

Neuvième article : Nematicidal activities of *Syzygium aromaticum* (Myrtaceae), *Hyptis suaveolens* (Lamiaceae) and *Eucalyptus camaldulensis* (Myrtaceae) essential oils against *Meloidogyne incognita* (Tylenchida: Heteroderidae)

Par : A. F. A. D. Bossou, A. Manbou, A. Affokpon, H. Adoukonou-Sagbadja et F. Avléssi

Pages (pp.) 144-155.

Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) – Mars 2026 – Volume 36 - Numéro 02

Le BRAB est en ligne (on line) sur le site web <https://brab.bj/> de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

ISSN imprimé (print ISSN) : 1025-2355 et ISSN électronique (on line ISSN) : 1840-7099

Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin

*DOI : <https://doi.org/10.62344/09rhas62>



Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

Direction Scientifique (DS) - Service Animation Scientifique (SAS)

01 BP 884 Recette Principale, Cotonou 01 - République du Bénin

Tél. : (+229) 21 30 02 64 ; E-mail : contact@inrab.bj

La rédaction et la publication du bulletin de la recherche agronomique du Bénin (BRAB)
de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

01 B.P. 884 Recette Principale, Cotonou 01 - Tél. : (+229) 21 30 02 64

E-mail: contact@inrab.bj - République du Bénin

Sommaire

	Sommaire	i
N°	Informations générales	ii
	Indications aux auteurs	iii
1	Scientific evidence of the efficacy of mushrooms in the management of diabetes and hypertension: a systematic review with meta-analyses L. Agbangla, A. Hegbe, B. G. Hounwanou, O. G. Fadeyi S. Badou, B. Olou, S. Zakari, N. S. Yorou, T. Adoukonou et M. Gomina *DOI : https://doi.org/10.62344/1z7chn68	01
2	Effect of rice variety and amylose content on the texture and sensory acceptability of the main rice-based foods in Benin M. Daouda, M. Oussou, J. Jasniewski and Y. E. Madodé *DOI : https://doi.org/10.62344/6z9xqy50	24
3	Valorisation du frass de larves de mouche soldat noire (<i>Hermetia illucens</i>) pour la production monospécifique d'une algue phytoplanctonique (<i>Scenedemus quadricauda</i>) d'intérêt aquacole au Bénin S. A. R. Tonoukouen, E. H. D. Kpegouton, D. C. Adjahouinou, T. Godome et D. N. S. Kpogue Gangbazo *DOI : https://doi.org/10.62344/nd2z5707	43
4	Characterization of international reptile trade flows in Benin (West Africa) from 1984 to 2022 B. Sossa, K. V. Taiwo, R. B. Badou, G. N. Kpéra, G. Nobimè, A. E. Assogbadjo and C. A. M. S. Djagoun *DOI : https://doi.org/10.62344/5dbfqt40	51
5	Synthèse bibliographique sur la reproduction ex situ du poisson chat du Mékong <i>Pangasianodon hypophthalmus</i> (Sauvage, 1878) M. L. Dansi, S. C. B. Pomalegni, S. Kpoussou et S. Ahouansou Montcho *DOI : https://doi.org/10.62344/ba1n7814	64
6	Diversités cultivées dans les sites maraîchers du bassin versant de la rivière des cinq bras en République du Bénin I. Orou Bata, A.-S. Bio Bangana et P. Kassa *DOI : https://doi.org/10.62344/2k28r447	85

7	Stratégies d'accès à l'information technique agricole en production des légumes biologiques au Sud-Bénin J. A. Houeto et F. Okry *DOI : https://doi.org/10.62344/4ethbk26	114
8	Analyse de différents modes de financement agricoles des Agrobusiness Clusters de riz au Bénin A. Chaffa Biyaou, E. Sodjinou, Y. E. Tchigo et J. A. Yabi *DOI : https://doi.org/10.62344/w7edwm19	124
9	Nematicidal activities of <i>Syzygium aromaticum</i> (Myrtaceae), <i>Hyptis suaveolens</i> (Lamiaceae) and <i>Eucalyptus camaldulensis</i> (Myrtaceae) essential oils against <i>Meloidogyne incognita</i> (Tylenchida: Heteroderidae) A. F. A. D. Bossou, A. Manbou, A. Affokpon, H. Adoukonou-Sagbadja et F. Avléssi *DOI : https://doi.org/10.62344/09rhas62	144

ISSN imprimé (print ISSN) : 1025-2355 et ISSN électronique (on line ISSN) : 1840-7099

Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin

But et champs de publication : Le Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) édité par l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) est un organe de publication créé en mai 1991 pour offrir aux chercheurs béninois et étrangers un cadre pour la diffusion des résultats de leurs travaux de recherche. Il accepte des articles originaux de recherche et de synthèse, des contributions scientifiques, des articles de revue, des notes et fiches techniques, des études de cas, des résumés de thèse, des analyses bibliographiques, des revues de livres et des rapports de conférence relatifs à tous les domaines de l'agronomie et des sciences apparentées, ainsi qu'à toutes les disciplines du développement rural. **Comités d'administration du BRAB :** La publication du Bulletin est assurée par un comité de rédaction et de publication appuyés par un conseil scientifique qui réceptionne les articles soumis en ligne sur la plateforme <https://brab.bj/> et décide de l'opportunité de leur parution. Ce comité de rédaction et de publication est appuyé par des comités de lecture qui sont chargés d'apprécier le contenu technique des articles et de faire des suggestions aux auteurs afin d'assurer un niveau scientifique adéquat aux articles. La composition du comité de lecture dépend du sujet abordé par l'article proposé. Rédigés en français ou en anglais, les articles doivent être assez informatifs avec un résumé présenté dans les deux langues, dans un style clair et concis. Une note d'indications aux auteurs est disponible dans chaque numéro et peut être consultée et téléchargée sur la plateforme du BRAB. **Fréquence de parution des numéros de chaque volume :** Le BRAB publie par an quatre (04) numéros à raison d'un numéro par trimestre et aussi des numéros spéciaux. Le thesaurus « Agrovoc » est utilisé pour caractériser les articles parus dans le BRAB. **Frais de publication :** Pour les auteurs, une contribution de cinquante mille (50.000) Francs CFA, tout frais compris, est demandée par article soumis et accepté pour publication. L'article publié est disponible en accès libre sur la plateforme avec notification à l'auteur correspondant. **Politique d'accès :** Les articles publiés par le Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin sont en libre accès. Ils sont gratuits pour tout le monde, immédiatement téléchargeables dès la publication et distribués sous la licence CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). **Propriété intellectuelle :** La propriété des droits d'auteurs sur le contenu des articles demeure à leurs auteurs. Ils sont libres de partager -copier et redistribuer le matériel sur n'importe quel support ou format.

Comité de Rédaction et de Publication du Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin - 01 BP 884 Recette Principale - Cotonou 01 – Tél. : (+229) 21 30 02 64 - E-mail: contact@inrab.bj – République du Bénin

Éditeur : Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

Comité de Rédaction et de Publication : -i- **Directeur de rédaction et de publication :** Directeur Général de l'INRAB ; -ii- **Rédacteur en chef :** Directeur Scientifique de l'INRAB ; -iii- **Secrétaire documentaliste :** Documentaliste archiviste de l'INRAB ; -iv- **Maquettiste :** Analyste programmeur de l'INRAB ; -v- **Opérateur de mise en ligne :** Dr Ir Sétchéme Charles Bertrand POMALEGNI, Maître de recherche ; -vi- **Membres :** Dr Ir Guy A. MENSAH, Directeur de Recherche, Dr Ir Nestor René AHOYO ADJOVI, Directeur de Recherche, Dr Ir Angelo C. DJIHINTO, Directeur de Recherche et Dr Ir Rachidatou SIKIROU, Directrice de Recherche.

Conseil Scientifique : Membres du Conseil Scientifique de l'INRAB, Pr Dr Ir Brice A. SINSIN (Écologie, Foresterie, Faune, PFNL, Bénin), Pr Dr Michel BOKO (Géographie, Climatologie, Environnement, Bénin), Pr Dr Ir Joseph D. HOUNHOUIGAN (Sciences et biotechnologies alimentaires, Bénin), Pr Dr Ir Abdourahmane BALLA (Sciences et biotechnologies alimentaires, Niger), Pr Dr Ir Koffi Daniel Koba (Biologie végétale appliquée et arômes naturelles, Togo), Pr Dr Ir Kakaï Romain GLELE (Biométrie et Statistiques, Bénin), Pr Dr Ir Agathe FANTODJI (Biologie de la reproduction, Elevage des espèces gibier et non gibier, Côte d'Ivoire), Pr Dr Ir Jean T. C. CODJIA (Zootechnie, Zoologie, Faune, Bénin), Pr Dr Ir Mauricette OUALI N'GORAN (Entomologie, Côte d'Ivoire), Pr Dr Ir Euloge K. AGBOSSOU (Hydrologie, Bénin), Pr Dr Sylvie M. HOUNZANGBE-ADOTE (Parasitologie, Physiologie, Bénin), Pr Dr Ir Jean C. GANGLO (Agro-Foresterie), Dr Ir Guy A. MENSAH (Zootechnie, Faune, Elevage des espèces gibier et non gibier, Bénin), Pr Dr Moussa BARAGÉ (Biotechnologies végétales, Niger), Pr Dr Jeanne ZOUNDJIHEKPON (Génétique, Bénin), Pr Dr Ir Gauthier BIAOU (Économie, Bénin), Pr Dr Ir Roch MONGBO (Sociologie, Anthropologie, Bénin), Dr Ir Gualbert GBEHOUNOU (Malherbologie, Protection des végétaux, Bénin), Dr Ir Gustave Dieudonné DAGBENONBAKIN (Sciences du sol, Bénin), Dr DMV. Delphin O. KOUDANDE (Génétique, Sélection et Santé Animale, Bénin), Dr Ir Aimé H. BOKONON-GANTA (Agronomie, Entomologie, Bénin), Pr Dr Ir Rigobert C. TOSSOU (Sociologie, Bénin), Dr Ir Anne FLOQUET (Économie, Bénin), Dr Ir André KATARY (Entomologie, Bénin), Dr Ir Hessou Anastase AZONTONDE (Sciences du sol, Bénin), Dr Ir Paul HOUSSOU (Technologies agro-alimentaires, Bénin), Dr Ir Adolphe ADJANOHOOUN (Agro-foresterie, Bénin), Dr Ir Françoise ASSOGBA-KOMLAN (Maraîchage, Sciences du sol, Bénin), Pr Dr Ir André B. BOYA (Pastoralisme, Agrostologie, Association Agriculture-Elevage), Dr Ousmane COULIBALY (Agro-économie, Mali), Pr Dr Ir Luc O. SINTONDJI (Hydrologie, Génie Rural, Bénin), Dr Ir Vincent J. MAMA (Foresterie, SIG, Bénin), Dr Clément C. GNIMADI (Géographie).

Comité de lecture : Les évaluateurs (referees) sont des scientifiques choisis selon leurs domaines et spécialités.

