

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE & BIOCHIMIE

N°:



DOMAINE : SCINCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

FILIERE : BIOTECHNOLOGIE

OPTION : BIOTECHNOLOGIE VEGETALE

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Par :Brahimi Amira

Hammou Safia

Ferahtia Soulaf

Intitulé

**La pollinisation et les huiles essentielles:
Caractérisations biologiques et chimiques**

Soutenu devant le jury composé de:

Hadji Abasse MAA

SMAILI Tahar Pr

BELKASSAM Abdelouahab MCA

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Président

Rapporteur

Examineur

Année universitaire : 2022 /2023

إهداء

أهدي هذا العمل

إلى من قال فيهم ربنا وخالفنا وقوله الحق «واخفض لهما جناح الذل من الرحمة» بؤرة الأمل التي عبرت
بي نحو الآمال الجميلة إلى من روض الصعاب من

أجلي.....والذي الحبيب

إلى من تمتهن الحب وتغزل الأمل في قلبي إلى من كانت دعواتها عنوان دربي.....أمي الغالية.

إلى من شد الله بهما أزرى وشدت بهم عضدي..... أخوأي محمد
وأيوب.

إلى من لوتّ دروب حياتي.....شقيقتي ريمه، آية
وتقوى.

إلى براعم العائلة.....جوري وسراج.

إلى من سرنا سويا ونحن نشق الطريق معا نحو النجاح إلى كل صديقتي.

إلى كافة معلمي بالأطوار المختلفة. إلى كل المؤسسات التي ارتقيت سلم العلم بفضلها.

إلى كل من علمني حرفا وترك في بصمة خير .

أميرة.

إهداء

إلهي لا يطيب الليل الا بشكرك ولا يطيب النهار الا بطاعتك ولا تطيب الجنة الا برويتك.
مرّت قاطرة البحث بكثير من العوائق، ومع ذلك حاولت أن أتخطأها بثبات بفضل من الله ومنه.
إلى أبي وامي وأخوتي وأصدقائي، فلقد كانوا بمثابة العُضد والسند في سبيل استكمال البحث.

الى كل من أحبهم ويحبوني

ولا ينبغي أن أنسى أساتذتي من الحضارة الى الجامعة

أهدي لكم بحث تخرّجي.....

داعياً المولى - عزّ وجلّ - أن يُطيل في أعماركم، ويرزقكم بالخيرات

صفية.

إهداء

الحمد لله حتى يبلغ الحمد منتهاه.

أما عن فرحة التخرج فلا اقتباس يصفها ولا كلام يعبر عن شعورها

أجمل لحظة هي أن يتحقق ما صبرت وتعبت لأجله

أهدي تخرجي الى الذي أوصاني الله به برأً وأحساناً والذي والى بحر الحُب والحنآن والنبض الساكن في عروقي أُمي الحنونة الى نجوم سمائي المتلألئة وسندي في الحياة اختي أخوتي وألى جميع أساتذتي الكبار والى كل قلب خفق لي حباً وخوفاً عليّ أهدى اليهم ثمرة جُهدِي المتواضع ” شكراً من القلب” للجميع

واسأل الله ان يفتح لي ولأصدقائي أبواب الخير والتوفيق.

أشكر كل من الاستاذ المشرف اسماعيلي. ط على ارشاداته وصديقاتي التي جمعنا بهم هذا البحث

سلاف.

Remerciement

Au terme de notre travail, Nous remercions notre Dieu qui nous a donné la santé, le courage et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

*Nous exprimons nos reconnaissances encadreur à notre promotrice pour nous avoir guidés, conseillés et prêtés assistance tout au long de notre travail, comme il a été présent à tout moment qu'on a besoin de lui : Mr **SMAILI Tahar**.*

*Nous tenons à adresser nos remerciements à Mr :**BELKASSAM Abedlouahab***

*Et Mr:**MERABTI Karim** Pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont aidées lors de la rédaction de ce mémoire.

Liste des abréviations

C° Dégrré Celsius

COV Composés organiques volatils

HE Huiles essentielles

ME Méthyl eugénol

SOMMAIRE

Liste des abréviations	
Sommaire	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction:	

Chapitre I:Les huiles essentielles

<u>1.</u> Historique des huiles essentielles	3
<u>2.</u> Définition des huiles essentielles	4
<u>3.</u> Classification	4
<u>4.</u> Familles de plantes riches en huiles essentielles	4
<u>5.</u> Localisation	5
<u>6.</u> Propriétés physiques	7
<u>7.</u> Composition chimique	8
<u>7.1.</u> Groupe des terpénoïdes	8
<u>7.1.1.</u> Monoterpènes	9
<u>7.1.2.</u> Sesquiterpènes	9
<u>7.2.</u> Composés aromatiques	9
<u>7.3.</u> Composés d'origine diverses	10
<u>8.</u> Méthode d'extraction des huiles essentielles	12
<u>8.1.</u> Extraction par hydrodistillation d'huile essentielle	12
<u>8.2.</u> Entraînement à la vapeur d'eau	12
<u>8.3.</u> Hydrodiffusion	13
<u>8.4.</u> L'extraction par solvants volatils	13
<u>8.5.</u> L'extraction au CO2 supercritique	14
<u>8.6.</u> Expression à froid	14
<u>8.7.</u> Extraction assistée par micro-ondes	15
<u>9.</u> Conservation des huiles essentielles	16
<u>10.</u> Activités biologiques des huiles essentielles	17
<u>10.1.</u> Activités antibactériennes	17
<u>10.2.</u> Activité antifongique	17
<u>10.3.</u> Activités antioxydantes	18
<u>11.</u> Utilisation	18

<u>11.1.</u> En pharmacie.....	19
<u>11.2.</u> En agroalimentaire	19
<u>11.3.</u> En parfumerie.....	20

Chapitre II : Pollinisation

<u>1.</u> Structure des fleurs.....	22
<u>2.</u> Le nectar.....	22
<u>3.</u> Notion de pollinisation.....	23
<u>4.</u> Type de pollinisation.....	24
<u>4.1.</u> Pollinisation directe (l'autopollinisation).....	24
4.2.La pollinisation croisée (indirecte).....	24
<u>5.</u> Les différents agents pollinisation	26
<u>5.1.</u> Caractéristiques des fleurs pollinisées par les insectes.....	26
<u>5.2.</u> Caractéristiques des fleurs pollinisées par le vent (Pollinisation anémophile)	26
<u>5.3.</u> Caractéristiques des fleurs pollinisées par des	27
<u>5.4.</u> Caractéristiques des fleurs pollinisées par l'eau.....	28
<u>6.</u> Méthodes de pollinisation indirecte	28
<u>6.1.</u> Pollinisation des fleurs par les insectes	28
<u>6.1.1.</u> Pollinisation des fleurs par abeilles	28
<u>6.1.2.</u> Pollinisation des fleurs par les lépidoptères	30
<u>7.</u> L'importance agro-économique et écologique de la pollinisation.....	31
<u>8.</u> Les risques pour la pollinisation et les pollinisateurs.....	32
<u>9.</u> La relation entre la pollinisation et la production d'huiles essentielles chez les plantes.....	35
<u>9.1.</u> Certains produits chimiques qui attirent les pollinisateurs.....	36
<u>9.1.1.</u> Linalool.....	36
<u>9.1.2.</u> β -Ocimene	38
<u>9.1.3.</u> Méthyl eugénol	39
Conclusion.....	43
Références bibliographiques	44

Liste des tableaux

Tableau 1 : participation des différents transporteurs de pollen de par le monde	31
--	----

Liste des figures

Figure 1 : Exemples d'huiles essentielles issues des différentes parties des plantes.	5
Figure 2 : Exemples d'huiles essentielles issues des différentes parties des plantes.	6
Figure 3 : Poils sécréteurs présents sur la face inférieure d'une feuille de tomate	7
Figure 4 : Structure de base des terpènes (isoprène)	8
Figure 5 : Exemples de structures de Monoterpènes	9
Figure 6 : Exemples de structures de sesquiterpènes	Erreur ! Signet non défini.
Figure 7 : Exemples de composés aromatiques.....	10
Figure 8 : Schéma d'une installation d'hydrodistillation.	12
Figure 9 : : Schéma d'une installaion d'entraînement à la vapeur d'eau	13
Figure 10 : Appareil d'expression à froid	15
Figure 11 : Principe schématisé de l'appareillage de système de l'hydrodistillation sous micro-ondes	16
Figure 12 :Représentation schématique d'une fleur bisexuée.....	23
Figure 13 : Différents types de pollinisation	25
Figure 14 : Pollinisation des fleur par chauves-souris.....	27
Figure 15 : Pollinisation des fleurs par les oiseaux	28
Figure 16 : Pollinisation des fleurs par les abeilles	30
Figure 17: Illustration des possibles interactions harmoniques et disharmoniques fournies par l'attraction et répulsion des constituants volatils contenus dans les huiles essentielles : une illustration du Brouillard Volatil. Ces composés interagissent dans un blend ou mélange volatil.	36
Figure 18: Synthèse organique de linalool à partir de 2-méthyl-2-hepten-6-.....	37
Figure 19: Structure chimique des deux stéréo-isomères β -ocimènes, cis- et trans- β -ocimène	38
Figure 20: structures chimiques du méthyl eugénol et de ses analogues	39



Introduction

Introduction :


Les végétaux sont caractérisés par leur relative immobilité (on dit qu'ils sont sessiles) et donc, ces organismes vivants très évolués au demeurant, ne peuvent pas se déplacer " pour effectuer les principales activités vitales telles que la nutrition, la protection et la reproduction (et notamment la " rencontre " du partenaire sexuel).

Les principaux pollinisateurs sont des insectes de l'ordre des Hyménoptères (principalement des abeilles et des guêpes), des Diptères (principalement des mouches et des aéroglisseurs), des Lépidoptères (papillons) ainsi que de nombreux Coléoptères. Ce type de pollinisation est appelé entomophile. Par la pollinisation, les insectes jouent un rôle essentiel dans la reproduction sexuée des plantes à fleurs. Toutes les interactions positives ou négatives d'une plante ou d'un insecte en général contribuent au maintien de l'équilibre écologique et de la biodiversité des insectes végétaux et animaux. Sans pollinisateurs, une grande partie des plantes ne peuvent plus se reproduire. Dans le même temps, sans pollen, nectar ou autres produits végétaux, la plupart des animaux dépendants des plantes seraient au bord de l'extinction. De plus, la bio - pollinisation est un facteur majeur de diversification de grands groupes de plantes (Angiospermes) et d'animaux.


Il est donc essentiel de reconnaître la nécessité de protéger les insectes pollinisateurs, et d'agir dans l'intérêt des espaces verts et des jardins, notamment en milieu urbain.

Une huile essentielle est un liquide odoriférant d'aspect fluide à épais et de couleur variable selon les plantes dont elle est extraite. Elle est sécrétée par des cellules spécialisées se trouvant aussi bien dans les feuilles, les fleurs, le bois, les racines, les graines. La taille de ces gouttelettes est de quelque micron, c'est pour cela que nous ne les voyons pas. Mais lorsque que l'on froisse la plante aromatique. Les gouttelettes d'huile essentielle sont libérées dans l'atmosphère et parviennent jusqu'à notre nez.

Ce travail est subdivisé en deux chapitres. Le premier est une pollinisation le second est les huiles essentielles, et L'objectif de notre travail est déterminer la relation entre la pollinisation et les huiles essentielles chez les plantes.



Chapitre I:
Les huiles essentielles



1. Historique des huiles essentielles

Les végétaux furent pendant des millénaires utilisés pour combattre les maladies. L'un des premiers « ouvrages », traitant de leurs propriétés, a été rédigé en Chine, environ 1500 ans avant J.-C., intitulé *PenTsao*. Les plantes aromatiques étaient brûlées, ou mises à infuser ou à macérer dans des huiles végétales.

Les huiles essentielles, issues de ces plantes, servaient depuis très longtemps, aussi bien pour honorer les dieux en Égypte à l'époque des pharaons que pour parfumer le corps au temps où les salles de bains et l'eau courante n'existaient pas encore, dans le but de camoufler les mauvaises odeurs corporelles, surtout à la cour du roi Louis XIV.

Pendant la période où la peste fit des ravages à Marseille (1720), le fameux « vinaigre des quatre voleurs », constitué d'un mélange de vinaigre de cidre et de plusieurs plantes aromatiques (ail, camphre, cannelle, clous de girofle, lavande, menthe, romarin, sauge, thym) permit à quatre voleurs, après s'être enduits le corps de cette préparation, d'entrer dans les maisons, pour cambrioler, sans être inquiétés par l'épidémie. Ils étaient immunisés contre ce fléau (Gildemeister & Hoffmann, 1900).

Le thym commun (*Thymus vulgaris*) a été utilisé avec d'autres plantes pour embaumer les morts. Il était utilisé dans la Grèce antique pour stimuler le courage et l'élégance. Au Moyen Âge, il était cultivé dans les jardins des monastères. Aujourd'hui, dans la garrigue provençale, le thym constitue la friandise des lapins, il les accompagne aussi, délicieusement dans les civets.

En médecine traditionnelle, les huiles essentielles ont permis la réalisation de soins. À partir du XIX^e siècle, plusieurs principes actifs odorants des huiles essentielles furent isolés, d'où leur utilisation spécifique. C'est dans les années 1930 que le chimiste français René Maurice Gattefosse utilisa le terme « d'aromathérapie » pour désigner les pratiques médicales utilisant les huiles essentielles. Faisant des recherches en parfumerie, il constata sur lui-même, après un accident de laboratoire, que l'huile essentielle de lavande avait des propriétés antiseptiques et cicatrisantes.

Les huiles essentielles sont de plus en plus utilisées, aussi bien dans les parfums que dans les produits cosmétiques ou dans les spécialités pharmaceutiques, mais également en alimentaire comme agents de saveur. En Provence, les marchés paysans proposent de nombreux produits provenant de producteurs locaux mais aussi de producteurs étrangers.

Les huiles essentielles sont issues de la sécrétion naturelle élaborée dans les différentes parties de la plante : la fleur, la feuille, le fruit, l'écorce... La composition chimique des huiles

essentielles est très complexe, les principaux constituants sont les terpènes(Kaloustian & Hadji-Minaglou, 2012)

2. Définition des huiles essentielles

Une huile essentielle est un « produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie :

- Soit par entraînement à la vapeur.
- Soit par distillation sèche.
- Soit par un procédé mécanique approprié sans chauffage(Deschepper, 2015).

Une huile essentielle est un liquide aromatique issu de plantes. On l'extrait de certains organes – fleur, feuille, écorce, racine, graine... – de plantes riches en essences odorantes. Elle se présente le plus souvent en petit flacon de 5 ou 10 ml(Festy, 2014).

La matière première végétale utilisée peut être fraîche, flétrie, sèche, entière, pulvérisée ou contusée (pulvérisée grossièrement), à l'exception des fruits du genre *Citrus* qui sont traités à l'état frais(Kaloustian & Hadji-Minaglou, 2012).

Les huiles essentielles sont le résultat huileux (non miscible dans l'eau) de la distillation ou compression de plantes. On appelle l'art de les utiliser (aromathérapie). C'est une part de la phytothérapie (le soin par les plantes)(Baumann, 2015).

3. Classification

On distingue deux types de classification des huiles essentielles (HE) :

La première dépend de la composition chimique et se répartit en trois classes

- Les HE hydrocarburées qui sont les plus nombreuses.
- Les HE oxygénées représentées par toutes les HE solides.
- Les HE sulfurées retrouvées chez les Liliaceae et les Brassicaceae.

La seconde repose sur la couleur de l'huile et comprend quatre classes

- Les incolores qui sont dépourvues de résine et d'azulène.
- Les jaunes qui renferment des résines.
- Les bleues qui contiennent de l'azulène.
- Les jaune- vert et vert- brun qui contiennent principalement de l'azulène mais aussi d'autres colorants(Charabot, et al., 1899).

4. Familles de plantes riches en huiles essentielles

Toutes les plantes ont le potentiel de produire des parfums, généralement en quantités infimes. Les plantes dites « aromatiques » sont celles qui produisent des quantités relativement importantes. La teneur en plantes est d'environ 1%. Les plantes aromatiques sont réparties dans un grand nombre de familles végétales, dont certaines concentrent un grand

nombre d'espèces apparentées. Prenons des exemples de Lamiacées, Astéracées, Ombellifères, Cupressacées, Rutacées, Lauracées, Myrtacées(Baser & Buchbauer, 2009).

