

BIOPESTICIDES À BASE DES HUILES ESSENTIELLES : APERÇU ET PERSPECTIVES

Fatouma MOHAMED ABDOUL-LATIF^{1*}, Ayoub AINANE², Ali MERITO ALI¹, Tarik AINANE

¹ Institut de Recherches Médicinales, Centre d'Etude et de Recherche de Djibouti, BP 486, Djibouti.

² Ecole supérieure de Technologie de Khenifra, Université de Sultan Moulay Slimane, BP 170, Khenifra 54000 Maroc.

*Auteur correspondant: fatouma_abdoulatif@yahoo.fr

Résumé

Les huiles essentielles ont été reconnues comme une source naturelle importante de pesticides. Ils représentent un marché mondial énorme. Plusieurs espèces des plantes sont capables d'élaborer les composés constitutifs des huiles essentielles. Elles sont réparties en un nombre limité de familles avec une gamme limitée d'activités biologiques pour des usages industriels et ménagers. Les composés d'huiles essentielles et leurs dérivés sont considérés comme un moyen alternatif de contrôler de nombreuses maladies et insectes nuisibles, ainsi, leur dégradation rapide dans l'environnement a une spécificité accrue qui favorise les insectes utiles. Des produits commerciaux à base d'huiles essentielles sont en cours de développement pour un large éventail d'utilisations humaines et animales, y compris la lutte antimicrobienne. Malheureusement, la plupart des produits naturels utilisés pour la lutte ne sont pas toujours soumis à des tests rigoureux. Au vu des points ci-dessus, le présent article se concentre sur les travaux réalisés dans le domaine des huiles essentielles en tant que biopesticides avec un accent particulier sur la chimie des huiles essentielles, l'extraction, les propriétés pesticides, le mode d'action, et quelques travaux antérieurs.

Mots-clés : Huiles essentielles, Biopesticides, Mode d'action, Biomolécules.

Abstract

Essential oils have not been recognized as an important natural source of pesticides. They represent a huge global market. Several plant species are capable of developing the constituent compounds of essential oils. They are divided into a limited number of families with a limited range of biological activities for industrial and household uses. Essential oil compounds and their derivatives are considered an alternative means of controlling many diseases and pests, thus, their rapid degradation in the environment has increased specificity which favors beneficial insects. Commercial essential oil products are being developed for a wide range of human and animal uses, including antimicrobial control. Unfortunately, most of the natural products used do not always go through rigorous testing. In view of the above points, this article focuses on the work carried out in the field of essential oils as biopesticides with particular emphasis on the chemistry of essential oils, the extraction, the pesticidal properties, the mode of action, and some previous work.

Keywords : Essential oils, Biopesticides, Mode of action, Biomolecules.

Introduction

Durant les dernières années, plusieurs produits naturels et leurs dérivés ont été développés et utilisés dans la lutte contre les ravageurs des cultures, comme alternatives aux insecticides conventionnels (Giunti et al., 2021). Certains biopesticides sont à base d'extraits des plantes, d'autres à base d'huiles essentielles des plantes. Les extraits et les huiles essentielles botaniques sont de plus en plus considérés comme des approches alternatives ou complémentaires aux traitements insecticides dans les stratégies de lutte intégrée. Beaucoup de ces produits végétaux montrent un large spectre d'activité contre les ravageurs des plantes (Werrie et al., 2021).

Les huiles essentielles sont volatiles et contiennent de forts constituants aromatiques : les monoterpénoïdes (Smaili et al., 2021). Les monoterpénoïdes sont reliés ou dérivent des monoterpènes, une classe de terpènes, contenant deux unités d'isoprène composées de 10 molécules de carbones. Ces composés sont des métabolites secondaires des plantes qui confèrent à la plante aromatique de nombreuses fonctions : (i) attirer ou repousser les insectes, (ii) se protéger contre les basses et fortes températures environnementales, et (iii) utiliser les constituants chimiques de la plante comme matériel de défense de la plante contre des ravageurs et les pathogènes. Durant les dernières décennies, quelques monoterpénoïdes ont été considérés comme de bonnes alternatives aux pesticides synthétiques conventionnels pour de nombreuses raisons. D'une part, leurs constituants ont été identifiés comme étant de bons insecticides, acaricides et répulsifs aux insectes. Plusieurs monoterpénoïdes présentent une efficacité à large spectre sur les insectes. D'autre part, les monoterpénoïdes sont relativement peu toxiques sur les vertébrés et les autres organismes non ciblés.

