunes et leur odeur est moins forte. Elles ont donc évolué au cours de la végétation comme le font les essences des calices, mais cette évolution est beaucoup moins sensible que pour ces dernières.

c) les épis produisent des essences qui, dès le début, sont également très jaunes et à indice de réfraction très élevé (1,4925) mais leur évolution est extrêmement rapide tant pour la couleur que pour l'odeur et l'indice de réfraction. En ce qui concerne ces essences produites par les épis, on doit reconnaître qu'elles sont, au moins dès le 2 juin, fournies surtout par les calices.

d) les essences de calices dont l'origine est certaine (22 juin et 8 juillet) sont très différentes. Leur rendement augmente et leur indice de réfraction, comme d'ailleurs leur couleur et leur parfum, subissent des variations importantes.

Si on considère les essences globales, on peut constater que, jusqu'au 19 mai, elles sont constituées uniquement par les essences de feuilles mais que très rapidement leur proportion s'abaisse pour ne plus représenter au 8 juillet que 0,50 p. 100. A cette date d'ailleurs, le fait de distiller ou non les feuilles ne provoque pas de différence sensible pour les rendements (100 p. 100 au lieu de 99,5 p. 100) ni pour les indices de réfraction obtenus par calcul (1,46300 contre 1,46306).

B. — Techniques

I — COUPES ÉCHELONNÉES

Dans une plantation effectuée avec une « variété », tous les plants sont identiques puisqu'ils dérivent d'un même individu. Aussi suffirait-il en principe de récolter un seul plant pour connaître le rendement et la qualité des essences produites par tous les autres. Toutefois, afin de palier aux irrégularités possibles de développement, nous avons toujours fait des coupes sur plusieurs plants.

Dans certaines séries d'essai nous avons procédé à des coupes de 200 à 400 ou 800 épis sur 40 à 80 plants, toujours les mêmes, mais nous avons remarqué que les hampes du centre de la touffe ont des rendements en essence supérieurs aux hampes latérales. Cette technique a donc été rapidement abandonnée pour la suivante : chaque semaine, et toujours à la même heure, les coupes sont effectuées dans des cultures bien homogènes situées en divers point du plateau de Valensole (Basses Alpes) à Allemagne-en-Provence, Riez, Valensole, Puimoisson et près de Saint-Jurs.

La coupe est faite à la faucille toujours de la même façon et le plus près possible de la base des hampes sur 3 à 16 plants entiers selon leur développement.

Les récoltes sont immédiatement pesées en vert sur place, puis transportées au laboratoire où elles sont desséchées très rapidement à l'étuve et pesées en sec. Les feuilles, les calices, les tiges, et les graines dans le cas des lavandes vraies, sont

alors pesés séparément. Puis les calices seuls sont « distillés » en utilisant toujours un volume de vapeur déterminé en fonction du volume de l'essence entraînée, de façon à éviter les modifications que pouvait apporter la distillation par elle-même, non pas sur les rendements mais sur les caractéristiques.

Ces distillations furent effectuées en 1958 et 1959 sur 20 séries principales énumérées au tableau 16.

TABLEAU 16
Lavandes et lavandins étudiés en 1958 et 1959

N° des séries et années	« Variétés »	Lieu de culture	Altitude (m)
<i>Lavandins.</i>			
1 1958	« Super Z »	Nice	50
2 1958	—	Près de Riez (Pontfrac)	480
3 1959	—	Nice	—
4 1958	« Super A »	Près de Puimoisson (Ananagi)	700
5 1958	—	Valensole (terre sèche)	560
6 1958	—	— (terre profonde)	560
7 1959	—	—	560
8 1958	« Abrial »	— Puimoisson (Touire)	600
9 1958	—	— St-Jurs (la Blache en terre sèche)	760
10 1958	—	— (terre profonde)	760
11 1959	—	— Puimoisson (le puits)	700
12 1958	« Maïme »	— (Ananagi)	700
13 1958	« Grande Bleue »	— Allemagne-en-Provence	600
<i>Lavandes.</i>			
14 1958	« Matheronne »	— Puimoisson (grande pièce)	700
15 1959	—	—	700
16 1958	« Maillette »	—	700
17 1958	—	— Valensole (terre sèche)	560
18 1958	—	— (terre profonde)	560
19 1959	—	— Puimoisson	700
20 1958	<i>Lavandula latifolia</i> , spiqueraie naturelle	— Quinson	480

Dans ce tableau, à part Nice située dans les Alpes-Maritimes et Quinson en bordure du Verdon, à la limite du Var et des Basses-Alpes, toutes les localités citées sont situées dans le département des Basses-Alpes, sur le plateau de Valensole.

Aux 240 essences recueillies dans ces séries il convient d'en ajouter 107 provenant de séries de moindre importance et de distillations faites en 1957. Soit un total de 347 essences qui permirent de suivre les évolutions des rendements et de divers indices chimiques et physiques pendant 8 à 10 semaines à partir de l'apparition des premières fleurs.

a) *Stade végétatif*

Déjà FONDARD (1926) avait cherché à définir le moment le plus favorable à la coupe des lavandes en se basant sur l'état de la floraison.

Nous avons voulu ici obtenir une plus grande précision en utilisant la technique suivante : sur 3 ou 4 plants, 10 épis au total sont choisis et marqués à l'occasion des coupes hebdomadaires effectuées toujours à la même heure et le nombre de corolles épanouies sur ces 10 hampes est soigneusement relevé. Dans ces conditions, il est possible de suivre, de semaine en semaine, l'évolution de la floraison.

2 — CALCUL DES RENDEMENTS

Du fait de la répartition des cellules à essence sur les différentes parties de la hampe, la façon d'exprimer les résultats présente une grande importance.

a) *Chez les lavandins*

Pour ces plantes on remarquera au tableau 17 que le rendement varie dans les proportions considérables selon la façon dont il est calculé.

TABLEAU 17

*Exemples de calculs de rendement
lavandin « Super Z » (Nice, 8 juillet 1958)*

A. — *Éléments de calcul :*

Poids total (en g)		Poids sec des diverses parties (en g)		
vert	sec	feuilles	calices	tiges
9 410	3 150	223	1 096	1 830
Essences en ml		0,43	84,95	néant

B. — *Rendements :*

Parties des hampes		Essences	
	Poids en g	en ml	en % (ml/g)
	(sec)		
Calices	1 096	84,95	7,75
Feuilles	223	0,43	0,193
Tiges	1 830	néant	0
<i>Rendements par rapport à l'essence globale</i>			
Calices + feuilles	1 319	85,38	6,47
Calices seuls	1 096	85,38	7,79
Hampes entières	3 150 (vert)	85,38	2,71
Hampes entières	9 410	85,38	0,907

C'est ainsi que le rendement établi par rapport au poids des calices et des feuilles baisse déjà sensiblement en regard de celui des calices (essence des calices/poids des calices), mais il baisse encore beaucoup plus s'il est calculé en fonction du poids des hampes entières et devient insignifiant si le poids des hampes utilisé est le poids en vert.

Par ailleurs, on conçoit aisément que le poids en sec des hampes varie selon la hauteur de la coupe tout comme le poids en vert varie selon l'heure où est faite l'opération et selon l'état de la dessiccation des hampes au moment où elles sont pesées.

En conséquence, il n'est pas rationnel d'établir les rendements sur le poids en vert des hampes entières comme cela se fait le plus souvent, ni même d'exprimer ces rendements par rapport au poids en sec si de grandes précautions n'ont pas été prises au moment de la coupe.

b) *Chez les lavandes*

En ce qui concerne les lavandes vraies qui produisent des graines, le poids de celles-ci risque de fausser complètement les données du problème. Aussi est-il nécessaire de ne considérer pour le calcul des rendements que le poids des seuls calices.

En effet, voici à titre d'exemple la proportion de chaque partie des hampes pour une coupe réalisée après la floraison de la lavande « Matheronne » alors que toutes les graines sont à maturité.

Hampes et feuilles sèches.....	433 g	soit	47,4 %
Calices <i>seuls</i>	365		40,0
Graines.....	115		12,6
Total	913		100,0

Les calices seuls représentant 40 pour cent du poids total alors qu'avec les graines leur proportion par rapport à ce poids est nettement plus élevée (52,6 p. 100).

Ajoutons encore que chez les lavandes vraies, la formation des calices a pratiquement atteint son maximum dès le début de la floraison alors que chez les lavandins cette formation se prolonge jusqu'à la pleine floraison.

De toute façon, le but poursuivi ici étant de rechercher les variations quantitatives et qualitatives des essences contenues dans les cellules des calices, nécessitait une plus grande précision. Aussi a-t-il paru logique de ne distiller que les calices ; dans ces conditions, les variations de rendement et de qualité seront dues à l'état physiologique de la plante.

C. — Les essences chez les lavandins

I — ÉVOLUTION DES RENDEMENTS

Dans les conditions décrites ci-dessus on remarquera à la figure 13 que pour chaque variété la quantité d'essence produite par le même poids de calices augmente rapidement au début de la floraison puis de moins en moins vite et se stabilise après la disparition des fleurs sans que l'on puisse noter une baisse quelconque.

Chez les lavandins, les essences accumulées dans les cellules des calices ne subissent aucun changement quantitatif.

En ce qui concerne l'importance même des rendements, elle est déterminée pour chaque série par la variété, la richesse du sol, la pluviométrie et les conditions climatiques, et peut-être même par l'âge de la plante ; c'est ce qui explique les différences que l'on peut relever entre les courbes 1 et 2 « Super Z » 9 et 11 « Abrial ».

Par ailleurs nous avons constaté que les calices appartenant aux hampes du centre de la touffe, ont une richesse en essence supérieure à celle des calices portés par les hampes de la périphérie.

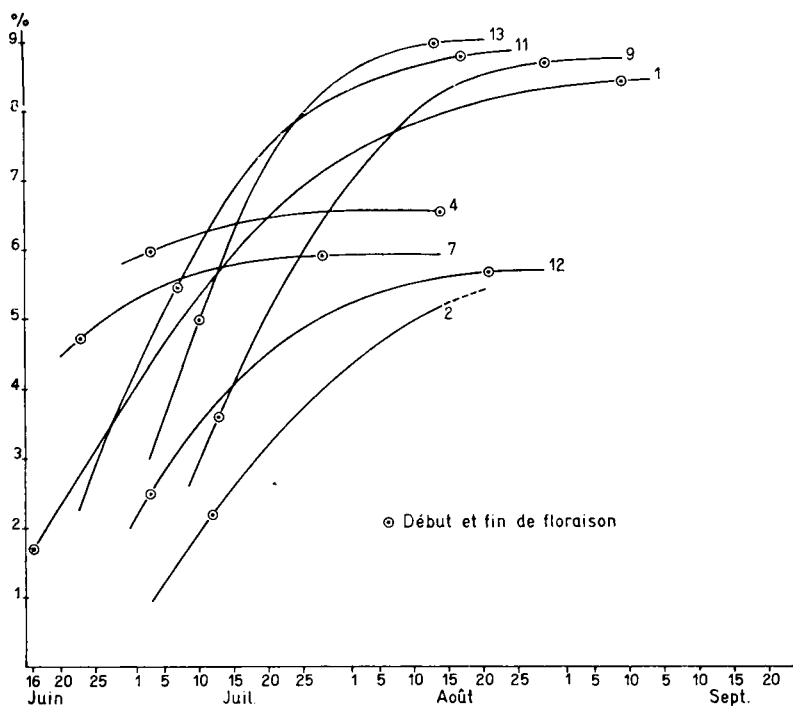


FIG. 13. — Évolution des rendements en essence au cours de la végétation des lavandins. Après la floraison les rendements ne diminuent pas. Les rendements sont exprimés en millilitres d'essence fournis par 100 grammes de calices secs.

(Pour les noms des « variétés » voir page 321)

2 — ÉVOLUTION DES CARACTÉRISTIQUES

Certaines caractéristiques ont été déterminées (indice de réfraction, solubilité) ou évaluées (couleur) sur toutes les essences alors que d'autres ne l'ont été que sur certaines séries (pouvoir rotatoire, densité, richesse en esters, richesse en alcools totaux en alcools libres).

Les variations de ces caractéristiques sont portées sur les figures 14 à 17 pour quelques séries parmi les plus représentatives.

a) La solubilité (voir figure 14).

D'une façon constante la solubilité des essences s'améliore au cours de la végétation ⁽¹⁾ comme l'avait déjà remarqué IGOLEN (1944). Chaque variété et même chaque série présente une solubilité plus ou moins grande.

(1) Il est à noter que dans une publication antérieure, nous avons donné l'évolution de la solubilité des essences du lavandin « Super Z » mais ces solubilités, déterminées tardivement sur des essences conservées sans précautions particulières, avaient été modifiées par l'oxydation ; il n'y a donc pas lieu de les considérer comme valables (voir MAUREL et BARBIER, 1958).

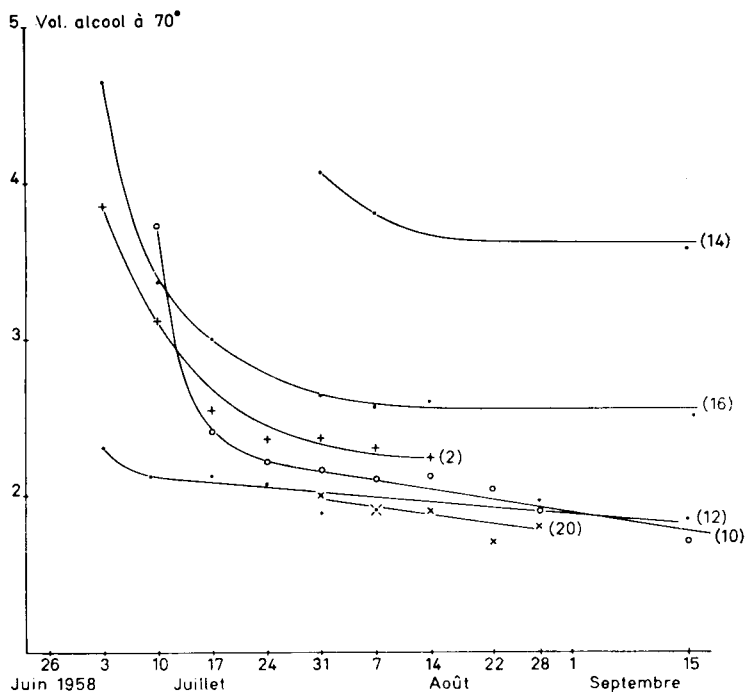


FIG. 14. — Évolution de la solubilité des essences au cours de la végétation (Pour les noms des « variétés » voir page 321).

b) Indice de réfraction.

Pour le lavandin « Super Z », les variations de cet indice ont été examinées pour les essences de feuilles et pour celles de calices (tableau 15) ainsi que pour les essences globales (BARBIER, 1958). En 1958, on constate sur la figure 15 que pour les essences des calices, l'indice de réfraction évolue toujours vers des valeurs plus basses parallèlement à l'avancement de la végétation. Chaque variété possède une courbe particulière (voir courbes 13 et 12) qui évolue à des niveaux très différents (voir courbe 1 et 4).

Par ailleurs, il semble bien que selon l'altitude ou le climat et la sécheresse du sol, le niveau de ces courbes se trouve modifié. (Voir courbes 1 et 2 pour le lavandin « Super Z » et 4 et 5 pour la variété « Super A », la série 5 poussant dans un sol plus sec que la série 4). Cette modification peut aussi être due à l'application d'engrais dont l'influence sur d'autres caractéristiques avait été signalée par FONDARD (1926).

c) Autres caractéristiques physiques.

La couleur des premières essences est toujours assez foncée et correspond à celle d'une solution d'iode à N/1 560, soit 81,5 milligrammes d'iode par litre, mais celle des essences extraites par la suite est de plus en plus claire au fur et à mesure de l'évolution de la végétation.

La densité s'abaisse également assez régulièrement. Quant au pouvoir rotatoire, il évolue vers des valeurs négatives plus grandes comme l'avaient déjà signalé Igo-

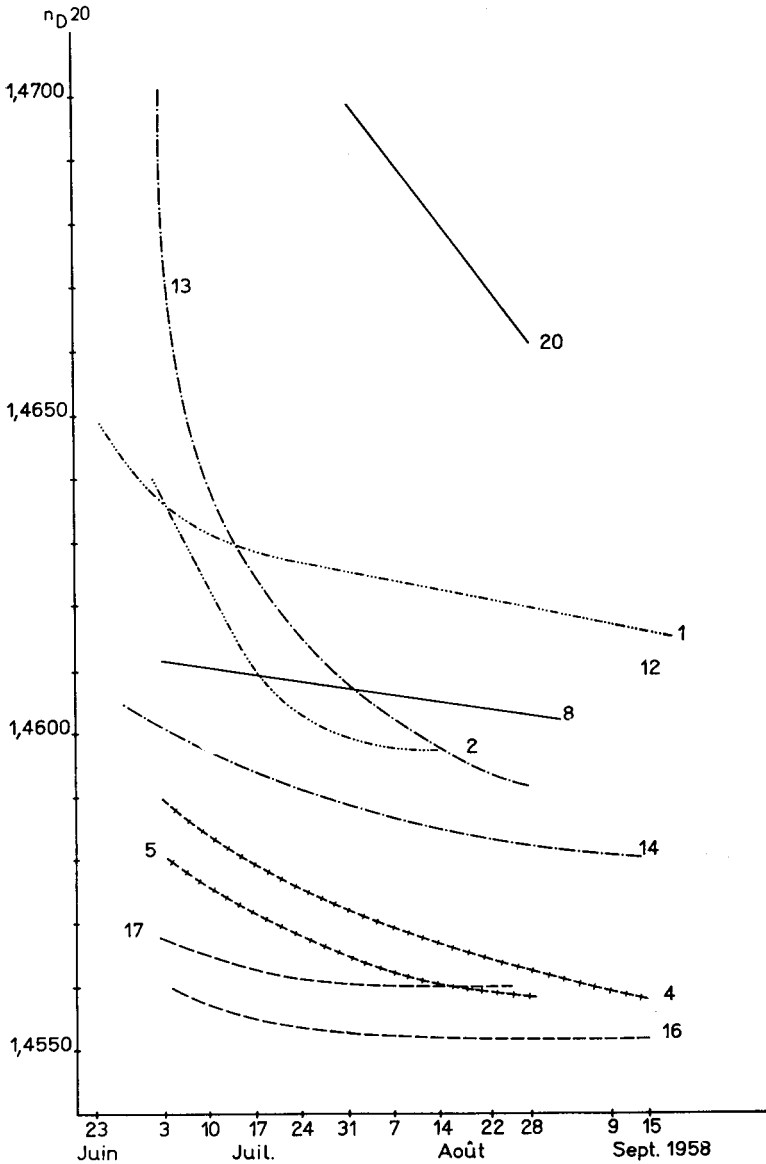


FIG. 15. — Évolution de l'indice de réfraction des essences au cours de la végétation (Pour les noms des espèces et des « variétés » voir page 321).

LEN (1944) puis MAUREL et BARBIER (1958), mais nous ne possédons pas pour ces indices suffisamment de relevés pour établir les courbes d'évolution.

d) *Richesse en alcools libres et alcools totaux.*

Selon les variétés, ces richesses (exprimées en linalol) se situent à des valeurs très différentes (voir figure 16) mais leurs variations, en accord avec IGOLEN (1944), sont positives, sauf pour les alcools totaux de la série 9 dont la teneur est restée invariable ; *elles ne sont jamais négatives* comme l'avait signalé CHARABOT (1900) pour les essences de lavande vraie.

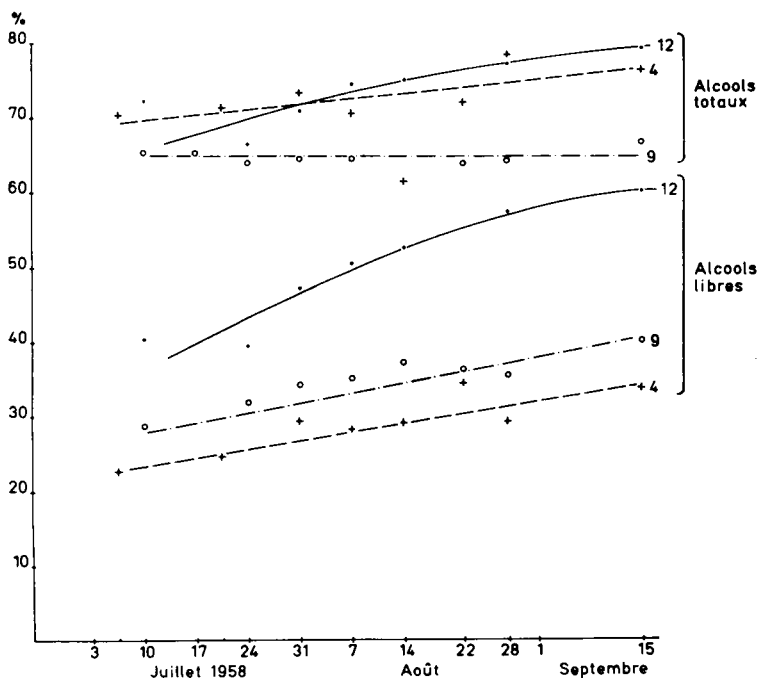


FIG. 16. — Évolutions des teneurs en alcools libres et en alcools totaux dans les essences au cours de la végétation (Alcools exprimés en linalol)

Série 4 = Lavandin Super A
 Série 9 = Lavandin Abrial
 Série 12 = Lavandin Maïme

e) *Richesse en esters.*

Comme pour les alcools, la richesse en esters (exprimée en acétate de linalyle) est très différente selon la variété mais son *évolution est toujours négative* (fig. 17).