5. Localisation

La synthèse de l'essence a lieu dans tous les différents tissus sécrétoires présents Parties végétales : fleurs (bergamote), feuilles (menthe), mais aussi Écorce (cannelle de Ceylan), bois (santal), racine (angélique), rhizome (gingembre), desfruits (badiane) et même des graines (noix de muscade) (Kaloustian & Hadji-Minaglou, 2012).

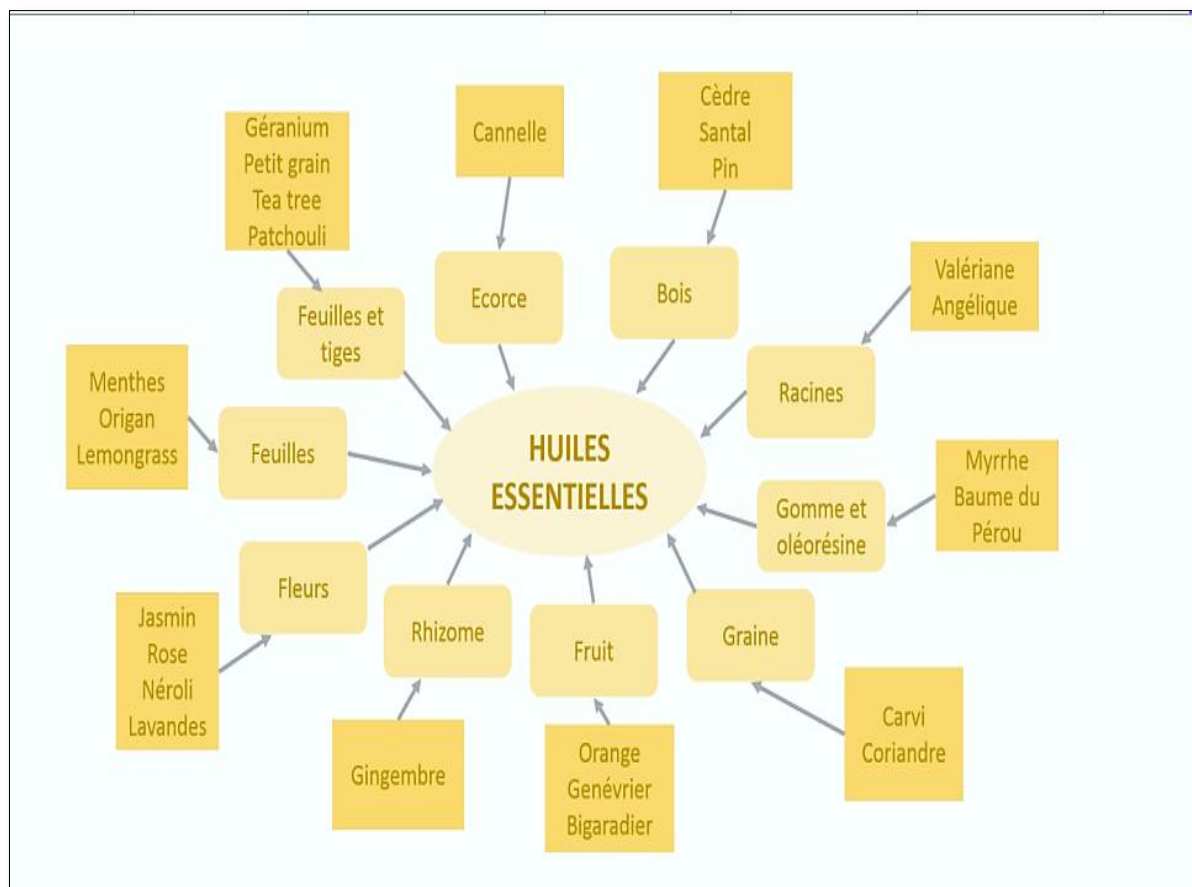


Figure 1 : Exemples d'huiles essentielles issues des différentes parties des plantes.(Deschepper, 2015)

Ces tissus peuvent également produire des résines dont la composition chimique est proche de Les huiles essentielles sont insolubles dans l'eau, mais volatiles. Nous avons trouvé 4.

- **Les cellules sécrétrices isolées**

Ces cellules peuvent se retrouver dans tous les tissus de la plante mais c'est au niveau de l'épiderme qu'elles sont les plus fréquentes, principalement au niveau des feuilles et des organes floraux. L'essence produite ne reste pas à l'intérieur de la cellule mais s'accumule généralement dans une vacuole extracytoplasmique. De telles cellules existent par exemple

dans les organes floraux des Rosaceae ou les organes souterrains du gingembre (*Zingiber Roscoemédicinal*) (Deschepper, 2015).

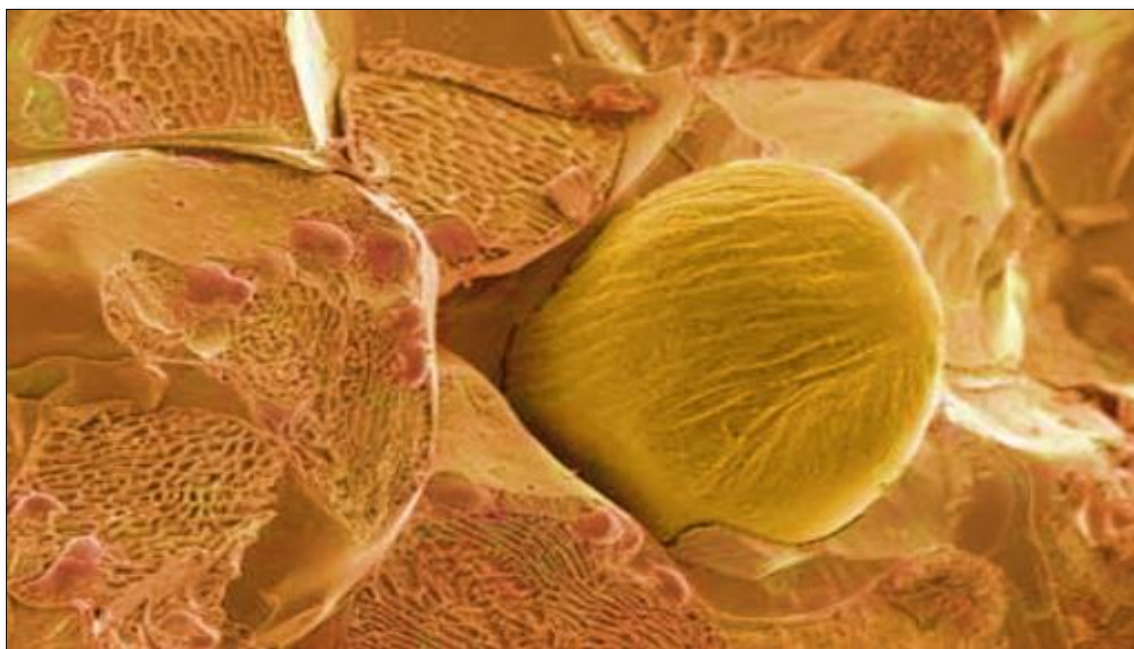


Figure 2 :Exemples d'huiles essentielles issues des différentes parties des plantes(Deschepper, 2015)

- **Les canaux sécréteurs**

Leur origine est proche de celle des poches schizogènes, mais ils viennent d'une file de cellules et non d'une unique cellule. En s'écartant, ces cellules ne forment plus une poche mais un canal qui recueille les sécrétions. Ces canaux sont par exemple présents dans le fruit de l'anis (*Pimpinellaanisum L.*)(Caissard, et *al.*, 2004).

- **Les poches sécrétrices**

Les poches sécrétrices sont des cavités du parenchyme de certains organes, délimitées par des cellules sécrétrices qui y déversent leurs produits de sécrétion. De forme arrondie, elles sont issues d'une seule cellule qui se cloisonne de deux façons possibles, ce qui permet de distinguer les poches schizogènes et les poches schizolysigènes.

Dans le cas des poches schizogènes, les cellules se disjoignent et forment en leur centre un méat où l'essence s'accumule. Ces poches sont présentes chez l'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*Labill.). La conformation des poches schizolysigènes se fait selon le même principe mais s'accompagne de la lyse des cellules en contact direct avec la lumière. On les retrouve dans le péricarpe des agrumes (*Rutaceae*)(Svoboda, et *al.*, 2000).

▪ **Les poils sécréteurs**

Ce sont des structures très variables, uni- ou pluricellulaires, résultant de la différenciation de cellules épidermiques. Ils sont ancrés par une cellule dite basale, surmontée d'une ou plusieurs cellules sécrétrices. L'essence produite par le cytoplasme s'accumule entre la membrane et la cuticule. On retrouve ces structures dans de nombreuses familles comme les Lamiaceae ou les Solanaceae (Deschepper, 2015).

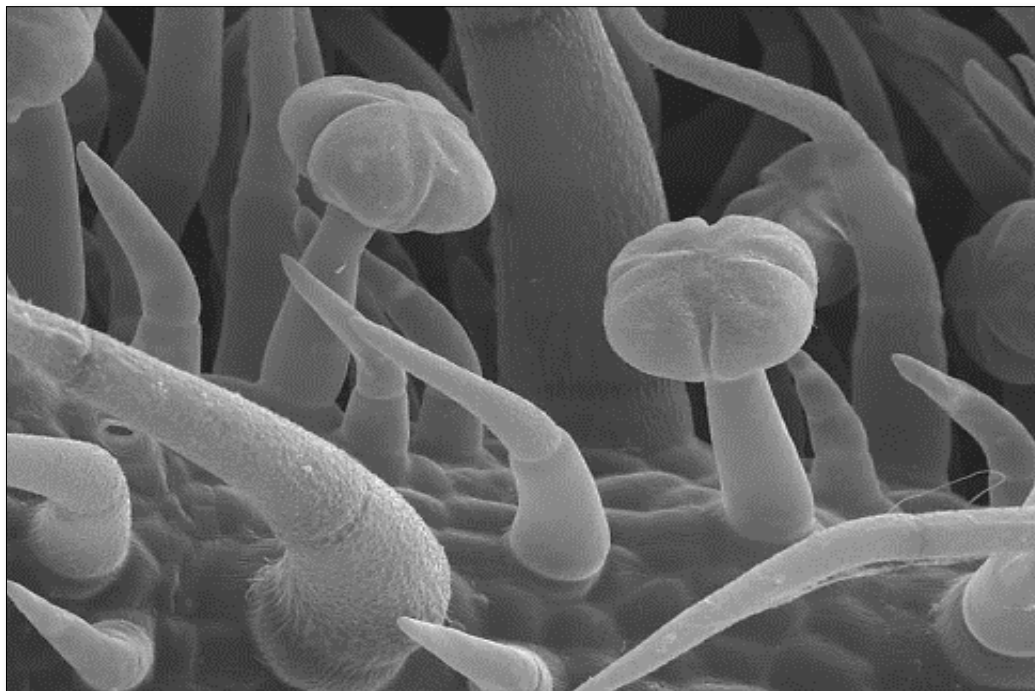


Figure 3 : Poils sécréteurs présents sur la face inférieure d'une feuille de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Deschepper, 2015).

6. Propriétés physiques

Propriétés physiques des essences et des huiles essentielles. Essences et huiles essentielles ont des propriétés physiques communes, variant cependant en fonction de leurs constituants. A température ambiante, elles sont liquides, rarement visqueuses, ou cristallisées. A plus faible température, certaines cristallisent partiellement ou totalement ; de même qu'à basse température, rares sont celles qui se solidifient au froid. Elles sont volatiles, ce qui les oppose aux huiles grasses (" huiles fixes "); cette volatilité est d'ailleurs à l'origine de leur caractère odorant et permet leur entraînement à la vapeur d'eau. Elles sont plus légères que l'eau, et non miscibles, ce qui permet leur séparation dans l'essencier couplé à l'alambic; l'huile essentielle de *Pinus sylvestris* présente une densité de 0,8689 ; quelques huiles essentielles ont cependant une densité supérieure ou voisine de celle de l'eau. Elles sont plus ou moins colorées. Elles peuvent être incolores lors de leur obtention (ou légèrement colorées en

7.1.1. Monoterpènes

Les monoterpènes sont constitués par 10 atomes de carbone ou deux unités isopréniques. Ils sont volatils, entraînés à la vapeur d'eau, d'odeur souvent agréable et représentent la majorité des constituants des huiles essentielles (Lamarti, et al., 1994).

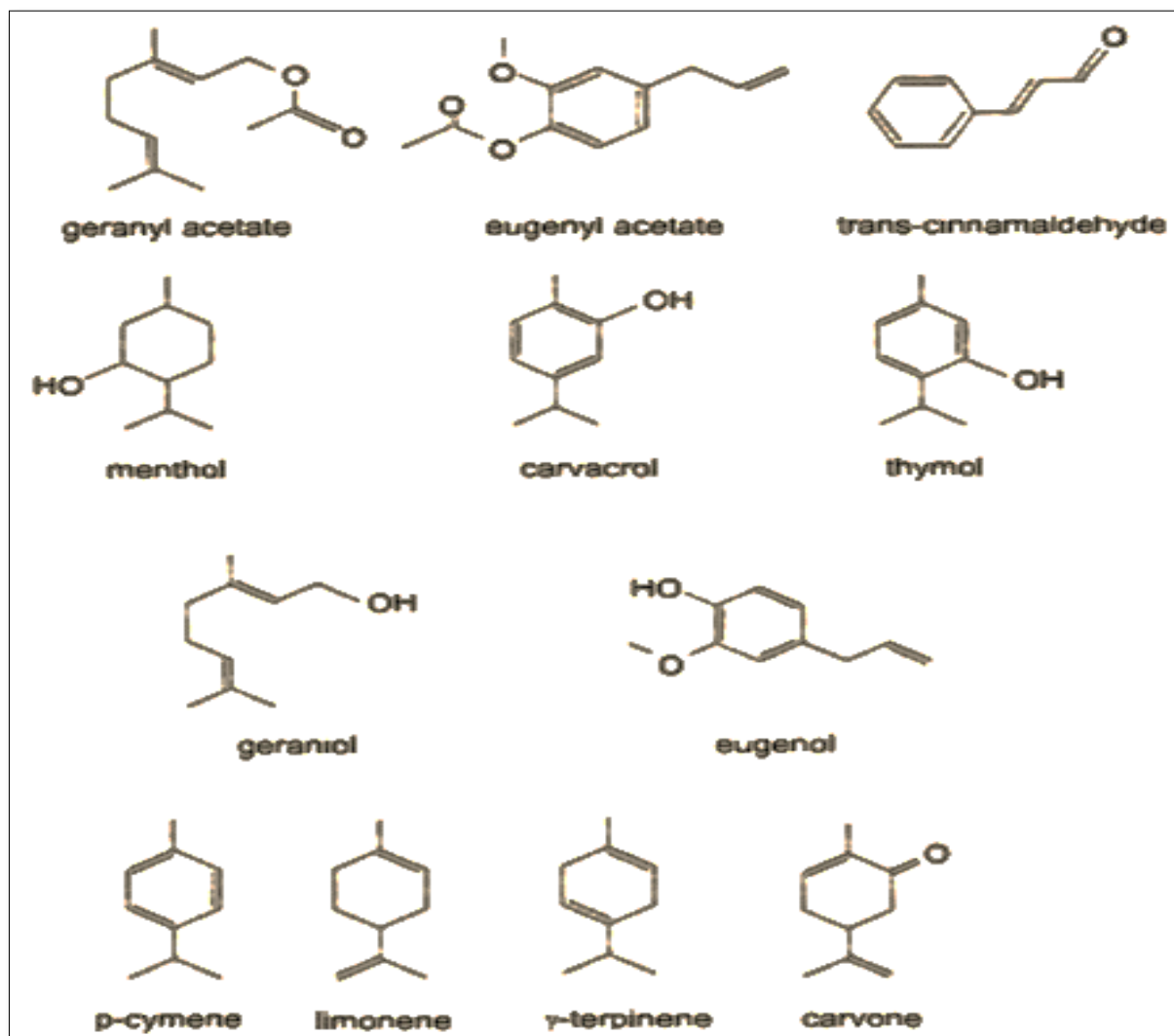


Figure 5 : Exemples de structures de Monoterpènes (بوختي ، 2010).