Huiles essentielles

Selon la 7^{ème} édition de la Pharmacopée européenne (Bezza et al., 2010), une huile essentielle est définie comme un :

« Produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition ».

« Les huiles essentielles peuvent subir un traitement ultérieur approprié. Elles peuvent être commercialement dénommées comme étant déterpénées, désesquiterpénées, rectifiées ou privées de x ».

- L'huile essentielle déterpénée est une huile essentielle privée, partiellement ou totalement, des hydrocarbures monoterpéniques.
- L'huile essentielle déterpénée et désesquiterpénée est une huile essentielle privée, partiellement ou totalement, des hydrocarbures mono- et sesquiterpéniques.
- L'huile essentielle rectifiée est une huile essentielle qui a subi une distillation fractionnée dans le but de supprimer certains constituants ou d'en modifier la teneur.
- L'huile essentielle privée de « x » est une huile essentielle qui a subi une élimination partielle ou complète d'un ou plusieurs constituants ».

Extraction des huiles essentielles

La composition des huiles essentielles varie dans une large mesure selon la méthode d'extraction utilisée. La composition chimique diffère non seulement par le nombre de molécules extraites mais aussi par leurs types stéréochimiques. La distillation à la vapeur est le procédé le plus fréquemment utilisé pour isoler les huiles essentielles, il existe des dizaines des montages, d'où l'appareil de type Clevenger est la technique la plus utilisée à l'échelle des laboratoires et l'alambic le plus demandé à l'échelle industrielle. Les autres méthodes d'extraction des huiles essentielles sont l'extraction par solvant, l'extraction par distillation simultanée, le dioxyde de carbone supercritique et les fours à micro-ondes (Fan et al., 2018). Les huiles essentielles peuvent varier en qualité, quantité et composition selon le climat, la composition du sol, l'organe de la plante, l'âge et le stade du cycle végétatif.

Méthode d'analyse des huiles essentielles

Une fois l'extrait le plus représentatif obtenu, l'analyse permet d'identifier et de quantifier les produits qu'il compose. Les progrès des méthodes analytiques permettent d'identifier rapidement un très grand nombre de constituants. Cette analyse concerne l'identification qualitative et quantitative des différents constituants d'une huile essentielle. On peut utiliser les méthodes suivantes : CG, CG/SM, HPLC, RMN, IR, etc. La chromatographie en phase gazeuse (CPG) est la méthode la plus utilisée dans le domaine des huiles essentielles (Ainane et al., 2019a). D'un point de vue analytique, d'importants progrès ont été réalisés en couplant la CPG avec un spectromètre de masse (SM). En effet, le couplage CPG-SM en mode impact électronique (IE), est la technique utilisée en routine pour l'analyse dans le domaine des HE. Dans la pratique, l'utilisation conjointe de la spectrométrie de masse et des indices de rétention calculés sur deux colonnes de polarité différente en CPG, permet, en général l'identification d'un grand nombre de constituants dans les mélanges complexes tels que les HE (comparaison du spectre à ceux contenus dans des bibliothèques de spectres informatisées).

