UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

Evaluation des activités répulsives et insecticides des huiles essentielles extraites du cymbopogon citratus cultivé au Burundi contre la mouche domestique (musca domestica)

NIJIMBERE, JEAN BAPTISTE; Sous la direction de: Prof Jean Chrysostome NDAMANISHA (Directeur) Prof Déogratias NDUWARUGIRA (Co-directeur)

2024
UB, Faculté des sciences
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/944

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE CHIMIE

EVALUATION DES ACTIVITES REPULSIVES ET INSECTICIDES DES HUILES ESSENTIELLES EXTRAITES DU ***CYMBOPOGON CITRATUS*** CULTIVÉ AU BURUNDI CONTRE LA MOUCHE DOMESTIQUE (*MUSCA DOMESTICA*)

PAR

JEAN BAPTISTE NIJIMBERE

MEMOIRE

Présenté en vue d'obtention

du **Diplôme de Master en Sciences Chimiques**

Orientation: Contrôle et Analyses Chimiques

Sous la direction de:

Prof Jean Chrysostome NDAMANISHA (Directeur)

Prof Déogratias NDUWARUGIRA (Co-directeur)

Bujumbura, février 2024

COMPOSITION DU JURY

Président	: Prof Godefroid GAHUNGU
Directeur	: Prof Jean Chrysostome NDAMANISHA
Co-directeur	: Prof Déogratias NDUWARUGIRA
Secrétaire	: Prof Vestine NTAKARUTIMANA

DEDICACE

Cet humble travail est dédié:

A mes très chers parents;

A mes frères;

A mes sœurs;

A tous mes amis;

A tous ceux qui me sont chers.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail de recherche, je tiens d'abord à exprimer mes sincères remerciements au Professeur Jean Chrysostome NDAMANISHA, Directeur du mémoire et Professeur Déogratias NDUWARUGIRA, Co-directeur, qui, malgré leurs multiples occupations, ont accepté de diriger ce travail. Vos conseils pertinents, votre rigueur scientifique et votre franche collaboration m'ont été d'une aide infiniment précieuse dans l'accomplissement de ce travail.

Je remercie également le Professeur Godefroid GAHUNGU, le Président du jury de ce mémoire, pour ses conseils et pour sa participation à l'évaluation de ce travail.

Ensuite, mes plus sincères remerciements s'adressent aux membres du jury, en particulier au Professeur Vestine NTAKARUTIMA, Responsable de Master de Chimie, pour leur bienveillance d'avoir accepté la lourde tâche de lire l'intégralité de ce travail et de participer au jury de ma soutenance. Je vous en suis profondément reconnaissant.

A tout le personnel de l'Université du Burundi, administratifs et enseignants, plus particulièrement ceux de la Faculté des Sciences, j'accorde mes vifs remerciements pour mes cinq années de formation.

Je n'oublierais pas de manifester ma gratitude à toute ma famille, en particulier mes parents, mes frères et mes sœurs pour leur sacrifice et leur amour témoigné à mon égard.

Ma gratitude va encore plus à toutes mes connaissances, en l'occurrence Msc Egide NGENDAKUMANA et Tite MUNYEMBABAZI.

Enfin, ne pouvant pas citer tous ceux qui m'ont été importants, je leur adresse mes sincères remerciements.

Que ce travail vous comble de joie.

RESUME

Dans la plupart des pays en voie de développement, en particulier au Burundi, la population est exposée à des nombreuses maladies de transmission vectorielle suite au faible accès aux insecticides. Des rapports sur la résistance aux insecticides synthétiques et la nécessité d'améliorer les profils environnementaux et toxicologiques témoignent du besoin permanent de découvrir et de développer des nouveaux insecticides et répulsifs plus efficaces. Parmi les insectes nuisibles, la mouche domestique synanthropique (*Musca domestica*) est porteuse et vectrice de plus de 100 micro-organismes pathogènes. La présente étude avait l'objectif d'évaluer les effets répulsifs et insecticides des huiles essentielles (HEs) de *Cymbopogon citratus* et ceux de leurs mélanges synergiques avec les HEs d'*Eucalyptus globulus* contre les mouches domestiques. Les résultats ont montré que les HEs du *C. citratus* et d'*E. globulus* pouvaient être obtenues par une simple méthode d'extraction comme l'hydrodistillation. Il a été remarqué que les teneurs en HEs dans les feuilles fraiches du *C. citratus* et d'*E. globulus* étaient respectivement 0.33% et 2.04%. Les résultats des tests de répulsion ont montré que les HEs du *C. citratus* ont une activité répulsive sur les mouches domestiques avec un pourcentage qui atteint 95%. A côté de cette activité individuelle, les résultats ont montré une activité synergique avec les HEs d'*E. globulus.* Les mélanges de ces deux types d'huiles peuvent repousser 96,5% de mouches domestiques. L'activité insecticide des huiles du *C. citratus* et de leurs mélanges synergiques contre des mouches domestiques a été évaluée grâce au test de toxicité par contact. Les résultats de la toxicité ont révélé que la concentration des HEs et la durée d'exposition ont une influence sur le taux de mortalité des mouches domestiques. Ce test de toxicité a montré que les doses létales, DL_{50} et DL_{90} sont respectivement 1% et 13.4% pour les HEs du *C. citratus* après 10 min d'exposition. Les temps létaux TL_{50}, TL_{90} sont respectivement 6 et 17 min pour la dose de 5%. Pour les mélanges synergiques, les valeurs de DL_{50}, DL_{90} sont respectivement 0.2% et 1.9% après 10 min alors que les temps létaux TL_{50}, TL_{90} sont 4 min et 8 min pour le mélange M2 (2.5% HEs du *C. citratus* + 2.5% HEs d'*E. globulus* + 95% acétone) formulé. Il a été noté que l'activité insecticide synergique est plus efficace que l'activité individuelle. En effet, pour tuer 100% de mouches domestiques, il faut une dose de 10% et une durée d'exposition de 20 minutes alors qu'en combinaison avec les HEs de d'*E. globulus,* un mélange de 5% des HEs de *C. citratus* + 5% des HEs d'*E. globulus* tue 100% de mouches domestiques dans 10 minutes.

Mots clés: Mouches domestiques, Huiles essentielles, Mélanges synergiques, *Cymbopogon citratus, Eucalyptus globulus.*

ABSTRACT

In most developing countries, particularly in Burundi, the population is exposed to numerous vector-borne diseases due to poor access to insecticides. Reports of resistance to synthetic insecticides and the need to improve environmental and toxicological profiles demonstrate the ongoing need to discover and develop new, more effective insecticides and repellents. Among harmful insects, the synanthropic housefly (*Musca domestica*) is the carrier and vector of more than 100 pathogenic microorganisms. The present study aimed to evaluate the repellent and insecticidal effects of essential oils (EOs) of *Cymbopogon citratus* and those of their synergistic mixtures with EOs of *Eucalyptus globulus* against houseflies.

The results showed that the EOs of *C. citratus* and *E. globulus* could be obtained by a simple extraction method such as hydrodistillation. It was noted that the levels of EOs in fresh leaves of *C. citratus* and *E. globulus* were respectively 0.33% and 2.04%.

The results of the repellency tests showed that the EOs of *C. citratus* have a repellent activity on houseflies with a percentage that reaches 95%. Alongside this individual activity, the results showed a synergistic activity with the EOs of *E. globulus*. Mixtures of these two types of oils can repel 96.5% of houseflies. The insecticidal activity of *C. citratus* oils and their synergistic mixtures against houseflies was evaluated using the contact toxicity test.

The toxicity results revealed that the concentration of EOs and the duration of exposure have an influence on the mortality rate of houseflies. This toxicity test showed that the lethal doses, LD_{50} and LD_{90} are respectively 1% and 13.4% for *C. citratus* EOs after 10 min of exposure. The lethal times LT_{50}, LT_{90} are respectively 6 and 17 min for the 5% dose. For the synergistic mixtures, the LD_{50}, LD_{90} values are respectively 0.2% and 1.9% after 10 min while the lethal times LT_{50}, LT_{90} are 4 min and 8 min for the M2 mixture (2.5% EOs of *C. citratus* + 2.5% EOs of *E. globulus* + 95% acetone) formulated. It has been noted that synergistic insecticidal activity is more effective than individual activity. Indeed, to kill 100% of houseflies, you need a dose of 10% and an exposure time of 20 minutes, whereas in combination with EOs of *E. globulus*, a mixture of 5% of *C. citratus* EOs + 5% of *E. globulus* EOs kills 100% of houseflies in 10 minutes.

Keywords: Houseflies, Essential oils, Synergistic blends, *Cymbopogon citratus*, *Eucalyptus globulus.*

TABLE DES MATIÈRES

COMPOSITION DU JURY i

DEDICACE ii

REMERCIEMENTS iii

RESUME iv

ABSTRACT v

TABLE DES MATIÈRES vi

LISTE DES TABLEAUX ix

LISTE DES FIGURES x

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS xi

AVANT-PROPOS xii

CHAP I : INTRODUCTION GENERALE 1

I.1. CONTEXTE 1

I.2. PROBLEMATIQUE 2

I.3. HYPOTHESES 3

I.4. OBJECTIF GENERAL 3

I.5. OBJECTIFS SPECIFIQUES 4

CHAP II : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE 5

II.1. INTRODUCTION 5

II.2.GENERALITES SUR LES MOUCHES 5

II.2.1. MOUCHE DOMESTIQUE 6

II.2.2. CYCLE BIOLOGIQUE DE LA MOUCHE DOMESTIQUE 6

II.2.3. NUISANCE DE LA MOUCHE DOMESTIQUE A LA SANTE PUBLIQUE 7

II.3. GENERALITE SUR LES ESPECES VEGETALES 8

II.3.1. BREF APERÇU SUR LA FAMILLE DES POACEAE 8

II.3.1.1. DESCRIPTION BOTANIQUE DU GENRE *CYMBOPOGON* 8

II.3.1.2. DESCRIPTION BOTANIQUE DE L'ESPECE *CYMBOPOGON CITRATUS* 8

II.3.1.3. POSITION SYSTEMATIQUE DE L'ESPECE *CYMBOPOGON CITRATUS* 9

II.3.2. BREF APERÇU SUR LA FAMILLE DES MYRTACÉES 10

II.3.2.1. DESCRIPTION BOTANIQUE DU GENRE *EUCALYPTUS* 10

II.3.2.2. DESCRIPTION BOTANIQUE DE L'ESPECE *EUCALYPTUS GLOBULUS* 10

II.3.2.3. POSITION SYSTEMATIQUE DE L'ESPECE *EUCALYPTUS GLOBULUS*..... 11
II.4. GENERALITES SUR LES HUILES ESSENTIELLES. 11
II.4.1. HISTORIQUE 12
II.4.2. DEFINITION 12
II.4.3. LOCALISATION ET REPARTITION D'HEs DANS LES PLANTES 13
II.4.4. COMPOSITION CHIMIQUE DES HUILES ESSENTIELLES 13
II.4.4.1. COMPOSES TERPENIQUES 13
II.4.4.2. COMPOSES AROMATIQUES 14
II.4.4.3. COMPOSES D'ORIGINES DIVERSES 15
II.4.5. PROPRIETES DES HUILES ESSENTIELLES 15
II.4.5.1. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES 15
II.4.5.2. PROPRIETES BIOLOGIQUES 16
II.4.6. FACTEURS INFLUENÇANT LE RENDEMENT ET LA COMPOSITION DES HEs 18
II.4.6.1. FACTEURS PHYSIOLOGIQUES 18
II.4.6.2. FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX 19
II.4.6.3. FACTEURS GEOGRAPHIQUES 19
II.4.6.4. CONDITIONS D'EXTRACTION DES HEs 19
II.4.7. CONSERVATION DES HUILES ESSENTIELLES 19
II.4.8. DOMAINES D'UTILISATION DES HUILES ESSENTIELLES 20
CHAP III: MATERIEL ET METHODES 21
III.1. MATERIEL VEGETAL 21
III.1.1. CHOIX DES ESPECES VEGETALES 21
III.1.2. ECHANTILLONNAGE DES PLANTES 21
III.2. EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES 21
III.3.1. DISPOSITIF EXPERIMENTAL 22
III.3.2. DETERMINATION DE LA TENEUR EN HEs 23
III.3.3. CONSERVATION DES HUILES ESSENTIELLES 23
III.4. ECHANTILLONNAGE DES MOUCHES DOMESTIQUES 24
III.5. TESTS DES EFFETS DES HEs SUR LES MOUCHES DOMESTIQUES 25
III.5.1. TEST D'EFFET REPULSIF 25
III.5.2. TEST D'EFFET INSECTICIDE 26
III.5.2.1. CALCUL DES TAUX DE MORTALITE 28

III.5.2.2. DETERMINATION DE DL_{50}, DL_{90} ET DE TL_{50}, TL_{90} 28
III.6. ANALYSE STATISTIQUE 28
CHAP IV : PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS 29
IV.1. PRESENTATION DES RESULTATS 29
IV.1.1. TENEUR D'EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES 29
IV.1.2. EFFET REPULSIF DES HEs CONTRE LES MOUCHES DOMESTIQUES 29
A. TEST D'EFFET REPULSIF D'HEs DU *CYMBOPOGON CITRATUS* 29
B. TEST D'EFFET REPULSIF DES MELANGES DES HEs 30
IV.1.3. EFFET INSECTICIDE DES HEs CONTRE LES MOUCHES DOMESTIQUES 31
IV.1.3.1. TEST D'EFFET INSECTICIDE D'HEs DU *C. CITRATUS* 31
IV.1.3.2. TEST D'EFFET INSECTICIDE DES MELANGES D'HES DU *C. CITRATUS* ET D'*E. GLOBULUS* 34
IV.1.5. DETERMINATION DES DOSES LETALES ET DES TEMPS LETAUX 37
IV.2. DISCUSSION DES RESULTATS 37
IV.2.1. TENEUR EN HUILES ESSENTIELLES 37
IV.2.2. EFFETS DES HEs SUR LES MOUCHES DOMESTIQUES 38
IV.2.2.1. EFFET REPULSIF D'HEs DU *C.CITRATUS* 38
IV.2.2.2. EFFET REPULSIF DES MELANGES D'HEs 39
IV.2.2.3. ACTIVITE INSECTICIDE DES HEs DU *C.CITRATUS* 39
IV.2.2.4. ACTIVITE INSECTICIDE DES MELANGES D'HEs 40
CHAP V: CONCLUSION, SUGGESTIONS ET PERSPECTIVES 42
V.1. CONCLUSION 42
V.2. SUGGESTIONS ET PERSPECTIVES 43
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 44
ANNEXES 58

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Préparation des différentes formulations d'huiles essentielles servies à l'étude de leurs effets répulsifs contre les mouches domestiques. 26

Tableau II: Préparation des différentes formulations d'huiles essentielles utilisées pour évaluer leurs effets insecticides contre les mouches domestiques. 27

Tableau III: Teneur d'extraction des huiles essentielles de *Cymbopogon citratus* et d'*Eucalyptus globulus*. 29

Tableau IV: Valeurs moyennes des pourcentages de répulsion dus à des différentes doses d'HEs du *C. citratus* utilisées contre les mouches domestiques. 30

Tableau V: Valeurs moyennes des pourcentages de répulsion dus à des différents mélanges d'HEs du *C. citratus* et d'*E. globulu*s contre les mouches domestiques. 31

Tableau VI: Valeurs moyennes des taux de mortalité des mouches domestiques après 5, 10, 15, 20, 30 ,60 et 90 min selon les différentes doses préparées d'huiles essentielles de *Cymbopogon citratus*. 32

Tableau VII: Groupement des différentes doses des HEs du *C. citratus* en fonction de leurs effets insecticides contre les mouches domestiques au temps fixé. 33

Tableau VIII: Valeurs moyennes des taux de mortalité des mouches domestiques après 5, 10, 15, 20, 30 ,60 et 90 min selon les différents mélanges formulés à partir d'huiles essentielles du *Cymbopogon citratus* et d'*Eucalyptus globulus.* 35

Tableau IX: Groupement des différents mélanges des HEs du *C. citratus* et d'*E. globulus* en fonction de leurs effets insecticides contre les mouches domestiques au temps fixé. 36

Tableau X: Doses létales calculées sur les huiles essentielles de la citronnelle et sur les mélanges synergiques avec les HEs d'*E. globulus* en fonction du temps d'observation. 37

Tableau XI: Temps létaux déterminés sur les huiles essentielles de *C. citratus* et sur leurs mélanges avec les HEs d'*E. globulus*. 37

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Cycle de développement de la mouche domestique. 7
Figure 2: *Cymbopogon citratus* 9
Figure 3: Arbuste d'*Eucalyptus globulus.* 11
Figure 4: Structures chimiques de certains terpènes et terpénoïdes des HEs..... 14
Figure 5: Structures chimiques de quelques composés aromatiques dérivés de phénylpropane caractéristiques des huiles essentielles. 14
Figure 6 : Espèces végétales hydrodistillées. 22
Figure 7 : Montage expérimental d'appareillage de type Clevenger utilisé. 22
Figure 8: Produits d'hydrodistillation. 23
Figure 9 : Matériels d'échantillonnage des mouches domestiques et un échantillon de mouches capturées. 24
Figure 10: Dispositifs expérimentaux d'évaluation des effets répulsifs des HEs contre les mouches domestiques. 25
Figure 11: Dispositifs expérimentaux de tests des effets insecticides des différentes formulations d'huiles essentielles. 27
Figure 12: Effets répulsifs des formulations d'HEs du *C. citratus* contre les mouches domestiques. 30
Figure 13: Effets répulsifs des différents mélanges d'HEs du *C. citratus* et d'*E. globulus* contre les mouches domestiques. 31
Figure 14: Effets insecticides des différentes doses d'huiles essentielles du *Cymbopogon citratus* contre les mouches domestiques en fonction du temps. 33
Figure 15: Effets insecticides des différents mélanges d'HEs du *C. citratus* et d'*E. globulus* contre les mouches domestiques en fonction du temps..... 36

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

%R : Pourcentage de répulsion

ANOVA : Analysis of Variance

C. citratus : *Cymbopogon citratus*

CRUPHAMET : Centre de Recherche Universitaire en Pharmacopée et Médecine Traditionnelle

DL_{50} ou DL_{90} : Dose létale 50 ou dose létale 90

E. globulus : *Eucalyptus globulus*

ENS : Ecole Normale Supérieure

EOs : Essential Oils

HEs : Huiles essentielles

HSD : Honestly Significant Difference

SPSS : Statistical Package for the Social Sciences

TL_{50} ou TL_{90} : Temps létal 50 ou temps létal 90

WHO : World Health Organization

AVANT-PROPOS

Le présent mémoire est rédigé pour l'obtention du Diplôme de Master en Sciences Chimiques, Spécialité: **Contrôle et Analyses Chimiques**, à l'Université du Burundi. L'idée de ce mémoire de recherche est venue du constat de la prolifération considérable des insectes vecteurs de maladies à l'homme et/ou aux animaux et de l'augmentation des cas de maladies, des décès dus à ces insectes. En plus, les insectes vecteurs de maladies ont développé la résistance aux insecticides synthétiques couramment utilisés et ces derniers possèdent également des effets néfastes à l'homme et à son environnement.