7.1.2. Sesquiterpènes

Sa formule générale est (C₁₅). Ces composés peuvent être acycliques, monocycliques ou bicycliques. Il peut contenir de l'alcool (farnésol, carotène) ou des composés cétoniques (nootkatone, β-vétivone). Ou ester (acétate de cédryle), ou un aldéhyde (sinensal) (Bruneton, 1999).

7.2. Composés aromatiques

Ce sont des dérivés du phénylpropane (C₆-C₃) phénylpropane, et ils diffèrent des composés précédents par la méthode de synthèse, moins courante que les terpènes dans les

huiles essentielles, sont majoritairement allyl-et des ropénylphénols et parfois des aldéhydes. Classés selon la fonction qu'ils portent : aldéhyde, ester, acide, éther Phénolique, phénolique, spécifique à certaines huiles de la famille des Apiacées (Apiacées, Persil, Persil, Girofle...) telles que : ainsi que l'apiol, l'anéthol (girofle, girofle, basilic, bal du jongleur, muscade, cannelle) ...et on peut en trouver dans les huiles : cinnamaldéhyde, asarones, safrole, eugénol (cannelle) Composés basiques constitués de C1-C6 (Bruneton, 1999).

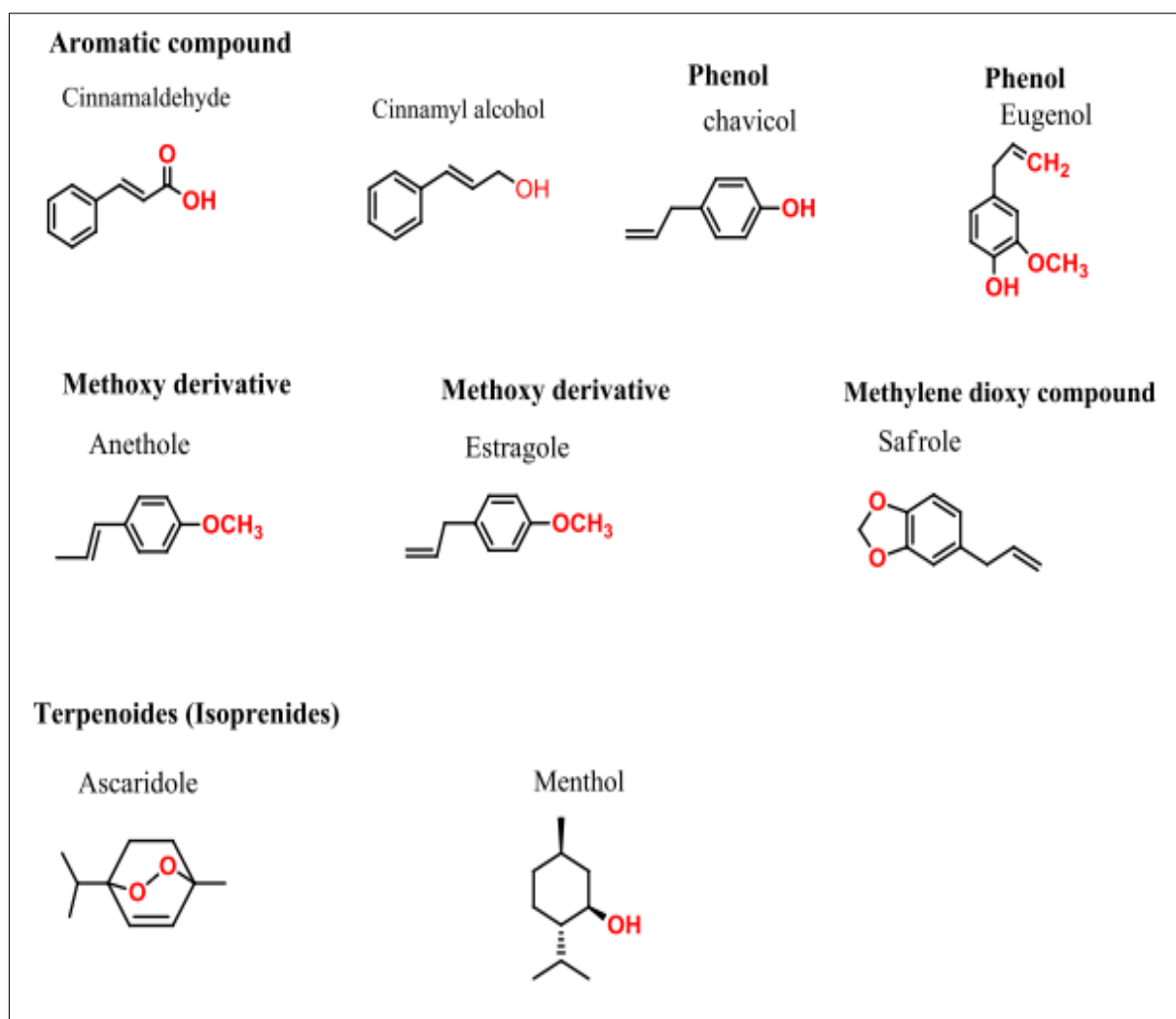


Figure 6 : Exemples de composés aromatiques (Kraiffi & Boualam, 2021).

7.3. Composés d'origine diverses

Il existe un nombre non négligeable de produits résultant de la transformation du molécules non volatiles issus soit de la dégradation des terpènes non volatils qui proviennent

de l'auto-oxydation par exemple des carotènes ou des acides gras comme les acideslinoléiques et α - linoléinique en (3-cis hexanol, décanal, β -ionone)(Bruneton, 1999).

8. Méthode d'extraction des huiles essentielles

8.1.Extraction par hydrodistillation d'huile essentielle

L'hydrodistillation est traditionnellement la plus couramment utilisée car elle est plus économique, elle consiste à immerger la matière première dans un bain d'eau. L'ensemble est porté à ébullition. Elle est généralement conduite à pression atmosphérique. La distillation peut s'effectuer avec ou sans cohobage des eaux aromatiques obtenues lors la décantation (Kaloustian & Hadji-Minaglou, 2012).

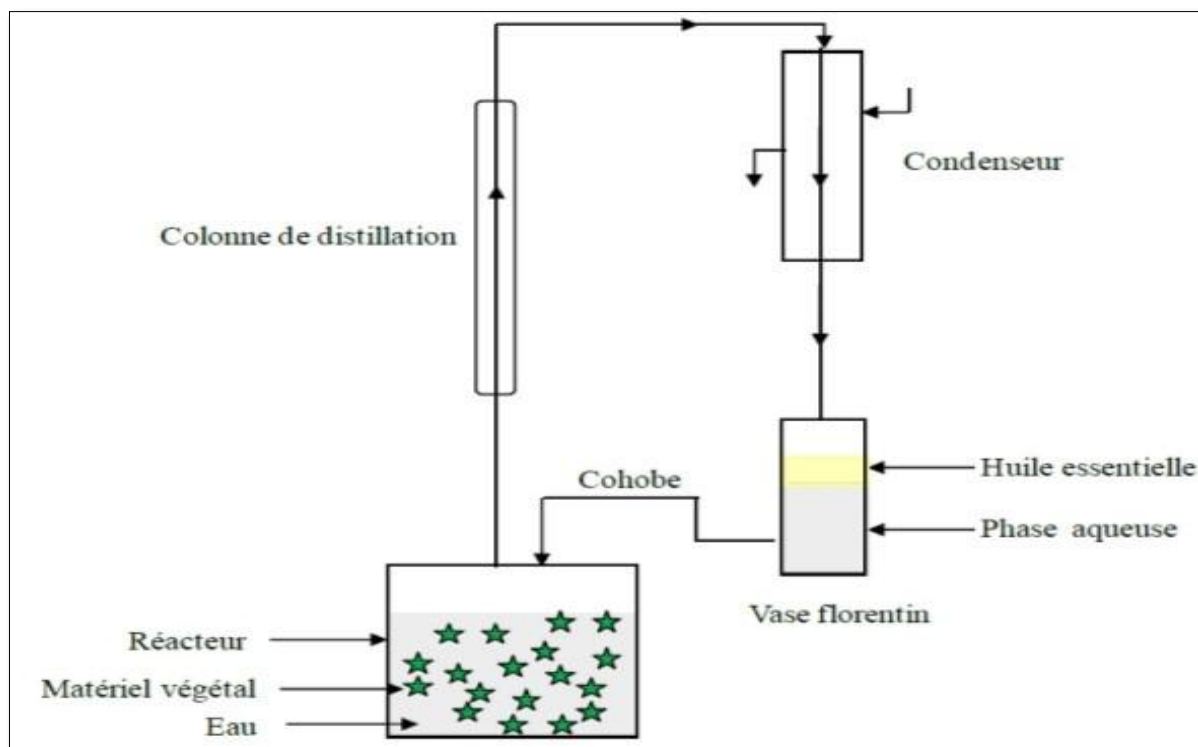


Figure 7 : Schéma d'une installation d'hydrodistillation.

8.2.Entraînement à la vapeur d'eau

L'entraînement à la vapeur d'eau est l'une des méthodes officielles pour l'obtention des huiles essentielles. A la différence de l'hydrodistillation, cette technique ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale à traiter. De la vapeur d'eau fournie par une chaudière traverse la matière végétale située au-dessus d'une grille. Durant le passage de la vapeur à travers le matériel, les cellules éclatent et libèrent l'huile essentielle qui est vaporisée sous l'action de la chaleur pour former un mélange « eau + huile essentielle ». Le mélange est ensuite véhiculé vers le condenseur et l'essencier avant d'être séparé en une phase aqueuse et une phase organique : l'huile essentielle. L'absence de contact direct entre l'eau et la matière

végétale, puis entre l'eau et les molécules aromatiques évite certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant nuire à la qualité de l'huile(Bernard, et *al.*, 1984).

8.3.Hydrodiffusion

Le principe de l'hydrodiffusion est similaire à celui de l'entraînement à la vapeur à la différence que la vapeur envoyée n'est pas ascendante mais descendante, c'est par le haut qu'elle est introduite pour passer à travers la matière végétale. La condensation du mélange « eau – huile » se produit sous la grille retenant la matière végétale. Cette technique présente l'avantage d'effectuer des économies dans la quantité de vapeur d'eau utilisée, un temps d'extraction plus court et un meilleur rendement(Bruneton, 1999).

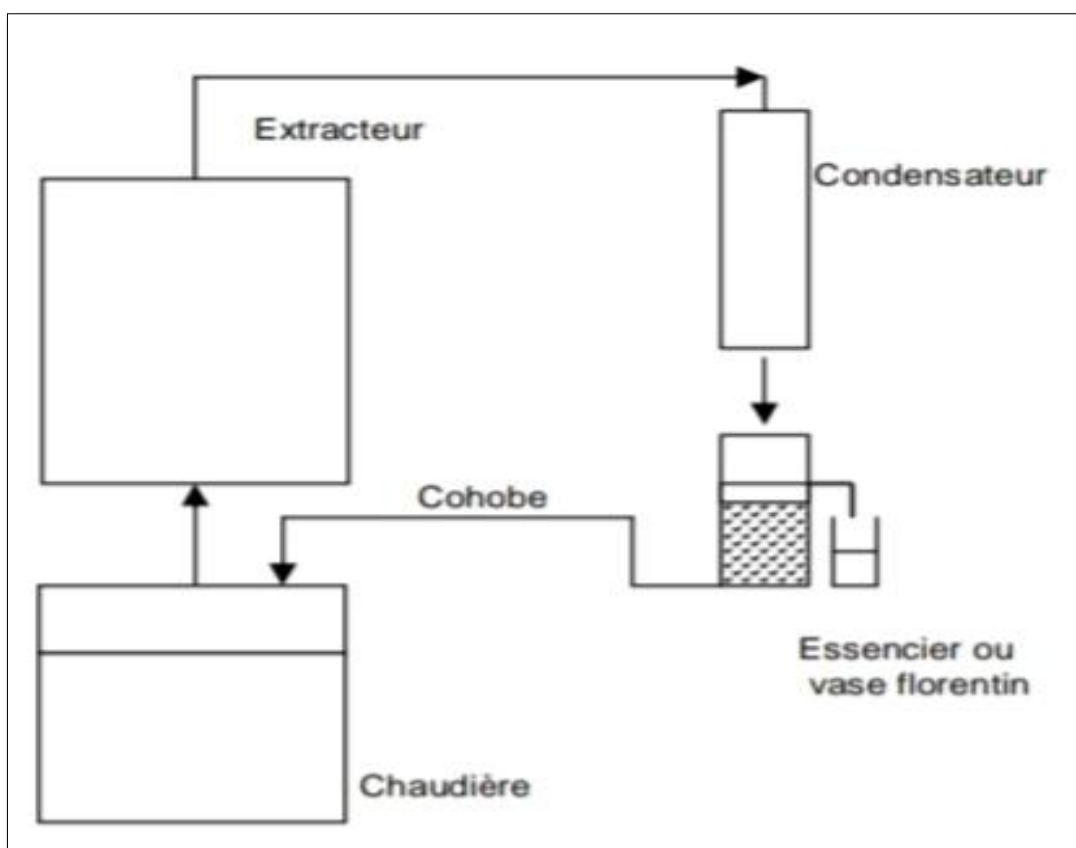


Figure 8: Schéma d'une installaion d'etrainement à la vapeur d'eau

8.4.L'extraction par solvants volatils

Les solvants utilisés (hexane) ont un très grand pouvoir de solubilisation et seront facilement éliminés grâce à leur volatilité. Principe:

- La matière végétale est chargée dans l'extracteur.
- Elle est ensuite épuisée par lavages successifs par le solvant approprié, pendant une durée déterminée.
- Après passage dans un décanteur puis un concentrateur, s'effectue une distillation partielle.

- On obtient les molécules odorantes, les cires et les pigments.

Ce procédé permet d'obtenir :

Le résinoïde: résultat du traitement des baumes, gommes et résines utilisés tels quels par le parfumeur.

La concrète: résultat du traitement de tous les organes de la plante.

L'absolue: résultat du traitement de la concrète à l'alcool pour éliminer les cires et les pigments (Beneteaud, 2011).

8.5.L'extraction au CO2 supercritique

Cette technologie est basée sur le pouvoir solvant du CO₂ qui est modulable à volonté selon les conditions de pression et de température qu'on lui applique. A l'état supercritique (plus de 74 bar et de 31°C), le CO₂ possède des propriétés très particulières. Le fluide obtenu est caractérisé par une grande diffusivité (de l'ordre de celle des gaz), ce qui lui confère une bonne aptitude à la diffusion, et une densité élevée qui le dote d'une capacité de transport et d'extraction importante.

Le produit à traiter est placé dans un extracteur traversé par le flux de CO₂ supercritique. Le fluide se charge en composé extrait, puis il est détendu, passe en phase gazeuse et se sépare du composé extrait. Ce dernier est recueilli dans un séparateur.

Cette propriété a été mise à profit pour extraire des matières premières végétales intéressantes pour la parfumerie. Pour cette application, l'extraction au CO₂, supercritique présente de nombreux avantages par rapport aux procédés d'extraction traditionnels. Les matières premières ainsi obtenues sont proches du produit naturel d'origine (Bernard, et *al.*, 1984).

8.6.Expression à froid

Méthodes d'extraction à froid La pression à froid est le moyen le plus simple mais aussi le plus limité. Cette technique d'extraction est utilisée pour l'obtention des essences d'agrumes ou hespéridés bergamote, citron, mandarine, etc. L'huile essentielle est contenue dans le zeste, partie superficielle de l'écorce de ces fruits. Autrefois, la méthode dite « à l'écuelle » consistait à frotter le fruit, manuellement, dans un bol en bois dont l'intérieur était garni de picots. Le jus était recueilli à l'aide d'une éponge - exprimé dans un récipient- puis filtré. Actuellement, les fruits sont comprimés à froid l'huile essentielle et le jus recueillis sont séparés par centrifugation. Cette méthode rapide et efficace donne une essence de bonne qualité (Dugo & Giacomo, 2002).