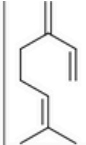
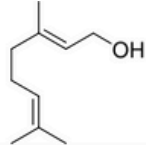
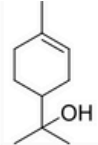
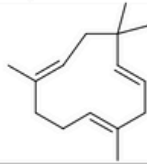
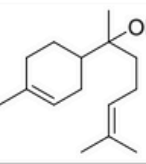
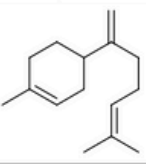
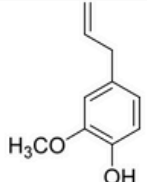
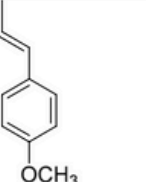
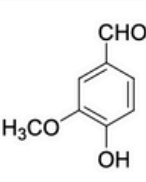
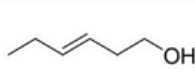
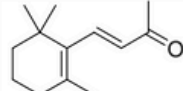
Composition chimique des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes pouvant contenir plus de 300 composés différents (Attahar et al., 2021). Ces composés sont des molécules volatiles appartenant pour la grande majorité à la famille des terpènes. Seuls les terpènes les plus volatils, c'est-à-dire ceux dont la masse moléculaire n'est pas trop élevée, y sont rencontrés soit les monoterpènes (myrcène, pinène, γ -terpinène, ...) et les sesquiterpènes (β -caryophyllène, α -humulène, β -bisabolène, etc.). Les terpènes sont des composés issus du couplage de plusieurs unités « isopréniques » (C₅H₈), soit deux unités pour les monoterpènes (C₁₀H₁₆) et trois pour les sesquiterpènes (C₁₅H₂₄). Exceptionnellement, quelques diterpènes (C₂₀H₃₂) peuvent se retrouver dans les huiles essentielles. Plusieurs milliers de composés appartenant à la famille des terpènes ont, à ce jour, été identifiés dans les huiles essentielles. La réactivité des cations intermédiaires obtenus lors du processus biosynthétique des mono- et sesquiterpènes explique l'existence d'un grand nombre de molécules dérivées fonctionnalisées telles que des alcools (géraniol, α -bisabolol), des cétones (menthone, β -vétivone), des aldéhydes (citronellal, sinensal), des esters (acétate d' α -terpinyle, acétate de cédryle), des phénols (thymol), ... (tableau 1).

Une autre classe de composés volatils fréquemment rencontrés est celle des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (Talbi et al., 2016). Cette classe comporte des composés odorants bien connus comme la vanilline, l'eugénol, l'anéthole, l'estragole et bien d'autres. Ils sont davantage fréquents dans les huiles essentielles d'Apiaceae (persil, anis, fenouil, etc.) et sont caractéristiques de celles du clou de girofle, la vanille, la cannelle, le basilic, l'estragon, ...

Enfin, il existe un nombre non négligeable de composés volatils issus de la dégradation, de terpènes nonvolatils (c'est le cas par exemple des ionones qui proviennent de l'auto-oxydation des carotènes) et d'acides gras (les petites molécules odorantes, comme par exemple le (3Z)-hexén-1-ol ou le décanal, qui sont obtenues à partir des acides linoléique et α -linoléique).

Tableau 1 : Exemples de structures de composés d'huiles essentielles.

Monoterpènes			
	Myrcène	Géraniol	α -Terpinéol
Sesquiterpènes			
	α -Humulène	α -Bisabolol	β -Bisabolène
Composés dérivés du phénylpropane			
	Eugénol	trans-Anéthole	Vanilline
Composés issus de la dégradation			
	3-cis -Hexenol	β -Ionone	

Modes d'action des huiles essentielles

• Huiles essentielles comme bioinsecticides

On sait peu de choses sur les actions physiologiques des huiles essentielles sur les insectes, mais les traitements avec diverses huiles essentielles ou leurs constituants provoquent des symptômes suggérant un mode d'action neurotoxique. Il a été démontré qu'un monoterpénoïde, le linalol agit sur le système nerveux, affectant le transport des ions et la libération d'acétylcholine estérase chez les insectes (Ainane et al., 2019b).