Indications aux auteurs

Types de contributions et aspects généraux

Le Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) accepte des articles scientifiques, des articles de synthèse, des résumés de thèse de doctorat, des analyses bibliographiques, des notes et des fiches techniques, des revues de livres, des actes de conférences, d'ateliers et de séminaires, des articles originaux de recherche et de synthèse, puis des études de cas sur des aspects agronomiques et des sciences apparentées produits par des scientifiques béninois ou étrangers. La responsabilité du contenu des articles incombe entièrement à l'auteur et aux co-auteurs. Le BRAB publie par an -i- quatre (04) numéros à raison d'un numéro par trimestre, et -ii- aussi des numéros spéciaux mis en ligne sur le site web : <https://brab.bj/>. Pour les auteurs, une contribution de cinquante mille (50.000) Francs CFA, tout frais compris, est demandée par article soumis et accepté pour publication. L'article publié est disponible en accès libre sur la plateforme avec notification à l'auteur correspondant.

Soumission de manuscrits

Les manuscrits doivent être soumis en ligne sur la plateforme <https://brab.bj/> accompagnés d'une lettre de soumission au comité de rédaction et de publication du BRAB. Dans la lettre de soumission les auteurs doivent proposer l'auteur de correspondance ainsi que les noms et adresses (y compris les e-mails) de trois (03) experts de leur discipline ou domaine scientifique pour l'évaluation du manuscrit. Certes, le choix des évaluateurs revient au comité éditorial du Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin. Les manuscrits doivent être écrits en français ou en anglais, tapé/saisi sous Winword ou Word ou Word docx avec la police Arial taille 10 en interligne simple sur du papier A4 (21,0 cm x 29,7 cm). L'auteur doit fournir des fichiers électroniques des illustrations (tableaux, figures et photos) en dehors du texte. Les figures doivent être réalisées avec un logiciel pour les graphiques. Les données ayant servi à élaborer les figures seront également fournies. Les photos doivent être suffisamment contrastées. Les articles sont soumis par le comité de rédaction à des évaluateurs, spécialistes du domaine. L'auteur reçoit automatiquement un accusé de réception.

Processus d'évaluation

Dès la réception du manuscrit, le secrétariat scientifique de la revue vérifie la conformité aux indications aux auteurs puis envoie un courriel à l'auteur correspondant où il lui est mentionné la suite réservée à son manuscrit. Ensuite, est déclenché le processus de l'évaluation aveugle par l'envoi aux trois (03) évaluateurs retenus par le secrétariat scientifique. Au cours de la troisième semaine, l'auteur reçoit la décision de rejet ou d'acceptation de son manuscrit sous réserve de la prise en compte des observations faites par les évaluateurs. Les auteurs ont deux (02) semaines pour retourner la nouvelle version de leur manuscrit accompagnées d'une deuxième lettre de soumission comportant un tableau synoptique dans lequel ils justifient la prise en compte ou non des observations critiques constructives des évaluateurs dudit manuscrit. Toutefois, les manuscrits ayant reçu des observations majeures sont retournés aux évaluateurs pour la vérification des observations apportées. Au bout de deux (02) semaines, ils reçoivent le proof de leur article pour une relecture en 72 heures et procède au règlement des frais de publication avant la parution de l'article sur la plateforme.

Sanction du plagiat et de l'autoplégat dans tout article soumis au BRAB pour publication

De nombreuses définitions sont données au plagiat selon les diverses sources de documentations telles que « -i- Acte de faire passer pour siens les textes ou les idées d'autrui. -ii- Consiste à copier les autres en reprenant les idées ou les résultats d'un autre chercheur sans le citer et à les publier en son nom propre. -iii- Copie frauduleuse d'une œuvre existante en partie ou dans sa totalité afin de se l'approprier sans accord préalable de l'auteur. -iv- Vol de la création originale. -v- Violation de la propriété intellectuelle d'autrui. » (<https://integrite.umontreal.ca/reglements/definitions-generales/>). Le Plagiat et l'Autoplégat sont à bannir dans les écrits scientifiques. Par conséquent, tout manuscrit soumis pour sa publication dans le BRAB doit être préalablement soumis à une analyse de plagiat, en s'appuyant sur quelques plateformes de détection de plagiat. Le **plagiat constaté dans tout article sera sanctionné par un retour du manuscrit accompagné du rapport de vérification du plagiat par un logiciel antiplagiat** à l'auteur de correspondance pour sa correction avec **un taux de tolérance de plagiat ou de similitude inférieur ou égal à sept pour cent (07%)**.

Respect de certaines normes d'édition et règles de présentation et d'écriture

Pour qu'un manuscrit soit accepté par le comité de rédaction, il doit respecter certaines normes d'édition et règles de présentation et d'écriture. Ne pas oublier que les trois (3) **qualités fondamentales d'un article scientifique** sont la **précision** (supprimer les adjectifs et adverbes creux), la **clarté** (phrases courtes, mots simples, répétition des mots à éviter, phrases actives, ordre logique) et la **brièveté** (supprimer les expressions creuses). **Le temps des verbes doit être respecté**. En effet, tout ce qui est expérimental et non vérifié est rédigé au passé (passé composé et imparfait) de l'indicatif, notamment les parties *Méthodologie* (*Matériels et méthodes*) et *Résultats*. Tandis que tout ce qui est admis donc vérifié est rédigé au présent de l'indicatif, notamment les parties *Introduction*, avec la citation de résultats vérifiés, *Discussion* et *Conclusion*. Toutefois, en cas de doute, rédigez au passé. Pour en savoir plus sur la méthodologie de rédaction d'un article, prière consulter le document suivant : **Assogbadjo A. E., Aïhou K., Youssao A. K. I., Fovet-Rabot C., Mensah G. A., 2011. L'écriture scientifique au Bénin. Guide contextualisé de formation. Cotonou, INRAB, 60 p. ISBN : 978-99919-857-9-4 – INRAB 2011. Dépôt légal n° 5372 du 26 septembre 2011, 3^{ème} trimestre 2011. Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin.**

Titre

Dans le titre se retrouve l'information principale de l'article et l'objet principal de la recherche. Le titre doit contenir 6 à 10 mots (22 mots au maximum) en position forte, décrivant le contenu de l'article, assez informatifs, descriptifs, précis et concis. Un bon titre doit donner le meilleur aperçu possible de l'article en un minimum de mots. Il comporte les mots de l'index *Medicus*. Le titre est un message-réponse aux 5 W [what (quoi ?), who (qui ?), why (pourquoi ?), when (quand ?), where (où ?)] & 1 H [how (comment ?)]. Il est recommandé d'utiliser des sous-titres courts et expressifs pour subdiviser les sections longues du texte mais écrits en minuscules, sauf la première lettre et non soulignés. Toutefois, il faut éviter de multiplier les sous-titres. Le titre doit être traduit dans la seconde langue donc écrit dans les deux langues français et anglais.

Auteur et Co-auteurs

Les initiales des prénoms en majuscules séparées par des points et le nom avec 1^{ère} lettre écrite en majuscule de tous les auteurs (auteur & co-auteurs), sont écrits sous le titre de l'article. Immédiatement, suivent les titres académiques (Pr., Dr, MSc., MPhil. et/ou Ir.), les prénoms écrits en minuscules et le nom écrit en majuscule, puis les adresses complètes (structure, BP, e-mail, Tél. et pays) de tous les auteurs. Il ne faut retenir que les noms des membres de l'équipe ayant effectivement participé au programme de recherche et à la rédaction de l'article.

Résumé

Un bref résumé dans la langue de l'article est précédé d'un résumé détaillé dans la seconde langue (français ou anglais selon le cas) et le titre sera traduit dans cette seconde langue. Le résumé est une compression en volume plus réduit de l'ensemble des idées développées dans un document, etc. Il contient l'essentiel en un seul paragraphe de 200 à 350 mots. Le résumé contient une **Introduction** (contexte, Objectif, etc.) rédigée avec 20% des mots, la **Méthodologie** (type d'étude, échantillonnage, variables et outils statistiques) rédigée avec 20% des mots, les **Résultats obtenus et leur courte discussion** (résultats importants et nouveaux pour la science), rédigée avec 50% des mots et une **Conclusion** (implications de l'étude en termes de généralisation et de perspectives de recherches) rédigée avec 10% des mots.

Mots-clés

Les 3 à 5 mots et/ou groupes de mots clés les plus descriptifs de l'article suivent chaque résumé et comportent le pays (la région), la problématique ou l'espèce étudiée, la discipline ou le domaine spécifique, la méthodologie, les résultats et les perspectives de recherche. Il est conseillé de choisir d'autres mots/groupes de mots autres que ceux contenus dans le titre.

Texte

Le texte doit être rédigé dans un langage simple et compréhensible. L'article est structuré selon la discipline scientifique et la thématique en utilisant l'un des plans suivants avec les Remerciements (si nécessaire) et Références bibliographiques : *IMReD* (Introduction, Matériel et Méthodes, Résultats, Discussion/Résultats et Discussion, Conclusion) ; *ILPIA* (Introduction, Littérature, Problème, Implication, Avenir) ; *OPERA* (Observation, Problème, Expérimentation, Résultats, Action) ; *SOSRA* (Situation, Observation, Sentiments, opinion, Réflexion, Action) ; *ESPRIT/SPRIT* [Entrée en matière (introduction), Situation du problème, Problème précis, Résolution, Information appliquée ou détaillée,

Terminaison (conclusion)] ; *APPROACH* (Annonce, Problématique (permutable avec Présentation), Présentation, Réactions, Opinions, Actions, Conclusions, Horizons) ; etc.

Introduction

L'introduction c'est pour persuader le lecteur de l'importance du thème et de la justification des objectifs de recherche. Elle motive et justifie la recherche en apportant le background nécessaire, en expliquant la rationalité de l'étude et en exposant clairement l'objectif et les approches. Elle fait le point des recherches antérieures sur le sujet avec des citations et références pertinentes. Elle pose clairement la problématique avec des citations scientifiques les plus récentes et les plus pertinentes, l'hypothèse de travail, l'approche générale suivie, le principe méthodologique choisi. L'introduction annonce le(s) objectif(s) du travail ou les principaux résultats. Elle doit avoir la forme d'un entonnoir (du général au spécifique).

Matériels et méthodes

Il faut présenter si possible selon la discipline le **milieu d'étude** ou **cadre de l'étude** et indiquer le lien entre le milieu physique et le thème. **La méthodologie d'étude** permet de baliser la discussion sur les résultats en renseignant sur la validité des réponses apportées par l'étude aux questions formulées en introduction. Il faut énoncer les méthodes sans grands détails et faire un extrait des principales utilisées. L'importance est de décrire les protocoles expérimentaux et le matériel utilisé, et de préciser la taille de l'échantillon, le dispositif expérimental, les logiciels utilisés et les analyses statistiques effectuées. Il faut donner toutes les informations permettant d'évaluer, voire de répéter l'essai, les calculs et les observations. Pour le matériel, seront indiquées toutes les caractéristiques scientifiques comme le genre, l'espèce, la variété, la classe des sols, etc., ainsi que la provenance, les quantités, le mode de préparation, etc. Pour les méthodes, on indiquera le nom des dispositifs expérimentaux et des analyses statistiques si elles sont bien connues. Les techniques peu répandues ou nouvelles doivent être décrites ou bien on en précisera les références bibliographiques. Toute modification par rapport aux protocoles courants sera naturellement indiquée.