Figure 9 : Appareil d'expression à froid

8.7.Extraction assistée par micro-ondes

L'avantage de ce procédé est de réduire considérablement la durée de distillation et incrémenter le rendement. Toutefois, aucun développement industriel n'a été réalisé à ce jour. La distillation assistée par micro-ondes fait aujourd'hui l'objet de beaucoup d'études et ne cesse d'être améliorée parce qu'elle présente beaucoup d'avantages : technologie verte, économie d'énergie et de temps, investissement initial réduit et dégradations thermiques et hydrolytiques minimisées. L'emploi des micro-ondes constitue, par ailleurs, une méthode d'extraction à part entière en plein développement. Elle consiste à placer le matériel végétal dans un réacteur au sein d'un four micro-ondes sans ajout d'eau ou de solvant. Le chauffage interne de l'eau contenue dans la plante permet d'en dilater ses cellules et conduit à la rupture des glandes et des réceptacles oléifères. La micro-onde agit sur certaines molécules, telles que l'eau, qui absorbent l'onde, et convertissent son énergie en chaleur. Contrairement au chauffage classique par conduction ou convection, le dégagement de chaleur a lieu dans la masse. Ainsi dans une plante, les micro-ondes sont absorbées par les parties les plus riches en eau (les vacuoles, véritables réservoirs liquides des cellules)(Boukhatem, et *al.*, 2019).

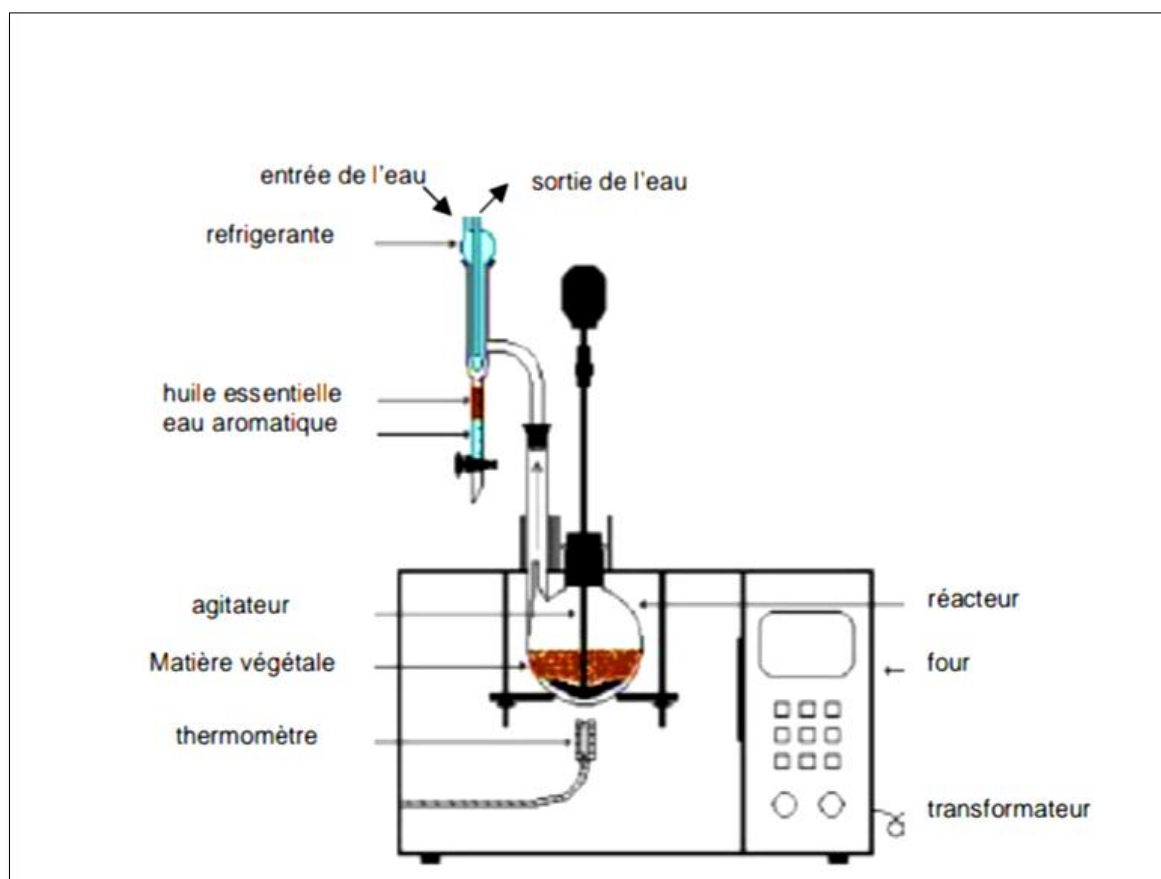


Figure 10 : Principe schématisé de l'appareillage de système de l' hydrodistillation sous micro-ondes

9. Conservation des huiles essentielles

La relative instabilité des molécules constitutives des huiles essentielles rend leur conservation difficile. Les risques sont multiples : photo isomérisation, photo cyclisation, coupure oxydative de propénylphénols, peroxydation des carbures et décomposition en cétones et alcools (limonène), thermo isomérisation, etc.

La conservation des HE nécessite quelques précautions le flacon doit être opaque, protégé de la lumière (généralement de couleur brune pour les HE et bleue foncée pour les hydrolats) et de la chaleur. Il doit être soigneusement fermé après chaque usage. La durée de conservation des HE est de 5 ans et celle des essences extraites de zestes d'agrumes (citron, pamplemousse, orange douce ou amère, bergamote...) de 3 ans (Couic-Marinier & Lobstein, 2013).

10.Activités biologiques des huiles essentielles

10.1. Activités antibactériennes

L'activité bactériostatique est souvent plus assimilable aux huiles essentielles que l'activité bactéricide. Cependant il a été démontré que certains constituants chimiques des huiles essentielles ont des propriétés bactéricides. Les huiles essentielles possédant des propriétés antimicrobiennes sont riches en composés chimiques connus pour leur efficacité antimicrobienne et leur large spectre, les monoterpènes, les sesquiterpènes et les composants non terpéniques tels que les phénylpropanoïdes (thymol, carvacrol et eugénol). Le mode d'action des huiles essentielles dépend en premier lieu du type et des caractéristiques des composants actifs, en particulier leur propriété hydrophobe qui leur permet de pénétrer dans la double couche phospholipidique de la membrane de la cellule bactérienne. Cela peut induire un changement de conformation de la membrane, une perturbation chimiosmotique et une fuite d'ions (K⁺) (Cox et al., 2000).

L'activité antibactérienne des huiles essentielles est plus importante sur les bactéries Gram positif que sur les bactéries Gram négatif, la résistance de ces dernières est due à la présence d'une couche cristalline entourant leur membrane. Cette couche est constituée essentiellement de lipopolysaccharides la rendant plus hydrophile, ce qui empêche l'action des terpènes qui sont hydrophobes. Des études in vitro ont également démontré que les huiles essentielles ont un effet très similaire sur les bactéries à Gram négatif et à Gram positif, la seule différence importante étant le temps d'exposition nécessaire pour que l'effet se produise(Burt , 2004).

10.2.Activité antifongique

Le pouvoir antifongique des huiles essentielles a été mis en évidence par de nombreux auteurs contre les champignons pathogènes et opportunistes. Généralement les champignons sont plus sensibles que les bactéries. Les composés phénoliques des huiles essentielles modifient la perméabilité cellulaire fongique en interagissant avec les protéines de la membrane. Cela provoque la déformation de la structure cellulaire, et perturbe la fonctionnalité aboutissant à la perte des macromolécules conduisant à une inhibition de la croissance fongique (Pramila, et al., 2012).

Un grand nombre de composés volatils ont été testés contre une large gamme de champignons : *Candida* (*C. albicans*), *Aspergillus* (*A. niger*, *A. flavus*, *A. fumigatus*), *Penicillium chrysogenum*. Le pouvoir antifongique est attribué aussi à la présence de certains groupements fonctionnels chimiques dans la composition des huiles essentielles, ont

enregistrés le pouvoir antifongique de 26 huiles essentielles testées huile essentielle de l'armoise blanche, de thym, d'eucalyptus et de romarin. L'huile essentielle du thym s'est révélée le plus active sur les 37 souches de moisissures étudiées, suivie de l'armoise blanche, celle du romarin et de l'eucalyptus étant les moins efficaces(Bounab, 2020).

10.3.Activités antioxydantes

Plusieurs limites et restrictions ont été mises en place concernant leur utilisation, leur substitution par des antioxydants naturels s'avère primordial. Les plantes sont une source des antioxydants naturels. Ces derniers sont apparus comme alternatifs aux antioxydants synthétiques, et ils sont aujourd'hui généralement préférés par les consommateurs

Un antioxydant peut être défini comme toute substance qui est capable, à concentration relativement faible, d'entrer en compétition avec d'autres substrats oxydables et ainsi retarder ou empêcher l'oxydation de ces substrats.

Les antioxydants sont des composés naturels ou synthétiques qui permettent de ralentir le phénomène d'oxydation et protéger le système cellulaire contre les effets des processus potentiellement nocifs qui causent l'oxydation excessive, en particulier, ils stabilisent les radicaux libres et les empêchés de poursuivre leurs œuvres de destruction(Kalemba & Kunicka , 2003).

11. Utilisation

Activités biologiques des huiles essentielles: Les huiles essentielles possèdent de nombreuses activités biologiques. En phytothérapie, elles sont utilisées pour leurs propriétés antiseptiques contre les maladies infectieuses d'origine bactérienne, qui les rapprochent donc des antiseptiques et désinfectants en tant qu'agents antimicrobiens à large spectre Dans des préparations pharmaceutiques, les terpènes phénoliques, les huiles essentielles ou leurs composés actifs pourraient également être employés comme agents de protection contre les champignons phytopathogènes (Zambonelli, et *al.*, 2004).

Outre l'emploi strictement médical des huiles essentielles, celles - ci sont utilisées dans de nombreux domaines de la vie quotidienne. L'utilisation du persil, du cerfeuil, du céleri, et de toutes les plantes condimentaires ainsi que de toutes les épices constitue une forme d'aromathérapie, les vertus de ces aromates dépassent le simple aspect gustatif. Une salade peut être simplement mangée, ou au contraire savourée, agrémentée.

- Les médicaments où les huiles essentielles sont quelquefois utilisées à titre d'aromatisants.
- Les produits d'hygiène et de beauté.
- Les parfums.

L'utilisation d'huiles essentielles dans un diffuseur d'arômes permet de purifier et d'ioniser l'air, mais également de créer une ambiance dans les appartements et les locaux professionnels. Elle est particulièrement utile en période d'épidémie, ou dans des lieux à risques (crèches, cabinets dentaires, etc.)

L'industrie chimique utilise quelquefois des huiles essentielles extractibles à large échelle, comme celles de résineux riches en pinènes pour la fabrication de colles et vernis.

L'industrie pharmaceutique ou chimique utilise certaines molécules aromatiques comme source d'hémisynthèses d'autres composants comme la vitamine A à partir des citrals, ou la vanilline à partir du safrole ou de l'eugénol (Franchomme, et *al.*, 2001). Parmi les composants majoritaires des huiles essentielles, nous trouvons les terpénoïdes qui possèdent un rôle écologique lors des interactions végétales, comme agents allélopathiques, c'est - à - dire inhibiteur de la germination, mais aussi lors des interactions végétal - animal, comme agent de protection contre les prédateurs tels que les insectes. Ils interviennent également, par leurs odeurs caractéristiques, dans l'attraction de pollinisateurs (Langenheim, 1969).

11.1. En pharmacie

Pharmacie Les essences issues de plantes sont utilisées en grande partie dans la préparation d'infusion (menthe, verveine, thym ...) et sous la forme de préparations galéniques. Plus de 40 % de médicaments sont à base de composants actifs de plantes, par exemple gastralgie est un digestif antiacide qui se compose d'huiles essentielles de carvi. De même, elles permettent par leurs propriétés aromatisantes de masquer l'odeur désagréable de médicaments absorbés par voie orale. Aussi beaucoup de médicaments vendus en pharmacie sont à base d'huiles essentielles comme par exemple les collyres, les crèmes, les élixirs ...

Activités pharmacologiques de l'huile essentielle

Activité antibactérienne sur le staphylocoque doré : inhibition de sa croissance, de la production d'entérotoxine de coagulase sur les streptocoques.

Activité antivirale In vitro

Activité anti - inflammatoire Sur différents modèles pharmacologiques. Protection des membranes cellulaires de la peroxydation lipidique avec des effets antiradicalaires libres vis - à - vis du radical superoxyde, ce qui contribue également à l'activité anti inflammatoire (Voinchet & Robert, 2007).

11.2. En agroalimentaire

Les huiles essentielles sont utilisées comme rehausseurs de goût et pour améliorer la saveur des produits alimentaires élaborés. Depuis peu, les industriels ont souhaité l'utilisation d'huiles essentielles comme conservateurs (Kaloustian & Hadji-Minaglou, 2012). Les plantes aromatiques et épices sont utilisées depuis des siècles dans les préparations alimentaires non

seulement pour la saveur qu'elles apportent mais également pour leurs propriétés antibactériennes et antifongiques. Origan, thym, sauge, romarin, clou de girofle sont autant de plantes aromatiques fréquemment utilisés comme ingrédients alimentaires (Pauli, 2001).

11.3.En parfumerie

Les huiles essentielles, à l'état dilué, sont utilisées dans les parfums et les eaux de toilettes. Actuellement, ce sont davantage les molécules de synthèse qui entrent dans la composition très complexe et confidentielle mise au point par les grands parfumeurs. Les premières synthèses organiques des arômes utilisés en parfumerie remontent à la première moitié du xixe siècle (Kaloustian & Hadji-Minaglou, 2012).

Chapitre II : Pollinisation

1. Structure des fleurs

Les fleurs sont des structures utilisées pour la reproduction chez les angiospermes. C'est l'ensemble des organes génitaux et la gaine qui les entoure. Les fleurs typiques sont portées par des hampes. Il se compose d'un vaisseau floral bombé attaché à une tige, avec les parties florales (sépalés, pétales, étamines et pistils) organisées en quatre verticilles concentriques (calice, corolle, étamines et pistils, respectivement). Chaque partie de ces fleurs a des caractéristiques particulières (Nabors, 2008). On attribue aux sépalés un rôle de protection des pièces internes plus fragiles (Djamaa & Louati, 2021). Les pétales colorés attirent les pollinisateurs. Les étamines et le pistil sont respectivement les organes reproducteurs mâles et femelles (Nabors, 2008). Le réceptacle floral porte également des glandes sécrétoires, les nectaires, qui produisent le nectar. Cette description de fleur est très générale, beaucoup de fleurs ne possèdent pas l'ensemble des pièces florales. De plus, ces caractéristiques correspondent à une fleur hermaphrodite, mais il existe aussi des fleurs unisexuées mâles ou femelles, portées sur une même plante dite alors monoïque, ou sur deux plantes différentes dans le cas de plantes dioïques.

L'étamine est constituée de deux parties, le filet et l'anthère. Le filet est rattaché au réceptacle floral et porte l'anthère. Cette dernière est formée de deux thèques contenant chacune deux sacs polliniques. Elle est constituée de quatre couches qui sont, de l'extérieur vers l'intérieur, l'épiderme, l'endothecium c'est-à-dire la future assise mécanique, la couche moyenne qui formera les assises transitoires et le tapis. Ces quatre couches entourent un loculé qui est rempli d'un liquide, le fluide loculaire (Bedinger, 1992).

Les parties femelles des fleurs forment le gynécée ou pistil. A l'anthèse, le pistil est composé de trois parties : (i) l'ovaire se trouvant à la base du pistil et contenant les ovules, (ii) le style, extension de l'ovaire à travers lequel se développe le tube pollinique et (iii) le stigmate se situant au sommet du style et qui est le lieu d'adhésion et de germination des grains de pollen (Gasser & Robinson, 1993).