Il convient de remarquer que cette teneur en esters, bien qu'elle soit exprimée en acétate de linalyle, est la somme de tous les esters présents dans l'essence (cette remarque est également valable pour les alcools qui sont exprimés en linalol).

Ces indices chimiques ne tiennent donc pas compte de la composition chimique réelle des essences et de ce fait, ils n'ont qu'une valeur toute relative. Leurs variations nous permettent toutefois de constater que la *composition d'une essence varie au cours de la végétation* et c'est ce qu'il est important de relever.

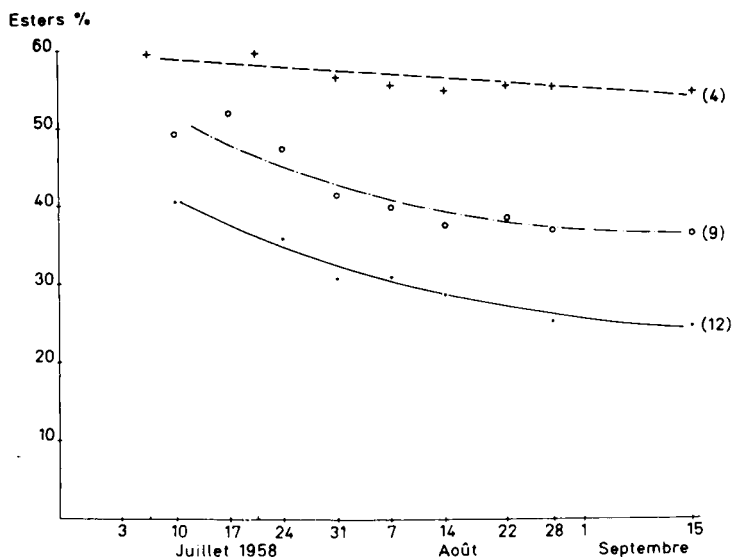


FIG. 17. — Évolution de la teneur en esters dans les essences au cours de la végétation (Esters exprimés en acétate de linalyle)

Série 4 — Lavandin Super A
Série 9 — Lavandin Abrial
Série 12 — Lavandin Maïme

D. — Les essences chez les lavandes

I — ÉVOLUTION DES RENDEMENTS

Chez les lavandes les rendements calculés sur les seuls calices évoluent d'une façon bien particulière (fig 18).

On peut compter que 15 à 20 jours environ après l'apparition des premières fleurs, les calices fournissent le maximum d'essence ; mais très rapidement cette richesse diminue un peu avant que n'apparaissent les premières graines mûres et pendant tout le temps où les graines se forment.

Cette allure des courbes s'est retrouvée en 1958 sur toutes les séries de prélèvements effectués sur les lavandes vraies « Maillette » et « Matheronne ».

Sans anticiper sur le chapitre suivant on peut dire que le taux d'essence contenue dans les calices et l'évolution des rendements sont encore fonction du sol et aussi du climat.

2 — ÉVOLUTION DES CARACTÉRISTIQUES

Chez les lavandes vraies, les caractéristiques des essences évoluent en relation avec l'état de la végétation, de la même façon que chez les lavandins.

Malheureusement les faibles quantités d'essence recueillies ne nous ont pas permis de déterminer pour toutes les séries tous les indices, sauf pour l'indice de réfraction et la couleur, d'autant plus qu'à l'origine ces travaux étaient surtout orientés sur les lavandins. Quand à la solubilité elle a pu être suivie sur quelques séries.

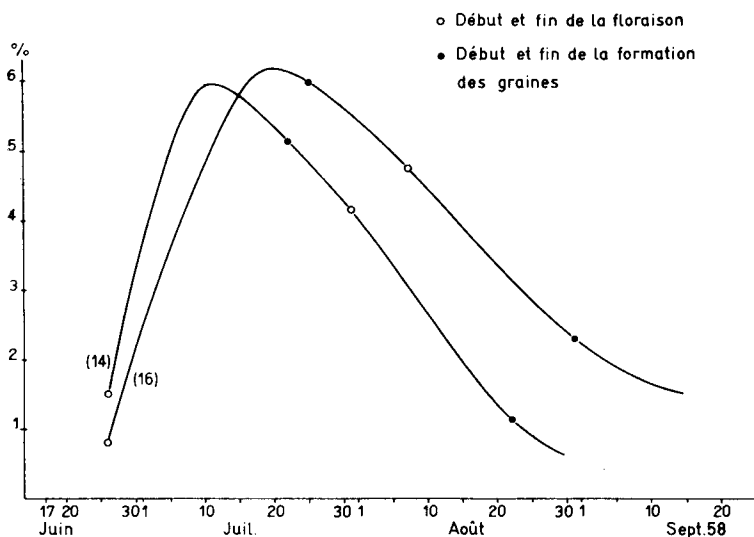


FIG. 18. — Évolution des rendements chez les lavandes vraies au cours de la végétation. (Les rendements sont exprimés en millilitres d'essence fournis par 100 grammes de calices secs.)

Série 14 — Lavande Matheronne,
Série 16 — Lavande Maillette.

La couleur des essences des calices évolue vers des teintes plus claires.

L'indice de réfraction suit la même évolution que chez les lavandins ; voir à la figure 15 les courbes 14 pour la variété « Matheronne » et 16 pour la variété « Maillette ».

La solubilité des essences des lavandes (voir figure 14) suit également la même évolution ; toutefois on remarquera que l'essence de « Matheronne » ne devient soluble qu'après la fin de la floraison, beaucoup plus tard que les autres « variétés ». Quant à la « Maillette », son essence est toujours moins soluble que celle des lavandins.

Pour les autres caractéristiques : densité et pouvoir rotatoire, les quelques mesures effectuées permettent d'affirmer qu'elles évoluent vers une densité plus basse et un pouvoir rotatoire plus fortement dextrogyre.

Pour les indices chimiques (voir figure 19), la richesse en alcools totaux reste stationnaire ; celle des alcools libres augmente et celle des esters diminue au cours de l'évolution végétative.

3 — REMARQUES CONCERNANT L'ASPIC

Les quelques relevés effectués sur *Lavandula latifolia* (courbes 20) font apparaître sur les figures 15 et 14 des évolutions identiques de l'indice de réfraction et de la solubilité. On remarquera aussi que les essences de lavandin se situent en général entre celles de *Lavandula vera* D. C et *Lavandula latifolia* VILL.

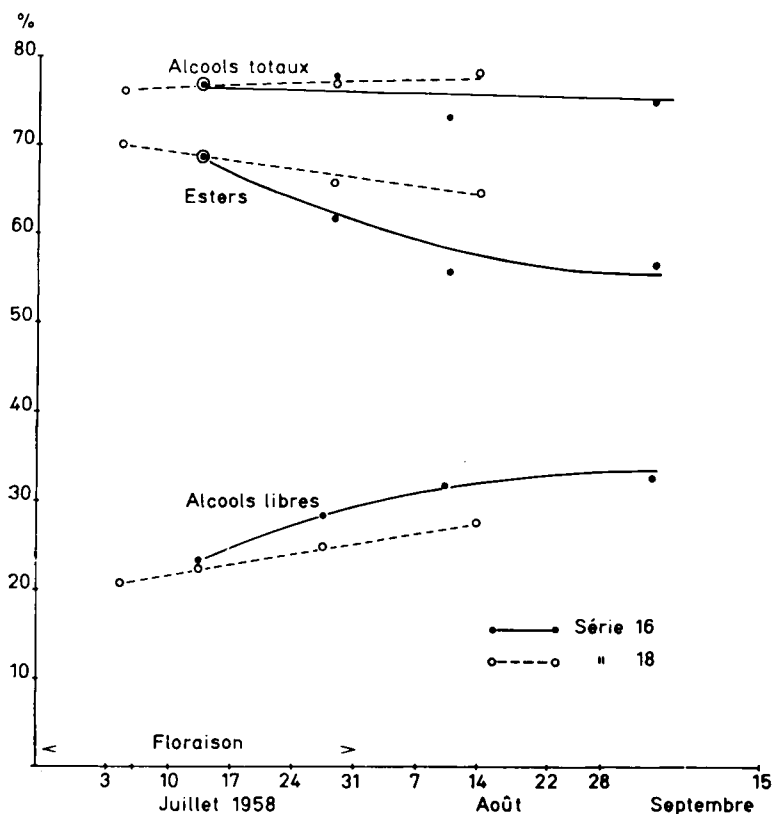


FIG. 19. — Évolutions des teneurs en esters et en alcools dans les essences de lavande au cours de la végétation

(Les alcools sont exprimés en linalol et les esters en acétate de linalyle.)
Séries 16 et 18 — Lavande Maillette.

E. — Modifications de la courbe de l'indice de réfraction de de l'essence globale au cours de la végétation

A l'occasion de l'établissement de cette courbe, par examen des essences obtenues lors des distillations fractionnées effectuées sur différentes variétés de lavandin et sur une variété de lavande vraie, nous avons signalé qu'elle était différente selon le moment de la coupe.

Il convient à cet égard de comparer à la figure 5 les courbes 47 et 18 pour le lavandin « Maïme », les courbes 32 et 17 pour la lavande « Maillette », et surtout les courbes 46 et 1 pour le lavandin « Super Z ».

Il existe donc une certaine différence d'allure de cette courbe selon les diverses variétés ; différence d'autant plus marquée que la variation de l'indice de réfraction de l'essence globale sera grande au cours de l'évolution végétative.

Chez la lavande Matheronne, l'indice de réfraction de l'essence globale subit

au cours de la végétation une variation relativement importante (voir la courbe n° 14 à la figure 15) aussi avons-nous pensé suivre périodiquement sur cette variété les modifications de la courbe de l'indice de réfraction de l'essence globale par les distillations fractionnées selon la méthode exposée précédemment. Les coupes ont été effectuées aux dates suivantes dans une plantation des Basses-Alpes, près de la localité de PUIMOISSON.

TABLEAU 18

Date	Distillation fractionnée n°	État de la floraison. Nombre de corolles sur 10 épis
17 juin 1959.....	25	0
23 juin	26	89
30 juin	27	105
7 juillet	28	74
14 juillet	29	58
21 juillet	30	17
28 juillet	31	0
4 août.....	33	0
17 août.....	34	0
25 août.....	35	0

De plus une distillation portant le n° 36 a été faite sur une coupe effectuée à Nice le 31 août 1959 sur cette même variété.

Dans ces conditions, on remarquera sur la figure 20 que :

1° l'indice des premières fractions est d'autant plus bas que la coupe est faite tardivement.

2° plus la végétation est avancée, plus le niveau le plus bas atteint par la courbe se déplace vers la gauche (85 p. 100 environ pour les courbes 29 et 31, 60 p. 100 environ pour la courbe 35).

3° plus la végétation est avancée, moins est élevé l'indice obtenu en fin de distillation.

On assiste en quelque sorte à un glissement de ces courbes successives qui semble bien être provoqué par la disparition dans les essences de corps peu nombreux ou très facilement entraînés et d'indice de réfraction élevé.

Il est à noter que, par rapport aux autres, la courbe 36 correspond à des conditions biologiques plus extrêmes encore, par suite de l'avance de la végétation à Nice par rapport aux Basses-Alpes. Toutefois l'indice final atteint par cette essence est légèrement plus élevé mais nous avons vu, notamment pour le lavandin « Super Z », que la culture à Nice a toujours donné des essences à indice de réfraction plus élevé que celles provenant d'une culture faite dans les Basses-Alpes.

Il convient également de signaler qu'une distillation fractionnée faite en 1958 sur des calices de lavande « Matheronne » récoltés en fin août dans les Basses-Alpes, alors que cette année avait été particulièrement sèche, avait donné une courbe qui partant de l'indice 1,4498 s'élevait en ligne droite jusqu'à 1,4530 puis remontait progressivement de plus en plus rapidement jusqu'à 1,4572 (courbe 16).

Ainsi donc l'évolution végétative influe sur la courbe d'une façon spectaculaire, mais il semble bien que les conditions écologiques aient aussi un rôle non négligeable.

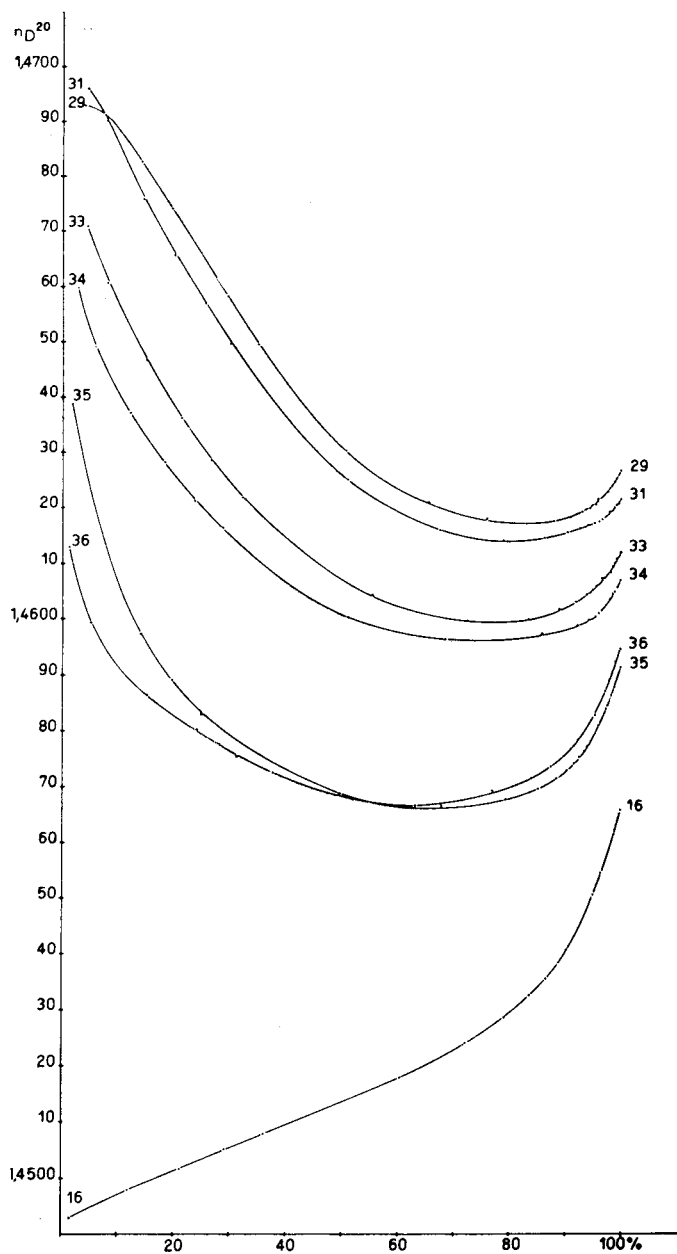


FIG. 20. — Influence de la végétation sur les modifications subies par la courbe de l'indice de réfraction de l'essence globale de lavande Matheronne au cours de l'extraction

Courbes 29 à 35 — Coupes échelonnées de semaine en semaine (Basses-Alpes 1959).

Courbes 36 — Coupe tardive (Nice 1959).

Courbes 16 — Coupe très tardive en année sèche (Basses-Alpes 1958).

Noter la déformation progressive de ces courbes (voir aussi figure 5).

Il est nécessaire encore de signaler que les plants de lavande coupés le 17 juin, ont développé au cours de l'été, certainement grâce à la pluviométrie élevée en fin juin et juillet, des hampes florales qui arrivèrent à épanouir leurs premières corolles le 25 août.

Ces hampes entières, distillées normalement sans fractionnement, donnèrent une essence qui, avec un rendement anormalement élevé, par suite du faible développement des tiges (les hampes avaient au plus haut point le caractère *fragrans*) répondaient aux caractéristiques suivantes :

n_D^{20}	= 1,4609 ;
Esters	= 64,8 p. 100 ;
Alcools libres	= 15,8 p. 100 ;
Alcools totaux	= 66,5 p. 100.

Ces quelques remarques confirment l'influence du climat sur la qualité des essences, influence qui a toujours été considérée comme importante par les « nez » ou experts olfactifs. Elles rejoignent également les observations de ROVESTI (1955) sur les essences de *Thymus serrulatus* Hochst et de *Meriandra bengalensis* Benth, qui possèdent une composition différente selon l'altitude et le climat, cette différence de composition des essences étant liée à une différence de développement végétatif comparable à celle observée chez les lavandes, lesquelles présentent l'aspect *fragrans* ou *delphinensis* selon les conditions du milieu.

F. — Discussion

Les observations rapportées dans ce chapitre ont été effectuées pendant une très longue période du développement végétatif des plantes ; elles débordent largement l'époque normale fixée par l'empirisme pour la récolte des lavandes et des lavandins.

La durée de ces observations et la façon dont elles ont été conduites font apparaître, en dehors de toute influence incontrôlable, que les essences subissent des modifications qui sont dues à la physiologie des plantes.

Ces modifications sont multiples. Elles portent sur la richesse des plantes en essence et sur les caractéristiques physico-chimiques des essences extraites.

I — RENDEMENTS

Une grande différence peut être relevée en ce qui concerne les rendements chez les lavandes et les lavandins.

Chez les lavandes vraies, parallèlement à la formation des graines, on assiste à une très importante diminution de la richesse des calices en essence.

Ces observations sont en accord avec les résultats publiés par FONDARD (1926) et par IGOLEN et BENEZET (1958). Elles sont aussi en accord avec les constatations des producteurs qui avaient remarqué que certaines distillations faites avec des lavandes *trop mûres* ne fournissent que très peu d'essences (ils disaient que les plantes étaient « estouffées », langage imagé certes, mais bien évocateur).

Chez les lavandins par contre, les rendements se maintiennent à un taux élevé, même après la fin de la floraison, comme l'avait remarqué IGOLEN (1944).

2 — CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

Chez les lavandes et chez les lavandins les caractéristiques des essences extraites des calices évoluent d'une façon sensiblement identique. A une récolte tardive, correspondent les modifications suivantes des caractéristiques :

- couleur plus claire ;
- indice de réfraction plus bas ;
- densité plus basse ;
- solubilité plus grande ;
- pouvoir rotatoire plus fortement dextrogyre ;
- richesse en alcools libres et totaux plus grande ;
- richesse en esters moins élevée.

Ces observations sur l'évolution des essences permettraient de formuler des conclusions touchant à la physiologie des plantes, mais elles seraient prématurées ; on les trouvera dans la discussion générale.

Par contre il en découle deux applications pratiques qui sont les suivantes.

3 — MOMENT OPTIMUM DE LA RÉCOLTE

Compte tenu de l'évolution des essences dans les plantes et de l'évolution végétative de ces dernières, il est évident que le moment optimum de la récolte, c'est-à-dire le moment où on obtiendra à l'unité de poids ou de surface la plus grande quantité d'une essence possédant les caractéristiques considérées comme les plus intéressantes, sera :

- pour les lavandins, lorsque toutes les fleurs seront fanées ;
- pour les lavandes le meilleur moment de la récolte sera un compromis entre le meilleur rendement et la meilleure qualité ; la coupe sera donc effectuée 8 à 15 jours après que le maximum de floraison soit atteint, ou mieux encore au moment où apparaissent les premières graines mûres.

Dans le cas de culture faite à partir des populations, forcément très hétérogènes, et non pas avec des clones, il conviendra de procéder à des sondages pour définir le moment où le maximum des plantes mûrissent leurs premières graines.

4 — LA SÉLECTION

Depuis un certain nombres d'années, des efforts ont été tentés en vue d'améliorer la production des essences. Chez les lavandins, ces efforts ont abouti à la sélection de certaines « variétés » comme « Abrial », « Super A », « Super Z », « Maïme », etc. et plus tard apparaissaient pour les lavandes, les « variétés », « Verte », « Maillette », « Matheronne » et bien d'autres.