L'usage de bio-insecticides reste une méthode alternative à l'utilisation des insecticides de synthèse et la recherche sur les bio-pesticides est actuellement une occupation majeure de nombreux chercheurs. Néanmoins, au Burundi, le secteur des huiles essentielles est encore moins exploité et leur étude n'a jamais été au rythme d'actualité remarquable alors qu'elles sont bien indiquées à la lutte contre les insectes.

En effet, la valorisation des plantes aromatiques et médicinales de la flore burundaise par l'extraction de leurs huiles essentielles peut être une source supplémentaire de revenu et un outil de développement durable. Les huiles essentielles présentent des multiples et diverses applications dans des nombreux domaines industriels grâce à leur composition chimique complexe.

Cette étude de recherche est une évaluation des activités répulsives et insecticides des huiles essentielles du ***Cymbopogon citratus*** et celles de leur synergie avec les huiles essentielles d'***Eucalyptus globulus*** contre les mouches domestiques pour contribuer au développement durable, à la lutte contre ces insectes nuisibles et à éviter la tendance à l'ignorance des plantes aromatiques locales.

CHAP I : INTRODUCTION GENERALE

I.1. CONTEXTE

Dans le monde entier, les maladies à transmission vectorielle représentent plus de 17 % de l'ensemble des maladies infectieuses et sont à l'origine de plus de 700 000 décès par an (WHO, 2020). En Afrique, certains insectes font partie des vecteurs de maladies et constituent une menace majeure sur la santé humaine. Pour lutter contre les insectes vecteurs de maladies, des insecticides de synthèse sont utilisés (Abagli & Alavo, 2020). Cependant, l'utilisation intensive des insecticides synthétiques a provoqué le phénomène de résistance des insectes à ces produits (Anges & al., 2018; Kpoviessi & al., 2017). En plus de la résistance, ils ont des effets néfastes sur la santé humaine, des animaux non ciblés, des insectes utiles et sur l'environnement à cause de leur accumulation dans le milieu naturel (Ranian & al., 2020; Tchoumbougnang & al., 2009; Abagli & Alavo, 2020). La recherche des nouveaux agents insecticides puissants, sans effet sur l'environnement et sans danger pour la santé humaine, reste donc un besoin urgent (Silvério & al., 2020).

L'un des insectes vecteurs de maladies est la mouche domestique, *Musca domestica.* Elle est une nuisance et un vecteur de plus de cent cinquante agents pathogènes des mammifères, par exemple des virus, des bactéries, des protozoaires et des helminthes (Hinkle & Hogsette, 2021). Actuellement, ces insectes cibles ont développé une résistance aux insecticides de synthèse conventionnels (pyréthrinoïdes et organophosphatés) (Freeman & al., 2019). En plus de cela, le faible revenu de la population burundaise ne permet pas un libre accès aux insecticides de synthèse pour lutter contre les insectes nuisibles. Pour y faire face, la population locale fait recours aux plantes pesticides. L'emploi des HEs peut contribuer à la réduction des moyens utilisés pour l'achat des insecticides synthétiques. Ceux-ci restent d'ailleurs loin de la portée des moyens financiers de la plupart des burundais.

Les plantes constituent un patrimoine précieux pour l'humanité (Mounkaila & al., 2017; Salhi & al., 2010) et représentent une source inépuisable de remèdes traditionnels et efficaces grâce aux principes actifs qu'elles contiennent : alcaloïdes, flavonoïdes, phénols, tanins, vitamines, et huiles essentielles (Gnintoungbe & al., 2023; Ouattar & al., 2022).

De nombreux travaux ont révélé que les huiles essentielles sont douées de plusieurs bio-activités grâce à leur composition chimique complexe (Chellappandian & al., 2018; Mohanty & al., 2023; Oladeji & al., 2019; Rioba & Stevenson, 2020); ce qui fait leur usage efficace dans la lutte contre les insectes nuisibles à l'homme comme méthode alternative aux insecticides synthétiques et pourrait réduire les nuisances de ces insectes.

Les huiles essentielles sont des produits naturels qui peuvent être extraites des différents organes de végétaux aromatiques dont les feuilles, tiges, fleurs, écorces et racines (Dung & al., 2021; Tran & al., 2019), et qui représentent l'un des principes actifs les plus importants en raison de leurs multiples et diverses applications (Maiga, 2022). Elles sont constituées de plusieurs molécules chimiques qui diffèrent selon la nature de la plante et le sol sur lequel la plante va croître (Angioni & al., 2004), le temps de récolte (Celiktas & al., 2007), la partie de la plante (Flamini & al., 2002). Actuellement, les propriétés répulsives et insecticides des huiles essentielles des plantes intéressent de nombreuses équipes de chercheurs (Chintalchere & al., 2020; Silvério & al., 2020). Il a été montré que les huiles essentielles des végétaux sont biodégradables, avec de faibles taux de résistance chez les insectes nuisibles (Da Silva & al., 2023; Silvério & al., 2020). Elles sont également inoffensives pour les espèces non ciblées (Benelli & al., 2018; Brügger & al., 2019).

Il a été montré que les constituants chimiques responsables des propriétés des huiles essentielles varient selon plusieurs facteurs dont les facteurs climatiques, la nature du sol, les pratiques culturales (Kraiffi & Khaoula, 2021). Cependant, très peu de travaux sur l'étude des huiles essentielles extraites des plantes du Burundi ont été réalisés (De Cliff & Harerimana, 2013). En plus, aucune étude n'a été menée sur les propriétés répulsives et insecticides des huiles essentielles issues des plantes de la flore burundaise contre les insectes vecteurs de maladies. D'où la nécessité de la recherche qui sert à évaluer les activités répulsives et insecticides des huiles essentielles extraites des plantes aromatiques du Burundi.

I.2. PROBLEMATIQUE

Il existe une variété d'insectes vecteurs de nombreuses maladies humaines dans l'environnement tropical. Dans les pays en voie de développement, en particulier le Burundi, suite au faible pouvoir d'achat des insecticides de synthèse, la population est exposée à de nombreuses maladies transmises par des insectes vecteurs comme des mouches, des moustiques, etc. Des études montrent que des insecticides de synthèse présentent des effets néfastes sur la santé humaine et sur l'environnement. D'où l'urgence de recherche des insecticides naturels comme les HEs qui, tout en étant aussi actifs, sont biodégradables.

Ces dernières années ont été marquées par l'extension rapide de plusieurs maladies humaines transmises par des insectes vecteurs suite aux changements climatiques, sociétaux, environnementaux qui influencent considérablement les modes de transmission des maladies.

La mouche domestique, vecteur de divers agents pathogènes comme les bactéries (*Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, *Shigella dysenteriae*, etc.), les champignons (*Cladosporum cladosporoides*, *Aspergillus flavus*, etc.), les parasites (*Ascaris lumbricoides*, *Entamoeba histolytica*, etc.) et les virus (Senecavirus A, Ebola virus, etc.)(Khamesipour & al., 2018; Monyama & al., 2022) à l'homme et aux animaux domestiques est l'un des insectes les plus nuisibles à l'humanité.

Sur le plan scientifique, les huiles essentielles sont les mieux indiquées pour leur efficacité biocide, leur potentiel insecticide-insectifuge et pour leur usage thérapeutique, médicinal et alimentaire. En effet, il a été montré que ces dernières peuvent être utilisées comme produits alternatifs aux insecticides de synthèse (Chintalchere & al., 2021). A notre connaissance, il n'existe aucun rapport publié sur les activités répulsives et insecticides des huiles essentielles extraites des plantes aromatiques de la flore burundaise. C'est pour cette raison qu'on a mené cette étude qui avait pour thème: « **Evaluation des activités répulsives et insecticides des huiles essentielles extraites du *Cymbopogon citratus* cultivé au Burundi contre les mouches domestiques (*Musca domestica*)** ». Il est indispensable de rechercher des insecticides biologiques efficaces et capables de maintenir la population des vecteurs de maladies en dessous du seuil de nuisance.

I.3. HYPOTHESES

On est parti des hypothèses de recherche suivantes:

- La flore burundaise renfermerait des espèces végétales sécrétrices des huiles essentielles,
- Les huiles essentielles extraites du *Cymbopogon citratus* local auraient le potentiel répulsif sur les mouches domestiques,
- Les huiles essentielles du *Cymbopogon citratus* seraient très efficaces à la lutte contre les mouches domestiques,
- La synergie des huiles essentielles du *Cymbopogon citratus* et d'*Eucalyptus globulus* permettrait d'améliorer leur efficacité à la lutte contre les mouches domestiques.

I.4. OBJECTIF GENERAL

L'objectif général de cette étude scientifique consiste à déterminer les effets répulsif et insecticide des huiles essentielles extraites du *Cymbopogon citratus* cultivé au Burundi et de leur synergie avec celles extraites d'*Eucalyptus globulus* contre les mouches domestiques.

I.5. OBJECTIFS SPECIFIQUES

Les objectifs spécifiques de cette recherche visent à:

- Extraire les huiles essentielles du *Cymbopogon citratus* et d'*Eucalyptus globulus* de la flore burundaise,
- Evaluer le potentiel répulsif des huiles essentielles du *Cymbopogon citratus* et celui de leur synergie avec celles d'*Eucalyptus globulus* contre les mouches domestiques,
- Evaluer la toxicité des huiles essentielles du *Cymbopogon citratus* et celui de leur synergie avec celles d'*Eucalyptus globulus* sur les mouches domestiques,
- Comparer les effets des huiles essentielles du *Cymbopogon citratus* à ceux de leur synergie avec celles d'*Eucalyptus globulus* sur les mouches domestiques.

CHAP II : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

II.1. INTRODUCTION

Depuis longtemps, les plantes médicinales et aromatiques représentent une source inépuisable des remèdes traditionnels et efficaces grâce à leurs différents principes actifs notamment les huiles essentielles. Les combinaisons des huiles essentielles extraites séparément des plantes aromatiques présentent des effets synergiques et antagonistes (Bayala & al., 2014; Nébié & al., 2009). La population burundaise avait longtemps eu recours à la médecine traditionnelle grâce à la richesse et la diversité floristique du pays.

En effet, le Burundi, de par sa position géographique, se jouit de plusieurs facteurs de pédogenèse et de grandes variations de microclimats auxquels s'ajoutent les ressources hydriques, qui lui confèrent un patrimoine floral d'une grande diversité (De Cliff & Harerimana, 2013). Ainsi, la valorisation des plantes aromatiques et médicinales de la flore nationale sera d'un grand apport pour l'industrie pharmaceutique burundaise et aura un impact économique évident. Par méconnaissance des valeurs ajoutées éventuelles des huiles essentielles, les plantes médicinales et aromatiques sont sous-estimées par la population locale qui, pourtant, n'ignore pas leurs propriétés naturelles intrinsèques. Or, les huiles essentielles font partie des extraits végétaux qui peuvent être utilisés comme alternatifs pour remplacer les conservateurs et les pesticides synthétiques (Herman & al., 2019; Kiruthika & Vishali, 2023). Elles sont utilisées depuis l'antiquité et sont largement employées de nos jours, pour leurs propriétés biologiques et leurs multiples applications dans des diverses industries. Cette originalité fait que l'étude des huiles essentielles de la flore burundaise présente un intérêt scientifique fondamental pour la connaissance et le savoir dans le domaine de la pharmacopée traditionnelle mais également un intérêt scientifique appliqué dans le domaine de la valorisation des substances naturelles.

II.2.GENERALITES SUR LES MOUCHES

Il existe environ 600 espèces de mouches et sont parmi les insectes nuisibles. Dans la plupart de cas, elles ne sont pas hématophages, ne piquent ni l'homme ni les animaux, mais peuvent néanmoins transporter des pathogènes sur leurs pattes ou sur leurs corps en faisant la navette entre les tas de détritus ou de déjections et des aliments. C'est le cas de mouche de la viande, de mouche verte et de mouche domestique (Duvallet, 2006).

Les mouches peuvent être classées en trois groupes suivant leur biologie et leur comportement (Bouafou & al., 2006):

- ✓ les mouches piqueuses : stomoxes (*Stomoxys calcitrans*), glossines ou tsé-tsé (*Glossina sp*.) qui sont des insectes transmetteurs mécaniques et biologiques ;
- ✓ les mouches non piqueuses : mouches domestiques (*Musca domestica*), mouches bleues (*Calliphora vomitoria*), mouches vertes de la viande (*Lucilia sericata*). Elles sont exclusivement des transmetteurs mécaniques ;
- ✓ les mouches à myiases (*Auchmeromyia luteola*, *Cordylodia althropophaga*) dont les larves se développent dans le tube digestif, la peau et les cavités naturelles de l'homme et des vertébrés.

La présente recherche ne portera que sur l'espèce la plus connue, la mouche domestique (*Musca domestica*), à cause de son abondance et de l'ignorance de la population sur les pathogènes qu'elle véhicule.

II.2.1. MOUCHE DOMESTIQUE

La mouche domestique appartient au règne animal, à l'embranchement des Arthropodes, à la classe des Insectes, à la famille des Muscidés, au genre Musca et à l'espèce *Musca domestica*. C'est un insecte très envahissant, qui colonise toutes les régions du monde où vit l'homme.

Parmi les 600 espèces de mouches, la mouche domestique (*Musca domestica*) est la plus répandue (Keiding & Control, 1986) qui, à l'âge adulte, mesure 5 à 8 millimètres de long et les femelles sont légèrement plus grosses que les mâles. Durant sa vie, la femelle pond, souvent sur des matières organiques, entre 400 et 600 œufs (en 5 fois) et la vie des mouches varie entre 2 et 4 semaines dans la nature (Leyo & al., 2021).

II.2.2. CYCLE BIOLOGIQUE DE LA MOUCHE DOMESTIQUE

Le cycle de développement de la mouche domestique (**Figure 1**) comporte 4 stades: **l'œuf, la larve ou asticot, la pupe et l'adulte ou imago**. Les asticots sont issus des œufs pondus par la mouche à la surface de matières organiques. L'éclosion des œufs peut se faire entre 8 à 12 h après la ponte en fonction des conditions de température variant de 25 à 35°C (Leyo & al., 2021). Après l'éclosion, les asticots s'enfoncent rapidement dans la matière organique supportant les œufs. Ils ont une morphologie et un mode de vie très différents de l'adulte. Les asticots passent par trois stades de développement appelés stades larvaires. Le stade pupe peut durer 3 à 5 jours, sans s'alimenter et immobile jusqu'à l'émergence de la mouche adulte.

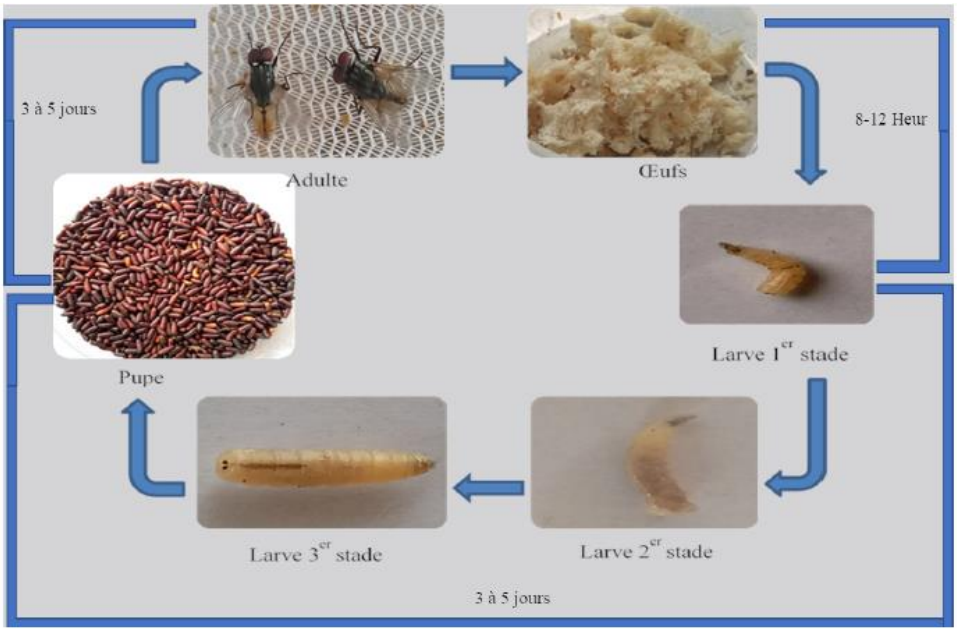


Figure 1: Cycle de développement de la mouche domestique (Leyo & al., 2021).

II.2.3. NUISANCE DE LA MOUCHE DOMESTIQUE A LA SANTE PUBLIQUE

La mouche domestique constitue une nuisance à l'humain et à l'animal. Elle souille l'intérieur et l'extérieur des habitations par ses déjections. Elle fréquente des milieux insalubres (immondices et latrines) et les germes pathogènes adhèrent facilement à la surface de son corps ou sont ingérés avec les aliments. Ces germes peuvent survivre plusieurs jours au niveau de son jabot ou dans son intestin (Buyukyavuz, 2023). Les mouches sont porteuses et vectrices de plus de 100 microorganismes pathogènes, dont ceux qui sont responsables du choléra, de la typhoïde, des salmonelloses ou de la dysenterie bacillaire (Aigle & al., 2016). Le tableau, **annexe 1**, contient les maladies susceptibles d'être transmises par *Musca domestica*.

La forte densité de population, des conditions de vie insalubres, une mauvaise hygiène, un faible statut socio-économique et un contact récent avec un patient atteint sont des facteurs du risque de contamination de ces maladies entériques (Amicizia & al., 2019). Au Burundi, le nombre annuel de cas et de décès était respectivement 19 943 et 758 alors que la Tanzanie, l'Inde, le Nigeria, Haïti, l'Éthiopie, la République démocratique du Congo, le Kenya et le Bangladesh avaient un nombre de plus de 100 000 cas par an (Ali & al., 2015). Dans le monde, les études permettent d'estimer qu'il y a chaque année 1,3 à 4 millions de cas de choléra, et 21 000 à 143 000 décès dus uniquement à cette maladie (OMS, 2022).

II.3. GENERALITE SUR LES ESPECES VEGETALES

II.3.1. BREF APERÇU SUR LA FAMILLE DES POACEAE

Les Poaceae, également appelées Gramineae représentent la cinquième plus grande famille botanique. La famille des Poaceae compte actuellement environ 11 783 espèces réparties sur plus de 700 genres parmi lesquels se trouve le genre *Cymbopogon* (Soreng & al., 2022). Elle est représentée par des herbes, des céréales, des bambous et des plantes herbacées, qui poussent partout dans le monde, s'adaptant très bien à des conditions très variables, autant dans les déserts arides que dans les forêts humides, mais également dans les montagnes froides. Les Poaceae sont des plantes annuelles ou vivaces, qui comportent une tige creuse et cylindrique. Les racines forment un vaste réseau souterrain. Les feuilles sont allongées et étroites, majoritairement linéaires. Les Poaceae étant la famille d'angiospermes la plus répandue dans le monde (Linder & al., 2018). Les Poaceae sont généralement utiles aux humains et aux animaux sous forme de céréales, de fourrage séché et d'herbes vertes.