2. Le nectar

Le nectar ; exsudation sucrée plus ou moins visqueuse, contient environ 90 % de sucres, les plus courants étant le saccharose, le glucose et le fructose. Les proportions de ces sucres sont relativement stables pour une même espèce végétale. Le nectar contient également des acides organiques (acides fumarique, succinique, malique, oxalique, etc.), des protéines, notamment des enzymes, des acides aminés libres (acides glutamique et aspartique, méthionine, serine, tyrosine, etc.), et des composés inorganiques (comme les phosphates). On peut également retrouver dans certains nectars des composés huileux, des alcaloïdes ou des

substances bactéricides. Chaque espèce végétale fournira un nectar aux caractéristiques bien spécifiques qui contribueront à donner au miel notamment, sa saveur et son parfum. Ce nectar est produit par des glandes nectarifères à par tir de la sève de la plante(Bonté, et *al.*, 2011).

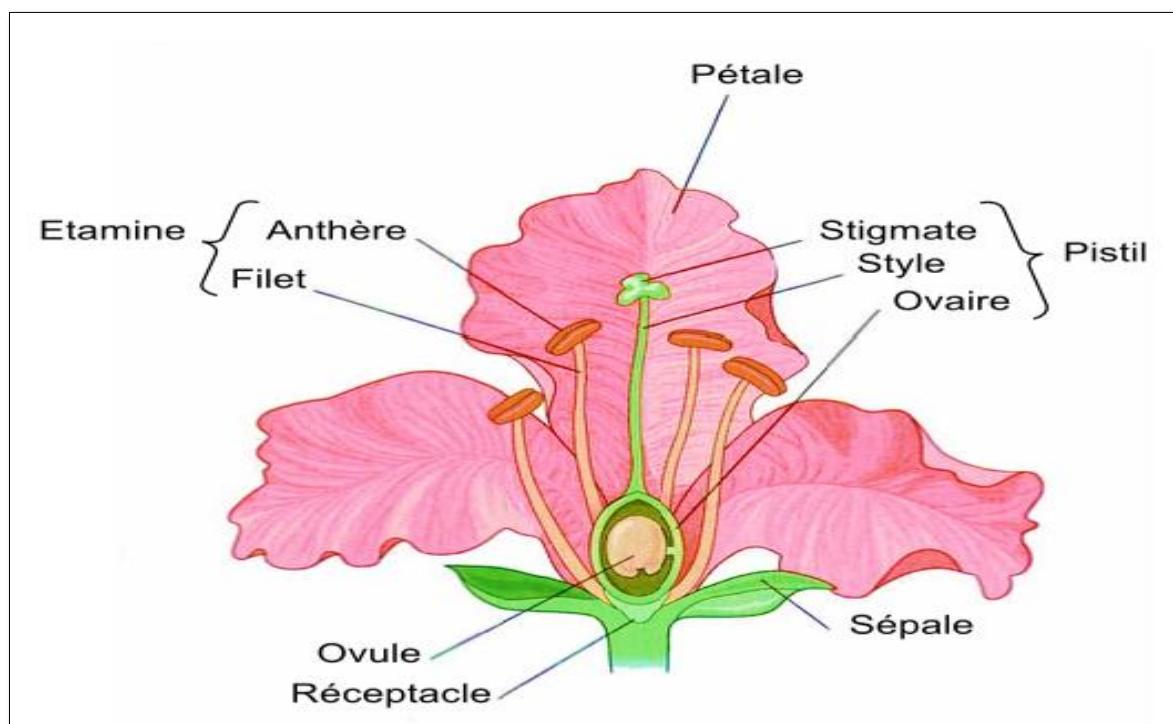


Figure 11 :Représentation schématique d'une fleur bisexuée(Campbell & Reece, 2004).

3. Notion de pollinisation

La pollinisation représente la principale stratégie de reproduction des plantes (Ben Nadji, 2020). Ce terme définit l'opération de transfert d'un grain de pollen à partir de l'organe reproducteur male d'une plante (étamine) vers l'organe reproducteur femelle (stigmate). Le grain de pollen doit creuser un petit tunnel pour arriver dans l'ovaire qui contient l'ovule pour rendre possible la fécondation. C'est un des services écosystémiques (notion de mutualisme) rendus par la biodiversité, très important pour l'agriculture et la culture des arbres fruitiers. Le nombre et la variété des pollinisateurs influent fortement sur la biodiversité végétale et inversement (Salhi & Kimouche, 2020). La pollinisation est un processus de transfert de pollen d'une fleur à une autre par le vent ou des pollinisateurs tels que les insectes, les papillons, les abeilles, les oiseaux et les chauves-souris(Ben Nadji, 2020). Et s'opère essentiellement suivant deux modalités : l'autopollinisation ou autogamie et la pollinisation croisée ou allogamie (Ben Achour, 2008).

4. Type de pollinisation

4.1. Pollinisation directe (l'autopollinisation)

En autopollinisation, les pollens de la même fleur ou du même type de fleur sont responsables du processus de reproduction. L'autopollinisation n'a généralement besoin de pollinisateurs. Pollinisation directe (Autopollinisation): est désigner par le dépôt des grains de pollen d'une fleur sur le stigmate de la même fleur, c'est une autogamie dans le sens strict. Il peut y avoir une autogamie dans le sens large, le cas où l'échange de pollen est limité aux fleurs d'une même inflorescence ou aux fleurs des inflorescences du même arbre (Gautier, 1980).

4.2. La pollinisation croisée (indirecte)

La pollinisation croisée est définie comme le transport de grains de pollen d'un individu sur le stigmate d'une autre fleur de la même espèce, variété ou cultivar, qu'elle soit portée par le même pied ou non. Lorsqu'elle entraîne la fécondation des gamètes d'individus différents (non clones) (on parle d'allogamie), la pollinisation croisée permet un brassage génétique, facteur de renouvellement génétique au sein de l'espèce et donc d'adaptabilité au milieu (Mayer, et *al.*, 2011) Dans la pollinisation croisée, les pollens sont transférés d'une plante différente. Les pollinisations biotiques et croisées se produisent à de longues distances, elles sont effectuées par des insectes qui peuvent voler sur de longues distances, tels que les abeilles, les oiseaux et les chauves-souris (Debaghi & Cherfaoui, 2019).

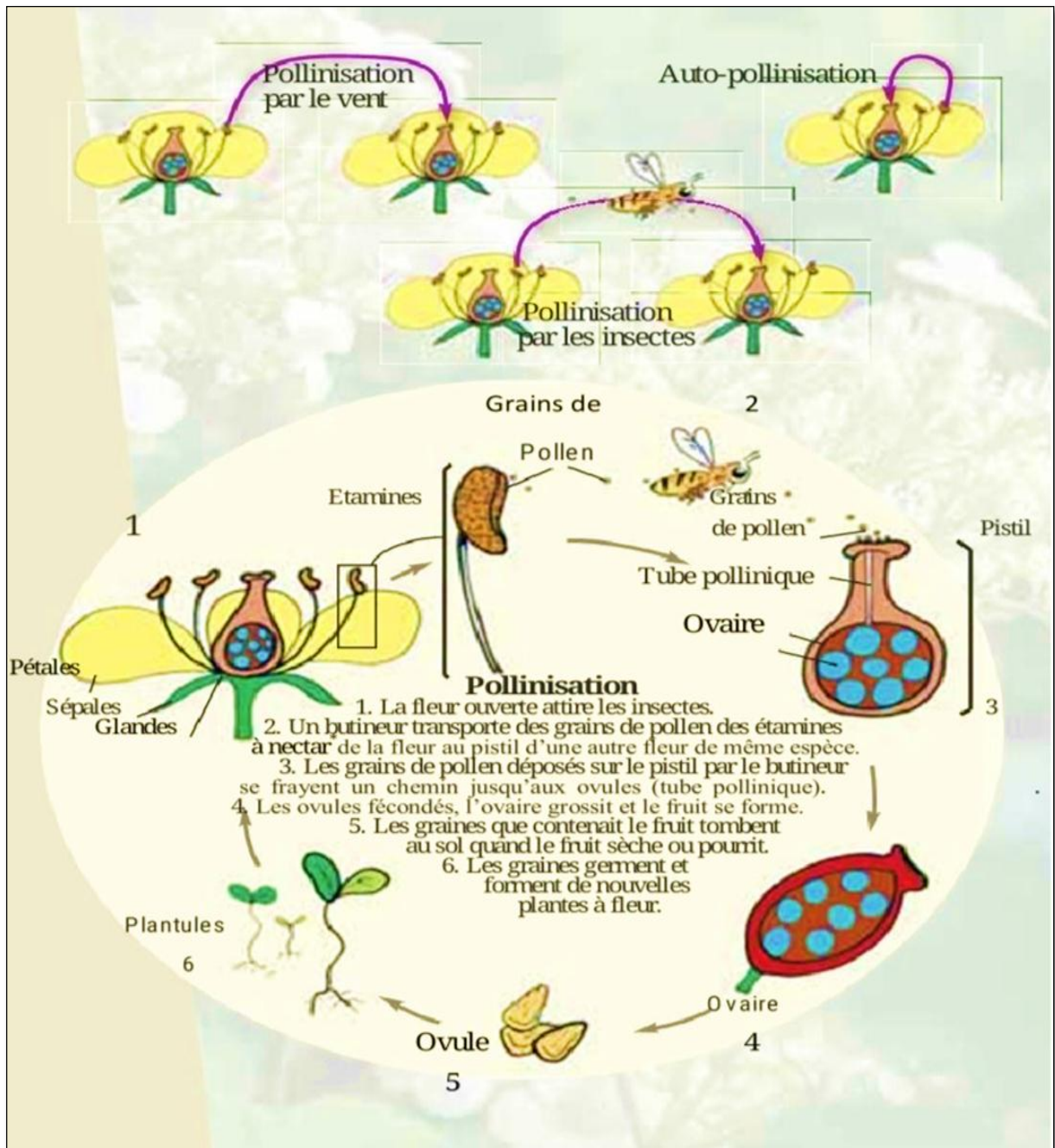


Figure 12 :Différents types de pollinisation(Lutgem, 2011).

5. Les différents agents pollinisation

5.1. Caractéristiques des fleurs pollinisées par les insectes

- Enveloppe florale constituée de calice et corolle, attrayante, avec des signes distinctifs bien visibles (couleur, forme, taille, signes distinctifs pour les insectes)
- Odeur
- Nectar
- Production de pollen relativement faible (quelques 1'000 ou 10'000 grains)
- Pollen collant
- Pollen avec une haute valeur nutritive (jusqu'à 30% de protéine, 10% de graisse, 7% d'amidon, vitamines et sels minéraux)
- Pollen avec surface rugueuse

5.2. Caractéristiques des fleurs pollinisées par le vent (Pollinisation anémophile)

Le noisetier, l'olivier et le palmier datier sont anémophiles. Ces plantes, pollinisées par le vent, présentent certaines caractéristiques qui favorisent le transport du pollen par le vent, tel que l'émission d'un très grand nombre de pollen (exemple : une inflorescence de seigle libère environ 50000 grains de pollen par jour), une faible densité et pulvérulence des grains de pollen, des stigmates de forme variés favorisant la prise du pollen ou encore un périanthe fortement réduit et de couleur terne n'atirant pas les insectes. En outre, les fleurs de ces plantes ne produisent pas de nectar (Salhi & Kimouche, 2020).

- Périanthe (calice, corolle) invisible ou manquant.
- Longues étamines souvent pendantes et stigmate grand, plumeux, bien accessible.
- Forte production de pollen (plusieurs millions de grains).
- Petits grains de pollen aux surfaces lisses, parfois dispositif pour augmenter l'emprise au vent, par exemple des sacs aériens.
- Longue durée de vie des fleurs.
- Position exposée des fleurs en bout de branche.
- Pollen peu collant, pas de nectar.
- Pollen à faible valeur nutritive.

5.3. Caractéristiques des fleurs pollinisées par des vertébrés

Par des chauves-souris :

Jouent un rôle important dans la pollinisation. La forme de leur tête et leur langue allongée permettent aux chauves-souris nectarivores de pénétrer au cœur des fleurs pour en extraire pollen et nectar ; le pollen adhère à leur corps poilu et est déposé sur d'autres plantes au gré de leurs déplacements.

- Fleurs robustes, nocturnes, souvent à grandes inflorescences.
- Colorées de façon moins voyante, souvent blanches ou verdâtres.
- Odeur forte et acide.
- Grande quantité de nectar et de pollen.
- Nectar et pollen facilement accessibles.
- Nectar riche en hydrates de carbone, contient certains acides aminés spécialement appropriés à la diète des chauves-souris.



Figure 13 : Pollinisation des fleur par chauves-souris(Pesson & Louveaux, 1984).

Par des oiseaux:

Ils aspirent le nectar des fleurs tubulaires à l'aide de leur bec et leur langue allongés, et transportent le pollen sur leur bec et leurs plumes.

- Grandes fleurs
- En général, corolles claires ; rouge intense, orange, jaune, blanc
- Sans odeur

- Longue corolle tubulaire
- Très riches en nectar (Peter, et *al.*, 2001).



Figure 14 : Pollinisation des fleurs par les oiseaux (Pesson & Louveaux, 1984).

5.4. Caractéristiques des fleurs pollinisées par l'eau

La pollinisation par l'eau (hydrogamie) est rencontrée chez les plantes aquatiques les espèces utilisant ce mode de pollinisation sont peu nombreuses. Il s'agit de plantes aquatiques totalement immergées dont la floraison et la pollinisation ont lieu dans l'eau (Demalsy & José, 1990).

6. Méthodes de pollinisation indirecte

6.1. Pollinisation des fleurs par les insectes

On distingue différents ordres d'insectes ayant une réelle activité sur les fleurs. Le rôle des insectes dans la pollinisation des fleurs est lié à leurs caractéristiques morphologiques, notamment leurs pièces buccales. En fonction de la morphologie de celles-ci, les insectes sont plus ou moins spécialisés dans la pollinisation de certaines fleurs (Mosbah, 2020).

6.1.1. Pollinisation des fleurs par abeilles

Depuis le crétacé, les abeilles ont évolué en cotés des plantes qu'elle polliniesent. Les pièces buccales vers adulte changement avec forme de la forme de la corolle des fleurs qu'il recherche. La langue ou langue est formée par plus ou moins l'allongement Grandlèvres pour former un mécanisme approprié pour lécher et sucre le nectar. Grace à des relations

privilegiées et importantes avec la flore naturelle, les abeilles solitaires jouent un rôle essentiel dans le maintien des climats tempérés ou tropicaux (Louveaux, 1980). A souligné que les abeilles sont complètement dépendues des fleurs pour leur nourriture. Ils utilisent le nectar et le pollen, qui sont riches en sucre et en l'eau fournit d'autres nutriments essentiels. Les études menées par Chansigaud (1972,1975), Boyle et Phylogène (1983), Batra (1984), Abrol (1988), ont rapporté l'implication importante des abeilles sauvages dans la pollinisation des cultures et les repousses, des plantes spontanées. Au cours de la dernière décennie, le développement des techniques de pollinisation. Durant cette dernière décennie le développement des techniques de la pollinisation dirigée a attiré l'attention sur les apoïdes auxiliaires sur le plan agriculture et arboriculture (Aouar, 2010). Parmi eux, nous pouvons résumer les étapes de pollinisation par d'abeille en trois étapes.

- A. Production de nectar: les femelles sont stimulées aussi bien que les mâles pollinisent la fleur et prélèvent le nectar.
- B. Stade transitionnel: les mâles montrent un plus haut degré d'excitation sexuelle et restent plus longtemps sur de nectar.
- C. stade actuel: seuls les mâles sont incités à visiter la fleur ,ceci par stimuli sexuels «pseudo copulation » et prélèvent la production de nectar a cessé d'exister (Gunnar, 1985). La pollinisation par les abeilles est exceptionnelle tant en quantité qu'en qualité. En effet, les abeilles transportent généralement des dizaines de milliers de grains de pollen sur leurs corps, ils déposent abondamment sur les stigmates, avec sélection efficace des gamètes conduisant aux tubes polliniques. Sur la plante qualitativement, les abeilles transportent du pollen issu d'individus à une fleur en passant d'une fleur à autre génétiquement différents et le dépôt d'hétéropollen permet la fertilisation croisée et la reproduction de toutes les espèces auto incompatibles. Lorsque nous essayons d'éliminer ou quantifier le rôle d'autres vecteurs, tels que l'autopollinisation passive et ou pollinisation par le vent, on se rend compte à quel point le rôle des abeilles est important (Vaissière, 2005).