Malheureusement ces variétés ont surtout été choisies en fonction de leur rendement ; quant à la qualité des essences, elle a dans la plupart des cas été si mal définie que certaines sélections, après avoir été cultivées, tendent à être abandonnées ; dans le cas de la lavande « Matheronne », les cultures sont arrachées prématurément.

Les multiples observations faites sur la distillation, l'évolution des rendements et l'évolution de la qualité des essences au cours de la végétation permettent d'apporter à la sélection des lavandes et des lavandins les données de base indispensables à la comparaison des essences produites par les diverses têtes de lignée qui peuvent être retenues après un premier examen.

G. — Conclusions

Nous avons voulu ici suivre sur plusieurs « variétés » de lavande et de lavandin, les variations des rendements et des caractéristiques des essences produites par les plantes dans les conditions naturelles de la culture.

Par l'étude d'une variété de lavandin nous avons pu remarquer que :

- les tiges n'ont jamais fourni la moindre quantité d'essence,
- les feuilles contiennent une faible proportion d'essence dont l'indice de réfraction, très élevé au départ, évolue peu par la suite.
- les calices ont par contre une richesse très élevée en essence dont les caractéristiques varient dans de grandes proportions au cours de la végétation.

Par rapport aux essences des calices, les essences des feuilles sont peu importantes ; aussi notre étude a porté sur les essences fournies par les calices. Les rendements sont exprimés par rapport au poids sec des calices.

Évolutions constatées chez les lavandins

Dans tous les cas les rendements en essence augmentent régulièrement, en relation avec l'évolution de la floraison.

Ces rendements atteignent un maximum en fin de floraison et ne diminuent pas par la suite (voir fig. 13).

Les caractéristiques des essences chez toutes les variétés et dans tous les essais, évoluent de la façon suivante au cours de la végétation :

- la couleur devient moins jaune,
- la solubilité s'améliore (voir fig. 14),
- l'indice de réfraction s'abaisse (voir fig. 15),
- la densité diminue,
- le pouvoir rotatoire augmente,
- le parfum s'améliore.

Ces variations évoluent dans le sens d'une amélioration de la qualité des essences si l'on se réfère aux « normes » utilisées par le commerce. Par ailleurs,

- la richesse en alcools libres et en alcools totaux augmente (voir fig. 16),
 - la richesse en esters diminue (voir fig. 17),
- mais la valeur de ces indices est assez controversée.

Évolutions constatées chez les lavandes

Dans tous les cas les rendements en essence augmentent pendant un certain temps puis diminuent plus ou moins rapidement (voir fig. 18).

Chez les variétés étudiées les caractéristiques évoluent sensiblement de la même façon que chez les lavandins.

En ce qui concerne la lavande « Matheronne », l'établissement de la courbe de l'indice de réfraction de l'essence globale, obtenue par distillation fractionnée à divers moments de la végétation, montre que l'abaissement de l'indice de l'essence globale est provoqué par l'abaissement de l'indice des fractions de « tête », ce qui sans aucun doute est dû à la disparition de certains corps dans l'essence au cours de la végétation.

La valeur des normes des essences, définies par les coutumes, semblent être des moyennes assez arbitraires et on comprend qu'elles soient si peu précises.

Sur les variations des essences, des lavandes ou des lavandins, il apparaît que les conditions du climat ont une action très importante et qu'elles semblent situer le niveau auquel vont évoluer ces variations.

Du point de vue de la physiologie végétale, nous avons pu constater la grande différence qui existe entre les lavandes et les lavandins en ce qui concerne l'évolution des rendements. Quant aux variations des caractéristiques des essences, elles sont assez semblables.

Ces variations étant maintenant connues, nous allons pouvoir examiner l'influence du butinage des abeilles.

CHAPITRE V

CONSÉQUENCES DIVERSES DU BUTINAGE DES ABEILLES SUR LES LAVANDINS ET LES LAVANDES ET LEURS ESSENCES

Dans les chapitres précédents toutes les observations sur la biologie florale et l'évolution des essences ont toujours été faites dans les conditions biologiques naturelles, notamment en présence des insectes pollinisateurs et plus particulièrement des abeilles, dont l'activité sur les lavandes et lavandins est considérable. Aussi pour étudier les conséquences de l'activité des butineuses a-t-il été nécessaire d'utiliser la technique suivante.

A. — Technique générale

LES CAGES

Au moment de l'apparition des premières fleurs sur les plants choisis pour l'expérimentation, on dresse deux cages parfaitement identiques, orientées de même façon et recouvrant un même nombre de plants.

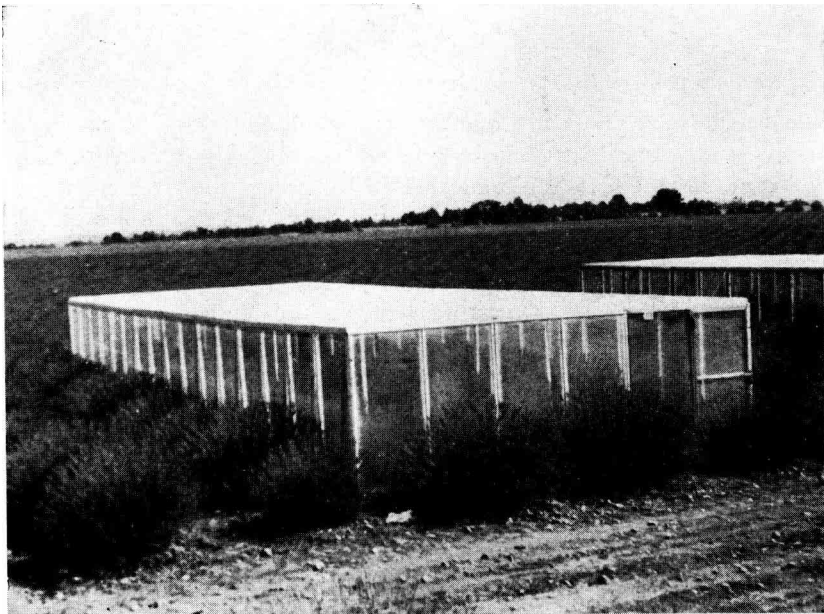


FIG. 21. — Cages sur lavandin de la variété « Grande Bleue »
en culture dans les Basses-Alpes en 1958 — vue générale

Ces cages sont formées par l'assemblage d'éléments standards de 1,60 m de côté et constitués par un cadre en bois, réalisé avec des montants de 4 cm d'épaisseur, sur lequel est tendu un fin grillage métallique du type « toile de garde-manger ». Fixée au sol par des haubans en fil de fer, chaque cage comprend un élément possédant une porte pour permettre les visites.

Selon le cas, nous avons utilisé des cages de grandeurs différentes par exemple :

— Cages à auvent — Ces cages furent mises en service pour des premiers essais de 1956 par suite du manque de matériel, mais abandonnées en 1957 et 1959. En effet sous l'auvent et dans la cage les conditions climatiques ne pouvaient être identiques et certaines différences enregistrées auraient pu être attribuées à cet état de choses.

— Cages à 46 éléments couvrant 61, 44 mètres carrés soit 24 plants de lavandin (variété « Grande Bleue » cultivée à Allemagne-en-Provence, 1957 ; « Super Z » à Nice, 1957 et 1958.

— Cages à 32 éléments couvrant 25, 60 mètres carrés, soit 28 plants de lavande (variété Matheronne cultivée près de Puimoisson, 1959, et à Nice 1959).

Dans chaque essai une cage contenait une colonie d'abeilles sur trois cadres. Les abeilles ne pouvaient butiner que sur les fleurs présentes sous la cage (série A), alors que l'autre cage protégeait les plantes de toute visite d'insectes (série B). De plus il était prévu un lot de plantes poussant en plein air dans les conditions naturelles (série C).

Les différences de rendement et de qualité des essences entre les séries A et C seront dues à la présence des cages alors que les différences entre les séries A et B seront dues indiscutablement au butinage des abeilles.

a) *Époque d'installation des cages.*

Dans tous les cas les cages furent installées avant l'apparition des premières fleurs.

b) *Modifications des conditions climatiques.*

Afin de contrôler l'influence que pouvait avoir la présence de ces cages sur les rendements et les caractéristiques des essences, des relevés portant sur les conditions météorologiques ont été effectués à l'aide de trois psychromètres et trois évaporomètres spécialement construits à cet effet dont les parties sensibles étaient protégées du soleil par un écran. La luminosité était déterminée par une cellule photoélectrique, dirigée sur une surface blanche placée horizontalement au niveau du sol puis au niveau des fleurs. Quant au vent, sa force était évaluée en fonction du déplacement d'un carré de carton fixé à un fil.

Les différences du climat dues à la présence des cages sont :

- 1 — nulles pour la température de l'air et son humidité relative ;
- 2 — pratiquement insignifiantes pour le pouvoir évaporant de l'air ;
- 3 — très faibles pour la force du vent ;
- 4 — assez sensibles pour les deux facteurs suivants :
 - sous cage la luminosité peut-être évaluée, aux heures d'ensoleillement maximum, à 85 p. 100 de la luminosité en plein air,
 - sous cage également, l'insolation est nettement moins élevée et se traduit par une sensation de relative fraîcheur.

Ces deux modifications sont dues à la présence de la toile métallique dont chaque fil constitue un écran aux rayons solaires et à la présence des montants des cadres.

D'autres différences doivent encore exister mais n'ont pu être déterminées ; la température minimum nocturne, est par exemple probablement moins basse à cause de la diminution des radiations nocturnes, avec pour conséquence une rosée moins abondante.

Ces différences, assez faibles dans l'ensemble, jouent certainement un rôle dans la physiologie des végétaux et expliquent certaines différences dans les rendements et la qualité des essences comme nous le verrons plus loin.

B. — Influence sur la floraison

I — INTENSITÉ DES FLORAISONS

Que ce soit chez les lavandes ou chez les lavandins, on constate une grande différence dans le nombre de corolles présentes sur les inflorescences des plantes butinées et de celles maintenues à l'abri des insectes.

a) *Durée de vie des corolles*

La fleur de lavande ou de lavandin normalement butinée ne reste épanouie que pendant 2 à 3 jours et le flétrissement de la corolle survient brusquement.

Par contre, les corolles des fleurs protégées de la visite des abeilles restent épanouies pendant 10 à 11 jours ou 12 à 13 jours selon les cas et leur flétrissement ne se produit que lentement à partir du 9^e ou 10^e jour.

La survie des corolles a pour conséquence de faire paraître la floraison des plantes non butinées nettement plus abondante que celle des plantes butinées, surtout si l'observation est faite dans les jours qui suivent la pleine floraison (voir fig. 22 et 23).

b) *Aspect des floraisons*

On trouvera quelques exemples de cette différence de floraison au tableau 19 où sont dénombrées les corolles épanouies présentes sur 10 épis de plantes butinées et non butinées par les abeilles.

TABLEAU 19

Influence du butinage sur le nombre des corolles épanouies sur 10 hampes florales sous cages

Variété, lieu et date du comptage	Nombre de fleurs	
	avec abeilles	sans abeilles
Lavandin Super Z (Nice) 1956 le 11/7.....	210	624
— Grande Bleue (B.-A.) 1956 le 26/7.....	144	416
— Super Z (Nice) 1957 le 3/7.....	240	740
— Grande bleue (B.-A.) 1957 le 17/7.....	150	600
Lavande vraie (population après recépage), Lambruisse (B.-A.) 1957 le 22/8.....	33	185
Lavande Matheronne Puimoisson (B.-A.) 1959	74	393



FIG. 22. — Floraison du lavandin « Grande Bleue » sous cage avec abeilles
Les corolles sont peu nombreuses



FIG. 23. - - Floraison du lavandin « Grande Bleue » sous cage et sans abeilles.
Les corolles sont très nombreuses

2 — RECHERCHES SUR LE FLÉTRISSEMENT

Cette similitude du phénomène chez la lavande et les lavandins, devait au premier abord faire écarter l'action du pollen, lequel chez le lavandin est stérile ; mais tous les essais tentés en vue de rechercher l'effet d'une action mécanique de l'abeille ayant échoué (BARBIER, 1958), nous sommes revenus au pollen.

a) *Action du pollen*

L'application sur le stigmate de la fleur de lavandin de pollens frais prélevés sur les étamines de *Lavandula vera* D.C. entraîne en 6 heures le flétrissement de la corolle tout comme la pollinisation des fleurs de cette même lavande.

Le pollen de lavandin étant stérile et ne pouvant germer, on pouvait à la rigueur envisager que l'abeille butineuse apportait des pollens de lavande sur les fleurs de lavandin.

Malheureusement ce raisonnement ne peut être retenu quand on sait que sur le plateau de Valensole les cultures de lavandins couvrent d'immenses surfaces et qu'au moment de la floraison il n'y a plus de lavandes en fleurs et que le lavandin, par suite de la constance des abeilles qui se fixent sur une seule floraison, est le seul à être visité par les butineuses, d'autant plus que les autres plantes en fleurs à cette époque sont à peu près inexistantes.

La situation était encore plus nette sous les cages où il n'existe pas d'autres plantes que les lavandins et où les fleurs butinées fanent aussi rapidement qu'en plein air.

Mais l'examen attentif de la langue des abeilles butinant le lavandin permet, dans tous les cas, de déceler la présence de quelques grains de pollens de cette plante

b) *Action d'un produit de lavage des pollens*

Dans la préparation des pollens, pour la constitution d'une collection de référence indispensable à la détermination des pollens, il est recommandé de procéder au « dégraissage » des grains avant montage (U.I.S.B., 1952), les solvants utilisés à cet effet étant l'éther et l'alcool.

Comme le liant pollinique existe aussi bien sur les pollens de lavande que sur ceux de lavandin, nous avons pensé rechercher quelle pouvait être l'action de ce liant pollinique sur la floraison.

1 — *Pelotes fraîches*

N'ayant pas de pollens de lavande, cet essai fut tenté avec des *pollens frais* récoltés par les abeilles dans les deux jours précédents. L'analyse pollinique de l'échantillon de pollen récolté à l'aide de trappes près de Saint-Martin-Vésubie (A.M.) en juillet 1957 donnait pour formule pollinique :

type	<i>Helianthemum</i> ,	33 p. 100
	<i>Castanea vulgaris</i> ,	28 p. 100
	<i>Filipendula</i>	sp., 25 p. 100
	<i>Teucrium</i>	sp., 2 p. 100
	Divers,	12 p. 100

Ces pollens furent soumis, à la température du laboratoire, à un lavage à l'éther et à l'alcool, puis le solvant évaporé sous vide à faible température (40°) ; cette opération permit de récupérer une petite quantité de liant pollinique de couleur brun clair de consistance grasseuse qui, dilué dans 10 ml d'alcool, servit aux essais.

Sans entrer dans le détail, les résultats de l'expérience montrèrent (BARBIER, 1958), que, quel que soit l'âge des fleurs (compris entre 1 et 9 jours), maintenues à l'abri des insectes, le dépôt sur le stigmate de 0,5 mm³ d'alcool seul, ne produisait pas un flétrissement des corolles plus rapide que pour les fleurs témoins ne recevant rien. La solution de liant pollinique par contre produisait, avec le brunissement du style, un flétrissement de la corolle en l'espace de 12 heures environ, c'est-à-dire moins rapidement que ne le faisait le pollen de *Lavandula*.

2 — Pelotes sèches.

Néanmoins voulant répéter ces essais sur *Rosmarinus officinalis* L., au printemps 1958, en utilisant un produit riche en liant pollinique obtenu par mouture de pelotes de pollen desséchées dans une étuve fortement ventilée, nous n'avons pas obtenu de résultats valables, bien que le produit provenant de la mouture soit particulièrement riche en liant pollinique. Celui-ci grâce au prodigieux brassage réalisé dans un moulin électrique, se rassemble en fines boulettes.

Ceci ne manquait pas d'être surprenant en regard des résultats obtenus sur lavandin, mais notre curiosité fut portée à son comble lorsque l'apiculteur qui nous avait fourni ce produit, commerçant en fleurs par surcroît, nous apprit incidemment que pendant toute la période où son étuve à dessécher le pollen fonctionnait, il constatait un flétrissement anormalement rapide des œillets et autres fleurs qu'il entreposait dans le local où était installée l'étuve à pollen, local dans lequel l'air circulant dans l'étuve était évacué.

L'arrêt du fonctionnement de l'étuve préconisé permettait aussitôt la bonne tenue des fleurs.

c) Action des « eaux de pollen »

A la campagne suivante, l'étuve à pollen fut remplacée par un appareil à déshydrater fonctionnant sous vide et constitué par une cuve chauffée électriquement à 40° C et reliée par des tubulures à une trompe à vide de grande puissance.

Sous cette double action du chauffage et du vide, l'eau des liquides servant à l'abeille pour confectionner les pelotes de pollen (nectar, miel dilué ou salive) distillait en même temps que d'autres substances volatiles.

Or le distillat quittant la cuve où la température était de 40°, circulait dans une tubulure en U pour prévenir un retour possible de l'eau de la trompe à vide. Dans cette tubulure exposée à l'air libre, c'est-à-dire à une température moyenne de 18 à 20°, se produisaient des condensations dues au phénomène de la paroi froide. Les liquides condensés se réunissaient dans les extrémités du tube en U, et étaient évacués à l'aide d'un robinet. Or ces liquides possédaient une forte odeur de pollen.

Considérant la différence d'action des produits de lavage des pelotes de pollen fraîches et sèches, nous avons pensé appliquer ces « eaux de pollen » sur le stigmate de fleurs pour contrôler si la « substance » responsable du flétrissement des corolles n'était pas entraînable par la vapeur d'eau au cours de la déshydratation des pollens.

Dans ce but quelques millimètres cubes d'eau de pollen provenant de la dessic-

cation de pollens variés furent déposés sur le stigmate de 2 fleurs de glaïeul d'un bouquet servant à la décoration d'un appartement, alors que 2 autres fleurs au même stade de développement recevaient le même volume d'eau distillée.

Les résultats portés au tableau 20 montrent que le flétrissement du stigmate et de la corolle est beaucoup plus rapide lorsque la fleur a reçu le liquide récolté lors de la dessiccation du pollen.

TABLEAU 20

Test montrant l'action des « eaux de pollen » sur la vie des fleurs de glaïeul

Fleurs traitées (« eau de pollen »)			Fleurs témoins (eau pure)	
Dates	n° 1	n° 2	n° 3	n° 4
2/8/60:				
11 h....	+ « eau de pollen »	+ « eau de pollen »	+ eau	+ eau
15 h....	sans changement	sans changement	sans changement	sans changement
22 h....	—	—	—	—
3/8:				
9 h....	Stigmate jaune (comme brûlé)	—	—	—
15 h....	—	—	—	—
4/8:				
9 h....	Corolle flétrie; les pétales commencent à se vriller. Stigmate brun Étamines roulées	—	Corolle normale Étamines normales Stigmate normal	—
5/8:				
9 h....	idem	—	Corolle commence à flétrir — pétales encore étalés. Stigmate normal étamines normales	—
	mais pétales vrillés	—		

3 — DISCUSSION

Les résultats de cet essai montrent que l'application sur le stigmate des fleurs de glaïeul, du liquide provenant de la déshydratation de pollens variés provoque un flétrissement plus rapide des corolles, tout comme cela avait été constaté sur les fleurs de lavandin avec un produit obtenu par le lavage des pollens à l'éther et l'alcool.

Par la suite les « eaux de pollen » furent déposées sur le stigmate de fleurs différentes lavandin, volubilis, *Pelargonium*, *Salvia*, toujours avec les mêmes résultats.

Or la déshydratation sous vide des pollens frais qui contiennent environ 20 pour cent d'eau, provoque une véritable distillation par entraînement à la vapeur d'eau des corps volatils du pollen.

Parmi ces corps une ou plusieurs substances sont donc responsables du flétrissement des fleurs.

Aussi sans exclure la possibilité de l'action des hormones végétales contenues dans le pollen, ou de diastases qui peuvent libérer les hormones contenues dans le style selon (VAN OVERBECK et collaborateurs, 1941 et MUIR, 1947, cités par VAZART, 1955), l'hypothèse de la présence d'une hormone dans le liant pollinique était formulée (BARBIER, 1958) en s'appuyant sur le fait que les innombrables fleurs épanouies présentes au moment de la pleine floraison dans un champ de lavandin (117.000.000 par hectare) ne peuvent être pollinisées que par du pollen de lavandin à cause de l'absence presque complète d'autres fleurs fournissant du pollen fertile et aussi à cause de la fixité de butinage des abeilles.