Résultats

Le texte, les tableaux et les figures doivent être complémentaires et non répétitifs. Les tableaux présenteront un ensemble de valeurs numériques, les figures illustrent une tendance et le texte met en évidence les données les plus significatives, les valeurs optimales, moyennes ou négatives, les corrélations, etc. On fera mention, si nécessaire, des sources d'erreur. La règle fondamentale ou règle cardinale du témoignage scientifique suivie dans la présentation des résultats est de donner tous les faits se rapportant à la question de recherche concordant ou non avec le point de vue du scientifique et d'indiquer les relations imprévues pouvant faire de l'article un sujet plus original que l'hypothèse initiale. Il ne faut jamais entremêler des descriptions méthodologiques ou des interprétations avec les résultats. Il faut indiquer toujours le niveau de signification statistique de tout résultat. Tous les aspects de l'interprétation doivent être présents. Pour l'interprétation des résultats il faut tirer les conclusions propres après l'analyse des résultats. Les résultats négatifs sont aussi intéressants en recherche que les résultats positifs. Il faut confirmer ou infirmer ici les hypothèses de recherches.

Discussion

C'est l'établissement d'un pont entre l'interprétation des résultats et les travaux antérieurs. C'est la recherche de biais. C'est l'intégration des nouvelles connaissances tant théoriques que pratiques dans le domaine étudié et la différence de celles déjà existantes. Il faut éviter le piège de mettre trop en évidence les travaux antérieurs par rapport aux résultats propres. Les résultats obtenus doivent être interprétés en fonction des éléments indiqués en introduction (hypothèses posées, résultats des recherches antérieures, objectifs). Il faut discuter ses propres résultats et les comparer à des résultats de la littérature scientifique. En d'autres termes c'est de faire les relations avec les travaux antérieurs. Il est nécessaire de dégager les implications théoriques et pratiques, puis d'identifier les besoins futurs de recherche. Au besoin, résultats et discussion peuvent aller de pair.

Résultats et Discussion

En optant pour **résultats et discussions** alors les deux vont de pair au fur et à mesure. Ainsi, il faut la discussion après la présentation et l'interprétation de chaque résultat. Tous les aspects de l'interprétation, du commentaire et de la discussion des résultats doivent être présents. Avec l'expérience, on y parvient assez aisément.

Conclusion

Il faut une bonne et concise conclusion étendant les implications de l'étude et/ou les suggestions. Une conclusion fait ressortir de manière précise et succincte les faits saillants et les principaux résultats de l'article sans citation bibliographique. La conclusion fait la synthèse de l'interprétation scientifique et de l'apport original dans le champ scientifique concerné. Elle fait l'état des limites et des faiblesses de l'étude (et non celles de l'instrumentation mentionnées dans la section de méthodologie). Elle suggère d'autres avenues et études permettant d'étendre les résultats ou d'avoir des applications intéressantes ou d'obtenir de meilleurs résultats.

Remerciements

Il s'agit de remercier ceux qui ont financé l'étude, collecté les données sur le terrain et facilité la bonne conduite des travaux de recherche ainsi que d'éventuels lecteurs critiques du manuscrit.

Conflits d'intérêt

Un des aspects cruciaux de l'éthique de la recherche qui nécessite la divulgation transparente des conflits d'intérêt, permet de maintenir l'intégrité de la recherche scientifique et assure la crédibilité des conclusions publiées. Par conséquent, il est plus qu'essentiel pour tout chercheur de divulguer honnêtement toute situation pouvant être perçue comme un conflit d'intérêt afin de préserver la rigueur scientifique et la confiance du public. Par exemple, il s'agit de mentionner si éventuellement le travail a des situations conflictuelles avec d'autres en cours et connues des auteurs.

Contribution des auteurs

Dans cette rubrique est renseignée la contribution substantielle de chaque auteur dans le processus d'élaboration de l'article. Il s'agit de la part de travail de chacun des auteurs depuis la conception du travail, la mobilisation des ressources, la collecte et l'analyse des données, la rédaction du manuscrit, etc.

Références bibliographiques

La norme Harvard et la norme Vancouver sont les deux normes internationales qui existent et régulièrement mises à jour. Il ne faut pas mélanger les normes de présentation des références bibliographiques. En ce qui concerne le Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB), c'est la norme Harvard qui a été choisie. Les auteurs sont responsables de l'orthographe des noms cités dans les références bibliographiques. Dans le texte, les publications doivent être citées de la manière suivante : Sinsin (2020) ou Sinsin et Assogbadjo (2020) ou Sinsin *et al.* (2007). Sachez que « *et al.* » est mis pour *et alteri* qui signifie et autres. Il faut s'assurer que les références mentionnées dans le texte sont toutes reportées par ordre alphabétique dans la liste des références bibliographiques. Somme toute dans le BRAB, selon les ouvrages ou publications, les références sont présentées dans la liste des références bibliographiques de la manière suivante :

Pour les revues scientifiques :

- ✓ **Pour un seul auteur** : Yakubu, A., 2013: Characterisation of the local Muscovy duck in Nigeria and its potential for egg and meat production. *World's Poultry Science Journal*, 69(4): 931-938. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043933913000937>
- ✓ **Pour deux auteurs** : Tomasz, K., Juliusz, M. K., 2004: Comparison of physical and qualitative traits of meat of two Polish conservative flocks of ducks. *Arch. Tierz., Dummerstorf*, 47(4): 367-375.
- ✓ **A partir de trois auteurs** : Vissoh, P. V., R. C. Tossou, H. Dedehouanou, H. Guibert, O. C. Codjia, S. D. Vodouhe, E. K. Agbossou, 2012 : Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements climatiques : le cas des communes d'Adjohoun et de Dangbo au Sud-Est Bénin. *Les Cahiers d'Outre-Mer* N° 260, 479-492.

Pour les organismes et institutions :

- ✓ FAO, 2017. L'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde 2017 : Renforcer la résilience pour favoriser la paix et la sécurité alimentaire. Rome, FAO. 144 p.
- ✓ INSAE (Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique), 2015 : Quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH-4) : Résultats définitifs.

Direction des Etudes Démographiques, Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique, Cotonou, Bénin, 33 p.

Pour les contributions dans les livres :

- ✓ Whithon, B.A., Potts, M., 1982: Marine littoral: 515-542. *In*: Carr, N.G., Whithon, B.A., (eds), The biology of cyanobacteria. Oxford, Blackwell.
- ✓ Annerose, D., Cornaire, B., 1994 : Approche physiologique de l'adaptation à la sécheresse des espèces cultivées pour l'amélioration de la production en zones sèches: 137-150. *In* : Reyniers, F.N., Netoyo L. (eds.). Bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale. Ed. John Libbey Eurotext. Paris.

Pour les livres :

- ✓ Zryd, J.P., 1988: Cultures des cellules, tissus et organes végétaux. Fondements théoriques et utilisations pratiques. Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, Suisse.
- ✓ Stuart, S.N., R.J. Adams, M.D. Jenkins, 1990: Biodiversity in sub-Saharan Africa and its islands. IUCN–The World Conservation Union, Gland, Switzerland.

Pour les communications :

- ✓ Vierada Silva, J.B., A.W. Naylor, P.J. Kramer, 1974: Some ultrastructural and enzymatic effects of water stress in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) leaves. *Proceedings of Nat. Acad. Sc. USA*, 3243-3247.
- ✓ Lamachere, J.M., 1991 : Aptitude du ruissellement et de l'infiltration d'un sol sableux fin après sarclage. Actes de l'Atelier sur Soil water balance in the Sudano-Sahelian Zone. Niamey, Niger, IAHS n° 199, 109-119.

Pour les abstracts :

- ✓ Takaiwa, F., Tnifuji, S., 1979: RNA synthesis in embryo axes of germination pea seeds. *Plant Cell Physiology abstracts*, 1980, 4533.

Thèse ou mémoire :

- ✓ Valero, M., 1987: Système de reproduction et fonctionnement des populations chez deux espèces de légumineuses du genre *Lathyrus*. PhD. Université des Sciences et Techniques, Lille, France, 310 p.

Pour les sites web : <http://www.iucnredlist.org>, consulté le 06/07/2007 à 18 h.

Equations et formules

Les équations sont centrées, sur une seule ligne si possible. Si on s'y réfère dans le texte, un numéro d'identification est placé, entre crochets, à la fin de la ligne. Les fractions seront présentées sous la forme « 7/25 » ou « (a+b)/c ».

Unités et conversion

Seules les unités de mesure, les symboles et équations usuels du système international (SI) comme expliqués au chapitre 23 du Mémento de l'Agronome, seront acceptés.

Abréviations

Les abréviations internationales sont acceptées (OMS, DDT, etc.). Le développement des sigles des organisations devra être complet à la première citation avec le sigle en majuscule et entre parenthèses (FAO, RFA, IITA). Eviter les sigles reconnus localement et inconnus de la communauté scientifique. Citer complètement les organismes locaux.

Nomenclature de pesticides, des noms d'espèces végétales et animales

Les noms commerciaux seront écrits en lettres capitales, mais la première fois, ils doivent être suivis par le(s) nom(s) communs(s) des matières actives, tel que acceptés par « International Organization for Standardization (ISO) ». En l'absence du nom ISO, le nom chimique complet devra être donné. Dans la page de la première mention, la société d'origine peut être indiquée par une note en bas de la page, p.e. PALUDRINE (Proguanil). Les noms d'espèces animales et végétales seront indiqués en latin (genre, espèce) en italique, complètement à la première occurrence, puis en abrégé (exemple :

Oryza sativa = *O. sativa*). Les auteurs des noms scientifiques seront cités seulement la première fois que l'on écrira ce nom scientifique dans le texte.

Tableaux, figures et illustrations

Chaque tableau (avec les colonnes et lignes rendues visibles donc quadrillées) ou figure doit avoir un titre. Les titres des tableaux seront écrits en haut de chaque tableau et ceux des figures/photographies seront écrits en bas des illustrations. Les légendes seront écrites directement sous les tableaux et autres illustrations. En ce qui concerne les illustrations (tableaux, figures et photos) seules les versions électroniques bien lisibles et claires, puis mises en extension jpeg avec haute résolution seront acceptées. Seules les illustrations dessinées à l'ordinateur et/ou scannées, puis les photographies en extension jpeg et de bonne qualité donc de haute résolution sont acceptées.

Les places des tableaux et figures dans le texte seront indiquées dans un cadre sur la marge. Les tableaux sont numérotés, appelés et commentés dans un ordre chronologique dans le texte. Ils présentent des données synthétiques. Les tableaux de données de base ne conviennent pas. Les figures doivent montrer à la lecture visuelle suffisamment d'informations compréhensibles sans recours au texte. Les figures sont en Excel, Havard, Lotus ou autre logiciel pour graphique sans grisés et sans relief. Il faudra fournir les données correspondant aux figures afin de pouvoir les reconstruire si c'est nécessaire.