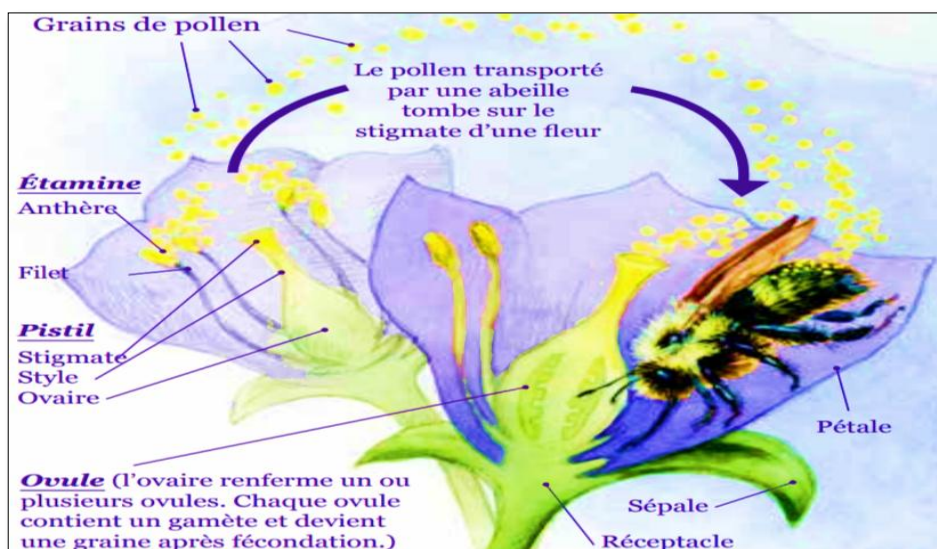


Figure 15 :Pollinisation des fleurs par les abeilles

6.1.2. Pollinisation des fleurs par les lépidoptères

Les zones agricoles sont généralement moins propices aux papillons, mais on peut néanmoins y observer une assez grande variété d'espèces au moment des pics de floraison des Plantes cultivées (Achour & Zaoui, 2021).

Les papillons de jour (Rhopalocères). Les Lépidoptères Rhopalocères, appelés plus communément papillons de jour figurent parmi les groupes d'insectes les plus utilisés en terme d'inventaires. Ils appartiennent aux familles suivantes: Les Lycaenidae, les Riodinidae, les Hesperidae, les Nymphalidae, les Papilionidae, et les Pieridae.

Ce sont des insectes diurnes et ils présentent des couleurs vives. Ils se caractérisent donc entre autre par leurs ailes recouvertes d'écailles (lépidoptère venant du grec lipidose, écaille, et pteros, aile). Le terme de rhopalocère fait référence aux antennes en forme de massue, se différenciant ainsi des hétérocères, aux antennes filiformes ou plumeuses(Adjel, et *al.*, 2020).

Les papillons étant des animaux poïkilothermes (incapables de réguler leur température corporelle), leur activité, cycle de vie et abondance dépendent de la température environnante (Roy, et *al.*, 2001). Par exemple, les températures élevées favorisent la croissance des insectes et peuvent stimuler les espèces multivoltines (espèces produisant plusieurs générations' par an) à développer plus de générations au cours d'une même saison, paramètres pouvant faire croître leurs populations. Néanmoins, si trop extrêmes, ces conditions peuvent avoir un impact négatif sur les rhopalocères en influençant leurs taux de reproduction et de mortalité. Par exemple, la sécheresse peut réduire la fécondité des papillons. Elle peut également nuire indirectement aux rhopalocères puisqu'un déficit

hydrique trop important diminue la quantité et la qualité des plantes hôtes consommées par les chenilles.

Diversité spécifique et l'abondance des papillons seraient positivement corrélées à une gestion extensive des terres, à l'absence de pesticides et, dans une moindre mesure à La densité florale. De plus, les espèces de papillons spécialistes et/ou à Faible capacité de dispersion sont plus rares dans les milieux subissant une agriculture Intensive(Ekroos, et *al.*, 2010).

Tableau 1: Participation des différents transporteurs de pollen de par le monde (Peter, et *al.*, 2001)

Transporteur de pollen	Espèces de plantes à fleur pollinisées avant tout par ce transporteur de pollen	Pourcentage des espèces de plantes à fleur pollinisées avant tout par ce transporteur de pollen
Vent	20000	8.3%
Eau	150	0.63%
Abeilles	40'000	16.6%
Papillons	19 ' 310	8.0%
Mouches	14' 126	5.9%
Coléoptères	21 1' 935	88.3%
Vertébrés	1 ' 221	0.51%
Oiseaux	923	0.4%
Chauves-souris	165	0.07%

7. L'importance agro-économique et écologique de la pollinisation

La pollinisation entomophile est le facteur clé de la reproduction de la majorité des angiospermes. C'est aussi un élément primordial pour le maintien de la diversité et de la stabilité des écosystèmes. L'abeille joue un rôle très important et irremplaçable dans l'évolution des plantes sauvages et cultivées. Près de 75% des plantes angiospermes dépend des insectes pollinisateurs pour leur reproduction sexuée. L'abeille constitue aussi un chaînon essentiel dans l'agriculture et la sécurité alimentaire puisqu'elle forme le vecteur indispensable pour la dissémination de pollen des espèces végétale (Vaissière, 2002). La pollinisation joue un rôle déterminant dans la production d'aliments et de plantes médicinales, elle constitue aussi un service écosystémique de régulation En outre, elle permet le maintien de la flore sauvage et des sols. De plus, elle a également un impact directement sur la reproduction des plantes cultivées (Oualli, 2018). La pollinisation est un composant clé assurant la stabilité de nombreux écosystèmes. Le service écosystémique fournit à l'Homme

par les animaux pollinisateurs est considérable puisque 75 % des 124 principales plantes cultivées dans un but alimentaire sont zoogames (Klein, et *al.*, 2006). De nombreuses plantes cultivées (environ une cinquantaine) et représentant près de la moitié des plantes alimentaires majeures dépendent des insectes, en particulier les abeilles domestiques, soit pour leur fructification ou pour l'amélioration de leurs rendements quantitatif et qualitatif (Philippe, 1991). Le rôle économique des insectes pollinisateurs, et notamment des abeilles, est de mieux en mieux appréhendé. Ces insectes rendent un service gratuit en contribuant à la reproduction sexuée des plantes à fleurs. La diminution du nombre d'individus, constatée un peu partout dans le monde, pourrait avoir des effets très importants sur les cultures vivrières. 35 % du tonnage mondial d'aliments d'origine végétale proviennent de cultures dépendant en partie des pollinisateurs (Hamlaoui, 2021).

8. Les risques pour la pollinisation et les pollinisateurs

Lorsque nous avons étudiés la question de la pollinisation et des pollinisateurs des fleurs, nous avons constaté qu'ils existent des difficultés dans le secteur agricole en générale, et la fleur et les insectes en particulière, Celle si se traduisent par plusieurs facteurs, notamment Déclin de la diversité des plantes à fleurs

- Développement urbain
- Changements climatiques
- Destruction, fragmentation et dégradation de l'habitat, en grande partie à cause du
- Pollutions atmosphérique
- Introduction d'espèces végétales exotique envahissantes
- Toxicité et utilisation à grande échelles de pesticides
- Maladies e parasites

Parmi ces facteurs, les pesticides constituent une menace majeure pour les pollinisateurs (Moore agr, et *al.*, 2015).

- L'emploi de produits phytosanitaires constitue un danger important pour la faune pollinisatrice.
- La législation actuelle étend les mesures de protection contre les insecticides à tous les insectes pollinisateurs. Le progrès est incontestable. Mais, comme le souligne, toute cette législation n'est qu'une législation de vente et no d'utilisation. Des accidents peuvent survenir : traitements sur colza en pleine floraison par des pyréthrinoïdes, etc. De plus, nos connaissances sont très limitées concernant les effets secondaires de l'emploi des insecticides sur les populations d'insectes pollinisateurs, par exemple les effets à long

terme des doses sub-nécrotiques d'insecticides ou de leurs métabolites. Peuvent-ils perturber le comportement des Insectes, agir sur la fécondité des femelles.

- Enfin, la Toxicité des insecticides à l'égard de certains Apoïdes est parfois bien différente de celle qui est observée chez l'Abeille domestique.

Les herbicides, du fait de leur faible Toxicité, présentent pour les insectes pollinisateurs des risques très réduits. En revanche, si l'on considère les effets secondaires, Il est certain que les herbicides ont une action non négligeable sur l'entomofaune pollinisatrice car ils font disparaître des végétaux producteurs de nectar et de pollen. En apiculture, les herbicides manifestent leur nocivité par une baisse des rendements en miel, au moins localement. En ce qui concerne les Insectes pollinisateurs sauvages, ils sont d'autant plus exposés qu'ils ont un régime alimentaire plus étroit. Certains Apoïdes sont inféodés à un nombre restreint espèces végétales. Si les herbicides les font disparaître, ils font du même coup disparaître les Insectes associés (Tasei, et *al.*, 1987).

- le climat influence le développement des fleurs et la production de nectar et de pollen auxquelles sont liés l'activité de butinage et le développement des colonies. Il influence aussi l'appréhension de pathogènes, comme le champignon *ASCOSPHERA APIS*, qui se développe sur les larves de l'Abeille et les tue en présence d'humidité importante. Le réchauffement climatique qui, d'après les spécialistes, va bouleverser les conditions climatiques locales, peut modifier sérieusement le développement, voire la survie des colonies de l'abeilles (Le Conte & Ellis, 2008).
- Les effets de la pollution atmosphérique par émission de gaz toxiques sur l'entomofaune pollinisatrice n'a fait l'objet que de très rares études. Nous savons que l'abeille domestique est très sensible à la pollution par le fluor. Il ressort d'observations faites en Silésie que la pollution de l'air par des métaux lourds (cadmium, plomb, zinc) entraîne une diminution du nombre des espèces de Bourdons et une réduction du nombre de leurs colonies dans un rayon de 3 km. autour de la source d'émission, le cadmium constituant l'élément le plus dangereux (Pouvreau, 1993).
- l'augmentation de la surface cultivée se fait au détriment des prairies permanentes ou d'autres habitats semi-naturels (zones humides...), qui sont soit détruits, soit fragmentés. L'abandon des pratiques extensives traditionnelles peut conduire dans certaines régions à l'abandon des pratiques extensives traditionnelles peut conduire dans certaines régions à l'abandon des surfaces prairiales. Enfin, à l'échelle du paysage ou à l'échelle régionale, l'intensification agricole

s'est traduite par une spécialisation des exploitations agricoles soit vers l'élevage soit vers les cultures, entraînant une dissociation des productions animaux et végétales et une séparation géographique entre zones cultivées-labourées et zones de pâturages (Robinson & Sutherland, 2002).

Autres causes possibles

- La qualité et la quantité d'alimentation sont déterminants dans le développement des colonies d'abeilles. Elles doivent avoir suffisamment de miel stocké comme réserves pour survivre à l'hiver. Les ouvrières nourrices doivent aussi disposer d'assez de pollen pour produire la nourriture qu'elles distribuent aux larves à partir de leurs glandes nourricières. Les carences alimentaires sont évoquées pour expliquer l'apparition du CCD. À la suite d'un automne pauvre en pollen de qualité, les abeilles hivernent carencées en protéines, et leurs défenses immunitaires ainsi que leur longévité sont réduites. Or, ces abeilles doivent passer tout l'hiver et constituent les forces vives au début du printemps ; si leur durée de vie est réduite, la colonie aura d'autant plus de mal à survivre à l'hiver et à se développer au printemps.
- La diversité génétique des abeilles est aussi discutée : Les pratiques apicoles visent à sélectionner fortement les abeilles et provoquent une perte de diversité génétique du pool d'abeilles Nord-Américain et aboutissent les abeilles et provoquent une perte de diversité génétique à une baisse de l'efficacité des abeilles à lutter contre les maladies. L'estimation de la diversité génétique des abeilles des États-Unis devrait permettre et répondre à l'hypothèse de l'effet d'une faible (Le Conte & Ellis, 2008)

9. La relation entre la pollinisation et la production d'huiles essentielles chez les plantes

Il a été constaté que les composés aromatiques floraux sont synthétisés de novo dans les tissus à partir desquels ils sont émis, et leur production dans les plantes est sous contrôle spatial et temporel. Au sein de la fleur, les pétales sont les principaux émetteurs de volatils, bien que diverses autres parties de la fleur peuvent également participer aux émissions volatiles. Par exemple, les différentes parties des pétales, des étamines et les pistils, ainsi que le pollen et le nectar, peuvent émettre des différents composés. Alors que les mêmes floraux des composés odorants sont souvent émis par toutes les parties de la fleur, ils ne sont pas nécessairement émis dans les mêmes montants, et dans certains cas spécifiques les composés sont émis par des organes floraux spécifiques. De plus, certaines espèces, comme les orchidées, émettent la majorité de leurs composés volatils par des « glandes odoriférantes » hautement spécialisées appelées osmophores. Cependant, chez de nombreuses espèces, ces glandes odoriférantes ne sont pas présentes, mais les fleurs produisent un arôme très fort.

Les osmophores peuvent être trouvés dans n'importe quelle partie de l'inflorescence florale faisant partie des pétales, sépales, bractées ou anthères. Même si leur forme peut varier, ils ont tendance à avoir des caractéristiques communes. Elles forment sur les cellules épidermiques et généralement tournées vers le côté adaxial (intérieur) du périanthe, affichant une forme bullée, rugueuse, pilée, conique ou papillaire. Des études se basant sur l'électron de transmission la microscopie ont révélé que les cellules couchantes de la glande sont fournies abondamment avec un réticulum endoplasmique rugueux et lisse, de nombreuses mitochondries, et gouttelettes lipoïdes qui semblent contenir des huiles essentielles, ainsi que des lipides tels que les acides gras et triacylglycérides.

L'émission de volatils floraux de certaines espèces végétales change également et rythmiquement pendant une période de 24 heures, alors que d'autres fleurs peuvent émettre continuellement des volatils comme un taux constant. En outre, certaines plantes émettent un ensemble de composés pendant la journée et une autre série nocturnement. De plus, il a été montré qu'au sein de la fleur, les différents composés sont émis de manière rythmée pendant 24 heures, tandis que d'autres composés ne le sont pas. Ça suggère que différents mécanismes régulent la biosynthèse et l'émission de chaque volatil. La libération rythmique du parfum est presque toujours corrélée avec l'activité temporelle correspondante du plus un pollinisateur efficace des fleurs et est contrôlée soit par une horloge circadienne ou régulée par la lumière.

En fait, le parfum de nombreuses fleurs est nettement réduit après la pollinisation. Quelques changements post-pollinisation ont été caractérisés principalement chez les

orchidées, où l'attractivité réduite par la suite de ces fleurs augmentent la reproduction globale succès de la plante en dirigeant les pollinisateurs vers fleurs qui restent non pollinisées. C'est particulièrement important pour les plantes à faible taux de fréquentation, où le succès de la reproduction par pollinisation est principalement limité. Ainsi, le moment et l'ampleur de l'huile essentielle la production de fleurs peut varier au sein de différents floraux organes selon le stade de développement de la plante, le moment de l'ouverture des fleurs, l'heure du jour ou de la nuit (souvent selon des schémas circadiens), Les facteurs de l'environnement (parmi eux : la vitesse du vent et l'air ambiant, la température), ainsi que le patrimoine (Cseke, et *al.*, 2007 ; Zeng, et *al.*, 2017).