- **Huiles essentielles comme répulsives**

Il n'est pas clair si les répulsifs fonctionnent par des mécanismes communs chez différents arthropodes, et des preuves contradictoires existent dans la littérature. Par exemple, la tique détecte les répulsifs sur les tarsi de la première paire de pattes (organe de Haller) et les insectes détectent les mêmes substances sur les antennes. De plus, les différences de sensibilité au même répulsif entre les différentes classes, ordres et familles ne sont que des différences de degré ; aucune différence fondamentale dans le type de réponse n'est observée. Cependant, le degré de sensibilité différentielle était stable sur plusieurs générations chez les moustiques, indiquant une base génétique et héréditaire de tolérance. Les poils des antennes des moustiques sont sensibles à la température et à l'humidité. Les molécules répulsives interagissent avec les récepteurs olfactifs des moustiques femelles, bloquant ainsi le sens de l'odorat. On sait très peu de choses sur les récepteurs responsables des réponses répulsives chez les cafards. L'acide oléique et l'acide linoléique ont été indiqués dans la reconnaissance de la mort et l'aversion à la mort (répulsion) chez les cafards et le terme « nécromone » a été proposé pour décrire un composé responsable de ce type de comportement (Bachiri et al., 2018).

- **Huiles essentielles comme fumigantes**

Les huiles essentielles bien connues à bioactivité, que ce soit comme insecticide ou répulsif, sont les huiles de clou de girofle, de thym, de menthe, de citronnelle, de cannelle, de romarin et d'origan (Mohamed et al., 2020; Ainane et al., 2021b). La bioactivité peut varier considérablement en raison de la variabilité de la composition chimique mais malgré ces variabilités, certaines espèces végétales, à savoir le thym, l'origan, le basilic, le romarin et la menthe, sont systématiquement bioactives. L'élucidation du mode d'action des huiles essentielles est importante pour la lutte contre les insectes car elle peut donner des informations utiles sur la formulation, les moyens d'administration et la gestion de la résistance les plus appropriés. De nombreuses huiles essentielles végétales et leurs isolats ont une action fumigante. Les huiles essentielles d'*Artemisia annua*, *Anethum sowa*, *Curcuma longa*, *Lippia alba* et des isolats comme le limonène, le carvone et le 1,8-cinéole ont été bien documentés comme fumigants (Ainane et al., 2021c ; Mohamed et al., 2021). Ces résultats indiquent que la voie d'action des huiles était en grande partie en phase vapeur via le système respiratoire, bien que le mode d'action exact de ces huiles reste inconnu (Ibrahim, 2019).

Utilisation des huiles essentielles en tant que insecticides

Les huiles essentielles ont des propriétés insecticides essentiellement larvicides, inhibitrice de la croissance et des propriétés anti-nourrissante. Ces potentiels ont été démontrés par des multiples études à travers le monde (Mohamed et al., 2021, Ainane et al., 2021) qui ont étudié la composition chimique, l'activité antimicrobienne et l'activité insecticide de plusieurs maladies et ravageurs (tableau 2).

L'ensemble de ces travaux cités montrent que l'efficacité des huiles essentielles contre plusieurs maladies et ravageurs présente un intérêt scientifique important et donne une nouvelle voie d'utilisation des huiles essentielles comme biopesticides. De plus, la formulation reste un aspect essentiel de bien utiliser ces extraits dans les applications industrielles comme celle qui a été réalisée par (Ainane et al., 2020a) sur une étude de

formation de l'huile essentielle de Romarins officinalis dans des tablettes d'argiles pour bien contrôler l'effet insecticide dans les denrées stockées. Ces résultats sont considérés comme facteurs qui peuvent influencer le marché économique des huiles essentielles.

Tableau 2 : Activités antimicrobiennes et anti-insecticides de quelques huiles essentielles.

Huiles essentielles	Maladie / insectes	Références
<i>Citrus limonum</i> <i>Syzygium aromaticum</i>	<i>Sitophilus granarius</i> , <i>Sitophilus oryzae</i> et <i>Sitophilus zeamais</i>	(Ainane et al., 2019b).
<i>Eucalyptus globulus</i> <i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Sitophilus granarius</i>	(Ainane et al., 2020b).
<i>Cedrus atlantica</i>	<i>Sitophilus granarius</i>	(Ainane et al., 2021a).
<i>Mentha suaveolens</i> et <i>Artemisia absinthium</i> (effet synergétique)	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Fusarium solani</i> et <i>Botrytis cineria</i> .	(Ainane et al., 2021b).
<i>Pinus halepensis</i> Mill. <i>Pinus pinaster</i> Sol	<i>Bruchus signaticornis</i>	(Ejjabraoui et al., 2021)
<i>Myrtus communis</i> L.	<i>Ascochyta rabiei</i> (Pass.) Labr., <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Ciceris</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , et <i>Fusarium solani</i> f.sp. <i>pisi</i> .	(Shybat et al., 2021)
<i>Laurus nobilis</i> L. <i>Rosmarinus officinalis</i> L.	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Fusarium avenaceum</i> , <i>Fusarium graminearum</i> , <i>Fusarium subglutinans</i> , <i>Fusarium verticillioides</i>	(Ouassil et al., 2021a; Ouassil et al., 2021b)