Elles sont également utilisées industriellement pour produire une large gamme de sous-produits, notamment des adhésifs, de l'alcool, des huiles aromatiques, des fibres, du papier, de l'amidon et du sucre (Farouk & al., 2023). Dans ce point, nous décrirons brièvement le genre *Cymbopogon*, l'espèce *Cymbopogon citratus* concernée par notre étude, ainsi que la classification taxonomique du *Cymbopogon citratus*.

II.3.1.1. DESCRIPTION BOTANIQUE DU GENRE CYMBOPOGON

Le *Cymbopogon* est un genre avec de nombreux noms, tels que lemongrass, barbed wire grass, silky heads, Cochin grass, Malabar grass, oily heads, citronella grass, or fever grass (Mohammed, 2019). Ce genre comporte plus de 140 espèces cultivées, dont 52 sont situées en Afrique, 45 en Inde, 6 en Australie, 6 en Amérique du Sud, 4 en Europe, 2 en Amérique du Nord et le reste en Asie du Sud (Khanuja & al., 2005; Machraoui, 2018).

Les études ont montré que l'ethnopharmacologie des espèces de *Cymbopogon* possède un ensemble diversifié des caractéristiques qui soutiennent leurs applications traditionnelles dans les domaines des cosmétiques, des produits pharmaceutiques, des répulsifs contre les insectes, des insecticides et de la parfumerie, principalement en raison de leur teneur élevée en huiles (Khanuja & al., 2005).

II.3.1.2. DESCRIPTION BOTANIQUE DE L'ESPECE *CYMBOPOGON CITRATUS*

Cymbopogon citratus communément appelé Citronnelle, Citronnelle des Indes ou Citronnelle de Madagascar est une plante aromatique appartenant à la famille des Poacées, au genre *Cymbopogon*.

C'est une plante herbacée vivace avec de minuscules feuilles longues et en forme d'aiguilles. Les feuilles en forme de lanières mesurent environ 1,3 à 2,5 centimètres de largeur, 0,9 centimètres de longueur avec des pointes lâches et une coloration vert bleuâtre brillante avec un arôme d'agrumes une fois broyées en raison de la présence de citral et d'une teneur élevée en géranial, néral et aldéhyde (Oladeji & al., 2019; Tajidin & al., 2012). Le limbe de la feuille mesure environ 18 à 36 centimètres avec des nervures parallèles et des caractéristiques de chute voyantes. Ils ne produisent ni fleurs ni panicules (cultivars).

L'inflorescence mesure environ 30 à 60 centimètres avec des grappes appariées d'épis pour une inflorescence partielle. La plante pousse en touffes fertiles et peut atteindre respectivement environ 1,8 mètres et 1,2 mètres de hauteur et de largeur (Chanthai & al., 2012). Il est intéressant de noter que plusieurs pays choisissent également citronnelle comme insectifuge contre les moustiques, les mouches domestiques et les puces (Tibenda & al., 2022) et leurs huiles essentielles sont aussi utilisées dans les produits industriels (Ouled & al., 2010). Certains travaux de recherche montrent que la composition chimique des huiles essentielles de *Cymbopogon citratus* diffère selon la région d'origine et les composés comprenant des terpènes d'hydrocarbures, des alcools, des cétones, des esters et des aldéhydes ont été systématiquement détectés dans ces dernières (Wadhwa & al., 2023).

II.3.1.3. POSITION SYSTEMATIQUE DE L'ESPECE *CYMBOPOGON CITRATUS*

Les détails taxonomiques du *Cymbopogon citratus* sont les suivants (Shah & al., 2011) :

Règne **:** Plantae

Division **:** Magnoliophyta

Classe **:** Liliopsida

Ordre **:** Poales

Famille **:** Poaceae

Genre **:** Cymbobogon

Espèce : ***Cymbopogon citratus***

Nom vernaculaire : Cayicayi



Figure 2: *Cymbopogon citratus* (Photo prise en novembre 2023).

II.3.2. BREF APERÇU SUR LA FAMILLE DES MYRTACÉES

La famille Myrtaceae comprend environ 6000 espèces dans 132 genres parmi lesquels il y a le genre *Eucalyptus* , avec une large distribution dans les régions tropicales et tempérées chaudes du monde (Christenhusz & Byng, 2016). Ces plantes se présentent sous la forme d'arbres et d'arbustes et sont souvent riches en huiles aromatiques.

De nombreuses espèces de cette famille possèdent des propriétés médicinales et sont fréquemment utilisées en médecine traditionnelle. Leurs propriétés thérapeutiques précieuses ont stimulé une activité de recherche fructueuse visant à l'identification des composants bioactifs de leurs extraits donnant une grande diversité de terpènes, des polyphénols, et d'autres produits exclusifs (Nicoletti & al., 2018). Ce point est une brève description botanique du genre *Eucalyptus,* de l'espèce *Eucalyptus globulus* faisant partie de cette étude. En fin, c'est la classification systématique d'*Eucalyptus globulus.*

II.3.2.1. DESCRIPTION BOTANIQUE DU GENRE *EUCALYPTUS*

Le terme *Eucalyptus* a été utilisé pour la première fois en 1777 par un botaniste français, Charles-Louis L'Héritier de Brutelle. Il a inventé ce nom à partir du grec « eu » qui signifie « bien » et « calyptos » qui signifie « couvert » en référence à l'opercule qui se trouve sur le fruit des *Eucalyptus*, les capsules. C'est d'ailleurs une caractéristique commune à tous les *Eucalyptus* (Meksem, 2018). Le genre *Eucalyptus* comprend plus de 700 espèces d'arbres et d'arbustes aromatiques, la plus commune étant *Eucalyptus globulus*.

Au Burundi, les premières plantations d'*Eucalyptus* avaient débuté en 1931, mais aucune étude de leur provenance n'a été réalisée à cette époque (J. Trouvilliez & al., 1987).

II.3.2.2. DESCRIPTION BOTANIQUE DE L'ESPECE *EUCALYPTUS GLOBULUS*

Les eucalyptus sont des arbres à feuilles persistantes de la famille des myrtacées originaires d'Australie et des îles environnantes, et certaines espèces ont été introduites, notamment *Eucalyptus globulus*. L'eucalyptus peut être cultivé partout dans le monde, c'est un très bel arbre au tronc droit, lisse, grisâtre, qui porte des rameaux dressés sa croissance rapide, son odeur aromatique qui éloigne les insectes et son pouvoir absorbant de l'humidité l'ont fait introduire dans la région méditerranéenne pour assainir certaines étendues marécageuses (Meksem, 2018). L'*Eucalyptus globulus* mesure de 30 à 60 mètres de haut, il peut dépasser 60 mètres dans certains cas (Koziol, 2015). Son tronc est lisse et sa couleur varie du blanc au gris. Son écorce se détache facilement en longues bandes. Les jeunes feuilles sont cireuses, ovales, claires, opposées et sessiles. Mais, ce sont les feuilles poussant sur les vieilles branches qui sont officinales car ce sont les seules possédant des poches à essences sur la face inférieure. Ces feuilles peuvent atteindre 25 centimètres de long.

Elles sont falciformes, alternes, pétiolées, de couleur grise-verte. Les feuilles ont une nervure principale surtout distincte sur la face inférieure. La plante coupée est reconnaissable par la présence de nombreuses poches sécrétrices sur la face inférieure de la feuille.

L'*Eucalyptus globulus* est riche en huiles essentielles qui étaient utilisées depuis l'antiquité comme remède, principalement pour lutter contre les maladies respiratoires. Elles sont dotées de nombreuses propriétés thérapeutiques; antipyrétiques, antiseptiques, toniques, astringentes et hémostatiques, antiparasitaires, antimicrobiennes, antioxydants, anti-inflammatoires et anti-tumorales (Boukhatem & al., 2018). De même, elles peuvent être employées dans la conservation d'aliments ou comme bio-insecticide contre les moustiques et les mouches domestiques (Koziol, 2015).

II.3.2.3. POSITION SYSTEMATIQUE DE L'ESPECE *EUCALYPTUS GLOBULUS*

Selon la nomenclature classique (Goetz & Ghedira, 2012), la position systématique de l'eucalyptus globuleux est comme suit :

Règne : Plantae.
Sous règne : Tracheobionta.
Super division : Spermatophyta.
Division : Magnoliophyta.
Classe : Magnoliopsida.
Sous-classe : Rosidae.
Ordre : Myrtales.
Sous-ordre : Rosidae.
Famille : Myrtaceae.
Genre : *Eucalyptus*
Espèce : *Eucalyptus globulus*
Nom vernaculaire: Ikaritusi yera



Figure 3: Arbuste d'*Eucalyptus globulus* (Photo prise en janvier 2024).

II.4. GENERALITES SUR LES HUILES ESSENTIELLES.

Actuellement, environ 3000 huiles essentielles sont connues, dont 300 sont commercialement importantes, notamment pour le secteur pharmaceutique, industrie agronomique, alimentaire, cosmétique et parfumerie (Bakkali & al., 2008). Selon Harouna & al. (2019); les huiles essentielles constituent souvent la fraction bioactive des plantes et sont parmi les biopesticides les plus efficaces. Leur toxicité est liée à la présence de certains sites fonctionnels oxygénés, mais également de la composition chimique complexe et variable en constituants d'huiles essentielles révélées (Oladipupo & al., 2020).

De plus, divers agents biologiques puissants des activités antimicrobiennes, antioxydantes, anti-inflammatoires et anticancéreuses sont attribués aux huiles essentielles (Bayala & al., 2014; Essien & al., 2010).

II.4.1. HISTORIQUE

L'histoire des huiles essentielles remonte à la civilisation de l'homme qui avait cherché la technique de séparer les éléments huileux des produits aromatiques en soumettant la matière végétale sous l'action de la chaleur. Les substances aromatiques transformées en vapeur étaient recueillies et refroidies pour les obtenir sous forme liquide. Cette méthode était certainement connue par des Chinois et des Indiens depuis 20 siècles avant J.C et prit le nom de distillation. Les huiles essentielles étaient employées pour la conservation des momies, l'aromatisation des bains, la désinfection des plaies avec les onguents, les parfums et la fabrication des boissons aromatiques par les Egyptiens et les Arabe (Bousbia, 2011). Après leurs conquêtes en Afrique du Nord et en Espagne, les arabes les firent connaître aux Espagnols, lesquels à leur tour les propagèrent en Europe, à travers les possessions du royaume d'Aragon, échelonnées tout le long des Côtes du Nord de la Méditerranée (Bousbia, 2011). Les huiles essentielles ont, à toute époque, occupé une place importante dans la vie quotidienne de l'homme qui les utilisait autant pour se parfumer, aromatiser la nourriture ou même pour se soigner.

II.4.2. DEFINITION

Le terme huile essentielle dérive de « quinta essentia », un nom donné par le médecin suisse Paracelsus aux extraits de plantes obtenus par distillation, il signifie la fragrance et la quintessence de la plante (Hart & al., 2008).

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes de plusieurs constituants chimiques qui sont des molécules peu complexes comme les terpènes, les phénols, les méthyle-éthers, les oxydes, les esters, les cétones, etc. (Taleb-Toudert, 2015). Selon Yaacoube & Tlidjane (2018), les huiles essentielles sont des extraits volatiles, odorants, purs et naturels provenant des plantes aromatiques comme sous-produits du métabolisme secondaire. Il s'agit des substances de consistance huileuse, très concentrées, offrant une forte concentration en principes actifs (Lardry & Haberkorn, 2007). Pour obtenir quelques millilitres d'huiles essentielles, une très grande quantité de plantes fraîches est nécessaire. Elles se différencient des huiles grasses, par leurs propriétés physiques et leur composition chimique, du fait qu'elles se volatilisent à la chaleur et que leurs taches sur le papier sont passagères (Paul & al., 2001).

II.4.3. LOCALISATION ET REPARTITION D'HEs DANS LES PLANTES

Les huiles essentielles se rencontrent dans tout le règne végétal (Maroua & Hadjer, 2022), par contre elles n'ont pas une présence générale chez les végétaux. Seules les 10% parmi 1 500 000 espèces végétales sont dites «aromatiques», et elles synthétisent et sécrètent des insignifiantes quantités d'essences aromatiques (Latreche, 2021). Elles sont produites par des cellules végétales spécialisées (glandes sécrétrices). Elles sont présentes dans différents organes végétaux producteurs, variant selon la zone productrice du végétal (Abir & Bassma, 2020; Lamamra, 2018; Latreche, 2021; Maia & Douaa, 2020) et spéciales composées d'esters d'acides gras hydroxylés hautement polymérisés associés à des groupements peroxydes (Maia & Douaa, 2020). La synthèse et l'accumulation des HEs sont en générale liées à la présence de structures histologiquement spécialisées, localisées dans certains points des tissus, et le plus fréquemment sur ou à proximité de la surface de la plante (Abir & Bassma, 2020; Achour & al., 2022; Maia & Douaa, 2020).

Les huiles essentielles sont issues du métabolisme secondaire de la plante et peuvent être stockées dans diverses structures telles que les cellules épidermiques, les cellules sécrétrices internes, les poils sécréteurs ou les trichomes et ensuite transportées dans les différentes parties de la plante lors de la croissance (Caissard & al., 2012). Selon Yaacoube & Tlidjane (2018), les HEs peuvent être stockées dans tous les organes végétaux; les fleurs, les feuilles, les racines, les rhizomes, les fruits, le bois et/ou les graines.

II.4.4. COMPOSITION CHIMIQUE DES HUILES ESSENTIELLES

La connaissance des constituants chimiques des huiles essentielles est fondamentale, à la fois pour expliquer ses propriétés, vérifier leur qualité et prévoir leur toxicité potentielle. La composition chimique des essences peut varier selon la localisation si tous les organes d'une même espèce végétale peuvent renfermer ces dernières (Figueredo, 2007), les facteurs climatiques, la nature du sol, les pratiques culturales (Kraiffi & Khaoula, 2021). Les huiles essentielles sont un mélange de constituants qui appartiennent à trois catégories de composés **terpéniques**, **aromatiques** et **diverses**.

II.4.4.1. COMPOSES TERPENIQUES

Selon Hernandez Ochoa (2005), les composés terpéniques sont largement rencontrés dans les huiles essentielles et sont formés par assemblage de deux ou plusieurs unités isopréniques dont la formule brute de chaque unité est C_5H_8. Selon le nombre de carbone constituant les molécules de ce groupe, on distingue ainsi : les hémiterpènes (1 unité), les monoterpènes (2 unités), les sesquiterpènes (3 unités), les diterpènes (4 unités), les sesterpènes (5 unités), les triterpènes (6 unités), les tétraterpènes (8 unités) et les polyisoprènes (n unités).

Dans les huiles essentielles, les terpènes les plus rencontrés sont les plus volatiles dont la masse moléculaire n'est pas trop élevée tels que les mono et les sesquiterpènes (Couic-Marinier & Lobstein, 2013). Les terpénoïdes sont des dérivés oxygénés des terpènes et sont caractérisés par une grande variété de structures selon le nombre de carbones présents, le caractère saturé ou insaturé des liaisons, la configuration spatiale (forme de chaise, bateau…) et la nature du groupe fonctionnel. Ils sont constitués des différentes fonctions (Bakkali & al., 2008). La figure 4 regroupe certaines structures des terpénoïdes parmi la grande variété des structures qui les caractérise.

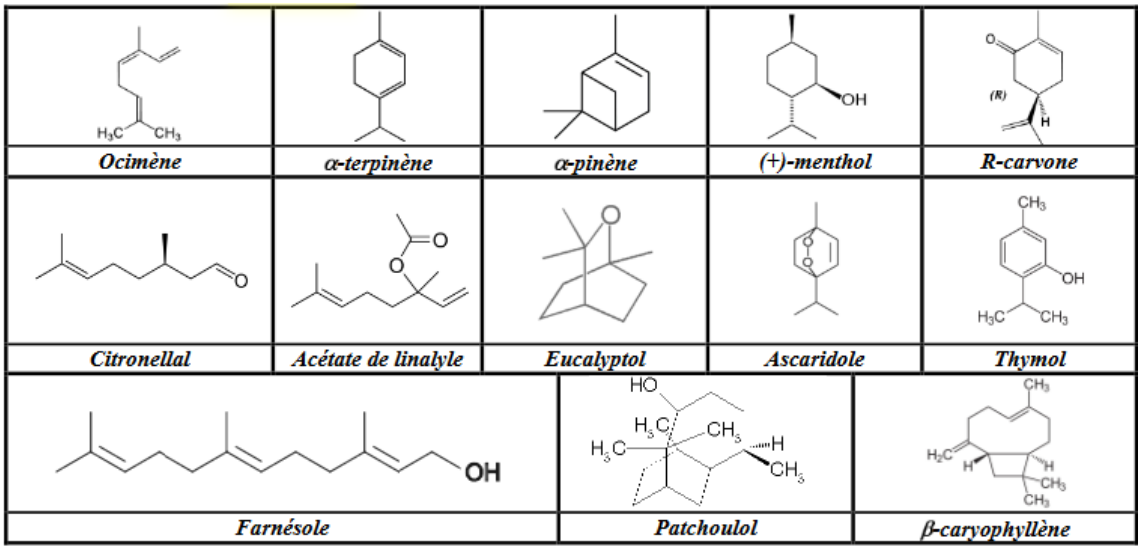


Figure 4: Structures chimiques de certains terpènes et terpénoïdes des HEs (Fillatre, 2011).

II.4.4.2. COMPOSES AROMATIQUES

La classe des composés aromatiques comprend des composés odorants caractéristiques des plantes (Chemat & al., 2012) et peuvent être des phénols (chavicol, eugénol), des aldéhydes (cinnamaldéhyde), des alcools (alcool cinnamique), des dérivés méthoxy (anéthole, estragole) ou méthylène dioxy (myristicine, safrole) (Bakkali & al., 2008). La figure 5 contient certains exemples de structures chimiques des dérivés du phénylpropane, composés aromatiques des huiles essentielles moins fréquents que les terpènes.

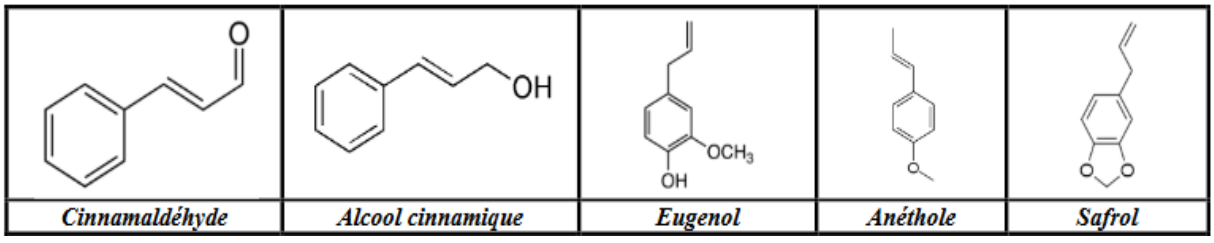


Figure 5: Structures chimiques de quelques composés aromatiques dérivés de phénylpropane caractéristiques des huiles essentielles (Fillatre, 2011).