Nematicidal activities of *Syzygium aromaticum* (Myrtaceae), *Hyptis suaveolens* (Lamiaceae) and *Eucalyptus camaldulensis* (Myrtaceae) essential oils against *Meloidogyne incognita* (Tylenchida: Heteroderidae)

A. F. A. D. Bossou^{1*}, A. Manbou¹, A. Affokpon², H. Adoukonou-Sagbadja³ et F. Avlèssi¹

¹Dr. Associate Professor Annick Flore Arlette Dohoué BOSSOU, Laboratoire d'Étude et de Recherche en Chimie Appliquée (LERCA), Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01BP 2009 Cotonou 01, E-mail: annick.bossou@uac.bj, annick.bossou@gmail.com, Tél. : (+229)0195855511, Republic of Benin, <https://orcid.org/0000-0003-4134-7329>

Msc. Aubin MANBOU, LERCA/EPAC/UAC, 01BP 2009 Cotonou 01, E-mail: manbouaubin4@gmail.com, Tél. : (+229)0166152852, Republic of Benin

Pr. Dr. Félicien AVLÈSSI, LERCA/EPAC/UAC, 01BP 2009 Cotonou 01, E-mail: avlessif@yahoo.fr, Tél. : (+229)0195813000, Republic of Benin

²Dr. Ir. Associate Professor Antoine AFFOKPON School of Plant Sciences, Faculty of Agronomic Sciences (FAS/UAC), Abomey-Calavi, E-mail: affokpona@gmail.com, Tél. : (+229)0195425035, Republic of Benin

³Pr. Dr. Hubert ADOUKONOU-SAGBADJA Laboratory of Genetic Resources and Molecular Breeding (LGRMB, University of Abomey-Calavi, BP 1947, Abomey-Calavi E-mail: hadoukas@yahoo.fr, Tél. : (+229)0195852838, Republic of Benin

Corresponding author: Dr. Associate Professor Annick Flore Arlette Dohoué BOSSOU, E-mail: annick.bossou@uac.bj, annick.bossou@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.62344/09rhas62>

Abstract

Meloidogyne incognita is one of the most damaging rice parasitic nematodes in the world. The current study has evaluated the nematicidal activities of essential oils extracted from *Syzygium aromaticum*, *Hyptis suaveolens*, and *Eucalyptus camaldulensis* on the second juvenile stage of *M. incognita*. Essential oils profiles were obtained by hydro-distillation/GC-MS. Nematicidal properties were assessed through an *in vitro* bioassay, and results were recorded after 24 H and 48 H post exposure at 1mg/mL. As a result main compounds identified were respectively for *S. aromaticum*, *H. suaveolens*, and *E. camaldulensis*, eugenol (68.02%), caryophyllene (10.77%), eugenol-acetate (10.70%); sabinene (10.26%), *E*-caryophyllene (9.31%), caryophyllene oxide (7.94%); γ -terpinene (29.56%), *p*-cymene (18.27%), 1,8-cineole (11.93%). A very good nematicidal activities after 24 h and 48 h were noticed compared to the positive control (Vertimec®) which has shown a good activity only after 48h. At 48h post exposure, mortality recorded was 76.4%, 77.9%, and 79.3% respectively for *S. aromaticum*, *H. suaveolens* and *E. camaldulensis* compared to the control (67.4%). Following the above, essential oils from *S. aromaticum*, *H. suaveolens* and *E. camaldulensis* can be considered as a valuable alternative to chemicals for *M. incognita* control.

Keywords: Volatile profiles, *in vitro* bioassay, rice parasitic nematodes, alternatives to synthetic pesticides, Benin

Effets nématocides des huiles essentielles extraites de *Syzygium aromaticum* (Myrtaceae), *Hyptis suaveolens* (Lamiaceae), et *Eucalyptus camaldulensis* (Myrtaceae) contre *Meloidogyne incognita* (Tylenchida: Heteroderidae)

Résumé

Meloidogyne incognita est l'un des nématodes parasites du riz les plus nuisibles au monde. La présente étude a évalué l'activité nématocide des huiles essentielles extraites de *Syzygium aromaticum*, *Hyptis suaveolens* et *Eucalyptus camaldulensis* sur le deuxième stade juvénile de *M. incognita*. Les profils des huiles essentielles ont été obtenus par hydrodistillation/GC-MS. Les propriétés nématocides ont été évaluées par un bio-essai *in vitro*, et les résultats ont été enregistrés 24h et 48h après exposition à une concentration de 1 mg/mL. Les principaux composés identifiés étaient, respectivement pour *S. aromaticum*, *H. suaveolens* et *E. camaldulensis* : eugénol (68,02 %), caryophyllène (10,77 %), eugénol acétate (10,70 %) ; sabinène (10,26 %), *E*-caryophyllène (9,31 %), caryophyllène oxyde de (7,94 %) ; γ -terpinène (29,56 %), *p*-cymène (18,27 %), 1,8-cinéole (11,93 %). Une très bonne activité nématocide a été observée après 24h et 48h, comparativement au témoin positif (Vertimec®) qui n'a montré une bonne activité qu'après 48h. 48h après l'exposition, les mortalités enregistrées étaient respectivement de 76,4 %, 77,9 % et 79,3 % respectivement pour *Syzygium aromaticum*, *Hyptis suaveolens* et *Eucalyptus camaldulensis*, comparativement au témoin (67,4 %). Au vu de ces résultats, les huiles essentielles de *Syzygium aromaticum*, *Hyptis suaveolens* et *Eucalyptus camaldulensis* peuvent constituer une alternative intéressante aux produits chimiques de synthèse dans la lutte contre *Meloidogyne incognita*.

Mots clés : Profils de composés volatils, bioessais *in vitro*, nématodes parasites du riz, alternatives aux pesticides de synthèse, Bénin

1. Introduction

Oryza sativa L. (Poaceae) is the world's second most important crop and the staple food for nearly half of the world's population (Chougourou *et al.*, 2017). World rice consumption in 2022 is estimated at 521.9 million tons (AMIS, 2022). Due to insufficient production to meet needs, Africa is the world's largest importer of rice and West Africa consumes 60% of the continent's rice imports with consumption average per capita of 45 kg and an annual increase of 3% (Chalmin et Jégourel, 2019). Benin is not an exception because of a rice consumption more and more important whereas the local production is still insufficient, although in clear growth (112,708 tons in 2010 to 492,626 tons in 2023) (MAEP, 2024). Currently, only 47% of consumption needs are covered by local rice production, whereas Benin's annual rice production level is 400,000 tons (Présidence du Bénin, 2021). Unfortunately, the world rice production is limited by the harmful effects of many parasites including nematodes. The estimations of total annual yield losses due to plant-parasitic nematodes in the rice crop range from 10% to 25% worldwide (Bridge *et al.*, 1990; Mendez del Villar and Bauer, 2019). Among the plant parasitic nematodes, *Meloidogyne incognita* (Kofoid et White) 1919 (Tylenchida: Heteroderidae) is one of the most damaging which causes root knots in a wide range of hosts across broad geographic areas (Lu *et al.*, 2022). *Meloidogyne incognita* is an obligate biotroph that settles inside roots, next to vascular tissues, where it causes symptoms of galls or root knots (Grossi-de-Sa *et al.*, 2019).

The management of this nematode which is ensured by synthetic nematicides such as carbofuran and fluopyram with their associated adverse effects on the environment, non-target organisms, and their phytotoxicity, now require safer approaches (Iqbal and Jones, 2017; Westphal, 2011). Thus, to manage this pest and ensure better phytosanitary protection and higher yield, it is important to develop alternative methods that respect the environment and can preserve biodiversity (Liu *et al.*, 2014). To develop ecofriendly alternatives, a wide spectrum of plant metabolites with nematostatic and nematicidal activities have extensively been reported (Atolani and Fabiyi, 2020). However, plant-based pesticides can be used in practical natural crop protection applications, which can help small-scale farmers, especially in a promotion of biological agriculture. Phytochemicals have been extensively reported as potential sources of bioactive ingredients for the development of natural nematicides (Oka *et al.*, 2001). Furthermore, interest in a large number of traditional natural products has increased. Thus, the nematicidal activities of essential oils obtained from *Syzygium aromaticum* Merr. & L.M. Perr (Myrtales: Myrtaceae), *Hyptis suaveolens* Poit (Lamiales: Lamiaceae), and *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh (Myrtales: Myrtaceae) have previously been reported against *Meloidogyne incognita* (Barros *et al.*, 2019; D'Addabbo et Avato, 2021; El-Baha *et al.*, 2017). In view of the foregoing, the main objective of the current study was to investigate the nematicidal activities of these plant species traditionally used in Benin as natural insecticides.

2. Material and Methods

2.1. Plant material and Extraction of the Essential Oils

Cloves of *S. aromaticum* are purchased in Dantokpa market in Cotonou City (6° 21' 0.0" N 2° 25' 59.988" E), whereas leaves of *H. suaveolens* and *E. camaldulensis* are collected in Abomey-Calavi, respectively at the following locations (6°28'7" N 2°19'18" E) and (6°25'0" N 2°20'36" E). After harvesting, specimens of each plant species are subjected to identification at National Herbarium of Benin. Collected plant material are dried, free from light, at room temperature until use.

Essential oils are obtained by hydrodistillation using a Clevenger-type apparatus. The essential oils are collected and stored in hermetically sealed smoked glass bottles, protected from light, before use. The essential oils obtained are used to perform nematicidal tests on *M. incognita* and their yields are calculated using the following formula:
$$\text{Yield(m/m)} = \frac{\text{mass of essential oil}}{\text{mass of plant material used}} * 100$$

2.2. Identification of volatile profiles

Essential oils are dried with magnesium sulfate and filtrated. One milliliter (1 ml) of each dried essential oil is diluted tenfold with diethyl ester. GC/MS analysis of the three essential oils is performed on a Hewlett-Packard 6890/5973N gas chromatograph/mass spectrometer equipped with an Agilent J&W DB-5MS (30 m x 0.25 mm x 0.25 µm) column and quadrupole mass analyzer (Electron Ionization, 70 eV), in a split mode 10.1 at 250°C. All analyses are performed at a constant flow. The oven temperature is programmed at 80°C to 200°C at 10°C/min, then to 280°C at 30°C/min and hold at 280°C for 5 min. The injector is kept at 250°C programmed with a rate of 10°C/s. Helium is used as carrier gas at a flow rate of 40 cm/s (Van Overtveldt *et al.*, 2022). All analyses are performed at constant flow. The identification of sample compounds was carried out in 1 run. Quantification of each compound is performed according to the peak area integrated by the analysis program. The identification of oil volatile compounds is done by comparing their mass spectra with those of reference

compounds according to (Adams, (2012), NIST webbook and Wiley libraries and on the basis of their Kovat index on DB5 (Adams, 2012; NIST, 2026)

2.3. Nematicidal test and Statistical analysis

Second juvenile stages (J2) of *M. incognita* are obtained from a culture of *Solanum lycopersicum* under laboratory conditions. Infected tomato roots bearing egg masses are put on a sieve with 200 µm pore diameter, covered with tissue paper. Eggs are incubated in water in the dark for three days at room temperature. Afterward, the water solution is filtered over a 20 µm sieve. The sieve is subsequently washed with approximately 30 ml of tap water. Ten samples of 10 µl of the solution are collected and the eggs counted under a stereo microscope (Leica, S8AP0). The average of these counting are considered as the concentration of *M. incognita* in the solution.