Conclusion

Dans cette revue focalisée sur les pesticides à base des huiles essentielles, on peut signaler l'effet positif des extraits pour traiter certaines maladies et ravageurs présents dans l'agriculture ; ce qui prouve l'intérêt de ces bioproduits à l'échelle mondiale.

On peut conclure que :

- La composition chimique des huiles essentielles présente des constituants bioactifs intéressants ;
- L'activité biologique est importante, elle est causée par les composés bioactifs présents dans les huiles essentielles ;
- Les formulations traditionnelles restent une référence fondamentale pour les industries agricoles en respectant les concentrations normées d'utilisation de certains composés.

Références bibliographiques

Ainane, A., Khammour, F., Elkouali, M., Talbi, M., Oussaid, A., Lemhidi, A., Ainane, T. (2019a). Evaluation of the toxicity of the essential oils of certain mints grown in the region of Settat (Morocco): *Mentha piperita*, *Mentha pulegium* and *Mentha spicata* against, *Sitophilus granarius*, *Sitophilus oryzae* and *Sitophilus zeamais*. *Journal of Analytical Sciences and Applied Biotechnology*, 1(1), 1-10.

- Ainane, A., Khammour, F., Charaf, S., Elabboubi, M., Elkouali, M., Talbi, M., Ainane, T. (2019b). Chemical composition and insecticidal activity of five essential oils: *Cedrus atlantica*, *Citrus limonum*, *Rosmarinus officinalis*, *Syzygium aromaticum* and *Eucalyptus globules*. *Materials Today: Proceedings*, 13, 474-485.
- Ainane, A., Abdoul-Latif, F.M., Abdoul-Latif, T.M., Ainane, T. (2020a). Feasibility study of a project to produce an insecticide formulation based on the essential oil of *Rosmarinus officinalis*. *EnvironmentAsia*, 2021, 14(1), 33–40.
- Ainane, A., Abdoul-Latif, F. M., Abdoul-Latif, T. M., Ainane, T. (2020b). Evaluation of biological activities of two essential oils as a safe environmental bioinsecticides: case of *Eucalyptus globulus* and *Rosmarinus officinalis*. *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 29.
- Ainane, A., Abdoul-Latif, F. M., Mohamed, J., Attahar, W., Ouassil, M., Shybat, Z. L., Ainane, T. (2021a). Behaviour desorption study of the essential oil of *Cedrus atlantica* in a porous clay versus insecticidal activity against *Sitophilus granarius*: explanation of the phenomenon by statistical studies. *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, 12, 12.
- Ainane A., Abdoul-latif F. M., Mohamed J., Shybat Z. L., Yaacoubi A. E., Gharby, Cherroud, Ainane T. (2021b). Chemical composition, insecticidal and antimicrobial activity of essential oil of rose geranium (*Pelargonium graveolens* L.): agricultural application in vitro on *Medicago sativa* L. *Agricultural Mechanization in Asia*, 51 (1).
- Ainane A., Abdoul-latif F. M., Mohamed J., Sakar, Shybat Z. L., Ainane T. (2021c). Cedar sawdust in agricultural applications: insecticidal activity of essential oil. *Agricultural Mechanization in Asia*, 51 (1).
- Ainane, T., Abdoul-Latif, F. M., Ouassil, M., Am, A., Ainane, A. (2021). Antagonistic antifungal activities of *Mentha suaveolens* and *Artemisia absinthium* essential oils from Morocco. *Pharmacologyonline*, 2, 470–478.
- Attahar, W., Abdoul-Latif, F. M., Mohamed, J., Ainane, A., Ainane, T. (2021). Antimicrobial and antioxidant activities of *Trigonella foenum-graecum* essential oil from the region of settat (Morocco). *Pharmacologyonline*, 2, 434–442.
- Bachiri, L., Bouchelta, Y., Bouiamrine, E. H., Echchegadda, G., Ibjibjen, J., & Nassiri, L. (2018). Valorization as bioinsecticide of the essential oils of two indigenous lavender species in Morocco: *Lavandula stoechas* and *Lavandula pedunculata*. *International Journal of Herbal Medicine*, 6(1), 86-90.
- Bezza, L., Mannarino, A., Fattarsi, K., Mikail, C., Abou, L., Hadji-Minaglou, F., Kaloustian, J. (2010). Composition chimique de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* provenant de la région de Biskra (Algérie). *Phytothérapie*, 8(5), 277-281.