Quant à avancer que le flétrissement de la corolle peut être provoqué par une hormone ou par une autre substance, cette hypothèse trouve un écho très favorable dans les innombrables travaux prouvant que les pollens contiennent des hormones ou en libèrent (VAZART, 1955) et surtout dans les constatations de LAIBACH (1957) qui provoque la chute des pétales de *Papaver Rhoeas* L. en 3 heures, par l'application d'auxine, alors que la chute de ces mêmes pétales ne survient dans les conditions normales que 24 heures après l'épanouissement ; il en est de même pour les travaux de FITTING sur les Orchidacées qui « montra que le stigmate, en dehors de ses fonctions habituelles, contrôlait « d'autres territoires floraux ; il possède le pouvoir de décider du sort de l'ensemble des « pièces florales : ainsi, un traumatisme ou une excitation de cet organe par une « substance chimique susceptible d'être extraite des pollinies est capable de déterminer le flétrissement de la fleur » (JAEGER, 1959).

Mais LAIBACH cité par JAEGER (1957) avait déjà remarqué en 1920 que chez *Origanum vulgare* L. la germination de nombreux pollens sur le stigmate entraîne le flétrissement de la corolle en 6 heures tout comme nous l'avons constaté pour *Lavandula vera* et pour le lavandin (BARBIER, 1958).

Il est à signaler que LAIBACH avait également remarqué que les pollens exposés à un courant de vapeur d'eau ne pouvaient plus provoquer le flétrissement des corolles.

Toutefois l'action d'une ou plusieurs hormones ou d'autres substances apportées par le pollen et la faculté qu'a le stigmate de commander l'évolution des pièces florales, permettent de fournir une explication au fait curieux qui se produit lorsqu'on soumet des bourgeons floraux à des conditions d'éclairement défavorables à la floraison après que ces bourgeons aient commencé à se développer. CHOUARD (1958) écrit en effet :

«... il est des espèces chez lesquelles la différenciation de la fleur peut être poussée assez loin, au point que même les pétales et même parfois les étamines peuvent se former et achever de se développer après retour dans des conditions défavorables à la floraison, tandis que le territoire, qui aurait dû donner l'ovaire, fait retour à l'état végétatif et donne une pousse feuillée comme il arrive très exceptionnellement chez la Scabieuse de l'Ukraine et moins rarement, dans nos essais chez le Chrysanthème des jardins ou chez le Mouron rouge »

Monsieur le professeur CHOUARD nous précisait au cours d'une conversation que, notamment dans le cas du Mouron rouge, les pétales ainsi formés persistaient très longtemps à la base de la tige comme le feraient des feuilles.

De l'ensemble des faits rapportés ici, il apparaît que :

- 1) les pollens, les hormones végétales ou même des corps chimiques déposés sur le stigmate entraînent un flétrissement très rapide de la corolle,
- 2) en cas de non-pollinisation les hormones du stigmate et du style diffusent lentement vers les pétales et provoquent un flétrissement lent,
- 3) en cas d'absence du pistil, donc d'absence d'hormones, la corolle persiste comme le feraient les feuilles,
- 4) l'hormone ou la substance de flétrissement contenue dans les pelotes de pollen et qui provoquera le flétrissement de la corolle, directement ou en libérant cette hormone à partir d'un précurseur d'hormone contenu dans le pistil, est entraînable par la vapeur d'eau.

État actuel des recherches

Les « eaux de pollen » provenant principalement de la déshydratation sous vide de pollens d'*Erica arborea* L. ont été soumises au « test mésocotyle » qui détecte à la fois les auxines et les gibbérellines. Or les résultats ont été *négatifs* ⁽¹⁾. Le produit actif n'est pas une hormone.

En conséquence, des recherches sont poursuivies en collaboration ⁽²⁾ pour déterminer l'origine et la nature chimique de la substance responsable du flétrissement des corolles.

Nous pouvons déjà dire que les eaux servant au lavage de têtes d'abeilles broyées au mortier provoque le même phénomène que les « eaux de pollen ».

Il pourrait bien s'agir en somme de la substance qui possède une action inhibitrice sur la germination du pollen et qui a été découverte par MAURIZIO (1959) puis par LAVIE (1960), mais sur les fleurs, l'action de cette substance est beaucoup plus rapide que sur le pollen.

C. — Influence sur la sécrétion nectarifère

Afin de pouvoir suivre l'influence du butinage sur la sécrétion nectarifère, nous allons examiner chez le lavandin « super Z », le rythme de cette sécrétion chez les fleurs butinées puis chez les fleurs non butinées.

Nous possédons justement parmi les nombreuses séries de sécrétion nectarifère étudiées sur ce lavandin, une série de prélèvements pour les fleurs butinées et deux séries pour des fleurs non butinées qui ont pu être suivies assez longtemps tout en bénéficiant de conditions météorologiques relativement constantes.

Ces séries sont très instructives comme il ressort de la figure 24.

I — FLEURS BUTINÉES

La série 84 correspond à la sécrétion de 24 heures (du 17 au 18 juillet 1956) de 4 lots de 10 fleurs âgées respectivement de 0 — 24 — 48 et 72 heures. La sécrétion est exprimée en milligrammes de sucres (matières sèches déterminées au réfractomètre et par pesée du nectar prélevé).

Technique. — A cet effet, chaque jour à 9 heures, 10 fleurs sont marquées au moment où les lobes viennent de s'ouvrir.

lot n°	1 fleurs	1 à 10	marquées le	15/7/1956	à 9 h
—	2	11 à 20	le 16	—	9 h
—	3	21 à 30	le 17	—	9 h
—	4	31 à 40	le 18	—	9 h

Au moment du marquage des fleurs des lots 1-2-3, les abeilles ont prélevé le nectar produit avant l'ouverture de la corolle, bien mieux que nous ne pourrions le faire nous-même au laboratoire, en même temps d'ailleurs qu'elles ont assuré la pollinisation lorsque le stade de développement de la fleur le permet.

(1) Essais réalisés par M. NITSCH du C.N.R.S. à Gif-sur-Yvette, Laboratoire de Physiologie végétale.

(2) Avec M. BARBIER M. du C.N.R.S. à Gif-sur-Yvette, Institut de Chimie des Substances naturelles.

Le 17 à 9 heures, la plante est protégée de la visite des abeilles et celles qui pourraient être restées sur la plante sont soigneusement chassées.

Dans ces conditions le 18 juillet à 9 heures les fleurs des lots 1-2-3 contiendront le nectar sécrété pendant la même période de 24 heures, c'est-à-dire du 17 à 9 heures au 18 à 9 heures et celles du lot n° 4 marquées de la même façon le 18 à 9 heures, contiendront le nectar sécrété pendant une période indéterminée précédant l'ouverture des corolles.

Sur le graphique, les sécrétions sont cumulées pour indiquer l'évolution de la sécrétion et le poids de sucre qui aurait été produit par 10 fleurs si le prélèvement avait été fait au moment de l'arrêt de la sécrétion.

2 — FLEURS NON BUTINÉES

La série 72 a été suivie du 22 juin au 1^{er} juillet 1954 et la série 73 du 1^{er} au 10 juillet 1954.

Technique. — Ici la même technique de prélèvement du nectar a été suivie mais la cage est installée le soir sur la plante pour protéger les fleurs des butineuses et, le lendemain matin à 9 heures, le nombre de fleurs marquées est de 200 environ. De plus les prélèvements de fleurs étaient faits deux fois par jour, en principe à 9 heures et le soir entre 16 heures 45 et 17 heures.

Les courbes 72 et 73 correspondent à l'accumulation du nectar sécrété depuis l'ouverture des fleurs de ces 2 séries jusqu'au moment du prélèvement. Ces courbes correspondent donc à celle qui a été tracée pour la série 84.

3 — DISCUSSION

Ce qui frappe au premier abord lorsqu'on examine la figure, 24 c'est la grande différence qui existe entre la sécrétion nectarifère des fleurs butinées et des fleurs non butinées.

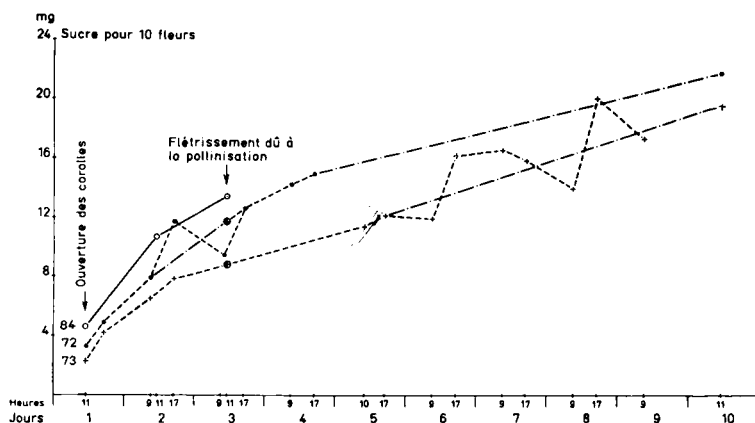


FIG. 24. — Influence du butinage sur la sécrétion du nectar. Les fleurs butinées (série 84) produisent en 3 jours de vie la moitié du sucre qu'elles produiraient si elles n'étaient pas visitées par les abeilles (séries 72 et 73). Les différences de production relevées pendant les trois premiers jours sont dues aux différences des conditions climatiques.

En effet, chez les fleurs butinées la sécrétion s'arrête au moment où la fleur se fane, 48 heures après l'épanouissement de la corolle, alors qu'elle se prolonge encore pendant 6 à 7 jours chez les fleurs non butinées, mais l'intensité de la production de sucre est nettement moins forte pendant cette période.

Si on considère les deux séries de fleurs non butinées, elles ont produit, au moment où survient leur flétrissement naturel, 21,8 mg de sucre pour la série 72 et 19,6 mg pour la série 73. Or si leur sécrétion avait été interrompue 48 heures après l'épanouissement des corolles, comme cela se serait produit si elles avaient été butinées, leur production de sucre pourrait être évaluée respectivement à 11,8 et 9 mg.

Le butinage des abeilles aurait donc évité pour les 10 fleurs la perte de :

— série 72 : $21,8 - 11,8 = 10$ mg de sucre,

— série 73 : $19,6 - 9 = 10,6$ mg de sucre.

soit à peu près autant de sucre que ces fleurs en ont produit pendant leurs 48 premières heures d'existence.

En rapportant ces chiffres à la floraison d'un plant entier de cette variété, qui pendant la période de floraison a porté 250 000 fleurs, nous obtenons :

— pour un plant butiné, une production de 250 000 mg de sucre

— pour un plant non butiné, une production de 500 000 mg de sucre.

Ce qui signifie que le butinage des abeilles évite à la plante une perte de 250 grammes de sucre.

Cette plus forte production nectarifère des fleurs non butinées avait déjà été signalée par BONNIER (1878) GUBIN (1936) et BOETIUS (1948).

En accord avec PANKRATOVA (1950) nous constatons que chez les fleurs non butinées le nectar n'est pas réabsorbé par le nectaire, contrairement aux affirmations de BONNIER (1878). Si toutefois une réabsorption se produit, comme AGTHE (1951) l'a montré, cette réabsorption semble être de peu d'importance car dans le cas de nos essais, même lorsque les fleurs sont fanées depuis plusieurs jours, on trouve encore le nectar dans la corolle. Quant aux fleurs butinées, le parallélisme entre les courbes 84 et 72/73 montre bien que le nectar n'est pas réabsorbé; sa disparition dans les fleurs âgées butinées est le fait du butinage par les abeilles.

L'examen de la figure 24 permet encore de constater qu'après 72 heures, la sécrétion nectarifère est nettement moins abondante.

C'est ainsi que pour la série 72 cette sécrétion varie dans une proportion qui peut être évaluée :

a) pendant les premières 24 heures à 4, 8 mg de sucre

b) entre 24 et 48 heures à 4 mg —

d) entre 48 et 72 heures à 3 mg — environ

c) par 24 heures au-delà de 72 h d'âge, à 2 mg — —

Cette différence dans la production du sucre au cours de la vie de la corolle, ainsi que la diminution de concentration du nectar qui s'écoule, confirment bien la double origine des sucres en accord avec AGTHE (1951) — WYKES (1952) — FREY WYSLING, ZIMMERMANN et MAURIZIO (1954).

1° Les sucres proviennent des réserves du tissu nectarifère et la concentration du nectar baisse avec l'âge de ce tissu au fur et à mesure que les réserves s'épuisent, (les réserves étant épuisées après 72 heures d'âge.)

2° Les sucres proviennent aussi de la sève qui alimente le tissu nectarifère, mais la concentration du nectar produit dans ces conditions est plus faible.

Signalons encore que les productions de sucre ne sont pas identiques dans les 3 séries pendant les premières 72 heures de sécrétion (voir fig. 24). Cela ne peut être attribué à la pollinisation des fleurs de la série 84, mais plutôt aux différences de conditions climatologiques qui ont régné pendant les essais.

D. — Influence sur la production des graines

Le caractère indispensable de la pollinisation pour la formation des graines et des fruits est connu depuis la plus haute antiquité, comme le prouve la découverte de gravures en Égypte et de textes cunéiformes en Mésopotamie, datant de 2 300 ans avant l'ère chrétienne (MUNIER, 1958).

Plus proche de nous, SPRENGEL et DARWIN attribuent une part importante aux insectes dans la pollinisation des plantes. Mais ce n'est que récemment, au moment où les cultures se spécialisèrent, que l'on s'aperçut que les insectes et plus particulièrement l'abeille, étaient absolument indispensables à la pollinisation d'un très grand nombre de plantes : Poirier — Pommier — Cerisier — Prunier — Melon — Carotte — Luzerne — Trèfles — Sainfoin — Asperges — Agrumes, — etc.

En ce qui concerne les lavandins, il est bien entendu que ces plantes étant stériles, le butinage est sans aucun effet sur la formation des graines.

Au cours de recherches sur l'influence du butinage sur les essences de lavande vraie, nous avons eu l'occasion de faire les constatations consignées au tableau 21.

TABLÉAU 21

*Production de graines exprimée en pourcentage du poids sec de la récolte (hampes entières)
Basses-Alpes 1959*

Séries	Date des coupes				
	14/7	21/7 (%)	28/7 (%)	4/8 (%)	17/8 (%)
15 (C) en plein air	rare	3	9,6	10,5	11
15 (A) sous cage + abeilles	rare	3,3	8,3	9,9	10,2
15 (B) sous cage sans abeilles	0	0	0	0	0

Dans cet essai les cages avaient été installées le 17 juin, juste avant l'apparition des premières fleurs, et à ce moment les insectes emprisonnés sous les cages avaient été chassés ou tués.

La différence constante entre les séries 15 C et 15 A doit être attribuée au fait que sous cage les hampes florales sont légèrement plus développées qu'en plein air, ce qui a pour résultat de faire baisser la proportion des graines mais non pas leur quantité.

Discussion.

Si le rôle de l'abeille comme agent pollinisateur chez la lavande apparaît comme étant d'une importance capitale pour la survie de l'espèce, nous devons reconnaître que cette pollinisation, obligatoirement croisée, nous oblige à recourir au bouturage pour multiplier une variété ou un plant choisi comme tête de lignée.

Par contre c'est grâce à ce mode de pollinisation si impérativement entomophile et à l'activité incessante des insectes et plus particulièrement des abeilles, qu'on doit l'apparition des lavandins.

E. — Influence sur les rendements en essences chez les lavandins

Rechercher l'influence du butinage des abeilles sur les rendements en essence chez les lavandins, était le but primitivement poursuivi dès 1956 en utilisant des cages selon la technique suivante :

I — TECHNIQUE

A une cage complète couvrant 10 plants était accolé un auvent soutenu par des piquets de façon à permettre la venue des abeilles tout en maintenant les plantes dans des conditions d'éclairement semblables à celles régnant sous cage. Cette façon de procéder permettait, avec le matériel dont nous disposons, de couvrir un plus grand nombre de plants.

Ces essais furent faits à Nice sur lavandin Super Z du 22 juin au 4 juillet 1956, puis dans les Basses-Alpes au Domaine de Puberclaire à Allemagne-en-Provence, sur lavandin Standard ou Grande Bleue du 5 juillet au 26 juillet 1956 (voir figure 21).

Dans le deuxième cas, la coupe était effectuée au moment de la pleine floraison, à l'époque normale fixée par les praticiens, alors que dans l'essai de Nice la coupe était un peu plus précoce par rapport à l'état végétatif.

2 — RÉSULTATS

Les résultats obtenus en distillant les hampes entières sèches montrèrent que, sous cage, en l'absence d'abeilles, les rendements étaient constamment plus faibles que sous l'auvent, ce qui ne manquait pas d'être surprenant. S'il était possible d'innocenter les abeilles des baisses de rendement qui leur étaient reprochées, le fait que les plantes sous cage et sous auvent n'étaient pas dans des conditions rigoureusement identiques, en dehors du facteur butinage, ôtait à ces deux essais une grande partie de leur intérêt.

Aussi fut-il décidé de reprendre l'expérimentation en 1957 en utilisant des cages identiques de plus grandes dimensions (fig. 22) permettant de couvrir 24 plants chacune et en travaillant sur les mêmes variétés que précédemment.

A Nice du 14 juin au 3 juillet « Super Z », à Puberclaire du 4 juillet au 4 août « Standard ».

Les résultats des deux années sont résumés dans le tableau 22.

TABLEAU 22

Influence du butinage des abeilles sur le rendement en essence de deux variétés de lavandin cultivé sous cages

	Rendements en %		Augmentations de rendement	
	avec abeilles	sans abeilles	bruts	en %
<i>Distillation semi-industrielle.</i>				
1956 : Puberclaire	2,43	2,03	0,40	19,7
1957 : Nice	1,78	1,50	0,28	18,7
1957 : Puberclaire	2,16	1,87	0,20	15,5
<i>Distillation de laboratoire.</i>				
1956 : Puberclaire	2,37	2,00	0,37	18,5
1957 : Nice	1,68	1,39	0,29	20,9
1957 : Puberclaire	2,14	1,92	0,22	11,5
<i>Moyennes :</i>				
Variété Super Z (Nice)	1,730	1,445	0,285	19,8
Variété Standard (Puberclaire)	2,275	1,955	0,320	16,3

3 — DISCUSSION

Dans ces conditions, que les distillations soient faites en alambics industriels ou en alambic de laboratoire, le même phénomène est observé : le butinage des abeilles provoque chez le lavandin une augmentation de rendement de l'ordre de 16 à 20 p. 100.

Cette augmentation de rendement est due à la même cause que celle qui provoque le flétrissement rapide de la corolle et l'arrêt de la sécrétion nectarifère, c'est-à-dire le butinage des abeilles.

Pour la plante, la sécrétion nectarifère correspond à un gaspillage de matières sucrées mais la pollinisation, en interrompant cette sécrétion, provoque une importante économie de sucre.

Dans le cas du lavandin « Super Z » cette économie peut être évaluée à 250 grammes par plant, ce qui correspond, en quelque sorte, à mettre à la disposition de la plante une quantité supplémentaire de matériaux élémentaires et il peut être envisagé qu'ils serviront à la formation des essences.

En ce qui concerne les caractéristiques physico-chimiques des essences provenant de plantes butinées ou non butinées, nous n'avons pas fait de contrôle systématique sur l'action du butinage. Seul l'indice de réfraction a été déterminé et celui-ci n'a pas présenté de différence sensible pour les divers lots récoltés à une époque normale de coupe. Il ne semble donc pas que le butinage sur lavandin puisse avoir une action quelconque sur les caractéristiques des essences.

F. — Influence sur les rendements en essence et sur leurs caractéristiques chez les lavandes

Les résultats obtenus chez les lavandins ne manquaient pas d'être intéressants mais ils s'expliquaient facilement par l'économie de sucre réalisée par la plante butinée.

Aussi était-il utile de voir chez les lavandes l'action que pouvait avoir le butinage des abeilles sur les essences.

A cet effet, un essai fut réalisé en 1959, près de Puimoisson (Basses-Alpes) sur une plantation de lavande « Matheronne »...

Les cages furent installées le 17 juin, juste avant l'apparition des premières fleurs et chaque semaine une coupe fut effectuée dans les trois lots.

En dehors des différences dans la floraison, la formation des graines et la présence d'un nectar plus abondant dans les fleurs non pollinisées, les constatations suivantes furent faites au sujet des essences.

I — ÉVOLUTION DES RENDEMENTS

Les distillations ont été réalisées en alambic de laboratoire en traitant ensemble les calices et les feuilles de façon à obtenir une essence globale aussi proche que possible des essences obtenues dans la pratique. Sachant que les essences des feuilles sont peu abondantes, les rendements ont été calculés sur le poids des calices secs en faisant abstraction du poids des graines en formation, afin de pouvoir comparer les rendements des plantes pollinisées et des plantes non pollinisées.