Nematicidal test is performed using a concentration of 1 mg/mL of each essential oil suspended in dimethylsulfoxide (DMSO). Indeed, a watery solution containing at least 50 J2 nematodes are added and then replenished until a total of 1.5 ml was reached. These solutions are then put on a shaker (100 rpm) for 1h to assure their complete mixing with an overall concentration of DMSO of 2% v/v. Tap water is used as negative control and Vertimec® (0.2% v/v) as a positive control. Each treatment contained six biological replicates. The numbers of alive and dead nematodes are counted under a light microscope 24h and 48h post exposure to the extract at room temperature. Nematodes are considered alive if they moved or appeared as winding shape and they are considered dead if they adopted a straight shape and are immobile. The nematode mortality in the percentage are calculated for each treatment. Mortality of the negative control being between 5% and 20%, the mortality obtained with the treatments are corrected using the Abbott formula as follows (OMS, 2017):

$$\text{Corrected mortalities} = \frac{(\% \text{ treatment mortality} - \% \text{ water mortality})}{(100 - \% \text{ water mortality})} \times 100$$

The data are modelled using a binomial GLM (Generalised Linear Model). Statistical analysis are performed using Microsoft R (version 3.6.1). The data of the nematicidal assay are presented at 95% confidence interval.

3. Results and Discussion

Fe Andrés *et al.* (2012) and Boyko *et al.* (2021) mentioned that *Syzygium aromaticum* (clove), *Hyptis suaveolens*, and *Eucalyptus camaldulensis* essential oils (EOs) possess significant nematicidal activity against *Meloidogyne incognita* (root-knot nematode) and other *Meloidogyne* species, offering promising environmentally friendly alternatives to synthetic chemical nematicides. These essential oils are effective at causing mortality in second-stage juveniles (J2) and inhibiting egg hatching. Essential oils from these plants, particularly those rich in terpenoids (like *Hyptis* and *Eucalyptus*) or phenolics (like *Syzygium*), operate by disrupting the nematode nervous system, damaging the cuticle, disrupting plasma membrane permeability, and affecting the intracellular redox status.

3.1. Identification of volatile profiles

The volatile profiles of the three plant species investigated as well as yields of essential oils expressed as % w/w of dried organs extracted were presented in Tables 1, 2 and 3. The yield of *S. aromaticum* essential oil was 13.44% (w/w) (Table 1). This yield was superior to the one obtained by Aimad *et al.* (2021) in Morocco (6.30% ± 0.23) (Aimad *et al.*, 2021); by Davy *et al.* (2020) in Cameroon (9.66%) (Davy *et al.*, 2020), and by Mekademi *et al.* (2021) in Algeria (2.11%) (Mekademi *et al.*, 2021). The GC-MS analysis allowed the identification of 18 compounds, representing 95.73% of the chemical profile. The main compound was eugenol (68.02%). Some other components, such as caryophyllene (10.77%), and eugenol acetate (10.70%) were identified as well (Table 1). This chemical composition is similar to the one of a sample from Morocco (Aimad *et al.*, 2021) where the main compounds are eugenol (80.26%), eugenol acetate (9.62%), and caryophyllene (6.74%) (Aimad *et al.*, 2021); from Nigeria where the main compounds are eugenol (83.58%), eugenol acetate (12.07%) and caryophyllene (4.35%) (Oluwasina *et al.*, 2019), from India which contains eugenol (56.32%) and caryophyllene (17.91%) (Pandiyan *et al.*, 2019), and from Sweden, whose main compounds are eugenol (94.00%), and eugenol acetate (3.30%) (Azeem *et al.*, 2020). On the contrary, volatile profiles obtained in Morocco and Egypt, reveals other main compounds namely 1,1,4,8-tetramethyl-cis, cis, 4,7,10-cycloundecatriene (28.74%) and caryophyllene oxide (25.34%) (Ainane *et al.*, 2019), and 1-Heptacosene at 53.31% (Elbrense *et al.*, 2022), respectively. Fe Andrés *et al.* (2012) and Boyko *et al.* (2021) mentioned that *S. aromaticum* EO is highly potent against *M. incognita* J2 and eggs. The high content of **eugenol** (often >80%) is primarily responsible for its strong insecticidal and nematicidal properties. Clove oil at 0.5% concentration resulted in 100% mortality of larvae in certain tests. In soil studies, a clove oil formulation significantly reduced nematode populations on plant roots. It is highly active against eggs, with 5.0% clove oil reducing hatch rates by 30% and eliminating J2 viability.

Table 1. Volatile profile of *Syzygium aromaticum*

N°	RT (min)	KI	ID	Identified Compounds	Percentage (%)
1	3.70		MS	Acetate-2-Heptanol	0.13
2	5.63	1190	MS	Methyl salicylate	0.34
3	6.24		MS	4-(2-propenyl)-Phenol	0.83
4	7.87	1356	MS	Eugenol	68.02
5	8.02	1374	MS	α -Cubebene	0.70
6	8.60	1407	MS	Caryophyllene	10.77
7	8.99	1452	MS	α -Humulene	2.32
8	9.18	1471	MS	Dauca-5,8-diene	0.21
9	9.21	1478	MS	γ -Murolene	0.11
10	9.47	1505	MS	α -Farnesene	0.36
11	9.75	1521	MS	Eugenol acetate	10.70
12	9.81	1528	MS	Zonarene	0.19
13	9.89	1533	MS	<i>E</i> -Cadina-1,4-diene	0.19
14	10.40	1570	MS	Caryophyllenyl alcohol	0.20
15	10.55	1582	MS	Caryophyllene oxide	0.19
16	11.02	1627	MS	1 epi-Cubenol	0.15
17	11.18	1644	MS	Torreyol (α -Murolol)	0.14
18	16.48	2551	MS	Bis(2-ethylhexyl) phthalate	0.21
Yield					13.44
Total identified					95.73

ID: Identification methods; **MS:** Comparison of the mass spectrum with those of the computer mass libraries, **RT:** Retention time. Compounds are listed according to their retention time. Names and percentages of main compounds are indicated in bold. KI were indicated according to Adams (2012) and NIST WebBook

The essential oil of *H. suaveolens* was extracted with a yield of 0.07% (w/w) (Table 2). This yield is similar to the result found by Tonzibo *et al.* (2009) in Ivory Coast.(Tonzibo *et al.*, 2009) which is 0.04-0.12%. However, this yield is inferior to the result obtained by Malele *et al.* (2003) in Tanzania (1.20%)(Malele *et al.*, 2003), by Nanga *et al.* (2019) (0.12%)(Nanga *et al.*, 2019) and by Oumarou *et al.* (2018) (0.44%)(Oumarou *et al.*, 2018) in Cameroon. The volatile profiles of its essential oil have revealed the presence of 46 compounds representing 95.43% of the essential oil profile. In the current study, the composition of this essential oil was dominated by sabinene (10.26%), and caryophyllene (9.33%). Other compounds such as Caryophyllene oxide (7.94%), 1,8-Cineole (7.11%) and Bicyclogermacrene (6.97%) were detected as well (Table 2). These main compounds are also detected in a sample from Nigeria (sabinene (29.5%), caryophyllene (11.80%)) by Fabiyi *et al.* (2015) (Fabiyi *et al.*, 2015); in the sample from Cameroon that contained sabinene (18.93%) as the main compound (Oumarou *et al.*, 2021); in a sample from Burma whose main compounds are sabinene and caryophyllene and naphthalene (Aye *et al.*, 2020) and in a sample from Italy whose main compounds are sabinene (34.00%), and caryophyllene (11.20%) (Benelli *et al.*, 2012). In contrast, a volatile profile obtained in Benin are different since its main compound are 1,8-Cineole (14.80%) (Adjou *et al.*, 2019). Another sample from Italy main compounds are α -phellandrene (22.80%), α -pinene (10.10%) and limonene (8.50%) (Sharma *et al.*, 2019). Other chemical profiles are identified in a sample from Nigeria with 1,8-Cineole (29.50%), frenchone (17.20%), and fenchol (9.50%) (Essien *et al.*, 2019), whereas a sample from Indonesia main compounds are *trans*-caryophyllene (16.47%), 1,8-cineole (16.09%), and caryophyllene oxide (8.32%) (Mali *et al.*, 2020). Fe Andrés *et al.* (2012) and Boyko *et al.* (2021) mentioned that known for containing constituents such as D-limonene and menthol, *H. suaveolens* has demonstrated high mortality rates against *M. incognita*. In laboratory studies, the essential oil produced 100% mortality in *M. incognita* juveniles within 30 minutes, while aqueous extracts took 80 minutes to achieve the same result. Crude leaf extracts applied to the soil have been shown to significantly reduce nematode population density and root galls.

Table 2. Volatile profile of *Hyptis suaveolens*

N°	RT (min)	KI	ID	Identified Compounds	Percentage (%)
1	2.25		MS	<i>E</i> -3-Hexen-1-ol	0.25
2	2.78	924	MS	α -Thujene	1.55
3	2.86	932	MS	α -Pinene	3.36
4	3.00	946	MS	Camphene	0.14
5	3.20	969	MS	Sabinene	10.26
6	3.25	974	MS	β -Pinene	4.69
7	3.46	1002	MS	α -Phellandrene	2.73
8	3.52	1008	MS	δ -3-Carene	0.34
9	3.58	1014	MS	α -Terpinen	1.79
10	3.65	1020	MS	<i>p</i> -Cymene	1.68
11	3.75	1026	MS	1,8-Cineole	7.11
12	4.00	1054	MS	γ -Terpinene	2.41
13	4.10	1065	MS	Sabinene hydrate-cis	0.53
14	4.34	1086	MS	Terpinolene	3.42
15	4.40	1095	MS	Linalool	0.16
16	4.45	1098	MS	<i>E</i> -Sabinene hydrate	0.96
17	5.06	1141	MS	Camphor	0.19
18	5.44	1174	MS	Terpinen-4-ol	4.79
19	5.48	1179	MS	<i>p</i> -Cymen-8-ol	0.34
20	5.57	1186	MS	α -Terpineol	0.37
21	5.64	1207	MS	<i>E</i> -Piperitol	0.36
22	6.74	1289	MS	Thymol	0.16
23	7.45	1338	MS	1,5,5-Trimethyl-6-methylene-cyclohexene	0.26
24	7.60	1345	MS	α -Cubebene	2.64
25	8.11	1387	MS	β -Bourbonene	0.66
26	8.15	1389	MS	β -Elemene	1.22
27	8.42	1409	MS	α -Gurjunene	0.15
28	8.59	1417	MS	<i>E</i>-Caryophyllene	9.31
29	8.67	1432	MS	α - <i>E</i> -Bergamotene	2.10
30	8.74	1437	MS	α -Guaiane	0.5
31	8.98	1452	MS	α -Humulene	1.59
32	9.21	1478	MS	γ -Murolene	0.32
33	9.31	1484	MS	Germacrene D	2.61
34	9.38	1489	MS	β -Selinene	1.03
35	9.52	1500	MS	Bicyclogermacrene	6.97
36	9.69	1513	MS	γ -Cadinene	0.58
37	9.76	1522	MS	δ -Cadinene	0.84
38	10.48	1582	MS	Caryophyllene oxide	7.94
39	10.87	1619	MS	Humulane-1,6-dien-3-ol	0.71
40	11.02	1627	MS	1-epi-Cubenol	0.14
41	11.14	1638	MS	epi- α -Cadinol	1.40
42	11.33	1651	MS	Pogostol	1.33