Les composés azotés ou soufrés tels que les glucosinolates ou des dérivés d'isothiocyanate sont également caractéristiques des métabolites secondaires de diverses plantes. À titre d'exemple, les composés soufrés sont majoritairement présents dans les huiles essentielles des plantes de la famille des Alliacées (Iranshahi, 2012).

II.4.4.3. COMPOSES D'ORIGINES DIVERSES

Selon Kraiffi & son collègue (2021), les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques, généralement de faible masse moléculaire, entraînables lors de l'hydrodistillation, comme des acides (C3 à C10), alcools, aldéhydes (octanal, décanal ...), esters, lactones, produits azotés ou soufrés. Ces composés sont des produits de transformation des molécules non volatiles entraînables par la vapeur d'eau; issus de la dégradation d'acides gras, de terpènes.

II.4.5. PROPRIETES DES HUILES ESSENTIELLES

Les huiles essentielles sont des substances douées d'activités pharmacologiques beaucoup plus importantes que les plantes fraiches (Marouf & Tremblin, 2020). Leur spectre d'action est très étendu et ces activités sont par ailleurs variables selon la plante d'origine (Mehani, 2015).

II.4.5.1. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES

A. PROPRIETES PHYSIQUES

Selon Chaima & Ghania (2018), les huiles essentielles composent un groupe très homogène et doivent répondre à des paramètres physiques imposés par les normes (Abir & Bassma, 2020; Charik & Kadri, 2019; Roumaissa & Saoussen, 2020); Elles sont:

- ✓ liquides à température ambiante, d'odeur aromatique très proférée,
- ✓ volatiles,
- ✓ de consistance huileuse mais non grasse,
- ✓ majoritairement colorées, leur coloration diverse de l'incolore au brun clair.
- ✓ de densité inférieure à celle de l'eau (de 0.850 à 0.950) sauf celles officinales qui ont une densité supérieure à celle de l'eau (HEs de Cannelle, de Girofle et de Sassafras),
- ✓ d'indice de réfraction élevé et la majorité dévient la lumière polarisée,
- ✓ de point d'ébullition qui varie de 160°C à 240°C,
- ✓ sensibles à l'oxydation,
- ✓ entraînables à la vapeur d'eau,
- ✓ liposolubles et faiblement solubles dans l'eau, les alcools, les huiles fixes et dans la plupart des solvants organiques.

B. PROPRIETES CHIMIQUES

Les huiles essentielles se combinent avec la potasse pour donner des composées d'addition et avec l'eau pour constituer des hydrates. Elles s'oxydent facilement en présence de la lumière et se résinifient en absorbant de l'oxygène, simultanément, leur odeur modifie, leur solubilité diminue et leur point d'ébullition augmente (Charik & Kadri, 2019; Roumaissa & Saoussen, 2020).

II.4.5.2. PROPRIETES BIOLOGIQUES

i) PROPRIETES ANTI-INFLAMMATOIRES

Les huiles essentielles riches en aldéhydes sont douées des propriétés actives contre les états inflammatoires. Les huiles essentielles d'eucalyptus citronné, de géranium, de gingembre, de Giroflier ont un bon pouvoir anti-inflammatoire (Mehani, 2015). Les HEs de myrrhe amère possèdent un intérêt clinique réel, elles sont riche en sesquiterpènes d'action longue et profonde. Elles se révèlent comme antalgiques, anti-inflammatoires et anesthésiques locales puissantes (Shen & al., 2012).

ii) PROPRIETES ANTI-INFECTIEUSES

Grace à leurs multiples molécules actives, les HEs sont anti-infectieuses à des degrés divers (Buckle, 2015). Comme les huiles essentielles sont lipophiles, traversent facilement les parois cellulaires et cytoplasmiques en causant des dommages irréversibles à ces parois et de l'augmentation de leur perméabilité. Cela leur confère une cytotoxicité importante (Mehani, 2015).

- PROPRIETES ANTIFONGIQUES

Les HEs de *Thymus capitatus* et *Thymus bleicherianus* ont montré, in vitro, une forte activité antifongique contre tous les champignons de pourriture du bois d'œuvre testés et les auteurs ont attribué le grand pouvoir bioactif observé chez les deux huiles, principalement, à leurs teneurs élevées en phénols terpéniques: Carvacrol et Thymol (El Ajjouri & al., 2008).

- PROPRIETES ANTIPARASITAIRES

Le Thym à Linalol, la Sarriette des montagnes sont d'excellentes huiles essentielles antiparasitaires. Les HEs riches en phénols ont une action puissante contre les parasites (Chaima & Ghania, 2018).

- PROPRIETES ANTISEPTIQUES

Les huiles essentielles contiennent des aldéhydes et des terpènes responsables des propriétés antiseptiques, désinfectantes et qui s'opposent à la prolifération des germes pathogènes comme par exemple les HEs d'*Eucalyptus radiata* (Achour & al., 2022).

- PROPRIETES INSECTICIDES

Certaines huiles essentielles sont des insectifuges et/ou des insecticides comme celles qui contiennent des fonctions aldéhydes; cas du citronellal présent dans l'eucalyptus citronné ou la citronnelle (Achour & al., 2022).

- PROPRIETES ANTIBACTERIENNES

Les HEs agissent en empêchant la multiplication des bactéries, leur sporulation et leur synthèse de toxines. L'activité antimicrobienne est la principale fonction de leur composition chimique et de la nature de leurs composés volatils majeurs (Deba & al., 2008). Les phénols (Carvacrol, Thymol) possèdent le coefficient antibactérien le plus élevé, suivi des monoterpénols (Géraniol, Menthol, Terpinéol), aldéhydes (Néral, Géranial) (Chaima & Ghania, 2018).

- PROPRIETES ANTIVIRALES

Selon Agrane & son collègue (2017), les virus sont très sensibles aux molécules aromatiques, les HEs constituent une aubaine pour traiter ces fléaux infectieux. Plus d'une dizaine d'HEs possèdent des propriétés antivirales, comme par exemple les HEs de Ravintsara, de Bois de Hô, ou de Cannelle de Ceylan. Les virus sont assez sensibles aux HEs à phénol et à monoterpénol (Kiplimo, 2007).

- ACTIVITE ANTIOXYDANTE

Les antioxydants, surtout les phénols et les polyphénols, sont des agents de prévention. Ce sont la capacité des HEs à inhiber le processus d'oxydation alimentaire. Ils bloquent l'initiation en complexant les catalyseurs (oxygène, photons, métaux lourds, température et enzyme comme lipoxygénase) (Sharif & al., 2017).

iii) PROPRIETES CICATRISANTES

Les HEs utilisées contre les maladies de la peau ont des propriétés cicatrisantes dues à leur activité physico-chimique et leur action cinétique. On citera les HEs de Lavande Spike, Palmarosa. Nyaoli, Raven Sara et Rosemary (Mehani, 2015).

iv) PROPRIETES DIGESTIVES

Selon Achour & al. (2022), les plantes riches en huiles essentielles, sont traditionnellement utilisées depuis l'antiquité comme épice pour leurs propriétés digestives, carminatives, cholérétiques et hépato-stimulantes. L'Estragon a une action digestive et coupe-faim. Il permet de stimuler la sécrétion des sucs digestifs. Les huiles essentielles de Menthe poivrée soulage les nausées (Mohr & al., 2021).

v) PROPRIETES REGULATRICES DU SYSTEME NERVEUX

Les HEs agissent sur le système nerveux central et le système nerveux autonome. Ce sont des huiles à action sédative ou à action stimulante. De nombreuses HEs ont une action antispasmodique qui leur permet d'avoir une action contre certaines douleurs; gastriques, menstruelles, musculaires, céphalées, rhumatismes (Mehani, 2015).

✓ PROPRIETES ANTISPASMODIQUES

Selon Koto & al. (2006), tous les esters sont des spasmolytiques agissant à plusieurs niveaux; central, neurovégétatif et musculaire. Les HEs contenant des esters ou celles riches en éthers ont une action sur les spasmes des muscles lisses ou striés comme les HEs d'Hélichryse.

✓ PROPRIETES ANALGESIQUES, ANTALGIQUES

Les HEs d'Eucalyptus citronné, de Gingembre, de Lavande vraie sont les plus connues pour leurs actions antalgiques.

✓ PROPRIETES CALMANTES, ANXIOLYTIQUES

Les méthyl-éthers ayant des propriétés très proches de celles des esters agissent sur le système nerveux avec des effets tant calmants pour les sujets hypertoniques que toniques pour les personnes asthéniques. Les HEs riches en aldéhydes terpéniques sont sédatifs, et favorisent la détente et le sommeil calmantes du système nerveux central (Thangaleela & al., 2022).

II.4.6. FACTEURS INFLUENÇANT LE RENDEMENT ET LA COMPOSITION DES HEs

Certains facteurs influencent le rendement en HEs, leurs compositions chimiques et sont relatifs à la plante productrice, d'avec son environnement et d'autres sont liés aux conditions d'extraction et de stockage (Formisano & al., 2015; Moghaddam & Mehdizadeh, 2017; Rehman & Asif, 2016).

II.4.6.1. FACTEURS PHYSIOLOGIQUES

Les facteurs physiologiques (type de matériel végétal, le stade de développement de la plante et la nature des structures sécrétrices) déterminent la quantité et la qualité des HEs produites (Figueiredo & al., 2008). En effet, les HEs sont généralement plus abondantes dans les organes jeunes. Le stade de développement influence également la composition des HEs et par conséquent sa couleur. Généralement peu de plantes donnent des HEs de composition similaire pour leurs différent organes (fleurs, feuilles,...). Cette différence de composition peut être en partie expliquée par l'existence de structures sécrétrices différentes d'un organe à l'autre.

En effet, les plantes ayant des structures sécrétrices internes sont caractérisées par une stabilité du rendement en HEs. Outre les variations annuelles et mensuelles, il peut également y avoir des fluctuations journalières qui semblent être liées à l'activité des pollinisateurs.

En effet, pour les espèces à pollinisation diurne l'émission des composés volatiles atteinte est maximum pendant la journée tandis que celles à pollinisation nocturne montrent une émission maximale pendant la nuit. Les dommages mécaniques (herbivores) ou chimiques (herbicides) affectent le rendement de la qualité des HEs (Banchio & al., 2007). En effet, les HEs extraites à partir d'une plante traumatisée contiennent des composées qui ne sont pas présents dans les HEs extraites d'une plante saine.

II.4.6.2. FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

Selon certains travaux (Bouguerra & Barkat, 2012; Fejér & al., 2018; Yavari & al., 2010), les conditions environnementales influencent aussi la composition chimique des HEs. La température, la quantité de lumière, la pluviométrie, la pollution et les conditions édaphiques représentent autant de causes potentielles de variations du rendement et de la qualité des HEs d'une plante aromatique donnée. En effet, durant les mois de basse température et de courte photopériode, on assiste à une réduction évidente de la production des composées volatiles.

II.4.6.3. FACTEURS GEOGRAPHIQUES

Certains travaux ont montré l'existence d'une corrélation entre la composition qualitative des HEs et la variation géographique (Azevedo & al., 2001; Orav & al., 2006). La variation peut être liée d'un coté à la divergence génétique des plantes et d'un autre coté à une différence des conditions environnementales propre à chaque région géographique.

De plus, plusieurs phytopathologies sont responsables d'une instabilité de production des HEs. La nature du sol (type et composition) utilisé pour la culture des plantes influence la récolte, le rendement et même la composition des HEs (Boira & Blanquer, 1998).

II.4.6.4. CONDITIONS D'EXTRACTION DES HEs

Selon certaines études de recherche (Kayode & Afolayan, 2015; Sefidkon & al., 2006), les méthodes d'extraction ont une influence sur la composition chimiques des HEs. La composition et le rendement des HEs peuvent également être influencés par le stockage des matières premières avant distillation. Des pertes considérables d'HEs sont observées lors d'un stockage prolongé au congélateur, avec peu d'évolution de la composition chimique (Argyropoulos & Müller, 2014). Par ailleurs le temps de stockage des HEs après l'extraction tend aussi à modifier la composition chimique de ces huiles (Turek & Stintzing, 2013; Rowshan & al., 2013).

II.4.7. CONSERVATION DES HUILES ESSENTIELLES

Il a été prouvé que les HEs subissent des altérations lors de leur conservation qui entraînent non seulement une déficience sensorielle et technologique, mais peuvent également compromettre le bien-être du consommateur. La connaissance approfondie des caractéristiques des HEs lors du stockage et le contrôle de leur qualité sont indispensables.

Seules quelques études qui ont été menées pour évaluer la stabilité des HEs dans le temps tout en tenant compte de l'impact des différentes conditions de stockage (Turek & Stintzing, 2013). Des changements de modèles chimiques et des propriétés physicochimiques des HEs bien définies jusqu'à 18 mois, ont été surveillés pour évaluer globalement leur stabilité individuelle (Turek & Stintzing, 2012).

En général, il est rare de trouver des études fiables et complètes sur le stockage des HEs et des spécifications concrètes sur les méthodes appropriées. Selon Turek & son collègue (2013), les conditions de stockage ainsi que la durée de conservation des HEs n'ont pas été clairement définies, sauf un nombre très limité d'huiles volatiles qui ont été soumises à des expériences de stockage. En revanche, pour limiter les risques de dégradation des HEs qui peuvent modifier leurs propriétés, il est important de les enfermer convenablement dans des flacons opaques, propres et secs, métalliques (aluminium ou acier inoxydables) ou en verre teinté et à l' abri de la chaleur et de la lumière.

Il a été démontré que le caractère individuel des HEs influence la réponse à la température et à la lumière ainsi que l'empressement d'huiles respectives à s'oxyder (Turek & Stintzing, 2012). Les HEs sont des substances sensibles et très délicates, ce qui rend leur conservation difficile et obligatoire. Elles se conservent plusieurs années et ont même tendance à se bonifier avec le temps (à l'exception des HEs extraites des zestes d'agrumes qui ne se conservent pas plus de 2 ans). En plus, il faut éviter de mettre très peu d'HEs dans le flacon et d'utiliser des emballages et des bouchons en matière plastique qui peuvent être sensibles à leurs constituants (Meriem & Rania, 2021). Selon certains travaux (Ilhem & Nariman, 2019; Meriem & Rania, 2021), les HEs se conservent entre 12 et 18 mois car avec le temps, leurs propriétés tendent à décroître. Par contre, les résultats des études faites ont indiqués que l'effet négatif de l'oxydation et de la durée de stockage sur la qualité d'HEs des plantes était plus prononcé (Soltanbeigi, 2020). Le stockage des produits végétaux secondaires, notamment les HEs, est un domaine de recherche intéressant qui nécessite des études plus approfondies avec différentes plantes aromatiques.

II.4.8. DOMAINES D'UTILISATION DES HUILES ESSENTIELLES

Selon leurs composants majeurs, les huiles essentielles des végétaux ont une importance incontestable dans divers secteurs économiques. Elles sont employées dans l'industrie de la parfumerie et de la cosmétique, dans l'industrie alimentaire, dans l'industrie pharmaceutique et plus particulièrement, dans la branche de l'aromathérapie qui utilise leurs propriétés bactéricides et fongicides (Bakkali & al., 2008; Herman & al., 2019).

CHAP III: MATERIEL ET METHODES

III.1. MATERIEL VEGETAL

III.1.1. CHOIX DES ESPECES VEGETALES

Le critère primordial du choix de la plante est qu'elle soit parmi le groupe des plantes utilisées dans la lutte contre les insectes. En effet, les espèces végétales qui feront objet d'investigations dans ce travail de recherche, ont été choisies après avoir consulté les travaux antérieurs d'enquêtes ethnobotaniques qui ont été réalisés dans les différentes régions du Burundi pour inventorier les plantes utilisées dans la lutte contre les insectes nuisibles (Ahishakiye, 2021; André, 2022; Havyarimana, 2020). En outre, le choix de la plante était fait également en tenant compte du nombre de fois d'apparition dans ces travaux, des insectes ciblés et de leur indice de confirmation ou facteur de consensus des informateurs. Ce dernier est le rapport entre le nombre de personnes ayant cité l'espèce et le nombre total de personnes interviewées.

Après avoir fait des essais d'extraction pour vérifier la présence des HEs dans les plantes choisies, les plantes ***Cymbopogon citratus*** (Cayicayi), ***Eucalyptus globulus*** (Ikaritusi yera) ont été retenues pour ce travail de recherche.

III.1.2. ECHANTILLONNAGE DES PLANTES

Les échantillons des feuilles des deux espèces ***Cymbopogon citratus*** et ***Eucalyptus globulus*** ont été collectés au mois de novembre 2023 dans deux localités différentes. L'échantillon de feuilles du *Cymbopogon citratus* a été récolté au quartier Kigobe, en commune Ntahangwa de la Mairie de Bujumbura, dans un champ situé en face de l'Ecole Normale Supérieur (ENS) alors que celui d'*Eucalyptus globulus* a été pris à la colline Kibogoye, Zone de Bugarama en commune et province Muramvya.

III.2. EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES

La méthode utilisée pour l'extraction des huiles essentielles est celle utilisée par Issakou et ses collaborateurs (Issakou & al., 2022). Elle a été faite au laboratoire de Chimie, laboratoire d'ex-CRUPHAMET (Centre de Recherche Universitaire en Pharmacopée et Médecine Traditionnelle), dans des feuilles fraîches de *Cymbopogon citratus* et d'*Eucalyptus globulus* à l'aide d'un appareillage de type Clevenger. Typiquement, 500 grammes de feuilles fraîches morcelées à l'aide d'un couteau ont été introduits respectivement dans des ballons de deux litres avec environ 800 ml d'eau et mis en ébullition pendant 3 heures. La figure 6 montre les différentes feuilles échantillonnées.



Figure 6 : Espèces végétales hydrodistillées; (a) échantillon de *Cymbopogon citratus*, (b) feuilles de *Cymbopogon citratus* morcelées, (c) échantillon *d'Eucalyptus globulus*, (d) feuilles d'*Eucalyptus globulus* morcelées.

Sur cette figure, les feuilles fraiches sont coupées en petits morceaux pour faciliter leur introduction dans le ballon afin de les hydrodistiller.

III.3.1. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le montage expérimental qui a servi à l'hydrodistillation du type Clevenger est illustré à la figure 7.



Figure 7 : Montage expérimental d'appareillage de type Clevenger utilisé; (1) chauffe-ballon ou manteau chauffant électrothermique, (2) ballon, (3) colonne de Vigreux, (4) réfrigérant ou

condensateur, (5) thermomètre, (6) ampoule à décanter, (7) support-élévateur, (8) entrée d'eau, (9) sortie d'eau, (10) supports, (11) robinet, (12) source d'électricité ou prise.