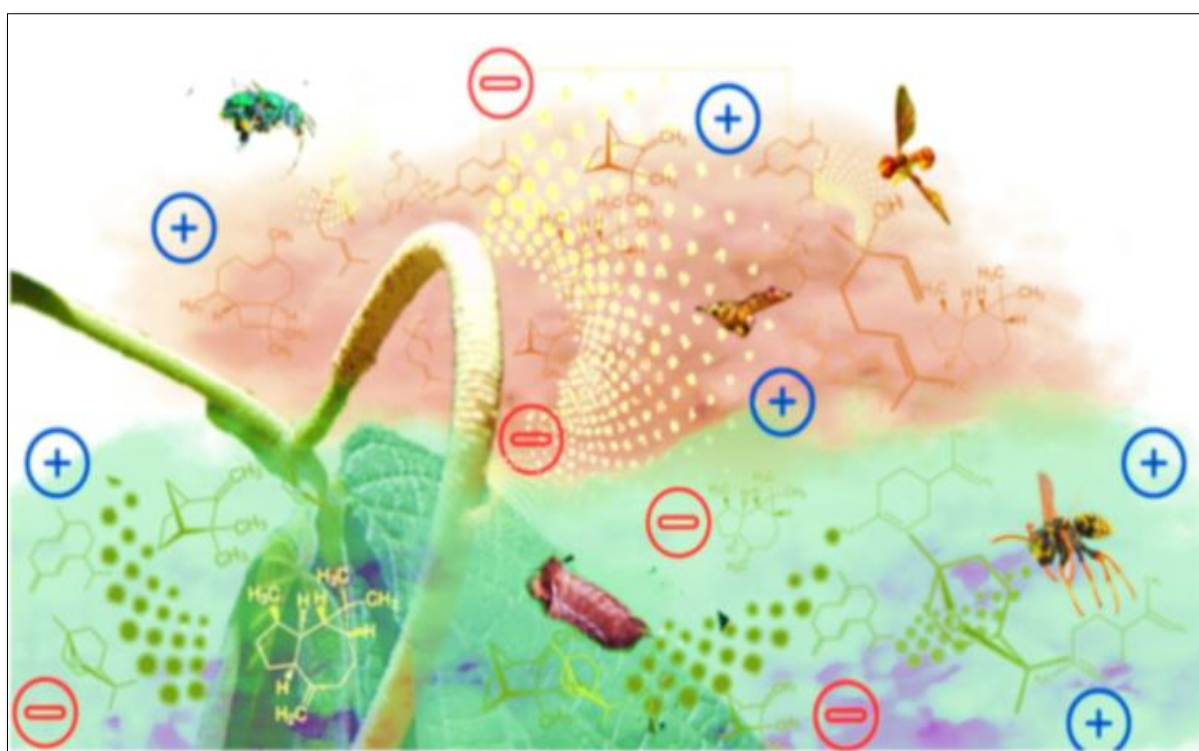


Figure 16: Illustration des possibles interactions harmoniques et disharmoniques fournies par l'attraction et répulsion des constituants volatils contenus dans les huiles essentielles : une illustration du Brouillard Volatil. Ces composés interagissent dans un blend ou mélange volatil. (de Brito-Machado , et *al.*, 2022)

9.1. Certains produits chimiques qui attirent les pollinisateurs

9.1.1. Linalool

Le linalool (3,7-diméthyl-1,6-octadien-3-ol) est un alcool monoterpénique acyclique avec un parfum doux et agréable qui se produit largement parmi diverses familles de monocotylédones et de dicotylédones et est l'un des composés de parfum floral les plus fréquemment rencontrés. Le linalool est prisé par l'industrie des arômes et des parfums en tant

que composant des huiles essentielles de bergamote et de lavande et de nombreux parfums commerciaux. En raison des propriétés chirales de son troisième carbone hydroxylé, le linalool se présente sous deux formes énantiomères ; (R)-linalool [$> 80\%$ dans l'huile de ho (Cinnamomum camphora ; Lauraceae) et l'huile de bois de rose] et (S)-linalool dans l'huile de coriandre et de nombreux extraits floraux. Traditionnellement, le linalool était obtenu à partir de α - ou β -pinène (isolé de la térébenthine) ou d'autres terpénoïdes via une série de transformations redox. La plupart des synthèses modernes commencent par la 2-méthyl-2-heptène-6-one et procèdent par éthylation catalysée par une base avec de l'acétylène en déhydrolyalool, donnant du linalool par hydrogénation de la triple liaison en présence d'un catalyseur palladium-carbone. Les voies alternatives incluent un Réaction de Grignard entre la 2-méthyl-2-heptène-6-one et l'halogénure de vinyle. Et synthèse à partir de prényl phényl sulfone par réaction avec de l'oxyde d'isoprène et désulfuration avec du lithium dans de l'éthylamine (Kamatou & Alvaro M, 2008).

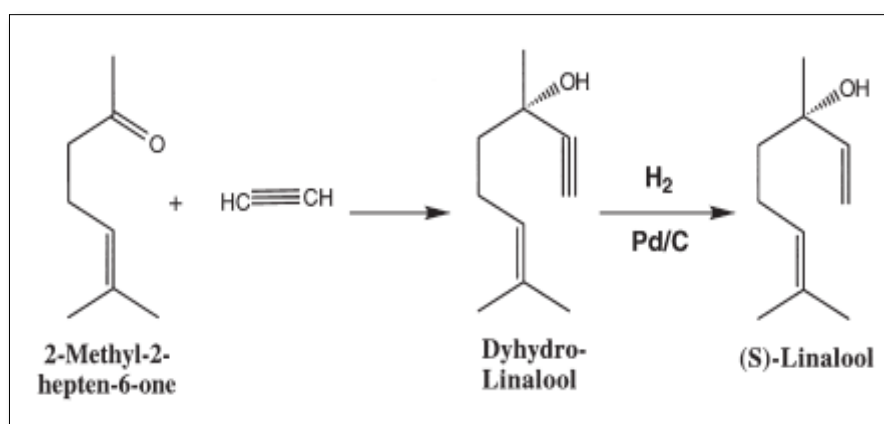


Figure 17: Synthèse organique de linalool à partir de 2-méthyl-2-hepten-6-

Le linalool est émis avec des quantités importantes d'autres terpénoïdes par les forêts de genévriers, d'eucalyptus et de chênes méditerranéens. Le linalool et d'autres monoterpènes sont également produits par divers groupes de champignons ascomycètes et basidiomycètes. Et sont des substances sémiocimiques intrinsèques importantes pour de nombreuses espèces d'insectes, en particulier parmi les hyménoptères et les lépidoptères.

Le linalool, avec le nérolidol sesquiterpène acyclique, certains esters aromatiques et l'indole et les oximes azotés, est un composant de « l'image olfactive florale blanche » confirmée par de nombreuses enquêtes en tant que constituants de parfum presque universels de fleurs blanches à floraison nocturne pollinisées par des mites. Mondial. Des exemples familiers de ces plantes sont les primevères du soir, les gingembres sauvages, les orchidées à long éperon. Cependant, le linalool n'est pas limité aux fleurs pollinisées par les mythes et est

largement présent dans de nombreuses fleurs diurnes pollinisées par les abeilles, les coléoptères. Fait intéressant, le linalool semble jouer, tout au plus, un rôle mineur dans les interactions exclusivement olfactives entre les abeilles euglossines et leurs orchidées et est soit absent, soit un composant mineur dans les parfums attractants pour les chauves-souris et les mouches. De plus, le linalool est présent sous forme libre et liée dans de nombreux tissus non floraux, y compris les racines, la végétation et la pulpe et l'écorce de divers fruits (Raguso & Pichersky, 1999).

9.1.2. β -Ocimène

Le β -Ocimène (3,7-diméthyl-1,3,6-octatriène) est un monoterpénoïde de formule chimique $C_{10}H_{16}$. Il a deux stéréo-isomères, *cis*- et *trans*- β -ocimène (ou (Z)- et (E)- β -ocimène, respectivement)

Le *cis*- β -ocimène est moins courant que le *trans*- β -ocimène, aux senteurs florales ; il est produit et émis en petites quantités mais détectables uniquement chez les espèces où le *trans*- β -ocimène est produit en quantités modérément élevées.

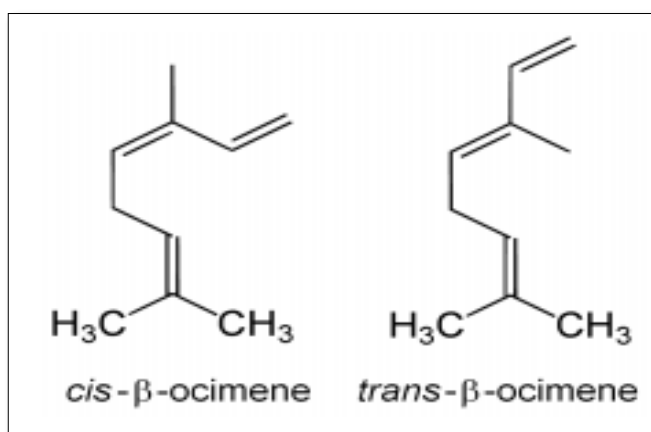


Figure 18: Structure chimique des deux stéréo-isomères β -ocimènes, *cis*- et *trans*- β -ocimène

L'ocimène est susceptible de jouer un rôle écologique majeur dans les fleurs en raison de sa banalité et de son abondance dans les parfums floraux. Et dans 75 % des 63 familles de plantes représentées.

La capacité à émettre du β -ocimène à partir des fleurs est Il est abondamment émis par une large gamme de plantes qui sont pollinisées par divers groupes de pollinisateurs, y compris les abeilles. Coléoptères. Papillons et mites. Le β -ocimène était un attractif généraliste des pollinisateurs, Attirer des pollinisateurs spécialisés qui ne transfèrent le pollen que de la même espèce végétale offre plusieurs avantages pour les plantes, par rapport à s'appuyer sur une approche généralisée pollinisation. On pourrait ainsi émettre l'hypothèse

que plusieurs espèces végétales poussant en communauté rassembler une grande communauté de pollinisateurs en produisant un signal floral global, tandis que des COV mineurs ou d'autres traits pourraient alors assurer la spécificité des fleurs visitées par les pollinisateurs (Farré-Armengol, et *al.*, 2017).

9.1.3. Méthyl eugénol

Le méthyl eugénol (ME) est un produit chimique phénylpropanoïde avec de nombreux synonymes : 4-allylvératrol ; 4-allyl-1,2-diméthoxybenzène ; eugenyl méthyl éther ; 1,2-diméthoxy-4-(2-propényl) benzène ; 3,4-diméthoxy-allylbenzène ; 3-(3,4-diméthoxyphényl) prop-1-ene; O-méthyleugénol ; et l'éther méthyleugénol. Il est directement issu de l'eugénol, Le méthyleugénol (allylvératrol) est un composé chimique naturel classé comme phénylpropène, un type de phénylpropanoïde. C'est l'éther méthylique de l'eugenol et il est important pour le comportement et la pollinisation des insectes. On le trouve dans diverses huiles essentielles(Ihsan, et *al.*, 2018).

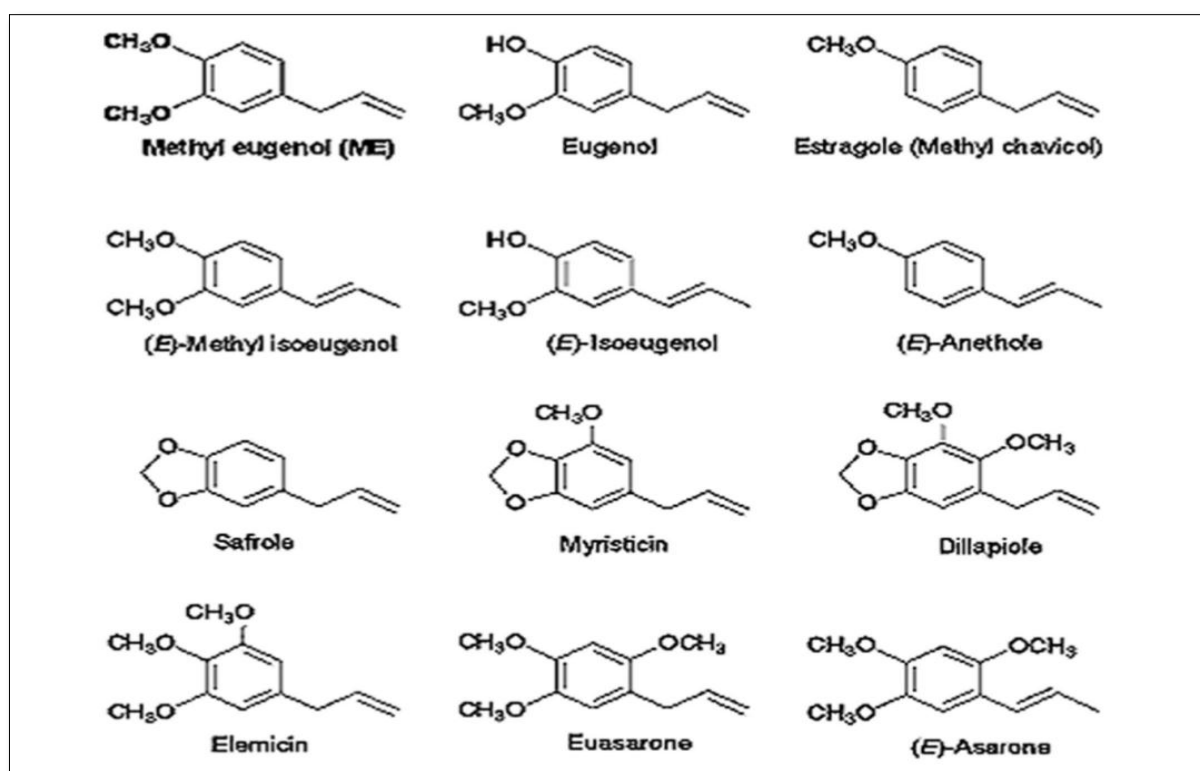


Figure 19: Structures chimiques du méthyl eugénol et de ses analogues (Nishida & Tan, 2012).

Le méthyleugénol se trouve dans un certain nombre de plantes (plus de 450 espèces de 80 familles comprenant à la fois les familles des angiospermes et des gymnospermes) et joue un rôle dans l'attraction des pollinisateurs. Environ 350 espèces de plantes les ont comme

composant de parfum floral. Leur capacité à attirer les insectes, en particulier les mouches des fruits *Bactrocera* (en particulier les mouches mâles *Bactrocera dorsalis*).

La présence de ME dans les parfums floraux, même en quantités infimes, peut être responsable de l'attraction de pollinisateurs potentiels de *Bactrocera* dans les régions tropicales/subtropicales où les espèces de mouches des fruits sensibles à la ME sont endémiques.

Le rôle de la ME dans la citronnelle, *Cymbopogon nardus* (Poaceae), dans la forte attraction des mouches des fruits *Dacus* (actuellement *Bactrocera*) qui visitaient également d'autres espèces végétales, notamment les fleurs de papaye et *Colocasia antiquorum*, a été découvert pour la première fois il y a près d'un siècle. Soixante ans plus tard, ME s'est avéré être l'attractif le plus actif pour la mouche orientale des fruits, *Bactrocera dorsalis*, par rapport à 34 analogues chimiques (Nishida & Tan, 2012).



Conclusion

Conclusion

Au terme de cette modeste recherche, nous pouvons formuler un certain nombre de conclusions :

Les huiles essentielles jouent un rôle important dans divers et multiples domaines. Ces substances de compositions chimiques complexes (composés terpéniques, aromatiques et autres...), peuvent être isolées à partir des différents organes de la plante (feuilles, fruits, fleurs, graines etc.) et cela par des techniques traditionnelles d'une part, et par des procédés innovants d'autre part.

Les composés émis par les plantes sous forme de vapeur ont un impact écologique et physiologique très évident. Les composés organiques volatils sont impliqués dans les interactions plante-plante et dans l'attraction des insectes pollinisateurs.

La fleur est la structure reproductrice caractéristique des plantes qui produisent des graines. Les fleurs, sexuées ou hermaphrodites, contiennent les organes reproducteurs : pistils femelles et étamines mâles. Leur fonction est la production de fruits à graines pour perpétuer l'espèce. De plus, elles offrent de la nourriture à de nombreux insectes et oiseaux.

La pollinisation est un processus biologique essentiel pour la reproduction des plantes où le pollen se déplace des étamines au -pistil, ce processus joue un rôle très important dans la biodiversité et le système génétique des plantes .La pollinisation se fait à travers l'union des pollens (gamète mâle) avec l'ovule (gamète femelle), soit directement (dans la même fleur) ou indirectement (d'une fleur à une autre) par l'intervention des facteurs non botanique qu'on appelle les pollinisateurs (les insectes, les oiseaux, l'eau, le vent ...).