Ejjabraoui, M., Mohamed Abdoul-Latif, F., Eddabbeh, F.-E., Ainane, A., Shybat, Z. L., Ainane, T. (2021). Chemical study and insecticidal activity of two species of Moroccan Pinus : *Pinus halepensis* Mill. and *Pinus pinaster* Sol. *Pharmacologyonline*, 2, 508-517.

Fan, S., Chang, J., Zong, Y., Hu, G., Jia, J. (2018). GC-MS analysis of the composition of the essential oil from *Dendranthema indicum* Var. *Aromaticum* using three extraction methods and two columns. *Molecules*, 23(3), 576.

Giunti, G., Campolo, O., Laudani, F., Zappalà, L., Palmeri, V. (2021). Bioactivity of essential oil-based nano-biopesticides toward *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). *Industrial Crops and Products*, 162, 113257.

Ibrahim, S. S. (2019). Essential oil nanoformulations as a novel method for insect pest control in horticulture. In *Horticultural crops* (pp. 195-209). IntechOpen.

Mohamed Abdoul-latif F., Ainane A., Mohamed T., Ainane T. (2020). Chemical study and evaluation of insecticidal properties of African *Lippia citriodora* essential oil. *Journal of Biopesticides*, 13(2): 119-126.

Mohamed Abdoul-latif F., Ainane A., Mohamed J., Attahar W., Ouassil M., Ainane T. (2021). Essential oil of *Thymus zygis*: chemical composition and biological valorization proposals. *Agricultural Mechanization in Asia*, 51 (1).

Ouassil, M., Mohamed Abdoul-Latif, F., Am, A., Ainane, A., Ainane, T. (2021a). Chemical composition of bay laurel and rosemary essential oils from Morocco and their antifungal activity against fusarium strains. *Pharmacologyonline*, 2, 426–433.

Ouassil, M., Mohamed Abdoul-Latif, F., Attahar W., Ainane A., Mohamed J., Ainane T. (2021b). Plant – derived metal nanoparticles based nanobiopesticides to control common beans (*Phaseolus vulgaris*) pests and diseases in Morocco. *Agricultural Mechanization in Asia*, 51 (1).

Shybat, Z.L., Mohamed Abdoul-Latif, F., Mohamed, J., Ainane, A., Ainane, T. (2021). Antifungal activity of the essential oil of Moroccan myrtle (*Myrtus communis* L.): Application in agriculture. (2021). *Pharmacologyonline*, 2, 485–491.

Smaili, T., Bendif, H., Öztürk, M., Flamini, G., Peron, G. (2021). Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oil from *Daucus reboudii* Coss., an Endemic Plant of Algeria. *Applied Sciences*, 11(4), 1843.

Talbi, M., Saadali, B., Boriky, D., Bennani, L., Elkouali, M. H., Ainane, T. (2016). Two natural compounds—a benzofuran and a phenylpropane—from *Artemisia dracunculus*. *Journal of Asian natural products research*, 18(8), 724-729.

Werrie, P. Y., Burgeon, C., Le Goff, G. J., Hance, T., Fauconnier, M. L. (2021). Biopesticide trunk injection into apple trees: a proof of concept for the systemic movement of mint and cinnamon essential oils. *Frontiers in plant science*, 12.