Cette technique d'extraction des HEs consiste à immerger directement la matière végétale à traiter dans un ballon (2) contenant l'eau qui est ensuite porté à ébullition. Les vapeurs chargées d'HEs passent à travers le tube vertical (3), puis dans le réfrigérant (4) où aura lieu la condensation. Les gouttelettes ainsi produites s'accumulent dans l'ampoule à décanter(6). En raison de la différence de densité, les HEs surnagent à la surface de l'eau.

III.3.2. DETERMINATION DE LA TENEUR EN HEs

La teneur en huiles essentielles des feuilles hydrodistillées est déterminée sur base de la moyenne des teneurs de trois essais d'extraction distincts pour chaque plante. La teneur en huiles essentielles de chaque essai d'extraction est calculé selon l'équation suivante (Issakou & al., 2022):

$$\boldsymbol{Teneur}\ (\text{en }\%) = \frac{Masse\ d'huiles\ essentielles\ obtenue}{Masse\ du\ matériel\ végétal\ utilisée} * 100$$

III.3.3. CONSERVATION DES HUILES ESSENTIELLES

Les HEs obtenues après l'extraction étaient recueillies dans des flacons en verre opaques de 60 ml et puis conservés au laboratoire de chimie-physique, dans un réfrigérateur, à l'abri de la lumière et à la température comprise entre 2 et 8°C avant d'évaluer leurs effets contre les mouches domestiques. La figure 8 montre les matériels dans lesquels les produits résultants d'hydrodistillation ont été recueillis.



Figure 8: Produits d'hydrodistillation; (a) huiles essentielles obtenues, (b) huiles essentielles et hydrolats recueillis.

Sur cette figure, les HEs sont recueillies dans des flacons en verre opaques et les hydrolats dans des erlenmeyers.

Comme l'hydrolat et les huiles essentielles sont immiscibles, ils ont été séparés par la technique de décantation. Cette technique est une opération de séparation mécanique, par différence de gravité. Les huiles essentielles moins denses que l'hydrolat surnagent au-dessus de ce dernier dans une ampoule à décanter et sont recueillies au second tour afin de les utiliser ultérieurement dans l'évaluation de leurs effets contre les mouches domestiques.

III.4. ECHANTILLONNAGE DES MOUCHES DOMESTIQUES

L'étude a été portée sur les mouches domestiques sans tenir compte de leurs sexes. Ces dernières ont été capturées dans un restaurant situé au quartier Nyakabiga, tout près de l'Université du Burundi (Campus Mutanga) à l'aide d'un appât constitué par des petits poissons frais mis dans des bacs en plastique transparents. Ces bacs possèdent deux orifices sur leurs couvercles dont l'un pour aérer à l'intérieur et l'autre destiné à la récupération des mouches piégées. La figure 9 montre le dispositif qui a été utilisé pour capturer les mouches.



Figure 9 : Matériels d'échantillonnage des mouches domestiques et un échantillon de mouches capturées; (a) petits poissons frais, (b) bacs en plastique transparents, (c) mouches domestiques capturées.

Sur la figure, on remarque que les deux orifices du bac en plastique n'ont pas la même dimension. En effet, le grand orifice couvert d'un morceau de moustiquaire non imprégné sert à aérer à l'intérieur du bac et l'autre de petite dimension bouché par le morceau de sparadrap est destiné à la récupération des mouches capturées.

III.5. TESTS DES EFFETS DES HEs SUR LES MOUCHES DOMESTIQUES

III.5.1. TEST D'EFFET REPULSIF

L'effet répulsif des huiles essentielles vis-à-vis des mouches domestiques a été évalué par la méthode de Chintalchere & ses collaborateurs (2020), avec des légères modifications. Cette méthode a été reprise par Khan en 2021 (Khan, 2021). Des essais préliminaires ont été réalisés pour vérifier l'efficacité de la méthode.

En effet, dix mouches domestiques sans considération de sexe et de leur âge ont été mises dans un petit bac en plastique transparent ayant des petits trous qui assurent l'aération à l'intérieur. Le bac en plastique possède la taille 18×18×20 cm et contient deux fioles coniques de 100 ml dont l'une contient une quantité déterminée d'huiles essentielles dans le lait de vache, tandis que l'autre contient 5 ml de lait sans huiles essentielles pour servir de témoin. Signalons qu'une dose de 0% a été utilisée en employant le témoin et une conique ne contenant aucune quantité d'HEs. La figure 10 illustre l'ensemble de matériels qui a servi à l'évaluation des effets répulsifs des huiles essentielles.

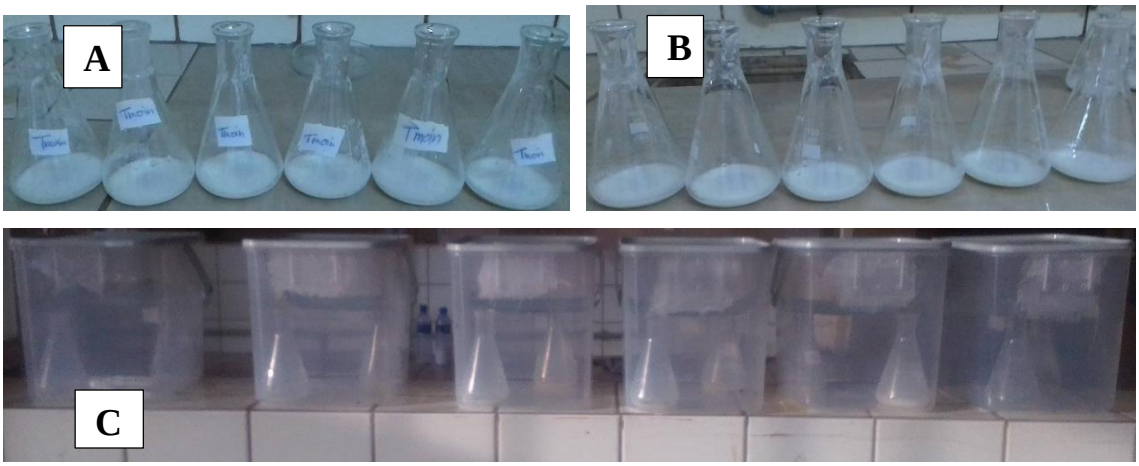


Figure 10: Dispositifs expérimentaux d'évaluation des effets répulsifs des HEs contre les mouches domestiques; (A) fioles de témoin, (B) fioles de test, (C) les bacs en plastique contenant chacun deux fioles dont un de témoin et l'autre de test.

Signalons que, dans chacune des deux fioles, le nombre total de mouches piégées a été compté après 24 heures. On considère que les mouches domestiques qui se trouvent dans le lait sans huiles essentielles ont été repoussées. Trois essais ont été effectués pour chaque dose et la moyenne des résultats obtenus a été considérée pour les analyses statistiques. Les résultats de chaque essai ont été exprimés pour chaque dose en pourcentages de répulsion (%R) selon l'équation suivante:

$$\boldsymbol{Pourcentage\ de\ répulsion}\ (\%R) = \frac{C - T}{C} * 100$$

Avec :

C nombre de mouches piégées dans la fiole de témoin,

T nombre mouches piégées dans la fiole de test contenant la formulation d'huiles essentielles.

Pour étudier l'activité répulsive, des formulations d'huiles essentielles du *Cymbopogon citratus* ont été préparées suivant le tableau I. Pour étudier son activité synergique, des formulations de la combinaison des huiles essentielles de cette plante avec celles d'*Eucalyptus globulus* ont aussi été préparées.

Tableau I: Préparation des différentes formulations d'huiles essentielles servies à l'étude de leurs effets répulsifs contre les mouches domestiques.

HEs citronnelle et ses combinaisons avec celles d'*E. globulus*	Code	Formulations
HEs de la citronnelle (*Cymbopogon citratus)*	C0	0% HEs Citronnelle + 100% lait de vache
	C1	1% HEs Citronnelle + 99% lait de vache
	C2	5% HEs Citronnelle + 95% lait de vache
	C3	10% HEs Citronnelle + 90% lait de vache
	C4	15% HEs Citronnelle + 85% lait de vache
	C5	20% HEs Citronnelle + 80% lait de vache
Combinaisons	M0	0% HEs Citronnelle + 0% HEs d'*E. globulus* + 100% lait de vache
	M1	0,5% HEs Citronnelle + 0,5% HEs d'*E. globulus* + 99% lait de vache
	M2	2,5% HEs Citronnelle + 2,5% HEs d'*E. globulus* + 95% lait de vache
	M3	5% HEs Citronnelle + 5% HEs d'*E. globulus* + 90% lait de vache
	M4	7,5% HEs Citronnelle + 7.5% HEs d'*E. globulus* + 85% lait de vache
	M5	10% HEs Citronnelle + 10% HEs d'*E. globulus* + 80% lait de vache

III.5.2. TEST D'EFFET INSECTICIDE

La méthode utilisée pour tester les effets insecticides des huiles essentielles est celle d' Attaullah & ses collaborateurs (2020), qui avaient apporté des légères modifications à la méthode utilisée par Khater & Geden (2019), également recommandée par l'OMS (Corbel & al., 2023). Les essais préliminaires de test ont été réalisés pour vérifier l'efficacité de la méthode. Ces essais ont permis de constater que le volume minimum de solution requis pour fournir une fine couche sur les parois internes des béchers utilisés est de 1ml. Des formulations d'HEs du *C. citratus* et celles de leur combinaison avec les huiles essentielles d'*E. globulus* (**Tableau II**) ont été préparées pour analyser leurs effets insecticides contre les mouches domestiques.

Tableau II: Préparation des différentes formulations d'huiles essentielles utilisées pour évaluer leurs effets insecticides contre les mouches domestiques.

HEs citronnelle et ses combinaisons avec celles d'*Eucalyptus globulus*	Code	Formulations
HEs de la citronnelle (*Cymbopogon citratus)*	C0	0% HEs Citronnelle + 100% Acétone
	C1	1% HEs Citronnelle + 99% Acétone
	C2	5% HEs Citronnelle + 95% Acétone
	C3	10% HEs Citronnelle + 90% Acétone
	C4	15% HEs Citronnelle + 85% Acétone
	C5	20% HEs Citronnelle + 80% Acétone
Combinaisons	M0	0% HEs Citronnelle + 0% HE d'*E. globulus* + 100% Acétone
	M1	0,5% HEs Citronnelle+0,5% HEs d'*E. globulus* + 99%Acétone
	M2	2,5% HEs Citronnelle+2,5% HEs d'*E. globulus* + 95%Acétone
	M3	5% HEs Citronnelle + 5% HEs d'*E. globulus* + 90% Acétone
	M4	7,5% HEs Citronnelle+7.5% HEs d'*E. globulus* + 85%Acétone
	M5	10% HEs Citronnelle+10% HEs d'*E. globulus* + 80% Acétone

Les parois internes des béchers de 250 ml ont été imbibées avec 1ml d'une solution d'huiles essentielles diluées dans l'acétone à différentes concentrations ou avec 1 ml d'acétone pour servir de témoin. Les béchers ont été tournés lentement pour faciliter la distribution uniforme de la solution des huiles essentielles ou de l'acétone sur leurs parois internes et puis sécher à l'air libre durant 5 minutes pour évaporer le solvant. Dix mouches domestiques, sans tenir compte de leur sexe et de leur âge, ont été placées dans chaque bécher traité et fermé avec une compresse pour permettre l'aération à l'intérieur. La mortalité a été évaluée après 5, 10, 20, 30, 60 et 90 minutes d'exposition en stimulant les mouches domestiques pour vérifier celles qui ne bougeaient pas. Les mouches qui ne répondaient pas à la stimulation étaient considérées comme mortes. Trois essais ont été effectués pour chaque dose et le taux de mortalité considéré pour l'analyse statistique est la moyenne obtenue de ces trois essais. La figure 11 montre les matériels des essais insecticides des huiles essentielles contre les mouches domestiques.

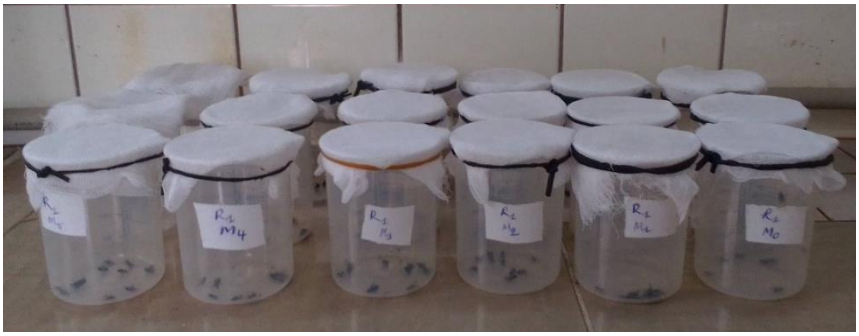


Figure 11: Dispositifs expérimentaux de tests des effets insecticides des différentes formulations d'huiles essentielles.

Sur cette figure, le constant est que les béchers contiennent des mouches domestiques et sont couverts par des compresses. Chaque bécher comporte une étiquette indiquant le numéro d'essai de test d'effet insecticide et la formulation d'huiles essentielles correspondante.

III.5.2.1. CALCUL DES TAUX DE MORTALITE

Le taux de mortalité des mouches domestiques selon les différentes formulations utilisées est calculé pour chaque essai par l'équation ci-dessous:

$$\textbf{Taux de mortalit}\text{é(en \%)} = \frac{\text{Nombre de mouches domestiques mortes}}{\text{Nombre de mouches domestiques introduit}} * 100$$

III.5.2.2. DETERMINATION DE DL_{50}, DL_{90} ET DE TL_{50}, TL_{90}

Pour déterminer l'efficacité d'une substance, il faut mesurer la dose létale (DL). Les DL_{50} et DL_{90} représentent les doses conduisant respectivement à la mort de 50% et de 90% des individus d'un même lot. On utilise également le temps létal d'une substance (TL). Les TL_{50} et TL_{90} représentent respectivement les temps durant lesquels 50% et 90% des individus d'un même lot sont morts (Elimem & al., 2019; Kasrati & al., 2015).

III.6. ANALYSE STATISTIQUE

Les données obtenues lors des essais de tests des effets répulsifs et insecticides des huiles essentielles, ont été analysées statistiquement avec la version 20 du logiciel SPSS (IBM SPSS, NY, USA), et les résultats obtenus sont présentés sous forme de moyenne plus ou moins écart-type de trois essais distincts. L'analyse de variance unidirectionnelle (ANOVA) a été réalisée à l'aide du test de Tukey ou de Tukey's HSD (Honestly Significant Difference), au niveau de probabilité de 5%, pour voir si la différence des résultats obtenus lors des tests d'effet répulsif pour le groupe test et pour le groupe témoin était significative. Les effets des doses (ou des mélanges) et/ou du temps d'observation sur la mortalité des mouches domestiques ont été analysés par l'analyse univariée (Two-way ANOVA).

En outre, les données de mortalité provenant des essais biologiques ont été également soumises à une analyse Probit à l'aide du même logiciel SPSS pour déterminer les valeurs de doses mortelles DL_{50} et DL_{90} avec leurs limites de confiance à 95 %, ce qui a permis d'analyser la réponse dose-mortalité. Les temps nécessaires pour tuer 50 % (TL_{50}) et 90% (TL_{90}) des mouches domestiques ont été calculés à des concentrations de 1%, 5 % pour les HEs du *C. citratus* et aux mélanges synergiques M1 et M2.

CHAP IV : PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

IV.1. PRESENTATION DES RESULTATS

Lors des essais préliminaires, le constant était que les deux méthodes utilisées pour évaluer les activités répulsives et insecticides des HEs contre les mouches domestiques sont efficaces. Les taux moyens de mortalité et les moyennes des pourcentages de répulsion observés lors des tests sont regroupés dans des différents tableaux pour faciliter la comparaison entre eux. Aussi quelques figures ont été utilisées pour présenter les résultats.

IV.1.1. TENEUR D'EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES

Après l'extraction des huiles essentielles des feuilles d'*Eucalyptus globulus* et de *Cymbopogon citratus*, les masses mesurées ont permis de déterminer la teneur en huiles essentielles de chaque plante. Les résultats obtenus pour les deux espèces végétales sont récapitulés dans le tableau III.

Tableau III: Teneur d'extraction des huiles essentielles de *Cymbopogon citratus* et d'*Eucalyptus globulus*.

Famille	Espèce	Numéro d'essais	Masse de feuilles utilisée (g)	Masse d'HEs (g)	Teneur en HEs (%)
Poaceae	*C. citratus*	1	500	1.64	0.3280
		2	500	1.692	0.3384
		3	500	1.671	0.3342
MOYENNE				1.6676	0.33353
Myrtaceae	*E. globulus*	1	500	10.152	2.0304
		2	500	10.219	2.0438
		3	500	10.191	2.0382
MOYENNE				10.1873	2.0374

IV.1.2. EFFET REPULSIF DES HEs CONTRE LES MOUCHES DOMESTIQUES

A. TEST D'EFFET REPULSIF D'HEs DU CYMBOPOGON CITRATUS

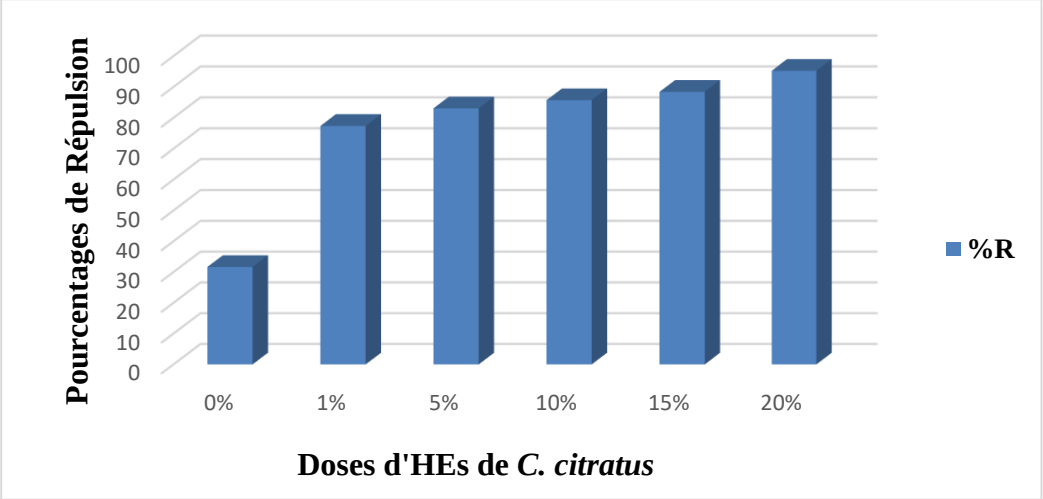
L'efficacité répulsive d'huiles essentielles du *Cymbopogon citratus* a été déterminée à partir des différentes concentrations formulées. Les résultats consignés dans le tableau IV montrent des valeurs moyennes des pourcentages de répulsion de trois essais distincts pour chaque dose.

Tableau IV: Valeurs moyennes des pourcentages de répulsion dus à des différentes doses d'HEs du *C. citratus* utilisées contre les mouches domestiques.