Dans ces conditions, on remarquera sur la figure 25 que les rendements chez les plantes pollinisées, qu'elles soient en plein air ou sous cage, sont identiques. Ils augmentent rapidement pendant toute la période où la floraison est importante, puis diminuent ensuite en relation avec la formation des graines.

Par contre les rendements chez les plantes non pollinisées augmentent d'une façon beaucoup moins rapide et ne subissent pas de diminution.

Chez la lavande le butinage a donc une double action :

a) Comme chez le lavandin, l'économie de sucre provoquée par l'arrêt de la sécrétion nectarifère concourt à une plus forte accumulation de l'essence et les rendements pendant cette période sont supérieurs d'environ 7 à 10 p. 100 aux rendements des fleurs non pollinisées.

b) Vers la fin de la floraison chez les plantes pollinisées, lorsque les graines apparaissent, on constate une diminution rapide des rendements alors que chez les plantes non pollinisées ne formant pas de graines, les rendements se maintiennent à un taux élevé.

Discussion.

Cette variation des rendements se trouve confirmée par l'examen des cellules à essence des calices. Dans le cas des lavandins pollinisés ou non et des lavandes non pollinisées, la forme générale des cellules à essence, même pour des échantillons conservés pendant plusieurs années, ne change pas après floraison, aussi tardivement que soit faite la récolte, ce qui exclue toute évaporation de l'essence contenue dans les cellules.

Ce fait est d'ailleurs bien connu. Par exemple, les calices utilisés pour parfumer les armoires, ne sentent plus au bout d'un certain temps l'odeur de lavande, mais il suffit de froisser ces calices pour écraser quelques cellules et, immédiatement, le parfum libéré se dégage.

Mais pour les lavandes dont les fleurs ont été pollinisées on remarque que les cellules à essence des échantillons récoltés tardivement ont un aspect très différent ; au lieu d'être nettement sphériques et gonflées, ces cellules présentent des rides plus ou moins profondes.

Pour expliquer ce phénomène on peut envisager, entre autres hypothèses, que la partie sécrétrice de la cellule se contracte ou, que l'enveloppe devienne perméable tout au moins à certains corps — mais celle qui nous paraît la plus vraisemblable, vu l'importance de la diminution des essences, est que celle-ci ou les précurseurs d'essence sont utilisés dans l'économie végétale.

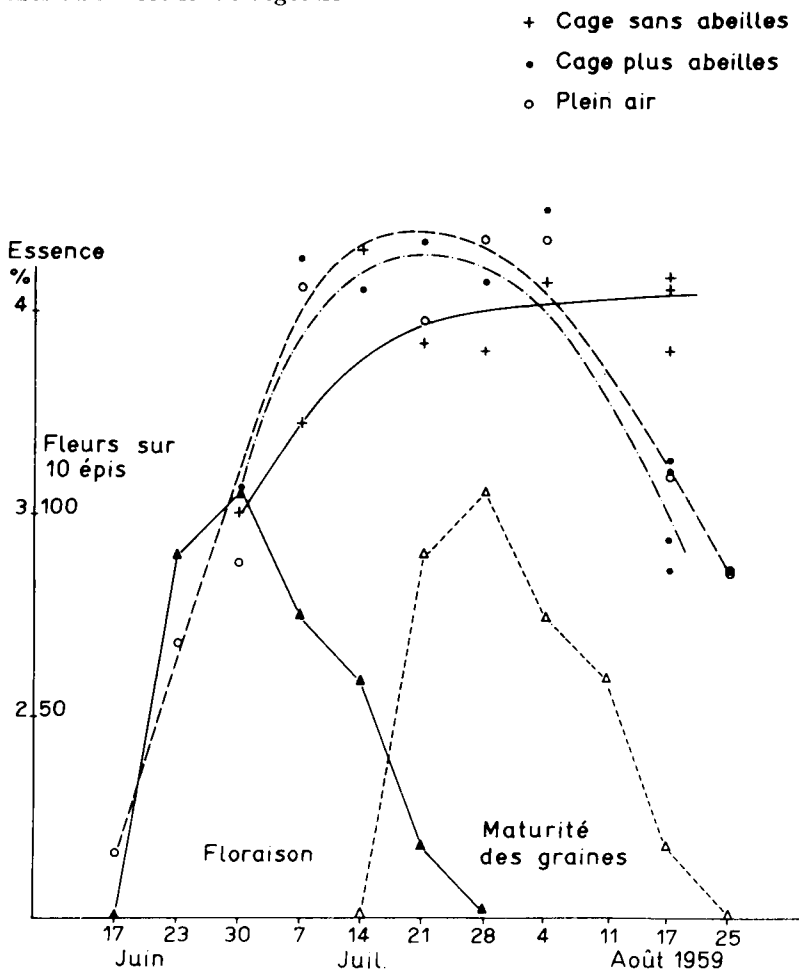


FIG. 25. — Influence du butinage sur les rendements en essence chez la lavande Matheronne. Les rendements des plantes non butinées augmentent lentement et ne baissent pas après la fin de la floraison. Les rendements des plantes butinées dépassent rapidement ceux des plantes non butinées, puis ils diminuent en même temps que se forment les graines. (Les rendements sont exprimés en millilitres d'essence extraits de 100 grammes de calices secs sans les graines.)

De toute façon l'éventualité de pertes par déchirure de la cuticule ne peut être retenue car dans ce cas, toute l'essence aurait disparu.

Nous devons préciser ici que cette modification de l'aspect de la cellule ne peut être remarqué que tardivement car, d'après le tableau 2, on peut constater qu'à une faible différence de diamètre correspond une grande différence du volume de l'essence (entre 110 et 135 μ le volume d'essence passe de 663 063 à 1 254 103 μ^3 , soit

presque le double pour seulement 25 μ d'écart). Mais il est nécessaire d'attendre la maturité des graines pour que ce phénomène apparaisse.

Le butinage des abeilles sur les lavandes vraies est donc favorable au rendement pendant un certain temps, puis défavorable pour des coupes tardives.

2 — ÉVOLUTION DES CARACTÉRISTIQUES

Le butinage des abeilles qui a une influence si marquée sur les rendements, en a une également sur les diverses caractéristiques physico-chimiques des essences.

a) *Remarques concernant les conditions climatologiques.*

Avant d'étudier cette influence, il convient de signaler qu'en 1959 l'indice de réfraction des essences par exemple a évolué d'une façon différente de ce qui avait été constaté au cours des années précédentes.

Nous attribuons cette particularité aux conditions climatiques exceptionnelles de 1959.

En effet, pour le plateau de Valensole, 1958 fut une année que l'on pourrait qualifier de « normale » par ses pluies bien réparties avant la floraison puis sa sécheresse dès la fin juin, alors qu'en 1959 la sécheresse a régné de la mi-mai à la mi-juin et fut suivie d'une période pluvieuse depuis le début de la floraison jusque vers le 15 juillet.

Dans ces conditions la végétation des lavandes fut perturbée de la façon suivante : avant la floraison, les plantes avaient un développement réduit du type « *fragrans* », puis les pluies tardives permirent un plus grand développement du type « *delphinensis* ».

Parallèlement, les caractéristiques des essences évoluèrent d'une façon différente de ce qui avait été relevé en 1958. Dans les relevés faits en 1958, l'indice de réfraction baisse constamment du début à la fin de la floraison, alors qu'en 1959 cet indice est très bas au départ, puis qu'il s'élève pour redescendre ensuite. Mais cette valeur de l'indice au départ n'a rien d'anormal si l'on considère que les mêmes lavandes coupées le 17 juin ont redonné le 25 août de nouvelles hampes florales du type « *fragrans* » qui ont fourni une essence dont l'indice de réfraction était également bas (1,4609).

Quoi qu'il en soit, les 3 séries n'en sont pas moins comparables entre elles et les différences d'évolution constatées pour la série non butinée par rapport aux séries butinées, sont dues à l'absence d'abeilles et de pollinisation.

b) *Indice de réfraction* (voir figure 26)

Pour les lavandes butinées, sous cage ou en plein air, on constate que, parallèlement à la diminution du rendement, l'indice de réfraction diminue dans de fortes proportions pour atteindre 1,4605 au 17 août alors que pour les plantes non butinées ce même indice s'élève progressivement tant que le rendement augmente et, comme ce dernier, reste à un niveau élevé (environ 1,4638).

Une telle différence dans les évolutions de l'indice de réfraction est à rapprocher des observations faites sur le mécanisme même de cette évolution. Nous avons admis que cette modification de l'indice des fractions de tête était due à la disparition de

certaines corps à fort indice de réfraction, ainsi cette disparition ne se produirait que dans le cas où les plantes sont butinées. En effet, une distillation fractionnée des essences à divers moments de la végétation montre que si l'indice de réfraction global de l'essence baisse, c'est sous l'influence de l'abaissement très rapide de l'indice des fractions de tête, c'est-à-dire par la disparition de certains corps à indice très élevé. Il s'agit de corps peu abondants ou facilement entraînés par la vapeur d'eau.

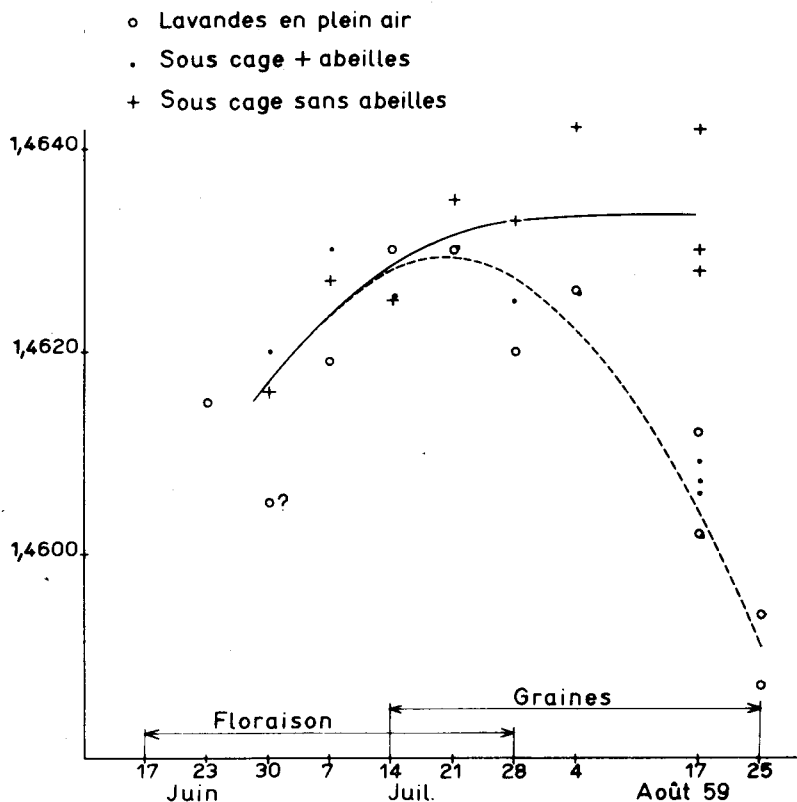


FIG. 26. — Modifications de l'indice de réfraction des essences, dues au butinage des abeilles. L'indice des essences des plantes butinées diminue rapidement dès que se forment les graines.

c) Solubilité

Toutes les essences de la série non butinée sont *insolubles*. Celles récoltées jusqu'au 4 août dans les deux séries butinées le sont également mais, passée cette date, les essences deviennent solubles.

Discussion.

Les caractéristiques des essences provenant de plantes butinées et de plantes non butinées évoluent donc d'une façon très différente, mais il convient d'apporter un peu d'attention au problème des esters.

En effet chez les plantes butinées, dans l'essence totale recueillie, les essences des feuilles deviennent proportionnellement plus abondantes à cause de la réduction de la quantité d'essence fournie par les calices. Grâce à la richesse en esters des essences des feuilles constatée par CHARABOT (1901) et par JEANCARD et SATIE (1900), le taux d'esters de l'essence globale remonte.

Par contre dans le cas où les plantes ne sont pas butinées, le taux des esters dans l'essence globale ne varie plus sensiblement dès que l'accumulation des essences a cessé.

Afin de rendre plus nettes ces variations, nous avons, dans le tableau ci-dessous, calculé la quantité d'esters contenue dans l'essence produite par la distillation de 1 000 grammes de calices avec les feuilles correspondantes récoltées sur des plantes butinées et sur des plantes non butinées.

TABLEAU 23

Influence du butinage sur la quantité d'esters (lavande Matheronne 1959)

Date de la coupe	Essence en ml	Plantes non butinées		Essence en ml	Plantes butinées	
		Esters			Esters	
		en %	en g (1)		en %	en g (1)
30 juin.....	30	72,5	20	30	72,5	20
21 juillet	39,5	55	19,5	43	55	21,3
17 août	41	50	18,5	30	60	16,3
25 août	(41 ?)	(50 ?)	(18,5 ?)	27	65	16,1

⁽¹⁾ Compte tenu de la densité des essences.

On remarquera ici que chez les plantes non butinées, si le *taux* d'esters a baissé régulièrement, la *quantité* d'esters a très peu varié comme cela se produit chez les lavandins (voir fig. 27, et plus loin fig. 29).

Par contre, chez les plantes butinées, une évolution très différente se dessine. Sous l'influence de la disparition des essences des calices, les essences des feuilles à taux élevé d'esters reprennent une certaine importance, ce qui fait *remonter le taux d'esters* dans l'essence globale. Mais la disparition des essences de calices est telle que la *quantité d'esters baisse* dans de grandes proportions.

Nous examinerons en détail ces considérations dans le chapitre suivant consacré au rôle physiologique des essences, mais il était nécessaire de leur apporter ici une certaine attention afin d'expliquer ces variations apparemment contradictoires.

En conséquence, la pollinisation chez les lavandes vraies provoque des modifications profondes dans les caractéristiques physico-chimiques des essences et dans les rendements, ce qui implique que ces dernières *semblent* jouer un rôle physiologique dans la formation des graines, comme l'avait signalé FONDARD (1926).

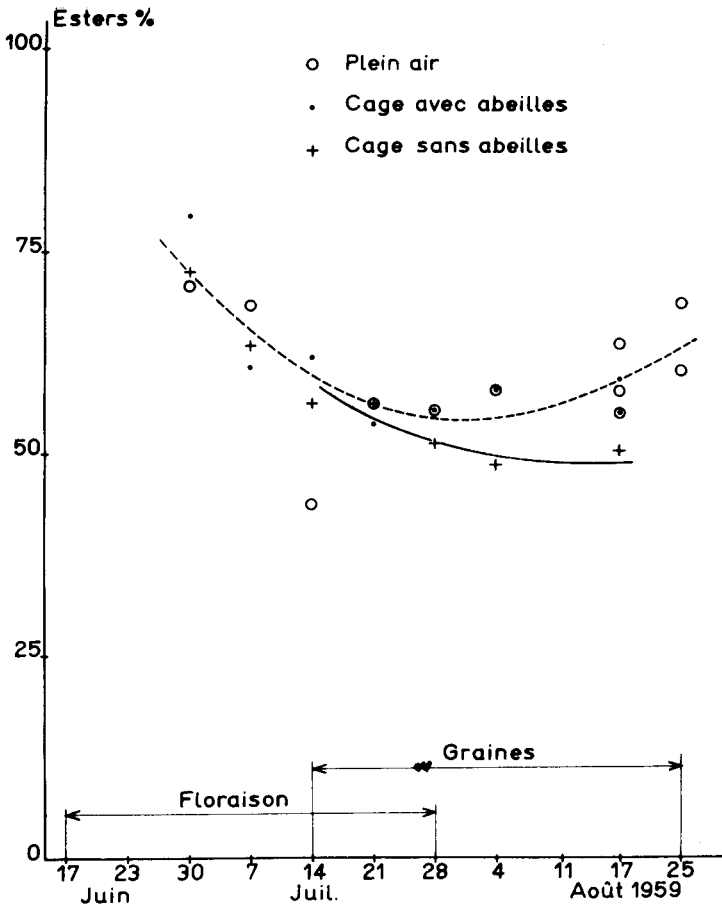


FIG. 27. — Teneur des essences en esters (exprimés en acétate de linalyle) et butinage des abeilles. Alors que, chez les plantes non butinées, la teneur en esters baisse régulièrement, chez les plantes butinées, par suite de la disparition progressive des essences contenues dans les calices, les essences des feuilles riches en esters deviennent proportionnellement plus abondantes, ce qui provoque un relèvement de la teneur en esters de l'essence extraite des feuilles et des calices.

G. — Conclusions

Par l'utilisation de cages identiques recouvrant des lots égaux de plantes de même variété, nous avons recherché sur deux clones de lavandin et sur un clone de lavande quelles pouvaient être les modifications provoquées par la pollinisation par les abeilles chez les plantes elles-mêmes ou sur leurs produits.

Ces modifications sont multiples : les unes, comme celles apportées à la floraison ou à la sécrétion nectarifère, sont communes aux lavandes et aux lavandins alors que les modifications portant sur les essences sont différentes selon que l'on s'adresse à l'une ou à l'autre de ces plantes.

1^o) *Floraison*

Sans pollinisation, la corolle d'une fleur reste épanouie pendant 10 à 12 jours alors que si la fleur est butinée la durée de vie de la corolle est considérablement réduite. Elle varie entre 48 et 60 heures et ne dépasse jamais 3 jours.

Par pollinisation artificielle avec de nombreux pollens, le flétrissement de la corolle survient en 6 heures.

L'apport sur le stigmate d'un produit provenant du lavage à l'éther et à l'alcool de pollens variés et frais provoque ce même flétrissement en 12 heures. La même opération réalisée avec un produit extrait des pollens préalablement desséchés ne donne pas, sur le romarin, de résultats positifs. Par contre le liquide obtenu par condensation des vapeurs lors de la dessiccation sous vide des pollens, outre qu'il possède une odeur de pollen, provoque chez le glaïeul et autres plantes un flétrissement rapide des corolles et du stigmate.

L'hypothèse selon laquelle le produit de lavage des pollens à l'éther et à l'alcool contiendrait une hormone de flétrissement ne peut être retenue. Mais les pelotes à l'état frais contiennent une substance qui peut provoquer le flétrissement des fleurs.

2^o *Production nectarifère*

La production nectarifère des fleurs persiste tant que les corolles restent épanouies.

Dans le cas des fleurs butinées cette production s'interrompt après 48 ou 60 heures et chaque fleur a sécrété entre 0,9 et 1,35 mg de sucre environ.

Par contre les fleurs non pollinisées ont une production nectarifère qui persiste encore pendant 7 à 9 jours mais avec une intensité plus faible. Chaque fleur a sécrété près de 2 mg de sucre qui ne sont pas récupérés par la plante.

Le flétrissement des pièces florales provoqué par le butinage des abeilles correspond pour la fleur à une économie de 1 mg de sucre ou pour la plante portant 250 000 fleurs à une économie de 250 grammes.

3^o *Production des essences chez les lavandins*

Chez les lavandins on constate que les rendements en essence, calculés sur le poids sec des hampes entières, sont toujours plus importants chez les plantes butinées que chez les plantes non butinées, la différence étant de l'ordre de 16 à 20 p. 100.

Par contre il ne semble pas que le butinage provoque des différences dans la qualité des essences.

4^o *Production des graines chez les lavandes*

Les lavandins étant stériles, avec ou sans pollinisation, il n'y a jamais formation de graines véritables.

Pour la lavande, on constate que chez les plantes butinées, les graines sont très abondantes ; elles représentent environ 10 p. 100 du poids sec des hampes entières, alors que chez les plantes non butinées nous n'avons jamais pu retrouver de graines.

La lavande est donc bien une plante à pollinisation obligatoirement entomophile

5° Production des essences chez la lavande

En suivant l'évolution des rendements chez des plantes non butinées et butinées, on constate que :

— chez les premières les rendements augmentent en même temps que la végétation avance. *Ils atteignent un certain maximum vers la fin de la floraison et restent à ce niveau par la suite*, comme cela a été constaté chez les lavandins.

— Chez les plantes butinées, les rendements *augmentent plus rapidement*. Le maximum est atteint 8 à 15 jours après que la floraison ait atteint elle-même son maximum. Il persiste plus ou moins longtemps selon les années, *puis les rendements baissent très rapidement* en relation avec la maturité des graines.

6° Caractéristiques des essences chez la lavande

Il semble que la forte pluviométrie estivale de l'année 1959 soit cause de l'évolution anormale de l'indice de réfraction des essences comme elle l'a été pour les rendements.

Quoi qu'il en soit les différences observées sur les séries sont bien dues au butinage des abeilles et à la pollinisation.

a) Indice de réfraction.