Les pollinisateurs sont des organismes qui contribuent à transférer le pollen d'une fleur à l'autre, assurant ainsi la fertilisation des plantes, de même que la production de graines et de fruits. Ils sont attirés par des plantes aux couleurs vives ou ayant des parfums particuliers. En bonus, les pollinisateurs reçoivent du nectar dont ils se nourrissent et du pollen qui s'accroche à eux. Lorsqu'ils se déplacent, Ils transportent involontairement le pollen d'une fleur jusqu'à une autre fleur et assurent ainsi la pollinisation de nombreux végétaux. Lorsqu'un grain de pollen est déposé sur le pistil d'une fleur de la même espèce, cela permet la fécondation d'un ovule puis la formation d'un fruit contenant des graines.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

1. Aouar, M. S, 2010. systématique ,éco éhtologie des abeilles (Hymenotera :Apoidae)et leurs relation avec la culture de féve (VICIA FABA L,) sur champ dans la région de TIZI Ouzou.These de doctorat, Universiré de Mouloud Mammri de Tizi Ouzou.
2. Baser, K. H. & Buchbauer, G., 2009. Handbook of essential oils : science, technology and applications.CRC Press.
3. Baumann, A, 2015. Science et huiles essenielles. L'Harmattan.
4. Bedinger, P, 1992. The Remarkable Biology of Pollen. The plant Cell, Volume 4, pp. 879-887.
5. Ben Achour, K, 2008. Diversité et activité pollinisatrice des abeilles(Hymenoptera:Apoidea) sur les plantes cultivées. These de doctorat, Universiré de Mentouri de Constantine,P19.
6. Ben Nadji, D, 2020. L'algorithme de pollinisation des fleurs. These de master, Universiré de Mohamed Khider Biskra,P17.
7. Beneteaud, E. (2011). Les techniques d'extraction.Comité Français du Parfum ,P 5-7.
8. Bernard, M. W, Camili, A. & Laloue, G., 1984. Natural essential oils extraction processes and application to some major oils. Technical and commercial devlopment in perfumery materials, V 9, pp. 93-104.
9. Bonté, F, Rossant, A, Archambault, J. C. & Desmoulière, A., 2011. Miels et plantes : de la thérapeutique au cosmétique. La phytothérapie Européenne, V 63, pp. 22-28.
10. Boukhatem, M. N, Ferhat, A. & Kameli, A., 2019. Méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles: revue de littérature. Une, 3(4), pp. 1653-1659.
11. Bounab, S, 2020. Biodiversité végétale de la région du Hodna (M'sila) : étude phytochimique et activité biologique de quelques espèces médicinales. Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif 1.
12. Bruneton, J, 1999. Pharmacognsie,phytochimie, plantes médicinales. Tec & Doc.
13. Burt, S., 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. International Journal of Food and Microbiology, 94(3), pp. 223-253.
14. Caissard, J. C; Joly, C; BergougnoUX, V; Hugueny, P; Mauriat, M; Baudino, S, 2004. Secretion mechanisms of volatile organic compounds in specialized cells of aromatic plants.Recent research development Cell Biology, V 4, pp. 1-15.
15. Campbell, N. A. & Reece, J. B., 2004. Biologie. 2 éd.De Boeck Université, Bruxelles.
16. Charabot, . E, Dupont, . J. & Pillet, L., 1899. Les huiles essentielles et leurs principaux constituants. C. Béranger

17. Couic-Marinier, F. & Lobstein, A., 2013. Composition chimique des huiles essentielles. *Actualités pharmaceutiques*, 4, 52(525), p. 22.
18. Couic-Marinier, F. & Lobstein, A., 2013. Les huiles essentielles gagnent du terrain à l'officine. *Actualités pharmaceutiques*, 52(525), pp. 18-21.
19. Cox, S D; Mann, C M; Markham, JL; Bell, H C; Gustafson, J E; Warmington , J R; Wyllie , S G., 2000. The mode of antimicrobial action of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). *Journal of applied microbiology*, 88(1), pp. 170-175.
20. Cseke, L. J, Kaufman, P. B. & Kirakosyan, A., 2007. The Biology of Essential Oils in the Pollination of Flowers. *Natural Product Communications*, 2(12), pp. 1317 - 1336.
21. Debaghi, Z. & CHERfaui, I., 2019. Contribution à l'invention des orchidées de Tikjda et les zones l'introphes (bouira). université de bouira.
22. Demalsay, P, José, M., (1990) Les plantes à graines : structure, biologie, développement Décarie, Québec.
23. Deschepper, R., 2015. Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie. Thèse de docteur en pharmacie. Université d'Aix-Marseille. pp 18-35
24. Djamaa, R. & Louati, H., 2021. Diversité florale de certaines plantes médicinales cultivées dans la région de Mila. These de master, Universiré de Abdelhafid Boussouf Mila .
25. Ekroos, J, Heliola, J. & Kuusaari, M., 2010. Homogenization of lepidoteran communities in intensively cultivated agriculture landscapes. *journal of Applied Ecology*, 47(2), pp. 459-467.
26. Farré-Armengol, G., Filella, I., Llusà, J. & Peñuelas, J., 2017. β -Ocimene, a key floral and foliar volatile involved in multiple interactions between plants and other organisms. *Molecules*, 22(7), p. 1-9.
27. Festy, D, 2014. Les huiles essentielles: le guide visuel. Paris: Quotidien Malin.
28. Franchomme, P., Jollois, R. & Pénoel, D., 2001. L'aromathérapie exactement. 4 éd. Roger Jollois, P94.
29. Gasser, C. S. & Robinson, B. K., 1993. Pistil Development. *The plant cell*, V 5, pp. 1231-1239.
30. Gautier, M, 1980. L'abricotier et sa culture. N°206, pp. 37-41.
31. Gildemeister, E. & Hoffmann, F. A., 1900. Les huiles essentielles. FA Brockhaus.
32. Gunnar, B, 1985. Relations chimiques entre les Orchidées et leurs pollinisateurs. *Bulletin de la société entomologique de France*, 90(5), pp.1223-1228.

33. Hamlaoui, A. N., 2021. Contribution à la connaissance de l'entomofaune pollinisatrice de l'aubergine (*Solanum melongena*) (*Solanaceae*) dans la région Constantine. These de master, Université de Mentouri de Constantine.
34. Ihsan, U. h., Càceres, C., Meza, J. S. & Hendrichs, J., 2018. Different methods of methyl eugenol application enhance the mating success of male oriental fruit fly (*Diptera: Tephritidae*). *Scientific reports*, V 8, pp. 1-8.
35. Kaddour, M. & Adjel, S., H., 2020. Étude de la biodiversité des carabidés et des papillons de jour dans un verger de grenadier Région AIN LARBI - Gualma. These de Master, université de 8 MAI 1945 Gualma.
36. Kalembe, D. & Kunicka, A., 2003. Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current Medicinal Chemistry*, 10(10), pp. 813-829.
37. Kaloustian, J. & Hadji-Minaglou, F., 2012. La connaissance des huiles essentielles : qualité et aromathérapie. Springer. pp 1-40
38. Kamatou, G. P. & Alvaro M, V., 2008. Linalool – A Review of a Biologically Active Compound of Commercial Importance. *Natural Product Communications*, 3(7), pp. 1183 - 1192.
39. Klein, M. A. et al., 2006. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, V 274, pp. 303-313.
40. Kraïffi, F. & Boualam, K., 2021. Extraction et caractérisation de quelques huiles essentielles des plantes utilisées dans la thérapie grippale (*Thymus lanceolatus*, *Eucalyptus globulus*). Thèse de Master, Université Mohamed Khider de Biskra.
41. Lamarti, A., Badoc, A., Deffieux, G. & Carde, J. P., 1994. Biogénèse des mono terpènes. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, V 133.
42. Langenheim, J. H., 1969. Amber: a botanical inquiry. *Science*. 163(3872), pp. 1157-1169.
43. Le Conte, Y. & Ellis, M. D., 2008. Changements climatiques: impact sur les populations d'abeilles et leurs maladies. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz*, 27(2), 485-497.
44. Louveaux, J., 1980. Recherche sur la récolte du pollen par les abeilles (*Apis mellifera* L.). univ paris I_N_R_A.
45. Lutgem, B., 2011. Année des mellifères. Wallonie, Sainte Catherine, 36p.
46. Mebarki, R. & Bougueffa, I., 2012. Mise en évidence des huiles essentielles de quelques plantes médicinales. Thèse de Master, Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi.
47. Moore agr, H, Fournier, C., Michaud, A. & Abou Naing, M., 2015. Carte de sensibilité des pollinisateurs au risque d'exposition aux pesticides et aux autres facteurs aggravants.
48. Mosbah, A., 2020. Diversification des produits de la ruche " pollen". *Biologie Appliquée*.

49. Nabors, M, 2008. *Biologie végétale:structures,fonctionnement,écologie et biotechnologies*. Pearson Education France.
50. Nishida, R. & Tan, K. H., 2012. Methyl eugenol: its occurrence, distribution, and role in nature, especially in relation to insect behavior and pollination. *Insect science*, 12(56), pp. 1-74.
51. Oualli, D, 2018. *Etude du comportement de butinage des abeilles de deux plantes cultivées(oranger et courgette) dans la région de Tizi-Ouzou*. These de master, Universiré de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
52. Pauli, A, 2001. Antimicrobial properties of essential oil constituents. *International journal of aromatherapy*, V 11, pp. 126-133.
53. Pesson, P. & Louveaux, J., 1984. *Pollinisation et production vegetales*. INRA,Paris,P134.
54. Peter, F, Anne, P., Valérie, C. & Jean, D., 2001. *La pollinisastion des plantes à fleurs par les abeilles biologie,écologie,économie*.Canter Suisse de recherche apicole, pp. 1-27
55. Philippe, J. M., 1991. *Pollinisastion par les abeilles*. Edisud,172p.
56. Pouvreau, A., 1993. *les Bourdons pollinisateurs menacés*. courriere de l'Environnemet de l'INRA, V 19.
57. Pramila, R, Padmavathy , K., Ramesh , K. & Mahalakshmi , K., 2012. *Brevibacillus parabrevis,Acinetobacter baumannii and Pseudomonas citronellolis-Potential candidates for biodegradation of low density polyethylene (LDPE)*. *African Journal of Bacteriology Research Abbreviation*, 4(1), pp. 9-14.
58. Raguso, R. A. & Pichersky, E., 1999. *New Perspectives in Pollination Biology: Floral Fragrances*. A day in the life of a linalool molecule: Chemical communication in a plant-pollinator system. Part 1: Linalool biosynthesis in flowering plants. *Plant Species Biology*, 14(2), pp. 95-120.
59. Robinson, R. & Sutherland, W. J., 2002 . *Post_war changes in arable farming and boidiversity in Great Britain*. *Journal of Applied Ecology* 39, p. 157-172.
60. Roy, D. B. et al, 2001. *Butterfly numbers and weather:predicting histricaltrends inabundance and the future effects of climat change*. *journal of Animal Ecology*, p. 207-217.
61. Salhi, R. & Kimouche, M. B., 2020. *Biodiversité des insectes pollinisateurs du poirier(pyrus communis L)(Rosaceae)dans la région de Constantine (Résumé des travaux précédents)* . These de master, Universiré de Mentouri de Constantine.
62. Svoboda, K. P, Svoboda, T. G. & Syred, A., 2000. *Secretory structures of aromatic and medicinal plants*.Microscopix Publications.

63. Tasei , J. N, Carre , S., Grondeauc & Ethureu, J. M., 1987. Effets d'application insecticides à l'égard d'Apoides pollinisateur autresquel'abeille domestique. Agriculture/ paris, p. 127-136.
64. Thormar, H., 2011. Lipids and essential oils as antimicrobial agents. wiley.
65. Vaissière, B., 2002. Spécial abeilles. Le courrier de la nature, V 196.
66. Vaissière, B., 2005. Abellie et pollinisation. Copyright Académie d'Agriculture de france .
67. Voinchet, V. & Robert, G., 2007. Utilisation de l' huile esseentielle d'hélichryse italienne et de huile végétale de rose musquee après interrvention de chirurgie plastique réparatrice et esthétique. Phytothérapie, V 2, pp. 67-72.
68. Zambonelli, A., D'Aulerio, A. Z., Severi, A. & Benvenuti, S., 2004. Chemical composition and fungicidal activity of commercial essential oils of thymus vulgaris L. Essential oil research, 16(1), pp. 69-74.
69. Zaoui, K. & Achour, N., 2021. Etude de la diversité de deux taxons(papillons de jour et Syrphidés) dans différentes cultures situées au sein de l'institut de technologie moyens ajricoles(ITMA)de la région de Gualma(Nord est Algérie).Thèse de Master, université de Gualma 8 MAI 1945.
70. Zeng, Lanting ; Wang, Xiaoqin ; Kang, Ming ; Dong, Fang ; Yang, Ziyin, 2017. Regulation of the rhythmic emission of plant volatiles by the circadian clock. International journal of molecular sciences, 18(11).
71. بوخيتي، ح، 2010. النباتات الطبية المتداولة في المنطقة الشمالية لولاية سطيف. مذكرة شهادة الماجستير، جامعة فرحات عباس.

ملخص:

التلقيح هو عملية بيولوجية أساسية لتكاثر النباتات يتم فيها انتقال حبوب اللقاح من الأسدية إلى المدقة، يلعب التلقيح دورا مهما في التنوع البيولوجي والجيني للنباتات ويتم عن طريق اتحاد حبوب الطلع (خلايا تناسلية ذكرية) مع البويضة (خلايا تناسلية أنثوية). ويكون إما مباشر (في نفس الزهرة) أو غير مباشر (من زهرة إلى أخرى) بتدخل عوامل أخرى غير نباتية التي تسمى ملقحات (الحشرات، الطيور، المياه، الرياح...).

ومن أجل جذب الملقحات تقوم النباتات بإنتاج مركبات متنوعة متطايرة على مستوى الزهرة، من أهمها الزيوت الأساسية التي تتكون من مركبات تيربينية وعطرية بالإضافة إلى مركبات أخرى التي تتواجد في أجزاء النبات المختلفة.

الدراسة البحثية التي قمنا بها من خلال المراجع المتاحة أكدت وجود علاقة بيولوجية وكيميائية بين ظاهرة التلقيح والزيوت الأساسية وخاصة فيما يتعلق بجذب الملقحات.

الكلمات الرئيسية: التلقيح، الرحيق، الملقحات، الزهرة، الجذب، الزيوت الأساسية.

Abstract

Pollination is an essential biological process for plants reproduction through which pollen transfer is done from stamen to pistil. Pollination has a significant role in biological and genetal diversity for plants via the union of pollens (male genital cells) with egg (female genital cells). It may be direct (in the same flower) or indirect (from one flower to another) through the interference of other non-plant factors called pollinators (insects, birds, water and wind....).

In order to attract pollinators, plants produce various and volatile compounds at the level of the flower, the most important of which are essential oils which consist of Terpenoid group and aromatic compounds in addition to other compounds existing in different parts of the plant.

The research study that we conducted through the available references confirmed the existence of a biological and chemical relationship between the phenomenon of pollination and essential oils, particularly with regard to the attraction of pollinators.

Key words: pollination, nectar, pollinators, flower, attractant, essential oils.

Résumé

La pollinisation est un processus biologique essentiel pour la reproduction des plantes où le pollen se déplace des étamines au -pistil, ce processus joue un rôle très important dans la biodiversité et le système génétique des plantes .La pollinisation se fait à travers l'union des pollens (gamète mâle) avec l'ovule (amète femelle), soit directement (dans la même fleur) ou indirectement (d'une fleur à une autre) par l'intervention des facteurs non botanique qu'on appelle les pollinisateurs (les insectes , les oiseaux , l'eau , le vent ...).

Afin d'attirer les pollinisateurs, les plantes produisent une variété de composés volatils au niveau de la fleur, dont les plus importants sont des huiles essentielles, composées de composés

triquaniques et aromatiques, en plus d'autres composés que l'on trouve dans différentes parties de la plante.

L'étude de recherche que nous avons menée à travers les références disponibles a confirmé l'existence d'une relation biologique et chimique entre le phénomène de pollinisation et les huiles essentielles, notamment en ce qui concerne l'attraction des pollinisateurs.

Mots clés : pollinisation, nectar, pollinisateurs, fleur, attraction, huiles essentielles.