Doses d'HEs	Pourcentages de Répulsion	P-Value
0%	31.6667 ± 16.0728^{a}	1
1%	77.3810 ± 21.5275^{b}	
5%	83.0688 ± 10.0807^{b}	
10%	85.7143 ± 14.2857^{b}	0.603
15%	88.4259 ± 0.8019^{b}	
20%	95.2381 ± 8.2479^{b}	

Dans ce tableau IV, les mêmes lettres en exposant indiquent qu'il n'y a pas de différence significative entre les pourcentages de répulsion des différentes doses d'HEs correspondantes.

La figure 12 illustre le pouvoir répulsif observé pour les différentes doses d'huiles essentielles du *Cymbopogon citratus*.



%R : Moyenne des pourcentages de répulsion des trois essais différents pour chaque dose d'HEs de *C. citratus*.

Figure 12: Effets répulsifs des formulations d'HEs du *C. citratus* contre les mouches domestiques.

B. TEST D'EFFET REPULSIF DES MELANGES DES HEs

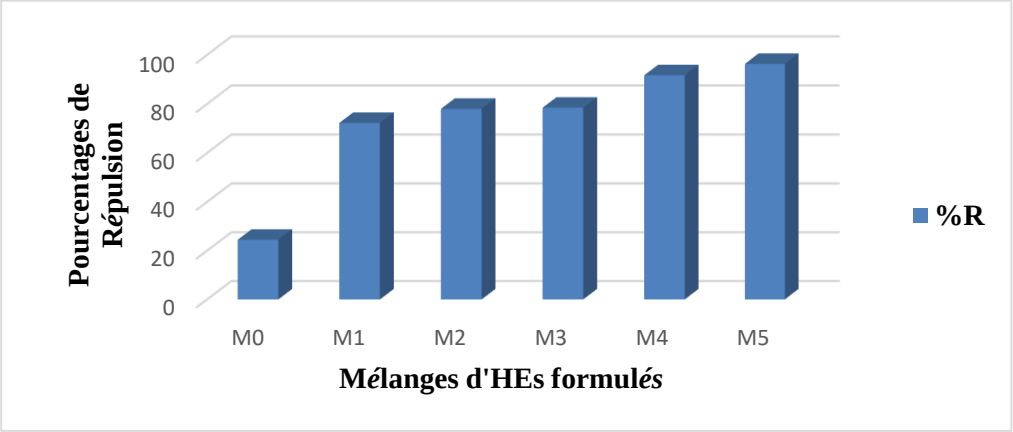
Les résultats du tableau V sont des valeurs moyennes des pourcentages de répulsion de trois essais différents pour chaque mélange d'huiles essentielles du *C. citratus* et d'*E. globulus*.

Tableau V: Valeurs moyennes des pourcentages de répulsion dus à des différents mélanges d'HEs du *C. citratus* et d'*E. globulus* contre les mouches domestiques.

Mélanges d'HEs	Pourcentages de Répulsion	P-Value
M0	24.4444 ± 21.4303^{a}	1
M1	72.2222 ± 25.4588^{b}	
M2	77.8333 ± 8.6072^{b}	
M3	78.4392 ± 9.2242^{b}	0.470
M4	91.6667 ± 14.4338^{b}	
M5	96.2963 ± 6.4150^{b}	

Dans la colonne des pourcentages de répulsion, les mêmes lettres en exposant indiquent qu'il n'y a pas de différence significative entre les pourcentages de répulsion des différents mélanges d'HEs correspondants.

La figure 13 montre la capacité répulsive pour chaque mélange d'huiles essentielles formulé à partir d'huiles essentielles du *Cymbopogon citratus* et d'*Eucalyptus globulus*.



%R: Moyenne des pourcentages de répulsion de trois essais distincts pour chaque mélange d'HEs du *C. citratus* et d'HEs d'*E. globulus*.

Figure 13: Effets répulsifs des différents mélanges d'HEs du *C. citratus* et d'*E. globulus* contre les mouches domestiques.

IV.1.3. EFFET INSECTICIDE DES HEs CONTRE LES MOUCHES DOMESTIQUES

IV.1.3.1. TEST D'EFFET INSECTICIDE D'HEs DU *C. CITRATUS*

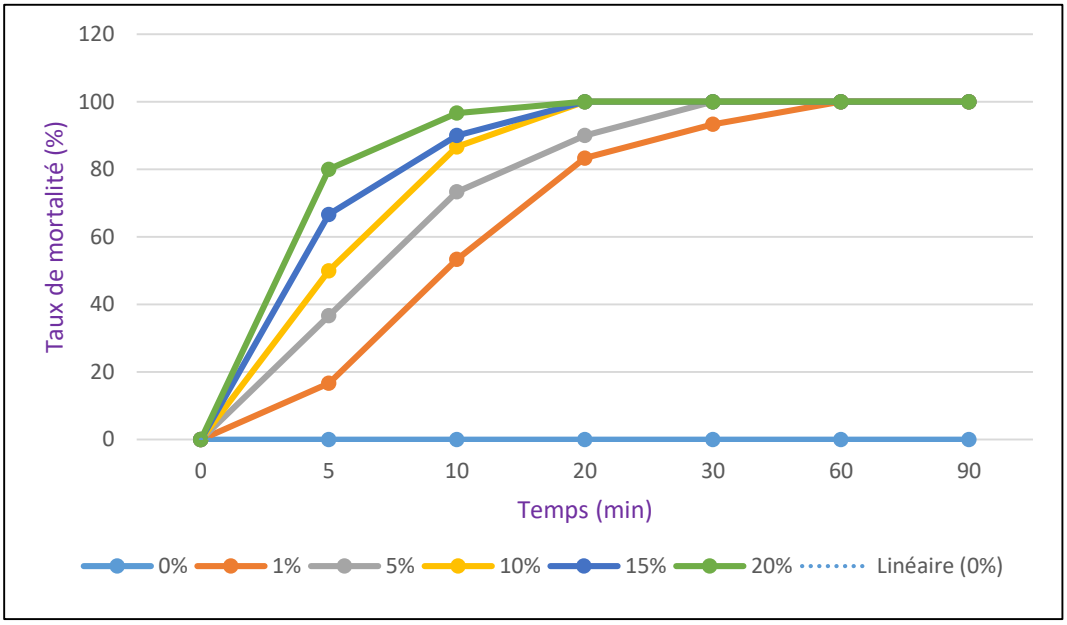
Les résultats des tests d'effet insecticide ont été soumis à l'analyse de la variance unidirectionnelle à l'aide du test de Tukey, au seuil de 5%, pour voir s'il y a de différence significative entre les taux de mortalité au temps défini. Le tableau VI contient des valeurs moyennes des taux de mortalité des mouches domestiques aux instants distincts selon les formulations d'HEs du *C. citratus*.

Tableau VI: Valeurs moyennes des taux de mortalité des mouches domestiques après 5, 10, 15, 20, 30 ,60 et 90 min selon les différentes doses préparées d'huiles essentielles de *Cymbopogon citratus*.

	Temps									
	5 min		**10 min**		**20 min**		**30 min**		**60 ou 90 min**	
Doses d'HEs	Mortalité (%)	P-Value	Mortalité (%)	P-Value	Mortalité (%)	P-Value	Mortalité (%)	P-Value	Mortalité (%)	P-Value
0%	0.00±0.000^{a}	0.198	0.00±0.000^{a}	1	0.00±0.000^{a}	1	0.00±0.000^{a}	1	0.00±0.000^{a}	1
1%	16.67±5.774^{ab}		53.333±20.8166^{b}	0.076	83.33±11.547^{b}		93.33±11.547^{b}		100.00±0.000^{b}	
5%	36.67±5.774^{bc}	0.091	73.3333±15.27525^{bc}		90.00±10.000^{b}		100.00±0.000^{b}		100.00±0.000^{b}	
10%	50.00±10.000^{cd}	0.395	86.6667±15.27525^{bc}		100.00±0.000^{b}	0.058	100.00±0.000^{b}	0.538	100.00±0.000^{b}	1
15%	66.67±11.547^{de}	0.198	90.00±10.00^{c}	0.314	100.00±0.000^{b}		100.00±0.000^{b}		100.00±0.000^{b}	
20%	80.00±10.000^{e}	0.395	96.6667±5.7735^{c}		100.00±0.000^{b}		100.00±0.000^{b}		100.00±0.000^{b}	

Dans les colonnes de taux de mortalité, les valeurs du taux de mortalité partageant la même lettre inscrite en exposant ne diffèrent pas significativement l'une de l'autre, au seuil de 5%.

L'évolution de la mortalité des mouches domestiques causée par les différentes concentrations d'huiles essentielles du *C. citratus* aux instants 5, 10, 20, 30, 60 et 90 minutes est illustrée sur la figure 14.



0%, 1%, 5%, 10%, 15% et 20%: Différentes doses formulées d'HEs du *C. citratus*.

Figure 14: Effets insecticides des différentes doses d'huiles essentielles du *Cymbopogon citratus* contre les mouches domestiques en fonction du temps.

A partir du tableau VI, les doses des HEs du *C. citratus* peuvent être classées dans des groupes différents en fonction de la différence non significative entre les taux de mortalité des mouches domestiques observés aux instants fixés. Le tableau VII contient les différents groupes dits homogènes des doses dont les taux de mortalité des mouches domestiques ne sont pas significativement différents entre eux, au même instant.

Tableau VII: Groupement des différentes doses des HEs du C. citratus en fonction de leurs effets insecticides contre les mouches domestiques au temps fixé.

	Groupes des doses des huiles essentielles			
Temps	**Groupe1**	**Groupe2**	**Groupe3**	**Groupe4**
5 min	0%	1%	5% et 10%	15% et 20%
10 min	0%	1% et 5%	10%, 15% et 20%	
20 min	0%	1% et 5%	10%, 15% et 20%	
30 min	0%	1%, 5%,10%,15%,20%		
60 ou 90 min	0%	1%, 5%,10%,15%,20%		

Le groupe homogène est définit comme l'ensemble des doses des HEs du *C. citratus* dont les taux de mortalité des mouches domestiques ne diffèrent pas significativement entre eux.

IV.1.3.2. TEST D'EFFET INSECTICIDE DES MELANGES D'HES DU *C. CITRATUS* ET D'E. *GLOBULUS*

La capacité insecticide des mélanges d'HEs du *C. citratus et d'E. globulus* a été également testée sur les mouches domestiques et les résultats obtenus sont des moyennes de trois essais différents à un instant déterminé.

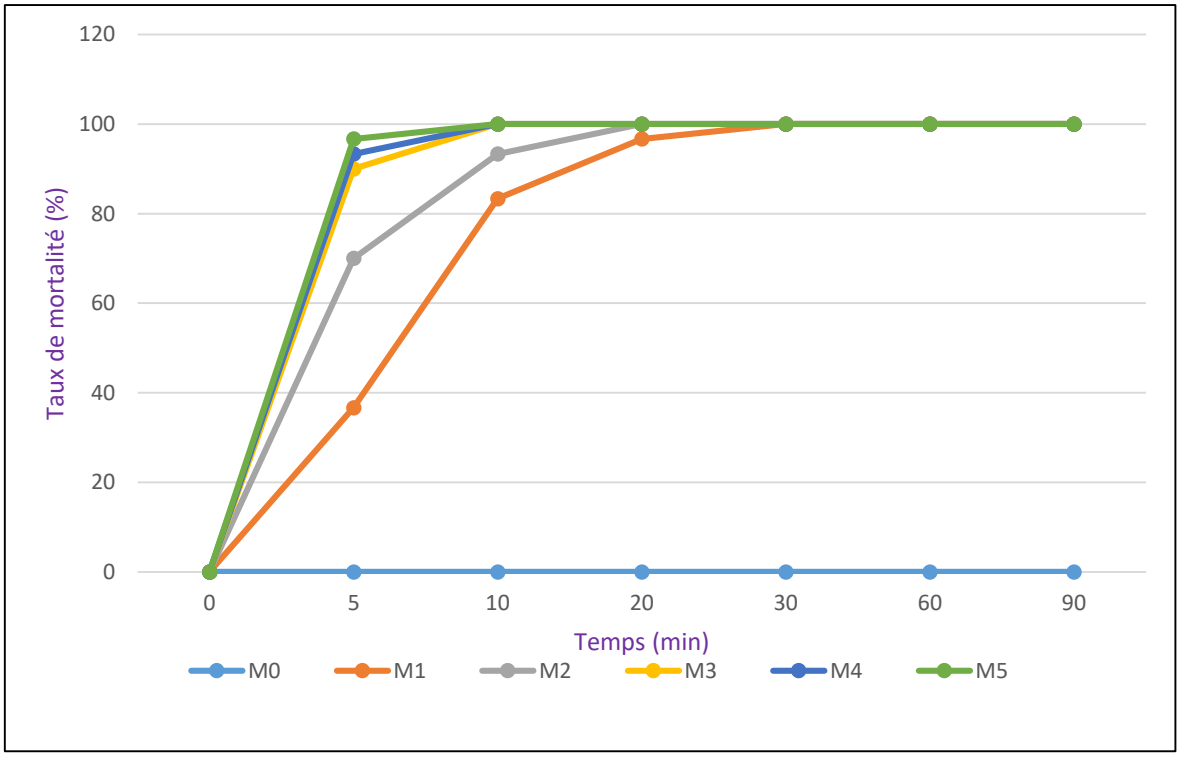
Le tableau VIII renferme des valeurs moyennes des taux de mortalité des mouches domestiques aux instants distincts selon les formulations préparées à partir du mélange d'HEs du *Cymbopogon citratus* et d'*Eucalyptus globulus.*

Tableau VIII: Valeurs moyennes des taux de mortalité des mouches domestiques après 5, 10, 15, 20, 30 ,60 et 90 min selon les différents mélanges formulés à partir d'huiles essentielles du *Cymbopogon citratus* et d'*Eucalyptus globulus*.

	Temps							
	5 min		10 min		20 min		30, 60 ou 90 min	
Mélanges d'HEs	Mortalité (%)	P-Value	Mortalité (%)	P-Value	Mortalité (%)	P-Value	Mortalité (%)	P-Value
M0	0.0000 ± 0.000^{a}	0.083	0.0000 ± 0.000^{a}	1	0.0000 ± 0.000^{a}	1	0.00 ± 0.000^{a}	1
M1	36.6667 ± 15.27525^{ab}		83.33 ± 11.547^{b}		96.67 ± 5.774^{b}		100.00 ± 0.000^{b}	
M2	70.0000 ± 26.45751^{bc}	0.13	93.33 ± 11.547^{b}		100.00 ± 0.000^{b}		100.00 ± 0.000^{b}	
M3	90.0000 ± 17.32051^{c}		100.00 ± 0.000^{b}	0.082	100.00 ± 0.000^{b}	0.538	100.00 ± 0.000^{b}	1
M4	93.3333 ± 5.77350^{c}	0.297	100.00 ± 0.000^{b}		100.00 ± 0.000^{b}		100.00 ± 0.000^{b}	
M5	96.6667 ± 5.77350^{c}		100.00 ± 0.000^{b}		100.00 ± 0.000^{b}		100.00 ± 0.000^{b}	

Dans les colonnes des taux de mortalité, les mêmes lettres en exposant indiquent qu'il n'y a pas de différence significative au seuil de 5% entre les valeurs des taux de mortalité correspondants aux différents mélanges d'huiles essentielles.

La figure 15 montre l'évolution de la mortalité des mouches domestiques causée par les différentes formulations synergiques des huiles essentielles du *Cymbopogon citratus* et d'*Eucalyptus globulus* aux instants de 5, 10, 20, 30, 60 et 90 minutes.



M0, M1, M2, M3, M4, M5: Différents mélanges d'HEs formulés.

Figure 15: Effets insecticides des différents mélanges d'HEs du *C. citratus* et d'*E. globulus* contre les mouches domestiques en fonction du temps.

Le tableau IX contient les différents groupes dits homogènes des mélanges des HEs dont les taux de mortalité des mouches domestiques ne sont pas significativement différents entre eux, au même instant.

Tableau IX: Groupement des différents mélanges des HEs du *C. citratus* et d'*E. globulus* en fonction de leurs effets insecticides contre les mouches domestiques au temps fixé.

	Groupes homogènes des mélanges des huiles essentielles		
Temps	**Groupe1**	**Groupe2**	**Groupe3**
5 min	M0	M1	M2, M3, M4 et M5
10 min	M0	M1 et M2	M3, M4 et M5
20,30, 60 ou 90 min	M0	M1, M2, M3, M4, M5	

Le groupe homogène a été définit comme étant un ensemble des mélanges des HEs dont les taux de mortalité des mouches domestiques ne diffèrent pas significativement entre eux.

IV.1.5. DETERMINATION DES DOSES LETALES ET DES TEMPS LETAUX

L'analyse probit est un type de régression utilisé pour déterminer les doses létales d'HEs du *Cymbopogon citratus* et de leur synergie avec les HEs d'*E. globulus* aux différents instants d'observation. Le tableau X montre les deux doses létales déterminées.

Tableau X: Doses létales calculées sur les huiles essentielles de la citronnelle et sur les mélanges synergiques avec les HEs d'*E. globulus* en fonction du temps d'observation.

	TEMPS					
DOSES LETALES	5min	10 min	20 min	5 min	10 min	20 min
DL_{50} (%)	7.2	1	0.2	1.8	0.2	0.1
DL_{90} (%)	68	13.4	2.1	11.3	1.9	0.6
HEs de C. citratus				**Mélanges synergique**		

L'analyse probit a également servi à la détermination des temps létaux pour les doses de 1% et 5% des huiles essentielles du *Cymbopogon citratus* et pour les mélanges synergiques M1 et M2. Le tableau XI contient les temps létaux déterminés et exprimés en minutes.

Tableau XI: Temps létaux déterminés sur les huiles essentielles de *C. citratus* et sur leurs mélanges avec les HEs d'*E. globulus*.

	Doses d'HEs du *C. citratus*		Mélanges d'HEs	
TEMPS LETAUX	1%	5%	M1	M2
TL_{50} (min)	10	6	6	4
TL_{90} (min)	24	17	13	8

IV.2. DISCUSSION DES RESULTATS

IV.2.1. TENEUR EN HUILES ESSENTIELLES

Les résultats du tableau III montrent que les feuilles d'*E. globulus* sont plus riches en HEs que les feuilles du *C. citratus.* En effet, les valeurs de la teneur d'extraction obtenues sont respectivement de 2.04% et 0.33%. La teneur d'extraction d'HEs que nous avons obtenue dans les feuilles fraiches du *C. citratus* est identique à celles trouvées par certains autres chercheurs. Elle est similaire à la teneur de 0.35% obtenue avec la même méthode d'extraction dans les feuilles fraiches de cette plante récoltées en décembre 2020 au Tchad (Issakou & al., 2022). Elle est également très proche de la teneur de 0.4% obtenue avec la même méthode d'extraction dans les feuilles récoltées en juillet 2005 en Inde (Mahanta & al., 2007).

Nous pouvons alors penser que les différents facteurs qui peuvent influencer la teneur d'extraction des huiles essentielles de cette espèce végétale sont les mêmes dans ces différentes régions géographiques.