Pour les essences des plantes butinées, cet indice après avoir augmenté pendant la période de grande accumulation des essences a ensuite diminué très rapidement en même temps que baissent les rendements.

Pour les essences des plantes non butinées, cet indice, après avoir subi la même augmentation, est resté à sa valeur maximum.

b) Solubilité.

Seules les essences des plantes butinées deviennent solubles à partir du moment où les rendements ont fortement baissé ; celles des plantes non butinées restant totalement insolubles.

c) Richesse en esters.

Chez les plantes non butinées, la teneur en esters des essences obtenues par la distillation des feuilles et des calices baisse régulièrement puis se *stabilise à un niveau minimum* alors que pour les mêmes essences provenant des plantes butinées cette teneur *évolue d'abord de la même façon* sans toutefois atteindre un niveau aussi bas, puis remonte.

Cette particularité est due à ce que les essences accumulées dans les calices ont une richesse en esters plus faible que celle des essences des feuilles. La disparition d'une partie de l'essence des calices redonne proportionnellement une certaine importance aux essences des feuilles, ce qui a pour conséquence un relèvement du taux d'esters dans l'essence globale extraite tardivement. Toutefois, le poids d'esters présent dans la plante subit des variations différentes compte tenu des variations de rendements.

En conclusion, on peut dire que le butinage provoque chez la fleur et la plante des réactions diverses et parfois opposées qui sont imputables à deux actions bien différentes.

a) *L'arrêt de la vie de la fleur*, qui peut être produit par le pollen fertile, ou par des extraits réalisés à partir de pelotes fraîches, a pour conséquences le flétrissement de la corolle et l'arrêt de la sécrétion nectarifère, parallèlement à une augmentation du rendement en essence. Chez les lavandins cette augmentation est permanente alors qu'elle n'est que temporaire chez les lavandes.

b) *La fécondation* qui, chez les plantes fertiles seulement (lavande), provoque la formation des graines et parallèlement à celle-ci une *diminution importante des rendements*.

----->

CHAPITRE VI

DISCUSSION GÉNÉRALE ORIGINE — MODIFICATIONS ET RÔLE DES ESSENCES CHEZ LA PLANTE

Les problèmes posés par la présence des essences dans les plantes sont d'une telle complexité et sont si étroitement interdépendants que leur étude, qui doit faire appel à plusieurs disciplines, soulève de grandes difficultés. Aussi n'est-il pas étonnant que des interprétations, qui nous paraissent maintenant erronées, aient pu être formulées à la vue de résultats incomplets ou obtenus au cours d'essais conduits sans que toutes les conditions expérimentales aient été bien définies.

C'est ainsi que les nombreuses observations effectuées ici sur les lavandes et lavandins, tout en confirmant ou infirmant certaines de ces interprétations vont nous permettre d'apporter quelques précisions et hypothèses sur la présence et le rôle des essences, tout au moins chez les plantes du genre *Lavandula*.

A. — Organes où se forment les essences

CHARABOT a émis l'hypothèse que les essences sont produites dans le tissu chlorophyllien, puisqu'elles émigrent dans des cellules qui sont considérées comme étant de simples réservoirs dépourvus de tout rôle d'élaboration (CHARABOT et GATIN, 1908, page 235).

Pourtant YAHAGI, 1928 (cité par COMBES, 1937) constate que les liquides circulant dans différentes plantes ne contiennent jamais d'essence en quantité décelable (COMBES, 1937, p. 187-188).

De notre côté nous n'avons jamais obtenu la moindre production d'essence en distillant même de grandes quantités de hampes seules ; par contre les feuilles et les calices ont une production qui reste en rapport direct avec l'abondance des cellules à essence.

Il ne semble donc pas que l'hypothèse de CHARABOT corresponde à la réalité.

B. — Origine chimique des essences

La formation spontanée des essences dans le tissu chlorophyllien devant être écartée, il n'en reste pas moins vrai que les essences ont pour origine la photosynthèse.

C'est ainsi que les travaux de WIESNER, MULLER, HANAUSEK, FLUEKIGER,

TSCHIRCH, BARGUES (cités par COMBES, 1937), de DAVID et DAGAN (1954), de PAECH (cité par MENTZER, 1955) et enfin de FRANCESCONI et de BUCHNER (cités par ROVESTI, 1955) concordent pour donner aux essences et aux résines, qui sont des corps très voisins des essences, une origine dans les matières sucrées produites par l'activité chlorophyllienne.

Il semble intéressant de rapprocher cette hypothèse de la constatation faite au cours de nos travaux et selon laquelle, à l'économie de sucre provoquée par le butinage des abeilles qui interrompt brusquement la sécrétion nectarifère, correspond une augmentation de la production d'essence chez les lavandes et les lavandins.

Chez cette dernière plante l'économie de sucre s'élève à 250 grammes et l'augmentation de production d'essence atteint 16 à 20 pour cent.

C. — Influence du climat

Bien qu'il n'ait pas été dans notre intention d'étudier l'influence du climat sur la production des essences, nous avons été conduits à faire quelques observations qu'il est utile de rappeler ici et qui sont en relation avec l'activité chlorophyllienne des plantes.

L'origine des essences étant dans les glucides formés par la photosynthèse, on comprend l'importance de l'altitude pour leur production et on comprend aussi que les zones de culture soient localisées au climat méditerranéen, malgré les tentatives qui furent faites pour introduire les lavandes dans d'autres régions.

C'est qu'en effet le climat méditerranéen et plus encore le climat alpin se caractérisent par une forte insolation, c'est-à-dire que les plantes qui se développent sous ces climats reçoivent un rayonnement solaire doué d'une plus grande énergie que celui qui parvient aux plantes cultivées dans les régions où le ciel est moins pur.

COSTES (1960) a montré dans une mise au point sur l'absorption et l'utilisation de l'énergie lumineuse par les végétaux que, non seulement la quantité d'énergie est réduite par la traversée de l'atmosphère terrestre dans des proportions qui peuvent atteindre jusqu'à 57 p. 100, mais encore que cette réduction s'accompagne de modifications importantes dans la répartition spectrale de cette énergie.

Il a montré aussi que les plantes de pleine lumière, et la lavande est bien une de ces plantes, ont des exigences très grandes en énergie lumineuse.

C'est peut-être à ces différences quantitatives et qualitatives du rayonnement solaire que l'on doit les différences observées sur les essences au cours de ces travaux :

a) *Sur le rendement en essence.*

Nous avons signalé précédemment qu'en 1959 les repousses de *Lavandula vera* D.C. (variété Matheronne) qui se sont développées après la coupe du 17 juin avaient un rendement en essence beaucoup plus élevé que celui des hampes normalement développées au printemps.

En Seine-et-Oise, il est courant de rencontrer des lavandes et des lavandins cultivés dans les jardins. Or les calices de ces plantes portent un nombre de cellules à essence sensiblement moins grand que les calices des plantes qui végètent dans les Basses-Alpes.

b) Sur certains indices.

Rappelons l'anomalie relevée en 1959 pour l'indice de réfraction des essences « Matheronne » ; celui-ci, en effet, a augmenté en même temps que le rendement. Rappelons la faiblesse de cet indice au début de la floraison alors que le printemps était sec et ensoleillé.

Signalons encore que les essences produites par une même variété possèdent un indice de réfraction qui évolue sensiblement plus bas si la culture a lieu en altitude. Voir à cet égard sur la figure 14 page 325 la courbe 1 et la courbe 2 établies pour les essences du lavandin « Super Z » cultivé sur le littoral méditerranéen et dans les Basses-Alpes.

Il semble donc que l'intensité et la nature des radiations solaires reçues par les plantes aient une grande influence sur la formation et la composition des essences.

D. — Modifications des essences dues à l'extraction

Par l'étude de 60 distillations fractionnées en alambics de laboratoire ou industriels, la constante variation de toutes les caractéristiques des essences au cours de l'extraction a été suffisamment mise en évidence pour qu'il ne soit pas nécessaire de revenir sur ce point.

Il suffit en effet que l'extraction soit conduite dans des conditions différentes ou qu'elle soit plus ou moins prolongée pour que les caractéristiques soient elles-mêmes différentes. A ce dernier égard citons seulement deux exemples particulièrement symptomatiques.

a) Dans une note où étaient rapportés les indices de réfraction d'un certain nombre d'essences de lavandin recueillies à la production (MAUREL et BARBIER, 1958) nous avons signalé qu'en 1953, année où les conditions climatiques avaient été favorables à des indices de réfraction élevés, une essence avait un indice aussi bas que l'indice le plus bas enregistré pendant l'année 1952 où le climat était favorable à des indices très bas.

En compulsant les fiches d'analyse, nous nous sommes aperçus que cette essence avait été prélevée avant la fin de la distillation. Il est donc tout à fait normal que son indice de réfraction soit bas, puisqu'elle ne contenait pas les fractions de « queue ».

b) L'essence de lavande « Matheronne » est réputée pour son insolubilité. De ce fait elle n'est plus commercialisable et les producteurs arrachent cette lavande. Cependant, l'extraction fractionnée de cette essence a montré que certaines fractions sont relativement solubles. Aussi une extraction a-t-elle été conduite de telle façon que les essences de « tête » et de « queue » qui sont absolument insolubles soient éliminées. Dans ces conditions l'essence obtenue, dont la solubilité était quand même médiocre, fut achetée au producteur sur la base de 3 000 francs (anciens) alors que la même essence non améliorée était refusée par les acheteurs.

Signalons encore que le même essai tenté en utilisant une grande quantité de vapeur n'a pas fourni d'essence soluble (DOUILLET, 1960).

C'est dire combien sont fragiles les normes utilisées jusqu'à présent pour juger de la qualité des essences et combien l'extraction à la vapeur d'eau est une opération d'une exceptionnelle importance.

E. — Modifications des essences dues à l'évolution végétative

CHARABOT a voulu voir dans les modifications des essences obtenues par des distillations effectuées à divers moments de la végétation et dans l'étroite parenté des divers corps présents dans les essences, le résultat de réactions chimiques qui se produiraient au sein de la plante elle-même au cours de la végétation.

Par des observations réalisées sur les essences de bergamote en 1899 et répétées sur celles de lavande en 1900, puis généralisées à l'ensemble des essences, CHARABOT (1908) formula l'hypothèse selon laquelle :

- a) les premiers corps formés seraient les alcools ;
- b) par déshydratation, les alcools donneraient naissance aux esters et aux terpènes ; en présence des acides les alcools pourraient s'isomériser et le linalol se transformer en géraniol, en nérol et en terpinéol. De la même façon le linalol, par un mécanisme plus compliqué, pourrait se convertir aussi en cinéol ;
- c) par oxydation, les alcools et leurs esters pourraient se convertir activement en aldéhydes et en cétones. (D'après CHARABOT et GATIN. Le parfum chez la plante, 1908, p. 313-314.)

NAVES (1955) a montré que cette hypothèse ne correspondait pas à la réalité, mais nous voudrions attirer ici l'attention sur le cas des essences de lavande telles qu'elles furent étudiées par CHARABOT (1900).

I — EXPÉRIENCE DE CHARABOT

Les essences examinées provenaient de trois distillations à la vapeur d'eau effectuées par un distillateur qui traita de la façon suivante des lavandes récoltées aux environs de Briançonnet, petit village des Alpes-Maritimes situé près de Saint-Auban.

Une certaine surface de terrain recouverte de lavandes a été divisée en trois lots et les coupes effectuées sur chacun d'eux à deux semaines d'intervalle.

L'essence n° 1 a été extraite de plantes portant des boutons.

L'essence n° 2 provient de plantes en pleine floraison.

L'essence n° 3 a été préparée lorsque les fleurs étaient fanées et commençaient à se dessécher.

Il en résulte que l'essence n° 3 correspond en quelque sorte au terme du développement de la lavande (CHARABOT, 1900.)

Les résultats des analyses sont résumés dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU 24
Évolution des esters et des alcools (CHARABOT, 1900)

Essence	n° 1	n° 2	n° 3
Esters en %	36,6	40,4	39,75
Alcools libres %	21	16,7	18,9
Alcools combinés %	28,8	31,7	31,3
Alcools totaux %	49,8	48,4	50,2

Et l'auteur de conclure :

« Ces résultats montrent que la proportion d'alcool libre et la proportion d'alcool total diminuent dans l'essence jusqu'au moment où les fleurs sont complètement épanouies, en même temps que la proportion d'éther augmente ; puis lorsque la fleur se fane, l'essence s'enrichit en alcool alors que, au contraire, sa teneur en éther diminue. »

Il convient de remarquer que les essences examinées sont extraites de lavandes qui ne proviennent ni d'une culture ni d'une variété bien définie, mais de plantes poussant dans une lavanderaie naturelle où les types sont pratiquement aussi nombreux que les individus.

Dans de telles conditions, les irrégularités de sol et de végétation, combinées à la grande hétérogénéité de la population, créent des causes de perturbation dont on ne saurait sous-estimer l'importance pour l'interprétation des résultats des analyses. Sans compter que les distillations elles-mêmes sont réalisées dans des conditions qui ne sont pas précisées.

Or ces résultats ne correspondent absolument pas à ceux que nous avons trouvés ici pour toutes les variétés de lavandins, ni à ceux obtenus par IGOLEN (1944), également sur lavandins.

Ils ne correspondent pas non plus aux évolutions constatées sur les lavandes dont les calices étaient distillés seuls.

Par contre on remarquera que les richesses en esters chez les lavandes butinées où sont distillée ensemble calices et feuilles (voir figure 27), évoluent sensiblement de la même façon que d'après CHARABOT.

Cette particularité est due aux rôles physiologiques des essences dans la plante et sera examinée plus loin.

Mais revenons aux modifications subies par les essences au cours de la végétation et à leur transformation des alcools telle qu'elle était définie par CHARABOT.

Pour lui, la disparition des alcools compensée par une certaine augmentation de la proportion d'esters indiquait que ces derniers se formaient aux dépens des alcools. *Or nos constatations répétées sur un très grand nombre d'analyses, effectuées dans des conditions nettement définies, pourraient conduire selon le même raisonnement à une interprétation rigoureusement inverse.*

2 — CRITIQUE

En effet ces interprétations supposent que les essences recueillies à la sortie de l'alambic possèdent une composition identique à celle des essences contenues dans les cellules des plantes. Mais il est bien connu que la plante froissée libère un parfum plus fin et sensiblement différent de l'odeur de l'essence. De son côté NAVES (1955) a démontré d'une façon éclatante que la distillation à la vapeur d'eau est directement responsable de la présence dans l'essence de corps qui n'existent pas dans la plante, notamment des sesquiterpènes, et cet auteur de conclure :

« Les proportions relatives des constituants dépendent du procédé de la distillation : type de distillation, appareillage, mode de séparation de l'essence et de l'eau condensées, ceci du simple fait des phénomènes physiques mis à contribution. »

De même, nous avons constaté ici que, selon la vitesse de circulation de la vapeur, les caractéristiques des essences sont différentes.

A une grande vitesse de passage de la vapeur correspondent un indice de réfraction plus élevé — et une solubilité moins bonne, — ce qui indique la présence en plus grande quantité de certains corps, à indice élevé et peu solubles, dans les essences ainsi obtenues.

D'autre part, une distillation lente ou la redistillation d'une essence provoquent :

- un abaissement de l'indice de réfraction
- un éclaircissement de la couleur ;
- une amélioration de la solubilité ;

ces modifications peuvent être interprétées comme étant dues à la destruction de certains corps, sous l'effet d'un contact prolongé des essences avec la vapeur d'eau (voir fig. 11).

3 — REMARQUES CONCERNANT LA CONSTITUTION DES ESSENCES

Les essences, telles que les alambics les produisent, semblent être constituées :

1° pour une partie d'importance indéterminée, par des corps déjà présents dans la plante,

2° pour le reste, par des corps engendrés par l'action de la vapeur et de la chaleur au cours de la distillation ; ces corps étant eux-mêmes instables leurs modifications successives sont interrompues par la condensation des vapeurs.

Cette interprétation des différences de qualité des essences explique que, selon le mode et la vitesse de la distillation, la composition des essences et leurs caractéristiques soient si différentes.

En quelque sorte, la condensation des vapeurs fixe un moment fugitif dans la décomposition de corps instables, corps créés par la distillation elle-même, à partir d'autres corps que ROVESTI (1955) appelle *corps terpénogènes*.

Ces remarques confirment entièrement l'opinion de NAVES (1955) qui considère qu'il est vain d'interpréter les modifications de la composition des essences obtenues par les distillations comme étant dues à l'activité biologique de la plante et qui conclut :

« Les constituants des huiles essentielles ne sauraient être étudiés, du point de vue biologique, indépendamment des constituants végétaux non volatils. »

Toutefois lorsqu'on examine les résultats des analyses des essences tels qu'ils ont été fournis sur lavandin par IGOLEN (1944), sur *Meriandra benghalensis* Benth. et sur *Thymus serrulatus* Hochst. par ROVESTI (1955), sur lavandin encore par MAUREL et BARBIER (1958) et ici même sur diverses variétés de lavandins et sur *Lavandula vera* D.C., on est frappé par les modifications que subissent les essences obtenues par extraction à la vapeur d'eau à divers moments de la végétation.

En conséquence, malgré les très sérieuses réserves qui viennent d'être formulées ci-dessus et qui excluent que ces modifications soient le résultat direct et exclusif de l'activité végétale, on est incontestablement obligé d'attribuer à une origine biologique une part des modifications des essences.

Pour mettre ce phénomène en évidence, au lieu de suivre les variations des essences sur des pourcentages de rendement et de richesse en tel ou tel corps comme cela a toujours été fait, nous allons exprimer pour un plant les poids des cétones (exprimés en camphre), des esters (exprimés en acétate de linalyle) et des alcools

(exprimés en linalol) contenus dans les essences extraites à divers moments de la végétation.

Ceci peut être fait sans grande difficulté puisque nous connaissons pour un plant les évolutions du poids des récoltes, des rendements en millilitres, de la densité des essences ainsi que leur richesse en ces divers corps.

4 — CÉTONES TERPÉNIQUES CONTENUES DANS LES ESSENCES D'UN LAVANDIN

Il a été constaté qu'au cours de la végétation du Lavandin « Super Z » la teneur en cétones terpéniques (exprimée en camphre) baisse de 25 p. cent à 5 p. cent entre le début de la floraison et la disparition des dernières fleurs, alors que le rendement,

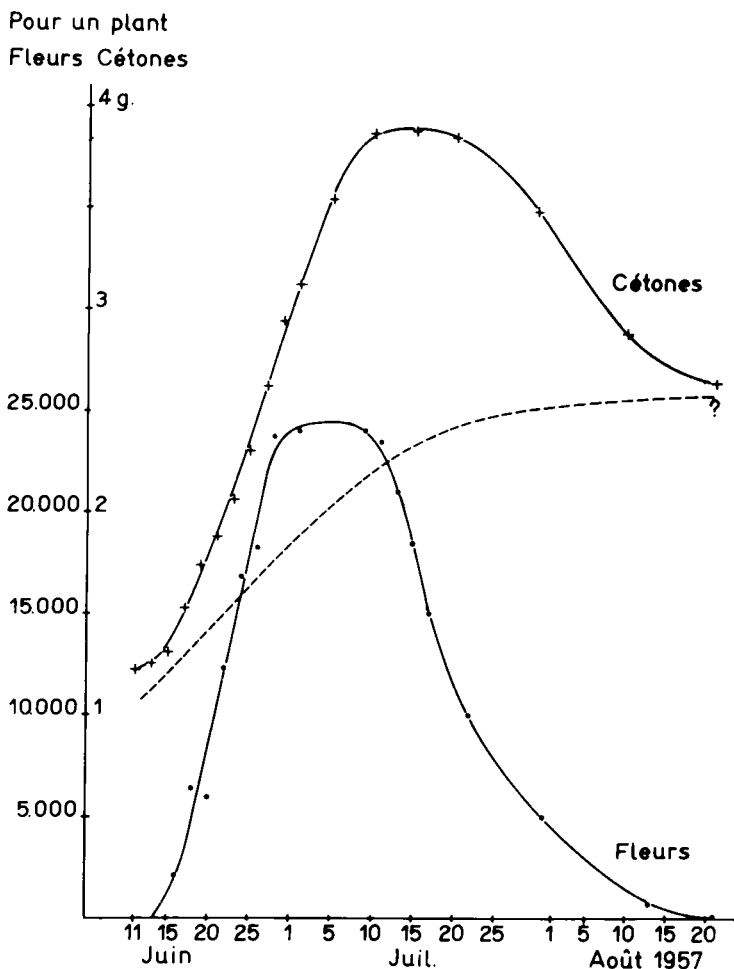


FIG. 28. — Poids des cétones terpéniques contenues dans les essences d'un plant de lavandin Super Z au cours de la végétation (cétones exprimées en camphre). Le maximum de cétones est obtenu sensiblement au moment de la pleine floraison et diminue ensuite. L'hypothèse de la présence de « corps terpénogènes » très abondants au moment de la grande activité végétale, et le fait que ces corps sont décomposés par l'extraction à la vapeur d'eau permettent d'expliquer les variations enregistrées.

exprimé par rapport au poids sec des hampes, augmente avec une rapidité variable mais très grande pendant la période où les boutons floraux se forment en abondance. En même temps les diverses caractéristiques varient parallèlement aux taux de cétones — MAUREL et BARBIER (1958) et BARBIER (1958).