N°	RT (min)	KI	ID	Identified Compounds	Percentage (%)
43	11.70	1690	MS	Z- α -E-Bergamotol	4.10
44	14.07	1987	MS	Manool oxide	0.52
45	14.37	2055	MS	Abietatriene	0.76
46	16.48	2545	MS	Diisooctyl phthalate	0.17
Yield					0.07
Total identified					95.43

ID: Identification methods; **MS:** Comparison of the mass spectrum with those of the computer mass libraries, **RT:** Retention time. Compounds are listed according to their retention time. Names and percentages of main compounds are indicated in bold. KI were indicated according to Adams (2012) and NIST WebBook

Essential oil obtained from *E. camaldulensis* was extracted with a yield of 1.53% (w/w) (Table 3). The yield obtained is slightly similar to the result found by Diriye *et al.* (2017) in Sudan (1.60%) (Diriye *et al.*, 2017), and in Iran by Hamzavi and Moharramipour (2017) (1.84%) (Hamzavi and Moharramipour, 2017). This yield is higher than the one obtained, 0.84% by Younoussa *et al.* (2020) in Cameroon. The GC-MS analysis allowed the identification of 31 compounds representing 97.18% of the chemical profile of the essential oil. Its essential oil contained mainly γ -Terpinene (29.56%), *p*-cymene (18.27%) and terpinene-4-ol (8.21%) (Table 3). This composition is similar to the one obtained from Malaysia which are characterized by γ -Terpinene (72.50%), *p*-Cymene (14.60%) and Terpinen-4-ol (6.70%) (Mubarak *et al.*, 2015). On the contrary, in a sample from Senegal, the main compounds are 1,8-cineol (69.30–73.00%), and β -pinene (25.30–34.40%) (Ndiaye *et al.*, 2018); in a sample from Sudan, the main compound are 1,8-cineol (72.95%) (Diriye *et al.*, 2017), and in a sample from Morocco these main compounds are *p*-cymene (35.11%), γ -Eudesmol (11.90%), and *L*-linalool (11.51%) (Ez-Zriouli *et al.*, 2019). Furthermore, in samples, from Iraq (Kheder *et al.*, 2020) and from Greece (Giamakis *et al.*, 2001), 1,8-cineol are the main compound (10.14–89.25%) and (34.70%), respectively. Fe Andrés *et al.* (2012) and Boyko *et al.* (2021) mentioned that *Eucalyptus* EOs are effective against various parasitic nematodes including *M. incognita* and *M. javanica*. *E. camaldulensis* oil is rich in ***p*-cymene** (38.64%), aromadendrene (29.65%), and 1,8-cineole. Research indicates a significant correlation between increased concentration and mortality rate of juveniles, with significant mortality observed at 1,000–7,000 ppm. *Eucalyptus* oil can penetrate the cuticle of larvae and destroy internal tissue, acting as an effective natural pesticide.

Table 3. Volatile profile of *Eucalyptus camaldulensis*

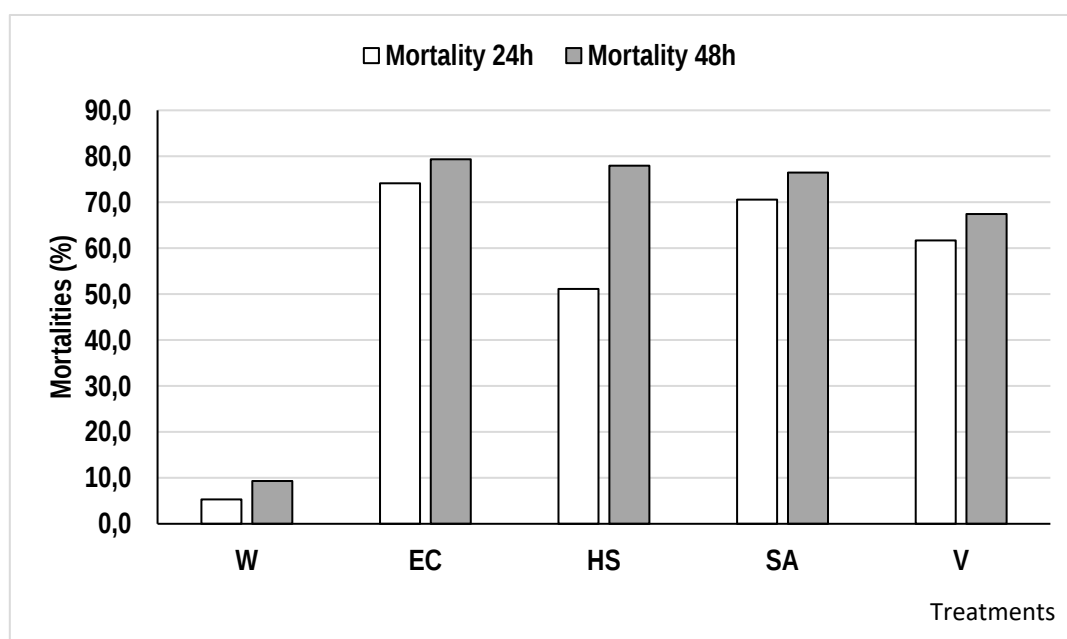
N°	RT (min)	KI	ID	Identified Compounds	Percentage (%)
1	2.859	932	MS	α -Pinene	1.73
2	3.267	988	MS	β -Myrcene	0.30
3	3.580	1001	MS	δ -2-Carene	0.55
4	3.687	1020	MS	<i>p</i>-Cymene	18.27
5	3.719	1024	MS	<i>D</i> -Limonene	2.74
6	3.773	1026	MS	1,8-Cineole	11.93
7	4.067	1054	MS	γ-Terpinene	29.56
8	4.345	1086	MS	Terpinolene	1.82
9	4.437	1103	MS	Isoamyl valerianate (Solusterol)	0.69
10	5.445	1174	MS	Terpinen-4-ol	8.21
11	5.480	1179	MS	<i>p</i> -Cymen-8-ol	0.49
12	5.572	1186	MS	α -Terpineol	1.38
13	5.644	1195	MS	Methyl chavicol	0.15
14	5.809	??	MS	1,3-Cyclohexadiene. 2-methyl-5-(1-methylethyl)-. Monoepoxide	1.24
15	6.394	1274	MS	2-Isopropyl-5-methylcyclohex-3-en-1-one	0.52
16	6.659	1289	MS	Thymol	4.28
17	6.884	1298	MS	Carvacrol	1.60

N°	RT (min)	KI	ID	Identified Compounds	Percentage (%)
18	8.417	1409	MS	α -Gurjunene	0.36
19	8.717	1431	MS	β -Gurjunene	0.39
20	8.797	1442	MS	6.9-Guaiadiene	2.06
21	8.835	1475	MS	γ -Gurjunene	0.19
22	9.064	1481	MS	γ -Himachalene	0.31
23	9.309	1491	MS	Isovaleric acid phenethyl ester	0.44
24	9.461	1496	MS	Viridiflorene	0.57
25	10.248	1496	MS	Valencene	0.93
26	10.552	1502	MS	γ -Patchoulene	4.07
27	10.882	1503	MS	Eremophila-1(10).11-diene	0.28
28	11.060	1622	MS	10-epi- γ -Eudesmol	0.41
29	11.153	1638	MS	epi- α -cadinol (T-cadinol)	0.27
30	11.305	1649	MS	β -Eudesmol	1.24
31	16.475	2551	MS	Bis(2-ethylhexyl) phthalate	0.25
Yield					1.53
Total					97.18

ID: Identification methods; MS: Comparison of the mass spectrum with those of the computer mass libraries, RT: Retention time. Compounds are listed according to their retention time. Names and percentages of main compounds are indicated in bold. KI: were indicated according to Adams (2012) and NIST WebBook

3.2. Nematicidal test

In Figure 1 was summarized for each plant essential oil, the mortality obtained during the nematicidal test against *M. incognita* at 24 h and 48 h post exposure.



W: Water; EC: *E. camaldulensis*; HS: *H. suaveolens*; SA: *S. aromaticum*; V: Vertimec®

Figure 1. Effects of the treatments on the *M. incognita* 24h and 48h post exposure

Results of nematicidal tests were presented in the Table 4 and recorded mortality was presented in Table 5. It followed up that, all the essential oils used have exhibited nematicidal activities against the second juvenile stage of *M. incognita* with a significant difference between the treatments and the negative control (water), both at 24h and 48h post exposure.

Table 4. Results of Nematicidal test

Treatments	Dead 24 h	Sum dead 24 h	Dead 48 h	Sum dead 48 h	Nematodes used	Sum nematodes used	Mortality	
							24 h	48 h
Water	2		6		50			
Water	4		4		50			
Water	4		7		50			
Water	1		3		50			
Water	3		3		50			
Water	2	16	5	28	50	300	5,3	9,3
<i>E. camaldulensis</i>	42		45		53			
<i>E. camaldulensis</i>	51		53		64			
<i>E. camaldulensis</i>	50		57		63			
<i>E. camaldulensis</i>	34		41		53			
<i>E. camaldulensis</i>	38		39		52			
<i>E. camaldulensis</i>	47	262	47	282	62	347	75,5	81,3
<i>H. suaveolens</i>	34		64		75			
<i>H. suaveolens</i>	31		59		73			
<i>H. suaveolens</i>	29		39		56			
<i>H. suaveolens</i>	34		47		57			
<i>H. suaveolens</i>	27		30		40			
<i>H. suaveolens</i>	33	188	41	280	49	350	53,7	80,0
<i>S. aromaticum</i>	38		43		52			
<i>S. aromaticum</i>	17		17		31			
<i>S. aromaticum</i>	20		25		31			
<i>S. aromaticum</i>	23		23		31			
<i>S. aromaticum</i>	42		46		58			
<i>S. aromaticum</i>	49	189	52	206	59	262	72,1	78,6
Vertimec®	27		28		39			
Vertimec®	31		37		47			
Vertimec®	25		27		43			
Vertimec®	28		33		44			
Vertimec®	39		40		57			
Vertimec®	29	179	33	198	51	281	63,7	70,5

Table 5. Mortality

Treatment	Mortality 24 h	Mortality 48 h	Adjusted mortality 24 h	Adjusted mortality 48 h
Water	5,3	9,3	5,3	9,3
<i>E. camaldulensis</i>	75,5	81,3	74,1	79,3
<i>H. suaveolens</i>	53,7	80,0	51,1	77,9
<i>S. aromaticum</i>	72,1	78,6	70,6	76,4
Vertimec®	63,7	70,5	61,7	67,4

Moreover, all these essential oils were more effective than the positive control used (Vertimec at 0.2% v/v), both at 24h and 48h post exposure, except for *H. suaveolens*, for which the mortality obtained after 24h is lower (51.1% versus 61.7% for vectimec). Indeed, at 24 h post exposure the mortality observed for *E. camaldulensis*, *H. suaveolens* and *S. aromaticum*, were 74.1%; 51.1% and 70.6%, respectively at the concentration of 1g/L versus 61.7% for vertimec at 0.2%. At 48h post exposure the mortality observed was 79.3%; 77.9% and 76.4% for *E. camaldulensis*, *H. suaveolens* and *S. aromaticum*, respectively at the

concentration of 1g/L versus 67.4% for vertimec at 0.2%. The current study reveals that, among essential oils used, the most effective is the essential oil extracted from *E. camaldulensis* against the second juvenile stage of *M. incognita*. These results are similar to those obtained by El-Baha *et al.*, (2017) in Egypt, which reveals the efficacy of *E. camaldulensis* on *M. incognita* J2 with a lethal concentration 50 of 0.33 g/l at 72 hours post-exposure. Another in vitro assay carried out in Egypt demonstrates that the aqueous extract of *E. camaldulensis* at the concentration of 0.2 g/mL provokes a mortality of 7% and 8.66 of *M. javanica* J2 at 24- and 48-hours post exposure (Aanany *et al.*, 2017). Furthermore, when tested against the stem nematode *Ditylenchus dispasi* D4, in Syria, mortality of 25% and 26% respectively are obtained with the aqueous extract at the concentration of 25 g/kg at 24 and 48 hours post exposure. Moreover, it is noticed that the ethanolic extracts are more effective than the aqueous one with mortality of 33 and 35% respectively (Hassan *et al.*, 2015).