La teneur en HEs d'*E. globulus* de 2.04% que nous avons obtenue est similaire aux résultats des autres études antérieures réalisées sur les feuilles fraîches avec la même méthode d'extraction. Une teneur de 1.7% a été obtenue par Moreira & *al.,* (2022), dans les feuilles récoltées en octobre 2018 au Portugal, en Ethiopie un résultat de 2.1% était obtenu par Kassahun & Feleke (2019) et en Vietnam, la teneur de 2.2% a été également publiée (Ngo & al., 2020). En somme, plusieurs facteurs influencent les teneurs d'extraction des huiles essentielles telles que les conditions géographiques (sol, engrais du sol, etc.), technologie agricole (nutrition des plantes, la croissance et le développement des plantes, la technologie de préparation du sol et de la plantation, technologie de gestion de l'eau, technologie de contrôle des mauvaises herbes, etc.), et d'autres facteurs (période de récolte, âge de la plante, méthode d'extraction, etc.) (Sebei & al., 2015; Shiferaw & al., 2019).

IV.2.2. EFFETS DES HEs SUR LES MOUCHES DOMESTIQUES

IV.2.2.1. EFFET REPULSIF D'HEs DU *C.CITRATUS*

Le pouvoir répulsif des HEs extraites du *C. citratus* cultivé au Burundi sur les mouches domestiques n'avait jamais fait objet d'une quelconque étude même si ces dernières sont des vecteurs des agents pathogènes nuisibles à la santé humaine, **Annexe 1**. La figure 12 montre les différents pourcentages de répulsion en fonction des différentes concentrations préparées. Avec une dose de 0%, c'est-à-dire deux coniques sans huiles essentielles, on peut considérer que les mouches se répartissent au hasard. La comparaison statistique de Tukey (**Tableau IV**) a révélé que les pourcentages de répulsion des doses 1, 5, 10, 15, 20% des HEs du *C. citratus* sur les mouches domestiques sont supérieurs à la valeur observée pour le groupe témoin (0%). Ceci montre que les HEs du *C. citratus* utilisées possèdent le pouvoir insectifuge. Ces résultats sont en accord avec ceux de Chauhan & ses collaborateurs (2018), qui ont révélés que les HEs individuelles du *C. citratus* sont des meilleures répulsives contre les mouches domestiques. Cependant, il n'y a pas de différence significative entre les pourcentages de répulsion obtenus pour les différentes doses utilisées. En effet, p-value est supérieur à 0.05. Ces résultats montrent que, même le pourcentage de répulsion augmente avec la concentration des HEs, l'effet de la dose sur la répulsion n'est pas très significatif. Ceci est peut être lié à la faible teneur en HEs de 0.33% que nous avons obtenue. Des autres travaux antérieurs ont également démontré le pouvoir répulsif d'HEs du *C. citratus* contre les mouches domestiques (Chauhan & al., 2018; Chintalchere & al., 2021; Kumar & al., 2011, 2014), même si la méthodologie d'évaluation de

leur efficacité répulsive diffère quelques fois. Le pouvoir de répulsion dépend des constituants chimiques. En effet, il a été rapporté que certains aldéhydes mono-terpéniques; l'acétate de linalyle, Linalol, le Citral α et le Citral β trouvés dans les HEs du *C. citratus*, sont des facteurs de leur pouvoir de répulsion contre des insectes (Kumar & al., 2011; Lawal & al., 2017). Selon Achour & al. (2022), le citronellal est également un aldéhyde présent dans les HEs de la citronnelle responsable de leurs effets insectifuges.

IV.2.2.2. EFFET REPULSIF DES MELANGES D'HEs

La figure 13 montre le pouvoir répulsif des différents mélanges formulés à partir des HEs du *C. citratus* et d'*E. globulus*. On remarque le pouvoir répulsif des mélanges qui peut arriver à 96.3%. L'analyse des résultats avec le test de Tukey (**Tableau V**) révèle que les pourcentages de répulsion obtenus pour les différents mélanges formulés d'HEs sont supérieurs à la valeur observée pour le groupe témoin. Ceci montre que les HEs du *C. citratus* ont non seulement une activité répulsive mais aussi qu'elles peuvent agir en synergie avec les autres HEs. Cependant, il n'y a pas de différence significative entre les pourcentages de répulsion reçus pour les différentes formulations des mélanges d'HEs utilisés pour éloigner les mouches domestiques (p-value > 5%). La teneur en HEs dans les deux plantes étant encore faible (2,4% et 0,33%), les doses préparées ont effet statistiquement mineur sur les pourcentages de répulsion.

Etant donné que la teneur en constituants chimiques des HEs peuvent varier en fonction de divers facteurs tels que la nature de la plante, les organes d'une même espèce végétale (Figueredo, 2007), les facteurs climatiques, la nature du sol, les pratiques culturales (Kraiffi & Khaoula, 2021), la préparation d'échantillon de l'espèce végétale (McCormick & al., 2006), la méthode d'extraction des HEs (Boutekedjiret & al., 2004), etc.

Bien que les huiles essentielles soient des mélanges complexes de plusieurs molécules, les HEs d'*E. globulus* renferment aussi certains aldéhydes mono-terpéniques trouvés dans les HEs de la citronnelle tels que le Linalol, les α et β Citral, l'acétate de linalyle, qui sont des principales molécules responsables de leur pouvoir répulsif contre les insectes (Kumar & al., 2012). L'étude de l'activité synergique des HEs des deux plantes est intéressante pour pouvoir améliorer leurs propriétés individuelles. Les résultats de cette étude montrent que les différentes formulations combinant les HEs extraites des deux espèces de la flore burundaise possèdent le pouvoir répulsif contre les mouches domestiques, une étude apparemment nouvelle.

IV.2.2.3. ACTIVITE INSECTICIDE DES HEs DU *C.CITRATUS*

Les études de recherche sur les HEs du *C. citratus* ont déjà démontré leur effet insecticide contre les mouches domestiques, ainsi qu'aux certains autres insectes vecteurs de maladies à l'homme (Pinto & al., 2015; Soonwera & Sittichok, 2020; Vicenço & al., 2023).

Cependant, cette étude n'a jamais été faite sur les plantes de la flore burundaise. Le tableau VI montre les différents taux de mortalité en fonctions du temps d'exposition et de la dose préparée. On remarque que le temps d'exposition et la dose d'HEs ont une influence sur le taux de mortalité des mouches domestiques. Cependant, l'analyse statistique montre qu'après 10 minutes, les taux de mortalités enregistrées pour les doses de 10%, 15% et de 20% ne sont pas significativement différents, avec p-value de 0.314. Ceci nous indique que, même si le taux de mortalité n'est pas encore 100%, les conditions optimales pour la mortalité des mouches domestiques sont proches. L'allure de mortalité des mouches domestiques exposées à des doses de 10%, 15% et de 20% est presque identique (**Figure 14**). A partir de 20 minutes, le taux de mortalité est de 100% pour les doses de 10%, 15% et de 20%. Il est aussi important de faire remarquer qu'une dose de 5% cause un taux de mortalité de 10% après 30 minutes d'exposition. On peut donc dire que les conditions optimales sont une dose de 10% pendant 20 minutes ou une dose de 5% pendant 30 minutes. Ces résultats sont en accord avec ceux des autres chercheurs.

Ainsi, selon Aungtikun & ses collègues (2021), après 30 minutes de test, une dose de 5% des HEs de la citronnelle a donné un taux de mortalité de 100% alors que les méthodes utilisées étaient différentes. En plus, le test de la toxicité par inhalation mené par Chintalchere & al. (2021), avait aussi conduit à la mortalité de 100% des mouches domestiques après 30 min de traitement avec une concentration de 100 mg dm^{-3} des HEs diluées dans l'acétone avec des doses DL_{50} à 19.17 mg dm^{-3} et DL_{90} à 72.05 mg dm^{-3}. Bien que les HEs sont des mélanges complexes de plusieurs composés chimiques, certains travaux ont montré que les principaux constituants chimiques des HEs de *C. citratus* sont les géranials, néral et 1,8-cinéole (Soonwera & Sittichok, 2020). Les citral α et β étaient également trouvés parmi les principaux constituants d'HEs du *C. citratus* par Chauhan & al. (2018).

IV.2.2.4. ACTIVITE INSECTICIDE DES MELANGES D'HEs

Le tableau XIII montre les taux de mortalité des mouches domestiques en fonction des mélanges des HEs du *C. citratus* et d'*E. globulus* et du temps d'exposition. L'analyse de la variance unidimensionnelle de ces résultats montre l'effet de ces mélanges sur le taux de mortalité.

Déjà à partir de M3 (correspondant à 10% d'HEs), 90% des mouches domestiques meurent après 5 minutes d'exposition alors qu'avec le même pourcentage d'HEs de *C. citratus* seul et pendant la même durée d'exposition (5 min), le taux de mortalité reste à 50%. Ceci indique qu'en association avec les HEs d'*E. globulus*, l'activité insecticide des HEs du *C. citratus* est plus efficace. Il est aussi facile de noter qu'après 5 minutes de test, les taux de mortalité enregistrés pour les mélanges M3, M4 et M5 ne diffèrent pas significativement.

Aussi, avec une durée de 10 min, le mélange M3 est capable de tuer la totalité des mouches domestiques alors qu'avec les HEs du *C. citratus* une teneur correspondante de 10% arrive uniquement à tuer 86,6%. Ceci démontre encore une fois l'efficacité insecticide des mélanges des HEs du *C. citratus* et d'*E. globulus*.

Cette activité synergique a été aussi observée par Soonwera & Sittichok (2020), sur les mouches domestiques exposées durant 1 heures au papier filtre traité avec 2 ml d'une solution de chaque formulation de mélange d'huiles essentielles préparée avec l'éthanol et puis transférées dans un endroit non traité avec les HEs. La mortalité de 100% était enregistrée après 24 heures d'exposition pour les mélanges des HEs identiques aux mélanges synergiques M3, M4 et M5. Ces résultats coïncident avec ceux qu'on a obtenus sauf qu'à la formulation équivalente à notre mélange synergique M2, un taux de mortalité de 95.3% diffère de nos résultats. En analysant ces derniers résultats, on peut conclure que l'activité synergique des HEs des plantes de la flore burundaise est plus efficace.

Des études antérieures ont montré l'activité synergique des HEs provenant d'une combinaison de certains constituants chimiques des HEs des deux plantes. Par exemple une combinaison de 1,8-cinéole + citronellal (dans les proportions 70/30 (v/v)) a montré un effet synergique élevé contre les mouches domestiques, avec une valeur CL_{50} de 1,91 mg cm^{-2} (Scalerandi & al., 2018).

La formulation de 5 % d'eucalyptol + 5 % de limonène a fourni un taux de mortalité élevé que celui de la cyperméthrine à 10 % (Moungthipmalai & Soonwera, 2022). Le tableau X et le tableau XI montrent les comparaisons des doses létales, d'une part, et des temps létaux d'autre part. Il est facile de noter que les mélanges des HEs sont plus efficaces que les huiles individuelles du *C. citratus*. Les résultats obtenus par Levchenko & al. (2021), en appliquant la méthode de contact ont montré, après 24 h de traitement, l'efficacité des HEs du *C. citratus* avec la valeur DL_{50} de 0.039 %. Cette valeur est comparable à nos résultats même si elle est cinq fois inférieure à celle de DL_{50} (0.2%) qu'on a trouvée à l'instant de 20 min. En effet, la valeur TL_{50} de 6 min pour une dose de 5% d'HEs extraites du *C. citratus* a été également rapportée en Thailand (Aungtikun & al., 2021). Les HEs du *C. citratus* de la flore burundaise sont aussi efficaces et peuvent être exploitées pour réduire la population de mouches en dessous des niveaux seuils afin de prévenir la menace de certaines maladies à transmission vectorielle.

CHAP V: CONCLUSION, SUGGESTIONS ET PERSPECTIVES

V.1. CONCLUSION

La présente étude a clairement démontré que les huiles essentielles individuelles du *Cymbopogon citratus* et à leur état combiné avec celles d'*Eucalyptus globulus*, à part d'être répulsives, peuvent fournir une excellente activité insecticide contre les mouches domestiques. Les résultats ont montré qu'une quantité d'HEs peut être extraite avec une méthode simple d'hydrodistillation dans les feuilles du *Cymbopogon citratus* et d'*Eucalyptus globulus* de la flore burundaise. L'utilisation des HEs dans l'étude de leur effet répulsif contre les mouches domestiques a montré des résultats très intéressants. Il a été montré que les doses d'HEs de *Cymbopogon citratus* allant de 5% à 20% peuvent repousser les mouches domestiques avec un pourcentage de 83 à 95%. Aussi en combinaison avec les HEs d'*Eucalyptus globulus,* les différents mélanges peuvent repousser les mouches domestiques avec un pourcentage qui peut arriver à 96,5%. Ceci indique que les HEs du *Cymbopogon citratus* possèdent une activité répulsive individuelle et un effet répulsif synergique.

Les résultats sur l'activité insecticide individuelle et synergique ont montré que les doses d'HEs et la durée d'exposition jouent un rôle important sur le taux de mortalité des mouches domestiques. Ainsi les doses létales et les temps létaux pour les HEs du *Cymbopogon citratus* sont respectivement 0.2, 2.1% pour tuer 50%, 90% des mouches exposées à 20 min et 6 min, 17 min pour que 50%, 90% des mouches soient mortes avec la dose de 5%. Nous pouvons conclure que les conditions optimales pour tuer les mouches domestiques en les exposant aux HEs de *Cymbopogon citratus* sont soit les exposer pendant 30 minutes à une dose de 5% ou les exposer pendant 20 minutes à une dose de 10%. En combinant les HEs du *Cymbopogon citratus* avec celles d'*Eucalyptus globulus,* l'activité insecticide synergique devient plus efficace que l'activité insecticide individuelle. Avec une durée de 10 min, le mélange de 5% des HEs de *Cymbopogon citratus* et de 5% des HEs d'*Eucalyptus globulus* est capable de tuer la totalité des mouches domestiques. On peut alors conclure la lutte contre les mouches domestiques la plus efficace et la moins toxique est d'exposer ces dernières à un mélange de 5% des HEs de *Cymbopogon citratus* et de 5% des HEs d'*Eucalyptus globulus* pendant 10 minutes.

En définitive, cette étude vient de montrer que les plantes de la flore burundaise peut être utilisées efficacement et sans danger ni sur la santé humaine ni sur l'environnement dans la lutte contre les mouches domestiques, vecteurs de plusieurs maladies.

V.2. SUGGESTIONS ET PERSPECTIVES

Au regard des résultats de ce modeste travail, une étude complémentaire est suggérée en vue de connaître la composition chimique des huiles essentielles du *Cymbopogon citratus* et d'*Eucalyptus globulus* cultivés au Burundi car la connaissance exacte de leurs constituants chimiques permet de prédire leurs utilisations, de vérifier leur qualité, d'expliquer leurs propriétés et de prévoir leur toxicité potentielle.

Vu les problèmes constants liés à la prolifération des insectes vecteurs de nombreuses maladies aux êtres vivants, leur développement de résistance aux insecticides de synthèse et les effets néfastes des insecticides synthétiques à l'environnement, nous suggérons:

- des études sur d'autres extraits huileux des plantes aromatiques de la flore burundaise à effet insecticide et répulsif contre les mouches domestiques (*Musca domestica*) et aux autres insectes nuisibles à l'homme selon ses différents stades de développement;
- des tests avec les huiles essentielles du *Cymbopogon citratus* et d'*Eucalyptus globulus* sur d'autres insectes vecteurs de maladies courantes au Burundi tels que les blattes, les moustiques, les punaises de lit, les puces, les poux, etc.
- des études approfondies sur la rentabilité et la détermination des constituants chimiques des huiles essentielles des différentes plantes aromatiques et médicinales de la flore burundaise selon les différentes régions climatiques, leurs stades de développement et les saisons de récoltes,
- de formuler des produits phyto-chimiques à base d'huiles essentielles qui pourraient remplacer les insecticides de synthèse sur le marché et de mettre en place des protocoles de leurs usages dans la lutte contre les insectes nuisibles.
- d'élaborer une méthodologie expérimentale pour étudier les effets de l'hydrolat d'extraction des plantes médicinales et aromatiques sur les insectes vecteurs des maladies.

Vu les défis rencontrés lors de la réalisation de cette étude, nous suggérons également:

- Au département de Biologie, de mettre en place un insectarium des bestioles vecteurs de maladies à l'homme et aux animaux pour faciliter les travaux similaires de recherche;
- Au département de Chimie, de mettre en place des matériels volumineux d'extraction des essences végétales et des appareillages spécifiques à l'analyse des constituants chimiques de ces dernières. En fin, nous suggérons à l'Etat, de continuer à financer les travaux de recherche, d'aider à la sensibilisation de la population sur la valorisation des plantes médicinales et aromatiques et de leur conservation afin de les maintenir à l'avenir.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abir Djebri, and Douib Bassma. 2020. “Etude bibliographique de l’effet larvicide de l’huile essentielle d’Artemisia campestris à l’égard de Culex pipiens : Aspect toxicologique.” Thèse, Université Larbi Tébessi Tebessa.

Achour Radja, Wassssiilla Aoun, and Fouzziia Khiiereddiine. 2022. “Méthodes d’extraction, d’identification et purification des huiles essentielles.” Thèse, Université Larbi Tébessi Tébessa.

Agrane Amal, and Fatiha Dorbane. 2017. “Traitement par l’huile essentielle et sa toxicité Sur les tissus.” Thèse, Université IBN Khaldoun TIARET.

Ahishakiye Rose. 2021. “Contribution à l’étude ethnobotanique des plantes pesticides contre les insectes nuisibles à l’homme dans la région de KIRIMIRO, cas de la province GITEGA.” Mémoire de Master, Université du Burundi.

Aigle L., R. Castello, and A. L. Breton. 2016. “Larval Vomiting during a Mission in Haïti.” Médecine et Santé Tropicales 26(2):142–44. DOI: 10.1684/mst.2016.0572.

Ali Mohammad, Allyson R. Nelson, Anna Lena Lopez, and David A. Sack. 2015. “Updated Global Burden of Cholera in Endemic Countries.” PLoS Neglected Tropical Diseases 9(6):e0003832. DOI: 10.1371/journal.pntd.0003832.

Amicizia D., R. T. Micale, B. M. Pennati, F. Zangrillo, M. Iovine, E. Lecini, F. Marchini, P. L. Lai, and D. Panatto. 2019. “Burden of Typhoid Fever and Cholera: Similarities and Differences. Prevention Strategies for European Travelers to Endemic/Epidemic Areas.” Journal of Preventive Medicine and Hygiene 60(4):E271–85. DOI: 10.15167/2421-4248/jpmh2019.60.4.1333.

André Ciza. 2022. Contribution à l’étude Ethnobotanique Des Plantes Pesticides Contre Les Insectes Nuisibles à l’homme Au Burundi: Cas Des Régions Naturelles de Buragane, Imbo et Kumoso. Bujumbura: Université du Burundi, Faculté des sciences, Département de Biologie.