Nous avons vu ici que le poids des hampes subit au cours de la végétation une augmentation (voir tableau 4). Aussi, en considérant un plant portant 1 000 hampes florales identiques, est-il possible de déterminer à divers moments de la floraison le poids des cétones terpéniques contenues dans les essences produites par un plant.

Dans ces calculs, les rendements en essences exprimés en volume sont convertis en poids en appliquant comme correction l'évolution de la densité telle qu'elle a été définie sur d'autres variétés, car les densités ne furent pas déterminées sur ces essences.

Les résultats portés sur la figure 28 ne sont donc pas exacts, mais peuvent être considérés comme étant très près de la réalité. De toute façon ils permettent de suivre l'évolution du poids des cétones contenues dans les essences.

On remarquera ainsi que, pendant toute la période de pleine floraison, malgré l'abaissement progressif de la richesse en cétones dans l'essence, le poids de ces cétones augmente grâce à l'accroissement très rapide de la quantité d'essence. Mais dès que l'intensité de l'activité végétative devient moins grande, ce qui correspond à un ralentissement de la formation des boutons et des essences, la quantité de cétones subit une diminution nette et paraît tendre à se stabiliser.

Il semble donc que les cétones contenues dans les essences extraites pourraient avoir une double origine (voir figure 28) :

1° *une origine naturelle* due à l'activité biologique de la plante sur le ou les corps terpénogènes (courbe en pointillé)

2° *une origine artificielle*, due à la décomposition brutale des corps terpénogènes sous l'action de la distillation (courbe en trait plein). Cette hypothèse expliquerait la présence dans les essences extraites d'une grande quantité de cétones pendant la période de grande activité de la plante. Lorsque cette activité devient moins grande, les corps terpénogènes deviendraient moins abondants par suite de leur transformation naturelle en divers corps constituant les essences telles qu'elles existent réellement dans la plante et la quantité de cétones diminue.

Il en serait de même pour les sesquiterpènes comme tend à le montrer :

a) l'abaissement de l'indice de réfraction des portions de queue que l'on constate par des distillations fractionnées réalisées à des époques différentes sur diverses variétés de lavandin et de lavande.

b) l'éclaircissement de la couleur et l'augmentation de la solubilité des essences extraites tardivement.

Également, les modifications considérables de l'indice de réfraction des portions de tête au cours de la végétation, pourraient s'expliquer par la disparition dans les essences de lavande « Mathéronne » de corps à très haut indice de réfraction, peut-être l'ocimène et le myrcène qui ont été signalés dans cette essence par CRABALONA et GILLI (1958).

5 — ESTERS ET ALCOOLS LIBRES CHEZ LES LAVANDINS

De la même façon que pour les cétones, si on calcule les quantités d'esters et d'alcools libres fournis par les distillations réalisées à divers moments de la végétation des lavandins « Maïme » et « Super A » par exemple, choisis pour leur grande différence

de composition (voir figure 29), on remarquera que malgré la baisse constante de la teneur en esters qui avait été constatée précédemment, le poids de ces corps, contenus dans l'essence produite par un plant, augmente d'abord puis diminue lorsque le rendement plafonne à son maximum en fin de floraison.

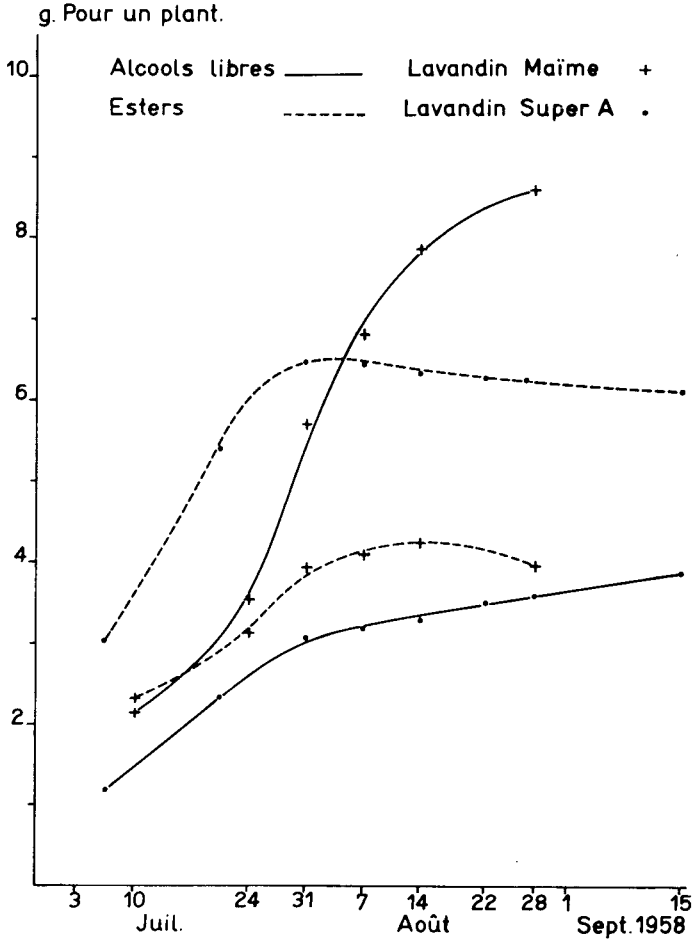


FIG. 29. — Poids des alcools libres (exprimés en linalol) et des esters (exprimés en acétate de linalyle) contenus dans les essences de deux lavandins, choisis pour leur grande différence de composition, au cours de la végétation. Les poids de ces corps suivent des variations indépendantes ; seuls les alcools deviennent plus abondants ; ils sont des produits d'aboutissement de l'activité végétale.

Par contre, pour les alcools libres l'augmentation est constante et on ne constate pas de diminution. Cette augmentation semble indiquer que ces corps, s'ils sont peut-être eux-mêmes formés en partie par la distillation, pourraient être des produits d'aboutissement de la dégradation des corps terpénogènes, sous l'action de l'activité végétale.

6 — ESTERS ET ALCOOLS LIBRES CHEZ LES LAVANDES

Chez les lavandes non butinées nous retrouvons la même évolution des esters et des alcools (voir figure 30), que celle qui a été constatée chez les lavandins.

Par contre, chez les lavandes butinées produisant des graines, on remarque qu'en même temps, la quantité d'esters ainsi que la quantité des alcools libres diminuent rapidement à partir du 4 août.

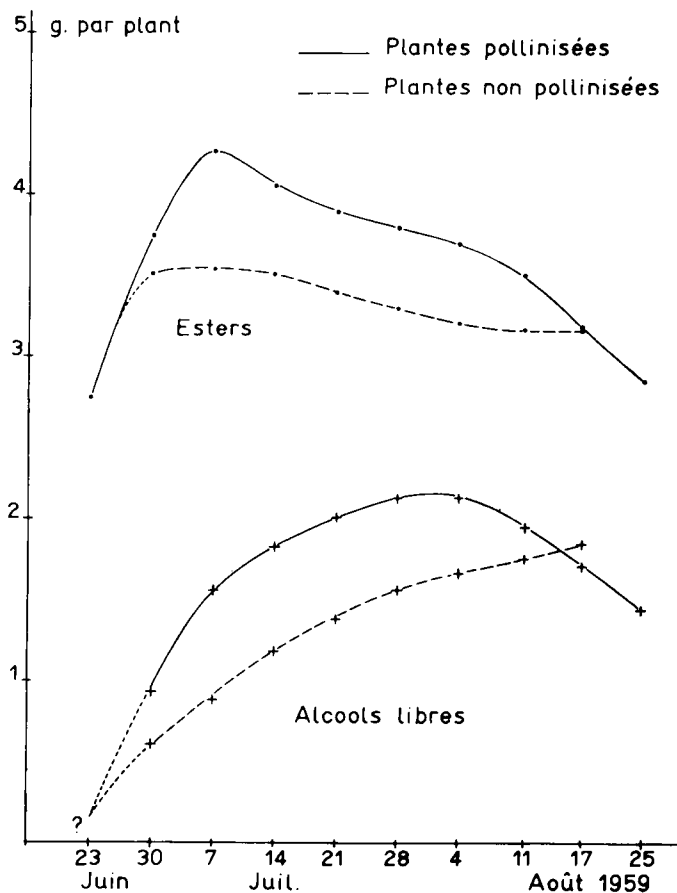


FIG. 30. — Production en alcools libres (exprimés en linalol) et en esters (exprimés en acétate de linalyle) par deux plants de lavande Matheronne. Pour le plant non pollinisé, les variations de ces corps sont voisines de celles relevées chez les lavandins (voir fig. 29). Pour le plant pollinisé par les abeilles, les productions sont plus élevées, mais on constate une diminution plus rapide des esters, et surtout, à partir du 4 août, les poids des esters et des alcools baissent très rapidement (voir fig. 25).

F. — Rôles des essences dans la plante

Ce qui précède nous permet de supposer que les essences, ou peut-être plus précisément les corps terpénogènes qui leur donnent naissance, peuvent jouer dans la plante un rôle de matières de réserve analogue à celui des matières glucidiques et qui peut se manifester de deux façons :

1° CHEZ LES FEUILLES ET ORGANES VERTS

CHARABOT et HEBERT (1904) ont constaté que la Menthe poivrée (*Mentha piperita* Huds) cultivée à l'ombre a un développement inférieur, une teneur en essence plus faible et qu'elle produit considérablement moins d'essence que la plante cultivée en pleine lumière (6 mg contre 132 mg).

Ces mêmes auteurs (1905) reprenant leurs expériences avec le Basilic (*Ocimum Basilicum* L.) mirent en évidence que chez des plantes normalement cultivées à la lumière, puis abritées des rayons solaires, non seulement la quantité d'essence fournie par les parties vertes (feuilles et tiges) n'a pas augmenté mais encore que la plante a consommé une partie importante de l'essence qu'elle contenait au moment où elle a été privée de rayons solaires (20 mg début juillet contre 12,5 mg en fin août, soit une consommation de 7,5 mg d'essence).

D'autre part, la composition des essences de feuilles récoltées sur les plantes cultivées à l'ombre est différente.

Ces expériences montrent bien que les essences ou les corps qui leur donnent naissance, peuvent être utilisés en cas de besoin comme des matières de réserve, mais lorsque les circonstances restent normales ces matières ne sont pas utilisées. Toutefois elles subissent une lente évolution, comme semblent l'indiquer les variations de l'indice de réfraction des feuilles de lavandin « Super Z » (voir tableau 15), ainsi que les variations de ce même indice que nous venons de constater pour les essences extraites des calices de lavandins isolés, ou encore pour les essences globales des lavandes non pollinisées.

Ainsi les essences des feuilles, n'ayant pendant la courte période envisagée ici aucun rôle physiologique à jouer, ne subissent que de faibles variations. Elles évoluent beaucoup moins vite que les essences des calices qui se forment sous des conditions climatiques très différentes, de ce fait, elles ont une composition différente, qui a déjà été signalée par JEANCARD et SATIE (1900) et CHARABOT (1901).

C'est cette évolution particulière des essences des feuilles qui explique que, dans le cas des lavandes butinées, les essences recueillies tardivement voient leur pourcentage en esters remonter, car la disparition des essences des calices redonne aux essences des feuilles une importance relativement grande dans l'essence totale extraite, modifications qui furent interprétées par CHARABOT d'une façon qui nous apparaît inexacte.

2° CHEZ LES CALICES

L'hypothèse selon laquelle les essences intervenaient dans la formation des graines, fut émise par CHARABOT puis reprise par FONDARD (1926) lorsqu'ils constataient que les rendements des lavandes vraies en essence, baissaient très sensiblement après la floraison, alors qu'apparaissent les graines.

IGOLEN et BENEZET (1958) signalent aussi cette baisse de rendement et nous mêmes l'avons constatée ici dans les relevés de 1958 et de 1959. Il est à remarquer toutefois qu'en année pluvieuse, au moment de la pleine végétation, les hauts rendements se maintiennent plus longtemps qu'en année sèche.

Le rôle des essences (ou des corps terpénogènes) dans la formation des graines chez les lavandes est confirmé par le fait que les rendements chez les lavandes non

butinées tout comme chez les lavandins ne baissent pas alors que pour les lavandes butinées les rendements subissent des diminutions importantes.

3° ESSENCES OU CORPS TERPÉNOGÈNES ?

En accord avec NAVES (1955), il est de toute évidence que la recherche du rôle des essences dans la formation des graines par l'étude des essences obtenues par l'entraînement à la vapeur d'eau se heurte à une difficulté insurmontable due à la technique d'extraction employée.

En définitive les rôles qui ont été relevés peuvent être remplis soit par les essences elles-mêmes, soit, plus vraisemblablement il nous semble, par les corps terpénogènes.

G. — Conclusions

La répartition des essences dans les différentes parties du végétal ainsi que leur absence dans les tiges indique que leur formation se produit dans les cellules épidermiques où elles s'accumulent.

L'hypothèse formulée par divers auteurs selon laquelle les essences se forment à partir des glucides se trouve confirmée par l'augmentation des rendements consécutive à l'arrêt de la sécrétion nectarifère provoquée par la pollinisation.

Les évolutions de la teneur en esters et en alcools, suivies sur de nombreuses séries de lavande et de lavandin montrent que les esters ne peuvent se former à partir des alcools.

D'autre part, les évolutions des poids de divers constituants présents dans les essences extraites à divers moments de la végétation des plantes, conduisent à concevoir que les alcools constituent le terme d'aboutissement normal de l'évolution naturelle des essences contenues dans la plante et que les cétones terpéniques et les esters sont, tout au moins en partie, formés au cours de la distillation aux dépens de corps terpénogènes plus complexes.

Les diminutions de production d'essence par les feuilles de menthe constatées par CHARABOT et la preuve que nous avons apportée que la baisse de production d'essence par les calices de lavande vraie pollinisée est bien due à la formation des graines, permettent d'attribuer aux essences ou peut-être plus vraisemblablement aux corps terpénogènes qui leur donnent naissance, bien que ces corps n'aient pas été isolés ni caractérisés, un rôle des matières de réserve au même titre que les glucides en général.

CONCLUSIONS

Malgré le grand développement que prennent les lavandes et les lavandins lorsqu'ils sont cultivés, ces plantes, par leur port et la réduction de leur feuillage, laissent la plus grande partie du terrain qu'elles occupent exposée aux ardeurs du soleil.

Or, sous le climat méditerranéen, la minéralisation de l'azote contenu dans les matières organiques du sol et la destruction de l'humus, sont d'autant plus rapides que le sol est soumis à l'insolation.

La culture des lavandes crée des conditions favorables à une diminution rapide de la richesse du sol, et à cette baisse de la fertilité correspond une diminution de la productivité des plantes.

Cet aspect agricole du problème des lavandes et des lavandins fournit une explication valable aux diminutions de production de ces plantes.

Ce phénomène, qui avait été remarqué par les praticiens, avait donné lieu à une interprétation gratuite selon laquelle les abeilles, par leur butinage, étaient responsables des diminutions de rendement. C'est cette interprétation qui nous a conduit à étudier les rapports qui pouvaient exister entre l'insecte et la plante.

Malheureusement le problème des lavandes est d'une telle complexité qu'il a été nécessaire, pour une bonne compréhension des phénomènes, d'examiner parallèlement deux points extrêmement importants pouvant intervenir, concurremment avec le butinage, sur les rendements en essence ou sur la qualité des essences obtenues : l'extraction des essences à la vapeur d'eau et les modifications que l'on peut relever au cours de la végétation.

En effet, si ces points avaient déjà été abordés, les résultats publiés par divers auteurs étaient en général divergents ou même contradictoires.

C'est ainsi que nous avons dû examiner par ailleurs : les plantes, leurs productions apicoles et définir quelques caractères distinctifs entre les lavandins et les lavandes.

Ici même les points suivants ont été étudiés pour connaître les essences produites dans les conditions normales : extraction à la vapeur d'eau, modifications dues aux conditions d'extraction ; évolution des rendements et des caractéristiques des essences ; puis les conséquences diverses du butinage des abeilles sur les plantes et les essences ; enfin grâce aux multiples observations poursuivies de 1954 à 1960 nous avons cherché à dégager quelles pouvaient être les évolutions réelles des essences chez la plante et le rôle qu'elles semblent jouer dans l'économie végétale.

A. — Extraction des essences

L'extraction des essences à la vapeur d'eau, est pratiquée avec plus ou moins de bonheur par les agriculteurs, qui sont le plus souvent groupés au sein de coopératives, ou par des distillateurs travaillant à façon.

C'est une opération encore trop mal connue, conduite le plus souvent empiriquement et sur le compte de laquelle persistent des préjugés incompatibles avec l'évolution actuelle des techniques. Cet empirisme, qui semble bien d'ailleurs exister à tous les stades de la production des essences, fait que cette activité agricole est certainement une des moins évoluée de toute l'agriculture française.

Après avoir procédé à de nombreuses extractions expérimentales dont les résultats ont été confirmés par des distillations sur alambics de grande capacité, nous pouvons affirmer que :

1^o Conformément à la théorie et vu le grand nombre de corps présents dans l'essence, la richesse du distillat en essence est très élevée au début de l'extraction et baisse rapidement par la suite.

C'est ainsi que dans les extractions sur grand alambic, 90 p. 100 des essences sont entraînées pendant la première moitié de l'opération, c'est à-dire en 20 minutes environ.

2^o Pendant toute la durée de l'extraction d'une essence, *toutes les caractéristiques des fractions varient dans de très grandes proportions* (parfum, couleur, densité, pouvoir rotatoire, indice de réfraction, richesses en esters, en alcools libres et en alcools totaux). Ces multiples variations indiquent une modification constante de la composition chimique et sont en accord avec la théorie de l'entraînement des corps par la vapeur d'eau.

Les essences extraites en fin de distillation possèdent des caractéristiques dont les valeurs sont considérées comme médiocres ou mauvaises ; il n'y a donc aucun intérêt à extraire ces essences, d'autant plus que l'opération est très longue et nécessite une grande quantité de vapeur.

3^o L'utilisation de vapeur sous pression (donc à température élevée), ou circulant très rapidement dans la masse des fleurs, favorise l'obtention d'essences à indice de réfraction élevé et à solubilité toujours moins bonne que lorsque l'extraction est faite avec une vapeur circulant lentement et à une température voisine de 100°.

La distillation a donc le pouvoir de modifier la composition chimique des essences.

4^o A cause de sa très grande variabilité, l'indice de réfraction est une caractéristique qui a toujours été considérée comme secondaire pour l'évaluation de la qualité des essences. Or cette variabilité est due à la sensibilité de cet indice qui, pour une même variété distillée, est influencée par la moindre variation de la rapidité de passage, ou de température de la vapeur et par la prolongation de l'opération.

En conséquence grâce à sa grande sensibilité, l'indice de réfraction est un indice extrêmement précieux pour suivre les variations des essences au cours de leur extraction.

B. — Évolution des essences au cours de la végétation

Les résultats obtenus par l'étude de nombreuses séries de lavande ou de lavandin, montrent que :

I. — *Chez les lavandins les rendements en essence évoluent vers une richesse maximum pendant la floraison et cette richesse reste à un taux élevé après la fin de la floraison.*

Pendant ce temps les essences évoluent. Leurs caractéristiques tendent vers :

une plus grande solubilité,
 une couleur plus pâle,
 une densité plus faible,
 un indice de réfraction plus bas,
 un pouvoir rotatoire plus fort,
 une richesse en alcools libres plus élevée,
 une richesse en alcools totaux plus élevée,
 une richesse en esters moins élevée.

II. — *Chez les lavandes* — La même évolution des caractéristiques peut être constatée mais, après avoir atteint un certain maximum pendant la période qui suit immédiatement la pleine floraison, *les rendements en essence diminuent très rapidement en même temps que les graines mûrissent.*

En conséquence le meilleur moment de la coupe se situe :

- a) pour les lavandins à la fin de la floraison ;
- b) pour les lavandes dans les 8 à 15 jours qui suivent la pleine floraison, selon les conditions climatiques.