The nematocidal activity shown by *S. aromaticum* essential oil is comparable with those obtained by Carletti *et al.* (2011) since at the concentrations of 0.125%, *M. incognita* J2 motility is completely inhibited at 24 hours post exposure (Carletti *et al.*, 2011). In addition, the loss of the motility of the juveniles is irreversible, probably due to internal vacuolation. Moreover, in a similar study it is demonstrated that the clove oil EC₉₀ (90% reduction) for J2 viability of *M. incognita* was 0.151% (Meyer *et al.*, 2008).

The nematocidal activity of *S. aromaticum* essential oil against *M. incognita* is attributed to the presence and the concentration of its main compound (eugenol). Indeed, following the application of different concentrations of eugenol (0.25 mL/L; 0.5 mL/L; 0.75 mL/L and 1.0 mL/L) by foliar spraying or by soil soaking, on *M. incognita* and *M. javanica*, a decrease in the number of *M. incognita* galls and eggs and *M. javanica* eggs is observed compared to the control (Moreira *et al.*, 2013). The nematocidal activities of the clove essential oil is confirmed against the J2 of *M. graminicola*, since mortality of 92.50% and 97.50% at 500 ppm, is noted after 24 and 96 hours respectively, whereas those of eugenol reach 93.75% and 98.75% respectively at 500 ppm, compared to the absolute control (carbofuran) at 62.5 ppm (76.00 and 87.67%) (Ajith *et al.*, 2020).

The nematocidal property of *H. suaveolens* has been also demonstrated since it causes 41.10% mortality of the second stage juvenile of *Heterodra Sacchari* at 24h post exposure using 20 mg/mL. (Fabiya *et al.*, 2015). These results are slightly less interesting than those obtained in the current study (i.e. 51.10 after 24 hours post-exposure at 1mg/mL). Furthermore, in Nigeria, the treatment of an infested soil with the crude aqueous leaf extract of *H. suaveolens* improves the vegetative growth by reducing the population of *M. incognita* and improving the photosynthetic capacity of plant species (Izuogu *et al.*, 2016). Moreover, a study conducted in Brazil shows that *H. suaveolens* essential oil at a concentration of 1mg/ml at 25°C, causes 11.5% mortality of second stage juveniles of *M. incognita* after 48 hours post-exposure (Barros *et al.*, 2019). Saponins, alkaloids, flavonoids and steroids of the crude aqueous leaf extract, and the main compounds of its essential oil are identified as responsible for the nematotoxicity of *H. suaveolens* (Fabiya *et al.*, 2015; Izuogu *et al.*, 2016).

The plant extracts act by denaturing, degrading, inhibiting enzymes and/or interfering with the flow of electrons in the respiratory chain (Konstantopoulou *et al.*, 1992). Their lipophilic properties is attributed to their oxygenated compounds which have the ability to dissolve the cytoplasmic membrane of nematode cells while their functional groups have the property of interfering with the structure of their enzymatic proteins (Hassan *et al.*, 2015).

4. Conclusion

The study deals with the nematocidal properties of *Syzygium aromaticum*, *Hyptis suaveolens* and *Eucalyptus camaldulensis* essential oils against the J2 stage of *Meloidogyne incognita*. The most effective essential oils are *Hyptis suaveolens* and *Eucalyptus camaldulensis* since mortality on the second stage juvenile of *M. incognita* are 77.9% and 79.3% respectively, after 48h post-exposure. Following the above the essential oils extracted from *S. aromaticum*, *H. suaveolens* and *E. camaldulensis* reveal as promising natural bio-degradable alternative nematocides against *M. incognita*.

5. Acknowledgments

The authors are grateful to Global minds Permanent Call Short Research Stay and Ghent University for enabling the implementation of this research through their funding.

6. Conflict of interest statement

The authors declare that they have no competing interests

7. Authors' contributions

MANBOU Aubin: Laboratory work, participation in manuscript writing, Statistical analysis;

BOSSOU Annick Flore Arlette Dohoué: Interpretation of results, Statistical analysis, writing and finalization of the manuscript;

AFFOKPON Antoine: Laboratory work and manuscript review;

ADOUKONOU-SAGBADJA Hubert and AVLÉSSI Félicien: Manuscript review.

8. References

- Aanany, A., N. Mahmoud, A. El-Mesalamy, A. Abdel-Hafeez, 2017: Effects of Plant Leaf Extracts on Egg-Masses Hatching and Juveniles Mortality of the Root-Knot Nematode, *Meloidogyne Javanica*. Egyptian Journal of Agronematology 16, 21–29. <https://doi.org/10.21608/EJAJ.2017.57194>
- Adams, R.P., 2012: Identification of essential oil components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry, 4th ed. Allured Publishing Corporation, Illinois.
- Adjou, E.S., D. Chougourou, M.M. Soumanou, 2019: Insecticidal and repellent effects of essential oils from leaves of *Hyptis suaveolens* and *Ocimum canum* against *Tenebroides mauritanicus* (L.) isolated from peanut in post-harvest. Journal of Consumer Protection and Food Safety 14, 25–30. <https://doi.org/10.1007/s00003-018-1195-4>
- Aimad, A., R. Sanae, S. Mostafa, M. Dalal, E. Noureddine, F. Mohamed, 2021: GC-MS analysis of essential oil composition and insecticidal activity of *Syzygium aromaticum* against *Callosobruchus maculatus* of Chickpea. Tropical Journal of Natural Product Research 5, 844–849. <https://doi.org/10.26538/tjnp/v5i5.9>
- Ainane, A., F., Khammour, S., Charaf, M., Elabboubi, M., Elkouali, M., Talbi, R., Benhima, S., Cherroud, T., Ainane, 2019: Chemical composition and insecticidal activity of five essential oils: *Cedrus atlantica*, *Citrus limonum*, *Rosmarinus officinalis*, *Syzygium aromaticum* and *Eucalyptus globules*. Mater. Today Proc. 13, 474–485. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.04.004>
- Ajith, M., P., Najam Akhtar Shakil, P., Kaushik, V.S., Rana, 2020: Chemical composition and nematocidal activity of essential oils and their major compounds against *Meloidogyne graminicola* (Rice Root-Knot Nematode). Journal of Essential Oil Research 32, 526–535. <https://doi.org/10.1080/10412905.2020.1804469>
- AMIS, 2022: Is Speculation Driving Commodity Price Volatility ? AMIS - Market Monitor 104, 1–18.
- Atolani, O., Fabyi, O.A., 2020: Plant parasitic nematodes management through natural products: Current progress and challenges, in: Management of Phytonematodes: Recent Advances and Future Challenges. Springer Singapore, pp. 297–315. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4087-5_13
- Aye, S.S., K.C., Win, K.T., Sin, 2020: Antioxidant activity of isolated phytoconstituents from the leaves of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 591, 1–9. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/591/1/012020>
- Azeem, M., Z., Iqbal, S.N., Emami, G., Nordlander, H., Nordenhem, R., Mozūratīs, H.R., El-Seedi, A.K., Borg-Karlson, 2020: Chemical composition and antifeedant activity of some aromatic plants against pine weevil (*Hylobius abietis*). Annals of Applied Biology 177, 121–131. <https://doi.org/10.1111/aab.12586>
- Barros, A.F., V.P., Campos, D.F., De Oliveira, F.D.J., Silva, I.N., Jardim, V.A., Costa, C.A.R., Matrangolo, R.C.F., Ribeiro, G.H., Silva, 2019: Activities of essential oils from three Brazilian plants and benzaldehyde analogues against *Meloidogyne incognita*. Nematology 21, 1081–1089. <https://doi.org/10.1163/15685411-00003276>
- Benelli, G., G., Flamini, A., Canale, P.L., Cioni, B., Conti, 2012: Toxicity of some essential oil formulations against the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera Tephritidae). Crop Protection 42, 223–229. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.05.024>
- Boyko, O., Brygadyrenko, V., 2021: Nematicidal activity of essential oils of medicinal plants. FOLIA OECOLOGICA – vol. 48, no. 1: pp. 42-48, doi: 10.2478/foecol-2021-0005
- Bridge, J., M., Luc, R.A., Plowright, 1990: Chapter 3 Nematode Parasites of Rice. Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture 69–109.
- Carletti, B., F., Paci, L., Ambrogioni, C., Benvenuti, P.F., Roversi, 2011: Effects of a clove oil extract on eggs and second-stage juveniles of *Meloidogyne incognita* (Kofoed et White, 1919) Chitwood, 1949. Redia 94, 13–19.
- Chalmin, P., Jégourel, Y., 2019 : L'Afrique et les marchés mondiaux de matières premières. Arcadi.
- Chougourou, D.C., L.E., Ahoton, E.S., Adjou, A.B., Zoclanclounon, A.B., Kpoviessi, 2017 : Entomofaune et évaluation des dégâts des insectes ravageurs de différentes formes de conservation du riz (*Oryza sativa* Linné) au Sud-Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin 82, 49–58.
- D'Addabbo, T., Avato, P., 2021: Chemical Composition and Nematicidal Properties of Sixteen Essential Oils - A Review. Plants 10, 1368–1379. <https://doi.org/10.3390/plants10071368>
- Davy, M., M.L., Sameza, S.N., Tchameni, M.N.A., Ayong, M.A.B., Bedine, O.Y., Youassi, P.N., Kamsu, P.M.D., Jazet, 2020: Antifungal effects of clove (*Syzygium aromaticum*) essential oil against *Colletotrichum gloeosporioides*, the fungus associated with papaya (*Carica papaya* L.) fruit anthracnose. International Journal of Applied Microbiology and Biotechnology Research 8, 51–57. <https://doi.org/10.33500/ijambr.2020.08.005>

- Diriye, M.A., M.M., Ali, O.A., Ishag, M.A., Mohamed, 2017: Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils extracted from *Eucalyptus Camaldulensis* leaves grown In Sudan. Red Sea University Journal of Basic and Applied Science 2, 244–253.
- El-Baha, A.M., A.A., El-Sherbiny, M.Z.M., Salem, N., Shaarawy, N.H., Mohamed, 2017: Toxicity of essential oils extracted from *Corymbia citriodora* and *Eucalyptus camaldulensis* leaves against *Meloidogyne incognita* under laboratory conditions. Pakistan Journal of Nematology 35, 93–104. <https://doi.org/10.18681/pjn.v35.i01.p93-104>
- Elbrense, H., I., El Husseiny, H.A., El Makarem, R.A., Arab, S., El Kholi, 2022: Insecticidal, antifeedant and repellent efficacy of certain essential oils against adult rust-red flour beetle, *Tribolium castaneum*. Egypt. J. Chem. 65, 167–178. <https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2021.79263.3897>
- Essien, E.E., I.R., Ekanem, S.D., Umoh, M.I., Choudhary, 2019: *Hyptis suaveolens* (L .) Poit (Bush Tea): Volatile composition of fruits and stems essential oils. American Journal of Essential Oils and Natural Products 7, 36–38.
- Ez-Zriouli, R., H., El Yacoubi, F., Mouhssine, F.Z., Zadni, Z.B., Ouaritini, A., Rochdi, 2019: Chemical composition of essential oil of *Eucalyptus camaldulensis* collected from forest moroccan and determination their antifungal activity on two phytopathogenic fungi. Plant Cell Biotechnol. Mol. Biol. 20, 770–777.
- Fabiyi, O., O., Osunlola, G., Olatunji, 2015: *In vitro* toxicity of extracts from *Hyptis suaveolens* (L.) poit on eggs and second-stage juveniles of *Heterodera sacchari*. Agrosearch 15, 89–99. <https://doi.org/10.4314/agrosh.v15i1.6>
- Fe Andrés, M., A. González-Coloma, J. Sanz, J. Burillo, P. Sainz, 2012: Nematicidal activity of essential oils: a review. Phytochemistry Reviews: Fundamentals and Perspectives of Natural Products Research. Springer Science+Business Media Dordrecht. 22 p. ISSN : 1568-7767. DOI : 10.1007/s11101-012-9263-3
- Giamakis, A., O., Kretsi, I., Chinou, C.G., Spyropoulos, 2001: *Eucalyptus camaldulensis*: Volatiles from immature flowers and high production of 1,8-cineole and β -pinene by *in vitro* cultures. Phytochemistry 58, 351–355. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(01\)00193-5](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(01)00193-5)
- Grossi-de-Sa, M., A.-S., Petitot, D.A., Xavier, M.E.L., Sá, I., Mezzalira, M.A., Beneventi, N.F., Martins, H.K., Baimey, E.V.S., Albuquerque, M.F., Grossi-de-Sa, D., Fernandez, 2019: Rice susceptibility to root-knot nematodes is enhanced by the *Meloidogyne incognita* MSP18 effector gene. Planta 250, 1215–1227. <https://doi.org/10.1007/s00425-019-03205-3>
- Hamzavi, F., Moharramipour, S., 2017: Chemical composition and antifeedant activity of essential oils from *Eucalyptus camaldulensis* and *Callistemon viminalis* on *Tribolium confusum*. International Journal of Agricultural Technology 13, 413–424.
- Hassan, A., Z.A., Al-naser, K., Al -asaas, 2015: Effect of some plant extracts on larval mortality against the stem nematode (*Ditylenchus dipsaci*) and compared with synthetic pesticides. International Journal of Chemical Technology Research 7, 1943–1950.
- Iqbal, S., Jones, M.G.K., 2017: Crop diseases and Pests - Nematodes, in: Encyclopedia of Applied Plant Sciences. Elsevier, pp. 113–119. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394807-6.00061-7>
- Izuogu, N.B., S.A., Abolusoro, L.B., Yakub, 2016: Nematicidal potential of aqueous extract of *Hyptis suaveolens* in the management of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* of some cowpea cultivars. Croatian Journal of Food Science and Technology 8, 15–19. <https://doi.org/10.17508/cjfst.2016.8.1.05>
- Kheder, D.A., O.A.M., Al-Habib, G., Gilardoni, G., Vidari, 2020: Components of Volatile Fractions from *Eucalyptus camaldulensis* Leaves from Iraqi-Kurdistan and Their Potent Spasmolytic Effects. Molecules 25. <https://doi.org/10.3390/molecules25040804>
- Konstantopoulou, I., L., Vassilopoulou, P., Mavragani-Tsipidou, Z.G., Scouras, 1992: Insecticidal effects of essential oils. A study of the effects of essential oils extracted from eleven Greek aromatic plants on *Drosophila auraria*. Experientia 48, 616–619. <https://doi.org/10.1007/BF01920251>
- Liu, X., M., Chen, H.L., Collins, D.W., Onstad, R.T., Roush, Q., Zhang, E.D., Earle, A.M., Shelton, 2014: Natural enemies delay insect resistance to Bt crops. PLoS One 9, 1–8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090366>
- Lu, C.J., Y., Meng, Y.L., Wang, T., Zhang, G.F., Yang, M.H., Mo, K.F., Ji, L.M., Liang, C.G., Zou, K.Q., Zhang, 2022: Survival and infectivity of second-stage root-knot nematode *Meloidogyne incognita* juveniles depend on lysosome-mediated lipolysis. Journal of Biological Chemistry 298, 101637–101649. <https://doi.org/10.1016/j.jbc.2022.101637>
- MAEP (Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche), 2024 : Rapport de performance du secteur agricole - Gestion 2023. Cotonou.
- Malele, R.S., C.K., Mutayabarwa, J.W., Mwangi, G.N., Thoithi, G.K., Mutayabarwa, A.G., Lopes, E.I., Lucini, J.A., Zygadlo, 2003: Essential Oil of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. from Tanzania: Composition and Antifungal Activity. Journal of Essential Oil Research 15, 438–440. <https://doi.org/10.1080/10412905.2003.9698633>
- Mali, F., H.E., Wogo, R.I., Lerrick, 2020: Analysis of Timor's *Hyptis suaveolens* L Poit Leaves. Chemical Notes 1, 46–57.
- Mekademi, K., D., Kebour, N.A., Ouchene-Khelifi, N., Ouchene, 2021: Evaluation of the antimicrobial and anti-Varroa destructor L. activity of the essential oil of clove (*Syzygium aromaticum* L. Myrtaceae). Agricultural Science and Technology 13, 404–408. <https://doi.org/10.15547/ast.2021.04.065>
- Mendez del Villar, P., Bauer, J.-M., 2019: Rice in West Africa: Dynamics, policies and trends. Cahiers Agricultures 22, 336–344. <https://doi.org/10.1684/agr.2013.0657>

- Meyer, S.L.F., D.K., Lakshman, I.A., Zasada, B.T., Vinyard, D.J., Chitwood, 2008: Dose-response effects of clove oil from *Syzygium aromaticum* on the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Pest Manag. Sci.* 64, 223–229. <https://doi.org/10.1002/ps.1502>
- Moreira, L.C.B., B.S., Vieira, C.V., da Mota Júnior, E.A., Lopes, E.J., Canedo, 2013: Ação nematicida do eugenol em tomateiro. *Pesqui. Agropecu. Trop.* 43, 286–291. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000300011>
- Mubarak, E.E., L.Z., Ali, I.F.A., Ahmed, A.B.A., Ahmed, R.M., Taha, 2015: Essential oil compositions and cytotoxicity from various organs of *Eucalyptus camaldulensis*. *Int. J. Agric. Biol.* 17, 320–326.
- Nanga, W.M., P., Saotoing, N.E., Nukenine, 2019: Adulticidal and repellent activity of the methanolic leaf extract and essential oils of *Hyptis suaveolens* and *Lippia adoensis* against *Anopheles gambiae* ssp Giles 1902 (Diptera: Culicidae). *Int. J. Mosq. Res.* 6, 41–48.
- Ndiaye, E.H.B., M.B., Diop, M.T., Gueye, I., Ndiaye, S.M., Diop, M.L., Fauconnier, G., Lognay, 2018: Characterization of essential oils and hydrosols from senegalese *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. *Journal of Essential Oil Research* 30, 131–141. <https://doi.org/10.1080/10412905.2017.1420554>
- NIST, 2026: WebBook de Chimie NIST, SRD 69. URL <https://webbook.nist.gov/> (accessed 1.2.26).
- Oka, Y., B.H., Ben-Daniel, Y., Cohen, 2001: Nematicidal activity of powder and extracts of *Inula viscosa*. *Nematology* 3, 735–742. <https://doi.org/10.1163/156854101753625245>
- Oluwasina, O.O., I.V., Ezenwosu, C.O., Ogidi, V.O., Oyetayo, 2019: Antimicrobial potential of toothpaste formulated from extracts of *Syzygium aromaticum*, *Dennettia tripetala* and *Jatropha curcas* latex against some oral pathogenic microorganisms. *AMB Express* 9, 1–13. <https://doi.org/10.1186/s13568-019-0744-2>
- OMS (Organisation Mondiale de la Santé), 2017: Procédures pour tester la résistance aux insecticides chez les moustiques vecteurs du paludisme, 2nd ed. WHO, Genève.
- Oumarou, K.M., L., Younoussa, J.D., Langsi, P., Saotoing, E.N., Nukenine, 2021: Adulticidal Activity of *Hyptis suaveolens*, *Chenopodium ambrosioides* and *Lippia adoensis* Leaf Extracts and Essential Oils against *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae). *Current Journal of Applied Science and Technology* 40, 18–32. <https://doi.org/10.9734/cjast/2021/v40i231249>
- Oumarou, K.M., L., Younoussa, E.N., Nukenine, 2018: Toxic effect of *Chenopodium ambrosioides*, *Hyptis suaveolens* and *Lippia adoensis* leaf methanol extracts and essential oils against fourth instar larvae of *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae). *Int. J. Mosq. Res.* 5, 61–66.
- Pandiyan, G.N., N., Mathew, S., Munusamy, 2019: Larvicidal activity of selected essential oil in synergized combinations against *Aedes aegypti*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 174, 549–556. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.03.019>
- Présidence du Bénin, 2021: Dynamisation de la production du riz au Bénin : Le Président TALON échange avec une délégation de l'Association des producteurs de riz du Nigéria (RIFAN). <https://presidence.bj/actualite/comptes-rendus/221/dynamisation-production-benin-president-talon-echange-avec-delegation-association-producteurs-nigeria-rifan-> (accessed 7.11.25).
- Sharma, A., H.P., Singh, D.R., R.K., BatishKohli, 2019: Chemical profiling, cytotoxicity and phytotoxicity of foliar volatiles of *Hyptis suaveolens*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 171, 863–870. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.12.091>
- Tonzibo, Z.F., F.A., Brou, G., Bédi, J.C., Chalchat, 2009: Chemical composition of essential oil of *Hyptis suaveolensis* (L) poit. from Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research* 38, 565–571.
- Van Overtveldt, M., M., Movsisyan, T., Van De Walle, P., Zwaenepoel, 2022: How to perform a GC-MS Analysis. *Gent*.
- Westphal, A., 2011: Sustainable approaches to the management of plant-parasitic nematodes and disease complexes. *J. Nematol.* 43, 122–125.