C. — Influence des abeilles sur les plantes et les essences

Nous avons montré que le butinage des abeilles provoque :

- a) *Chez les lavandes : le flétrissement des corolles en 2 à 3 jours, l'arrêt de la sécrétion nectarifère dans les mêmes délais et, pendant un temps plus ou moins prolongé, une augmentation des rendements en essence.*

Mais la pollinisation provoque aussi *la formation des graines* et parallèlement on constate *une diminution importante des rendements en même temps qu'une modification profonde des caractéristiques des essences.*

- b) *Chez les lavandins : Malgré l'absence de pollinisation, le butinage des abeilles provoque le flétrissement des corolles et l'arrêt de la sécrétion nectarifère en même temps qu'une augmentation permanente des rendements en essence.*

La plante étant stérile ne peut produire de graines et *les effets du butinage des abeilles sur la plante semblent dus à une sécrétion des butineuses*, probablement la même sécrétion qui inhibe la germination du pollen récolté par les abeilles.

D. — Origine. Modifications et rôle des essences dans la plante

1° Origine

Les constatations faites ici sur l'influence du butinage des abeilles sur l'arrêt de la sécrétion nectarifère, apportent un argument de plus à l'hypothèse formulée par plusieurs auteurs et selon laquelle les essences trouvent leur origine dans les sucres produits par la photosynthèse.

Cette hypothèse explique encore les différences relevées dans les rendements et dans les caractéristiques des essences produites par les plantes développées dans des conditions climatiques moins favorables.

2° Modifications

Les évolutions des caractéristiques des essences au cours de la végétation, si elles sont exprimées en *teneur* de tel ou tel corps (Alcools - Esters - Cétones) conduisent à formuler des conclusions inexactes sur la transformation des différents corps contenus dans les essences.

Par contre si les caractéristiques sont exprimées en *poids* de tel ou tel corps contenu dans les essences produites par un plant au cours de la végétation, les évolutions obtenues permettent d'envisager l'hypothèse suivante selon laquelle :

a) *Les alcools libres sont des produits naturels d'aboutissement de l'activité biologique des plantes.*

b) *Les cétones terpéniques et les esters, s'ils peuvent également être des constituants naturels des essences, sont des corps qui sont formés au cours de l'extraction par l'action de la température élevée et de la vapeur d'eau sur des précurseurs ou corps terpénogènes.* Cette origine est en accord avec NAVES (1955) et ROVESTI (1955).

c) Les essences telles qu'elles sont obtenues à la sortie d'un alambic, sont constituées par un mélange très complexe de corps pouvant avoir une double origine :

1° une origine naturelle à partir de corps terpénogènes dont la transformation est plus ou moins avancée, selon le stade de la végétation et les conditions de climat ;

2° une origine artificielle au moment de la distillation. Sous l'action de la vapeur d'eau et de la température, ce qui reste des corps terpénogènes subirait une transformation brutale et donnerait naissance à des corps déjà existant naturellement dans la plante ou à des corps différents selon les conditions de la distillation.

Nous considérons que c'est cette origine complexe des essences qui a rendu si difficiles les recherches sur les lavandes et les plantes à parfum en général.

3° Rôle des essences dans la plante

Nous avons pu constater ici que chez les lavandes (*Lavandula vera* D. C.) butinées par les abeilles la production des graines est importante et qu'elle s'accompagne d'une *diminution* de la quantité d'essence extraite.

Chez ces mêmes plantes non butinées il n'y a pas formation de graines et la quantité d'essence *reste au niveau maximum qui est atteint en fin de floraison.*

Ce phénomène est à rapprocher des observations de CHARABOT et HEBERT (1905) sur *Ocimum basilicum* L. chez qui la production des essences par les parties vertes *diminue* lorsque la plante est placée à l'abri de la lumière.

Ces faits pourraient permettre de conclure que les essences jouent dans la plante un rôle de matière de réserve voisin de celui des matières amylacées, mais il s'agit ici d'*essences extraites à la vapeur d'eau*. En effet, la vapeur, si elle entraîne bien les corps constituant les essences et présents naturellement dans la plante, provoque aussi au moins en partie, la formation de certains corps : séquiterpènes, cétones et esters, aux dépens des corps terpénogènes.

Or, l'examen des diverses caractéristiques physiques des essences extraites (couleur, solubilité, indice de réfraction, etc.) ou l'étude de l'indice de réfraction au cours de la distillation faite sur des calices récoltés à divers moments de la végétation (fig. 20 et 5) ainsi que les évolutions particulières des poids de cétones terpéniques chez les lavandins (fig. 28) et des esters chez les lavandes butinées par les abeilles

(fig. 30) semblent indiquer que dans la plante les corps terpénogènes sont très abondants au moment où la végétation est très active, puis que ces corps tendent à disparaître.

Aussi nous pensons que ce sont les corps terpénogènes qui jouent le rôle de matière de réserve qui a été attribué aux essences.

En tout état de cause ces travaux apportent la preuve que :

a) Chez les lavandes vraies les abeilles provoquent :

1° une augmentation temporaire des rendements en essence,

2° puis une diminution importante de ces rendements ;

b) Chez les lavandins, le butinage est toujours favorable à une augmentation de la production des essences.

Une réponse inattendue est ainsi fournie à une question posée et sur laquelle il ne pouvait être répondu sans passer par l'expérimentation.

SUMMARY

SOME QUANTITATIVE AND QUALITATIVE FACTORS IN THE PRODUCTION OF ESSENTIAL OILS FROM LAVENDER (*Lavandula* TOURN)

As the result of work carried out between 1954 and 1960 on Lavender (*Lavandula vera* D. C.) and « Lavandin » ⁽¹⁾, a number of observations has been made on the following points :

I. — Plant material

The essential oils are contained in the epidermal cells which are particularly numerous in the calyx.

The production of essential oil from different parts of the plant is directly proportional to the density and the volume of the oil containing cells present :

a) there is no oil available from the stalks ;

b) the leaves produce small quantities ;

c) practically all the oil extracted from the flower stem comes from the calyx.

The essential oils produced by the leaves have different characteristics from those extracted from the calyces and the modifications they undergo during the growth of the plant are not important.

II. — Extraction of the essences by steam

A study of the extraction of the essential oils by fractional distillation has confirmed the principles on which this process operates. The large number of compounds present in these essences is responsible for the continual variations which arise.

At the beginning of the process the essential oils distil over in high concentration but this rapidly falls. During an industrial extraction lasting from 45 to 50 minutes some 90 p. 100 of the essential oils distilled over during the first 20 or 30 minutes.

The physico-chemical characteristics of the distillate fractions vary continually during the operation :

a) the tint changes progressively from colourless towards yellow ;

b) the scent changes ;

c) the solubility, moderate at the beginning, increases for a period, while the last fractions are insoluble ;

d) the refractive index follows a somewhat similar course, except that it is very high for the last fractions ;

e) the rotatory power moves towards the higher values ;

(1) « Lavandin » : this name is given to cultivated hybrids *Lavandula vera* × *Lavandula spica*.

f) the density changes in a similar manner ;
 g) the concentration of esters expressed as linalyl acetate generally increases in the last fractions but, varying with the plant used, after reaching a certain maximum, it may drop for the end fractions ;
 h) the alcohol concentration, expressed as linalol, develops differently according to the variety. Total alcohol varies in the same general way as the esters, while free alcohol develops in the opposite manner.

If the passage of the steam is very rapid there are lower solubilities and higher refractive indices. Redistillation with steam causes a loss of essential oils, a reduction in colour, increased solubility and a reduction in refractive index.

Steam redistillation of 2 fractions of the same essential oil confirmed that there is a big difference in composition between « head » and « body » distillate fractions.

The « enviscage » ⁽¹⁾ of the still and the condenser, suggested as an explanation of the differences observed in the extraction of essential oils, can modify neither their yield nor their characteristics.

Laboratory scale stills gave the same extraction results as large scale plants.

III. — *Changes in essential oils during plant growth*

From a study of the distillation of the calyces *only*, the following modifications were seen to arise during the growth of the plant :

In the « Lavandins », the amount of essential oils extracted *increased during flowering and did not drop afterwards*.

In the true seed-producing Lavenders the quantity of essential oils *increased during flowering* and reached a maximum within 8 to 15 days after the blossoming had attained its height. Subsequently during seed formation there was a *drop in the output of essential oil*, but here climate seemed to exercise an important influence.

During plant growth the following changes were recorded in the physico-chemical characteristics of the essential oils extracted from Lavanders and « Lavandins » :

- a) increased solubility ;
- b) reduced refractive index ;
- c) diminished density ;
- d) increased rotatory power ;
- e) *reduced* ester concentration, expressed as linalyl acetate ;
- f) *increased* free alcohol content, expressed as linalol ;
- g) in the true Lavenders the total alcohol content remained more or less constant ; in the « Lavandins », it increased.

IV. — *Modifications caused by the honey gathering of Bees*

The reactions of both Lavenders and « Lavandins » to the activities of bees during the gathering of honey may be identical or different, or even of an opposite nature. The following have been recorded :

a rapid wilting of the corolla and the cessation of the secretion of nectar on the third day following the opening of the flower. These reactions are provoked within 6 hours in both Lavenders and « Lavandins » if there is a large amount of lavender pollen available. The reactions of the « Lavandins » are produced more slowly by the action of a wilt-provoking substance secreted by the bee. It appears that this substance may be the same as that used by the bee to inhibit the germination of the pollen harvested by the honey gatherers.

In the Lavenders the fertilization of the ovule provokes the seed formation.

In the « Lavandins » a *permanent* increase which may reach from 15 to 20 p. 100 in the essential oil content of the plant is produced.

In the Lavenders which have been visited by the bees and which are producing seed, a *temporary increase* in the amounts of essential oil occurs and is *followed by a considerable decrease*. In the case under study this increased production due to the action of the bees attained its maximum 15 days after flowering had reached its peak.

It was noted that there were differences in the characteristics of the essential oils produced from Lavenders which had been visited by bees and those which had not. It was thought that the specific development of these characteristics was due in some part to the climatic conditions prevailing during the year.

The development of the percentage of esters in Lavenders visited by the bees is consequent upon the disappearance of the essential oils from the calyces. The latter being very abundant and also poor in esters determine the overall concentration in essential oils of the plant extract. The disappearance of the essential oils of the calyx emphasizes the importance of those of the leaves and as the latter are rich in esters the level of these compounds increases.

⁽¹⁾ For the meaning of this word, see page 313-314.

V. — Other observations

If during the growth of the plant the changes in the quantity of any given compound contained in the essential oils are studied, there might be temptations to reach conclusions concerning the development of these substances which would be founded upon very slender evidence.

If on the other hand the weights given by the analysis of these compounds are recorded it would appear that :

a) alcohols are *natural* end products of plant growth ;

b) esters and terpene ketones, even if they are produced naturally during the plant's metabolism, are certainly formed during the crude action of steam and temperature on the terpenoids during distillation.

It would seem that the terpenoids fill the role of the reserve material which has hitherto been attributed to the essential oils.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGTHE C., 1951. Ueber die physiologische Herkunft des Pflanzennektars. *Promotionsarb. E. T. H. Zürich*, No. 2017, 270-274.
- BARBIER E. C., 1958. La pollinisation d'un lavandin — Ses effets sur les fleurs. *C. R. Acad. Agric.*, 628-633.
- BARBIER E. C., 1958. Rapports entre l'évolution florale d'un lavandin et l'essence produite. *C. R. Acad. Agric.*, 616-622.
- BARBIER E. C., 1958. Le moment optimum de la coupe d'un lavandin. *Journée de la lavande*, Digne, 10-13.
- BARBIER E. C., 1959. La distillation de l'essence de lavandin « Z » et possibilités d'amélioration de l'essence produite. *Journée de la lavande*, Nyons, 33-35.
- BARBIER E. C., 1959. Observations préliminaires sur la distillation de l'essence de lavandin par entraînement à la vapeur d'eau. *C. R. Acad. Agric.*, 141-152.
- BARBIER E. C., MAUREL A., DOUILLET J., 1961. Variations des caractéristiques physico-chimiques des essences de lavande et de lavandin au cours de leur extraction par la vapeur d'eau au laboratoire et dans la pratique. *C. R. Acad. Agric.*, 343-362.
- BARBIER E. C. (sous presse). Les lavandes : botanique et valeur apicole. *Ann. Abeille*.
- BAREL R., 1950. Contribution à l'étude des lavandes du Lot. *Thèse Toulouse*.
- BOETIUS J., 1948. Ueber den Verlauf der Nektarabsonderung einiger Blütenpflanzen. *Beih. Schweiz. Bienenztg*, 2, 258-317.
- BONNIER G., 1878. Les nectaires. *Ann. Sci. nat., sér. Bot*, 8, 5-122.
- CHARABOT E., 1900. Sur les modifications subies par l'essence de lavande pendant la végétation. *Bull. Soc. Chim.*, 23, 183-189.
- CHARABOT E., 1901. Sur le rôle de la fonction chlorophyllienne dans l'évolution des composés terpéniques. *C. R. Acad. Sci.*, 132, 159-161.
- CHARABOT E., HEBERT A., 1904. Formation des composés terpéniques dans les organes chlorophylliens. *Bull. Soc. Chim.*, 31, 402-409.
- CHARABOT E., HEBERT A., 1905. Consommation de produits odorants pendant l'accomplissement des fonctions de la fleur. *Bull. Soc. Chim.*, 33, 1121-1128.
- CHARABOT E., HEBERT A., 1905. Consommation des matières odorantes chez la plante étiolée. *Bull. Soc. Chim.*, 33, 580-585.
- CHARABOT E., LALOUE G., 1907. Repartitions successives des composés terpéniques entre les divers organes d'une plante vivace. *C. R. Acad. Sci.*, 144, 435-437.
- CHARABOT E., GATIN, 1908. Le parfum chez la plante, Paris.
- CHAYTOR D. A., 1937. *J. Linnean Soc. Bot.*, 51, n° 338, 153-204.
- CHIRIS Établ., 1926. Réalisation expérimentale de l'hybride entre l'Aspic et la Lavande. *Parfums de France*, 44, 318-325.
- CHIRIS, 1930. Quelques notes sur la Lavande. *Parfums de France*, n° 83, 227-240.
- CHOUARD P., 1958. Remarques sur l'induction de quelques capacités fonctionnelles chez les plantes à fleurs et sur leur réversibilité. *Rev. Path. Gen.*, 695, 289-295.
- COMBES R., 1937. La vie de la cellule végétale, 3, Paris.
- COSTES C., 1960. Absorption et utilisation de l'énergie lumineuse par les végétaux cultivés dans les conditions naturelles. *Ann. Physiol. Vég.*, 175-229.
- CRABALONA J., GILLI M., 1958. Lavandes et lavandins. *Nouvelles de Grasse*, n° 2.
- DARWIN Ch., ? De l'origine des espèces. 5^e éd.
- DAVID, DAGAN, 1954. *Bull. Soc. Bot.*, 5-6.

- DILLEMANN G., 1954. L'hybridation interspécifique naturelle. *Bull. Soc. Bot.*, 1-2, 36-87.
- DOUILLET J., 1960. Contribution à l'étude de la distillation des essences de lavande par entraînement à la vapeur d'eau. Chambre d'Agriculture départementale des Basses-Alpes, Digne.
- FAURE J., VERCIER B., 1954. Les lavandes. *B. T. I.*, 88, 161-174.
- FONDARD L., 1922. Recherches morphologiques et biologiques sur les lavandes. *Thèse Fac. Sci., Marseille.*
- FONDARD L., 1926. Culture de la lavande. *Off. Agricole Départ. des Basses-Alpes.*
- FONDARD L., 1948. Culture de la lavande et du lavandin. *Imp. Manivet et Fils., Marseille.*
- FREY-WYSSLING A., ZIMMERMANN M., MAURIZIO A., 1954. Über den enzymatischen Zuckerumbau in Nektarien. *Experientia*, 112, 491-497.
- GAGNEPAIN F., 1901. Sur le pollen des hybrides. *Bull. Soc. Hist. Nat. Autin*, 14, 20-29.
- GATTEFOSSE R. M., 1926. Distillation des plantes aromatiques et des parfums. *Éditeurs Desforges, Girardot et Cie.*
- GATTEFOSSE R. M., 1927. Le lavandin et son essence. *La Parfumerie moderne*, 192-195.
- GIRAUD L., 1927. Contribution à l'étude du lavandin et de son essence. *Thèse Fac. Sci., Lyon.*
- GATTEFOSSE J., 1939. Distribution géographique des lavandes. *Parfumerie moderne*, 33, 107-118.
- GIVRAY M. D., 1956. L'odeur de lavande. *Rev. Franc. Corps gras*, 5, 352-356.
- HAMBLETON J. I., 1946. The indispensable Honeybee. *Smithsonian report for 1945, U. S. A.*, 293-304.
- IGOLEN G., 1944. Contribution à l'étude de la composition chimique de l'essence de lavandin. *Thèse Fac. Sci. Marseille.*
- IGOLEN G., BENEZET L., 1958. La sélection de la lavande. *La France et ses parfums*, n° 2, 5-16.
- JAEGER P., 1959. La vie étrange des fleurs. *Éditeurs Horizons de France, Paris.*
- JAEGER P., 1957. Les aspects actuels de l'entomogamie. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 3-4, 179-236, n° 5-6, 352-412.
- JEANCARD P., SATIE C., 1900. Des essences de lavande et des causes de variation de leur teneur en esters. *Bull. Soc. Chim.*, 23, 549-554.
- LAIBACH F., 1957. Der Einfluss von Auxin und Gibberellin auf die Abstossung von Pflanzenorganen. *Naturwissenschaften*, 44, 594-595.
- LAMOTHE, 1912. Réveil agricole de Marseille, n° 1005.
- LAMOTHE L., 1926. La lavande Aspic et son avenir. *Parfumerie moderne*, 17-19.
- LANGLAIS P., 1954. Histoire de la lavande et de son parfum. *Parfums, cosmétiques et savons*, 105, 19-26.
- LAVIE P., 1960. Les substances antibactériennes dans la colonie d'abeilles. *Thèse Fac. Sci., Paris.*
- LUTZ L., 1940. Le rôle biologique des essences dans les plantes. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 23, 497-505.
- MAHOUT, 1960. La sélection de la lavande. *B. T. I.*, n° 153, 573-581.
- MAUREL A., BARBIER E. C., 1958. Contribution à l'étude de l'essence de lavandin. *C. R. Congr. Intern. Chimie Industr., Liège.*
- MAURIZIO A., 1959. Substances dans le corps de l'abeille mellifique qui empêchent la germination du pollen. *Congrès International Apiculture Bologna Roma*, 82-83.
- MENTZER Ch., 1955. Nouvelles données sur la biogenèse des corps terpéniques. *Parfumerie moderne*, n° 45, 37-47.
- MERCK and Co, 1960. The Merck index (9^e éd.). *Edt. Merck and Co., Rahway N. J., U.S.A.*
- MUNIER P., 1958. Sur l'origine et la connaissance de la pratique de la pollinisation artificielle du Palmier Dattier. *Fruits*, 13, 511-512.
- NAVES Y. R., 1955. A propos de la « Biogenèse » des huiles essentielles. *Parfumerie Moderne*, n° 45, 55-60.
- NICOLOV N., 1957. Étude sur les diverses fractions de l'essence de Menthe bulgare au cours de la distillation de la Menthe poivrée. *Indus. Parfum. Cosmétique*, n° 10, 336-337.
- PANKRATOVA N. M., 1950. Recherches sur le procédé de sécrétion du nectar (en Russe). *Zh. Obshch. Biol.*, 11, 292-305.
- RATEAUX P., 1926. La lavande en Italie. *Parfumerie Moderne*, 19.
- RIPERT J., 1937. Essais d'analyse des essences de lavande et autres. *Ann. Fals. Fraudes*, n° 341, 217-225, n° 342, 276-287.
- ROVESTI P., 1955. Recherches sur l'origine et les variations des huiles essentielles dans les plantes. *Parfumerie Moderne*, n° 45, 61-72.
- SPRENGEL C. K., 1793. Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen. Berlin, Vieweg.
- Syndicat National des Fabricants et Importateurs d'Huiles Essentielles et Produits Aromatiques Naturels. Grasse, 1954.
- U. I. S. B. Commission Internationale de Botanique Apicole. 1953. *L'Apiculteur*, n° 2 Section scientifique, 9-14.
- VAZARD B., 1955. La parthénocarpie. *Bull. Soc. Bot.*, n° 7/8, 406-443.
- WYKES G. R., 1952. The influence of variations in the supply of carbohydrate on the process of nectar secretion. *New Phytol.*, 51, 294-300.