Anges Yadouleton, Klotoe Jean-Robert, Chabi Christophe, Agbanrin Ramziyath, Tchibozo Carine, Agolinou Achaz, Tossou Roland, and Baba-Moussa Lamine. 2018. “Sensibilité des populations d’Aedes Aegypti vis-à-vis des organochlorés, pyréthrinoïdes et des carbamates dans la commune de Natitingou au Nord-Est du Bénin.” European Scientific Journal, ESJ 14(33):134. DOI: 10.19044/esj.2018.v14n33p134.

Angioni Alberto, Andrea Barra, Elisabetta Cereti, Daniela Barile, Jean Daniel Coïsson, Marco Arlorio, Sandro Dessi, Valentina Coroneo, and Paolo Cabras. 2004. “Chemical Composition, Plant Genetic Differences, Antimicrobial and Antifungal Activity Investigation of the Essential Oil of Rosmarinus Officinalis L.” Journal of Agricultural and Food Chemistry 52(11):3530–35. DOI: 10.1021/jf049913t.

Argyropoulos Dimitrios, and Joachim Müller. 2014. “Changes of Essential Oil Content and Composition during Convective Drying of Lemon Balm (Melissa Officinalis L.).” Industrial Crops and Products 52:118–24. DOI: 10.1016/j.indcrop.2013.10.020.

Attaullah, Muhammad Kashif Zahoor, Muhammad Asif Zahoor, Muhammad Samee Mubarik, Hina Rizvi, Humara Naz Majeed, Muhammad Zulhussnain, Kanwal Ranian, Kishwar Sultana, Muhammad Imran, and Samina Qamer. 2020. "Insecticidal, Biological and Biochemical Response of Musca Domestica (Diptera: Muscidae) to Some Indigenous Weed Plant Extracts." Saudi Journal of Biological Sciences 27(1):106–16. DOI: 10.1016/j.sjbs.2019.05.009.

Aungtikun Jirapon, Mayura Soonwera, and Sirawut Sittichok. 2021. "Insecticidal Synergy of Essential Oils from Cymbopogon Citratus (Stapf.), Myristica Fragrans (Houtt.), and Illicium Verum Hook.f. and Their Major Active Constituents." Industrial Crops and Products 164:113386. DOI: 10.1016/j.indcrop.2021.113386.

Azevedo, Neucírio R., Irani F. P. Campos, Heleno D. Ferreira, Tomás A. Portes, Suzana C. Santos, José C. Seraphin, José R. Paula, and Pedro H. Ferri. 2001. "Chemical Variability in the Essential Oil of Hyptis Suaveolens." Phytochemistry 57(5):733–36. DOI: 10.1016/S0031-9422(01)00128-5.

Bakkali F., S. Averbeck, D. Averbeck, and M. Idaomar. 2008. "Biological Effects of Essential Oils – A Review." Food and Chemical Toxicology 46(2):446–75. DOI: 10.1016/j.fct.2007.09.106.

Banchio Erika, Graciela Valladares, Julio Zygadlo, Pablo C. Bogino, Luciana V. Rinaudi, and Walter Giordano. 2007. "Changes in Composition of Essential Oils and Volatile Emissions of Minthostachys Mollis, Induced by Leaf Punctures of Liriomyza Huidobrensis." Biochemical Systematics and Ecology 35(2):68–74. DOI: 10.1016/j.bse.2006.08.007.

Bayala Bagora, Imaël Henri Nestor Bassole, Charlemagne Gnoula, Roger Nebie, Albert Yonli, Laurent Morel, Gilles Figueredo, Jean-Baptiste Nikiema, Jean-Marc A. Lobaccaro, and Jacques Simpore. 2014. "Chemical Composition, Antioxidant, Anti-Inflammatory and Anti-Proliferative Activities of Essential Oils of Plants from Burkina Faso." PLOS ONE 9(3):e92122. DOI: 10.1371/journal.pone.0092122.

Benelli Giovanni, Roman Pavela, Riccardo Petrelli, Loredana Cappellacci, Angelo Canale, Sengottayan Senthil-Nathan, and Filippo Maggi. 2018. "Not Just Popular Spices! Essential Oils from Cuminum Cyminum and Pimpinella Anisum Are Toxic to Insect Pests and Vectors without Affecting Non-Target Invertebrates." Industrial Crops and Products 124:236–43. DOI: 10.1016/j.indcrop.2018.07.048.

Boira Herminio, and Antonio Blanquer. 1998. "Environmental Factors Affecting Chemical Variability of Essential Oils in Thymus Piperella L." Biochemical Systematics and Ecology 26(8):811–22. DOI: 10.1016/S0305-1978(98)00047-7.

Bouafou K. G. M., K. G. Kouame, K. E. Amoikon, and A. M. Offoumou. 2006. "Potentiel Pour La Production d'asticots Sur Des Sous-Produits En Côte d'Ivoire." Tropicultura 24(3):157–61.

Bouguerra Ali, and Malika Barkat. 2012. "Etude des activités biologiques de l'huile essentielle extraite des graines de foeniculum vulgare Mill." Thesis, Université Frères Mentouri - Constantine 1.

Boukhatem M. N., M. A. Ferhat, A. Kameli, and M. Mekarnia. 2018. "Eucalyptus globulus (Labill.) : un arbre à essence aux mille vertus." Phytothérapie 16(S1):S203–14. DOI: 10.3166/phyto-2019-0146.

Bousbia Nabil. 2011. "Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires." phdthesis, Université d'Avignon.

Boutekedjiret C., R. Belabbes, F. Bentahar, J. M. Bessière, and S. A. Rezzoug. 2004. "Isolation of Rosemary Oils by Different Processes." *Journal of Essential Oil Research* 16(3):195–99. doi: 10.1080/10412905.2004.9698696.

Brügger Bruno Pandelo, Luis Carlos Martínez, Angelica Plata-Rueda, Barbara Monteiro De Castro E. Castro, Marcus Alvarenga Soares, Carlos Frederico Wilcken, Amélia Guimarães Carvalho, José Eduardo Serrão, and José Cola Zanuncio. 2019. "Bioactivity of the Cymbopogon Citratus (Poaceae) Essential Oil and Its Terpenoid Constituents on the Predatory Bug, Podisus Nigrispinus (Heteroptera: Pentatomidae)." Scientific Reports 9(1):8358. DOI: 10.1038/s41598-019-44709-y.

Buckle Jane. 2015. "Aromatherapy for Stress in Patients and Hospital Staff." Alternative and Complementary Therapies 21(5):210–13. DOI: 10.1089/act.2015.29016.jbu.

Buyukyavuz Ahmet. 2023. "Filth Flies as a Vector for Some Pathogenic Bacteria Transfer." All Dissertations.

Caissard Jean-Claude, Thomas Olivier, Claire Delbecque, Sabine Palle, Pierre-Philippe Garry, Arthur Audran, Nadine Valot, Sandrine Moja, Florence Nicolé, Jean-Louis Magnard, Sylvain Legrand, Sylvie Baudino, and Frédéric Jullien. 2012. "Extracellular Localization of the Diterpene Sclareol in Clary Sage (Salvia Sclarea L., Lamiaceae)" edited by J. L. Heazlewood. PLoS ONE 7(10):e48253. DOI: 10.1371/journal.pone.0048253.

Celiktas, O. Yesil, E. E. Hames Kocabas, E. Bedir, F. Vardar Sukan, T. Ozek, and K. H. C. Baser. 2007. "Antimicrobial Activities of Methanol Extracts and Essential Oils of Rosmarinus Officinalis, Depending on Location and Seasonal Variations." Food Chemistry 100(2):553–59. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.10.011.

Chaima, Athamnia Ines Djaibet, and Zaghdoudi Ghania. 2018. Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles de Rosmarinus officinalis L. et du Thymus capitatus L. sur des agents d'otomycose : Cas d'Aspergillus niger. Working Paper. SNV.STU.

Chanthai Saksit, Sujitra Prachakoll, Chalerm Ruangviriyachai, and Devanand L. Luthria. 2012. "Influence of Extraction Methodologies on the Analysis of Five Major Volatile Aromatic Compounds of Citronella Grass (Cymbopogon Nardus) and Lemongrass (Cymbopogon Citratus) Grown in Thailand." Journal of AOAC INTERNATIONAL 95(3):763–72. DOI: 10.5740/jaoacint.11-335.

Charik Safia and Kadri Yamina. 2019. Criblage Phytochimique et Extraction Des Huiles Essentielles de l'espèce Lavandula Officinalis. Mémoire de Master, Université MOHAMED BOUDIAF - M'SILA.

Chauhan Nitin, Anushree Malik, and Satyawati Sharma. 2018. "Repellency Potential of Essential Oils against Housefly, Musca Domestica L." Environmental Science and Pollution Research 25(5):4707–14. DOI: 10.1007/s11356-017-0363-x.

Chellappandian, Muthiah, Annamalai Thanigaivel, Prabhakaran Vasantha-Srinivasan, Edward-Sam Edwin, Athirstam Ponsankar, Selvaraj Selin-Rani, Kandaswamy Kalaivani, Sengottayan Senthil-Nathan, and Giovanni Benelli. 2018. "Toxicological Effects of Sphaeranthus Indicus Linn. (Asteraceae) Leaf Essential Oil against Human Disease Vectors, Culex Quinquefasciatus Say and Aedes Aegypti Linn., and Impacts on a Beneficial Mosquito Predator." Environmental Science and Pollution Research 25(11):10294–306. DOI: 10.1007/s11356-017-8952-2.

Chemat Farid, Maryline Abert Vian, and Giancarlo Cravotto. 2012. "Green Extraction of Natural Products: Concept and Principles." International Journal of Molecular Sciences 13(7):8615–27. DOI: 10.3390/ijms13078615.

Chintalchere Jyoti M., Mudasir A. Dar, and Radhakrishna S. Pandit. 2020. "Biocontrol Efficacy of Bay Essential Oil against Housefly, Musca Domestica (Diptera: Muscidae)." The Journal of Basic and Applied Zoology 81(1):6. DOI: 10.1186/s41936-020-0138-7.

Chintalchere Jyoti M., Mudasir A. Dar, Kishor D. Raut, and Radhakrishna S. Pandit. 2021. "Bioefficacy of Lemongrass and Tea Tree Essential Oils against House Fly, Musca Domestica." Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences 91(2):307–18. DOI: 10.1007/s40011-020-01220-z.

Christenhusz, Maarten, and James Byng. 2016. "The Number of Known Plant Species in the World and Its Annual Increase." Phytotaxa 261:201–17. DOI: 10.11646/phytotaxa.261.3.1.

Corbel Vincent, Mara D. Kont, Martha Liliana Ahumada, Laura Andréo, Bazoma Bayili, Koama Bayili, Basil Brooke, Jesús A. Pinto Caballero, Ben Lambert, Thomas S. Churcher, Stephane Duchon, Josiane Etang, Adriana E. Flores, Kasinathan Gunasekaran, Waraporn Juntarajumnong, Matt Kirby, Rachel Davies, Rosemary Susan Lees, Audrey Lenhart, José Bento Pereira Lima, Ademir J. Martins, Pie Müller, Raphael N'Guessan, Corine Ngufor, Giorgio Praulins, Martha Quinones, Kamaraju Raghavendra, Vaishali Verma, Adanan Che Rus, Michael Samuel, Koou Sin Ying, Sungsit Sungvornyothin, Sreehari Uragayala, Raman Velayudhan, and Rajpal S. Yadav. 2023. "A New WHO Bottle Bioassay Method to Assess the Susceptibility of Mosquito Vectors to Public Health Insecticides: Results from a WHO-Coordinated Multi-Centre Study." Parasites & Vectors 16(1):21. DOI: 10.1186/s13071-022-05554-7.

Couic-Marinier Françoise, and Annelise Lobstein. 2013. "Composition chimique des huiles essentielles." Actualités Pharmaceutiques 52(525):22–25. DOI: 10.1016/j.actpha.2013.02.006.

Da Silva Sá, Giulian César, Pedro Vitor Vale Bezerra, Melissa Farias Alves Da Silva, Leidiane Barboza Da Silva, Patrícia Batista Barra, Maria De Fátima Freire De Melo Ximenes, and Adriana Ferreira Uchôa. 2023. "Arbovirus Vectors Insects: Are Botanical Insecticides an Alternative for Its Management?" Journal of Pest Science 96(1):1–20. DOI: 10.1007/s10340-022-01507-2.

De Cliff Steve, and Pierre Claver Harerimana. 2013. "Extraction de l'Huile Essentielle Complète des Fleurs de Cananga Odorata de la Plaine de l'Imbo: Vers la Vulgarisation d'une Nouvelle Filière de Plante Industrielle au Burundi." Revue de l'Université du Burundi -Série Sciences Exactes N° 28 S. De Cliff et P.C. Harerimana (Extraction de l'huile essentielle...).

Deba Farah, Tran Dang Xuan, Masaaki Yasuda, and Shinkichi Tawata. 2008. "Chemical Composition and Antioxidant, Antibacterial and Antifungal Activities of the Essential Oils from Bidens Pilosa Linn. Var. Radiata." Food Control 19(4):346–52. DOI: 10.1016/j.foodcont.2007.04.011.

Dung P. N. T., T. P. Dao, T. T. Le, H. T. Tran, T. T. T. Dinh, Q. L. Pham, Q. T. Tran, and M. Q. Pham. 2021. "Extraction and Analysis of Chemical Composition of Ocimum Gratissimum L Essential Oil in the North of Vietnam." IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 1092(1):012092. DOI: 10.1088/1757-899X/1092/1/012092.

Duvallet Gérard. 2006. "Parasites, Vecteurs de Pathogènes et Changements Climatiques." Hydroécologie Appliquée 15:87–96. DOI: 10.1051/hydro: 2006008.

El Ajjouri Mustapha, Badr Satrani, Mohamed Ghanmi, Abderrahman Aafi, Abdellah Farah, Mohamed Rahouti, Fatiha Amarti, and Mohamed Aberchane. 2008. "Activité antifongique des huiles essentielles de Thymus bleicherianus Pomel et Thymus capitatus (L.) Hoffm. & Link contre les champignons de pourriture du bois d'œuvre." BASE.

Elimem Mohammed, Rasmi Soltani, and W. Dhahri. 2019. "Evaluation of Insecticidal Efficiency of Essential Oils from Foeniculum Vulgare Var. Dulce Waste to Control Tribolium Castaneum Herbst 1797 (Coleoptera :Tenebrionidae) and Trogoderma Granarium Everts 1898 (ColeopterP[[a : Dermestidae) under Laboratory Conditions." Journal for New Generation Sciences 65:4125–35.

Essien E. E., T. M. Walker, I. A. Ogunwande, A. Bansal, W. N. Setzer, and O. Ekundayo. 2010. "Essential Oil Composition, Cytotoxicity and Antimicrobial Activities of Datura Metel L. from Nigeria." International Journal of Essential Oil Therapeutics.

Farouk Omnia Yehia, John Refaat Fahim, Eman Zekry Attia, and Mohamed Salah Kamel. 2023. "Phytochemical and Biological Profiles of the Genus Phragmites (Family Poaceae): A Review." South African Journal of Botany 163:659–72. DOI: 10.1016/j.sajb.2023.11.012.

Fejér Jozef, Daniela Gruľová, Adriana Eliašová, Ivan Kron, and Vincenzo De Feo. 2018. "Influence of Environmental Factors on Content and Composition of Essential Oil from Common Juniper Ripe Berry Cones (Juniperus Communis L.)." Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology 152(6):1227–35. DOI: 10.1080/11263504.2018.1435577.

Figueiredo, A. Cristina, José G. Barroso, Luis G. Pedro, and Johannes J. C. Scheffer. 2008. "Factors Affecting Secondary Metabolite Production in Plants: Volatile Components and Essential Oils." Flavour and Fragrance Journal 23(4):213–26. DOI: 10.1002/ffj.1875.

Figueredo Gilles. 2007. “Etude chimique et statistique de la composition d’huiles essentielles d’origans (Lamiaceae) cultivés issus de graines d’origine méditerranéenne.” phdthesis, Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II.

Fillatre Yoann. 2011. “Développement d’une méthode d’analyse multi-résidus dans les huiles essentielles par couplage de la chromatographie liquide avec la spectrométrie de masse en mode tandem.” THESE DE DOCTORAT, ECOLE DOCTORALE : MATIERES, MOLECULES, MATERIAUX DES PAYS DE LOIRE.

Flamini Guido, Pier Luigi Cioni, Ivano Morelli, Mario Macchia, and Lucia Ceccarini. 2002. “Main Agronomic−Productive Characteristics of Two Ecotypes of Rosmarinus Officinalis L. and Chemical Composition of Their Essential Oils.” Journal of Agricultural and Food Chemistry 50(12):3512–17. DOI: 10.1021/jf011138j.

Formisano Carmen, Sebastiano Delfine, Filomena Oliviero, Gian Carlo Tenore, Daniela Rigano, and Felice Senatore. 2015. “Correlation among Environmental Factors, Chemical Composition and Antioxidative Properties of Essential Oil and Extracts of Chamomile (Matricaria Chamomilla L.) Collected in Molise (South-Central Italy).” Industrial Crops and Products 63:256–63. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.09.042.

Freeman, Jamie C., Douglas H. Ross, and Jeffrey G. Scott. 2019. “Insecticide Resistance Monitoring of House Fly Populations from the United States.” Pesticide Biochemistry and Physiology 158:61–68. DOI: 10.1016/j.pestbp.2019.04.006.

Gnintoungbe, Germaine Sènandjro, Thierry C. Marc Medehouenou, Ferdinand Adounkpe, Casimir Akpovi, and Frédéric Loko. 2023. “Phytochemical Screening, Antioxidant Activity and Safety of Petroselinum Crispum (Mill.) AW Hill Apiaceae Leaves Grown in Benin.” Open Journal of Applied Sciences 13(1):36–50. DOI: 10.4236/ojapps.2023.131004.

Goetz Paul, and Kamel Ghedira. 2012. “Introduction à la phytothérapie anti-infectieuse.” Pp. 3–14 in Phytothérapie anti-infectieuse, Collection Phytothérapie Pratique, edited by P. Goetz and K. Ghedira. Paris: Springer.

Harouna, Maimouna Abdourahamane, Ibrahim Baoua, Sitou Lawali, Manuele Tamò, Laouali Amadou, Saadou Mahamane, and Barry Pittendrigh. 2019. “Essai Comparatif de l’utilisation Des Extraits Du Neem et Du Virus Entomopathogène MaviNPV Dans La Gestion Des Insectes Ravageurs Du Niébé En Milieu Paysan Au Niger.” International Journal of Biological and Chemical Sciences 13(2):950. DOI: 10.4314/ijbcs.v13i2.30.

Hart K. J., D. R. Yáñez-Ruiz, S. M. Duval, N. R. McEwan, and C. J. Newbold. 2008. “Plant Extracts to Manipulate Rumen Fermentation.” Animal Feed Science and Technology 147(1–3):8–35. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2007.09.007.

Havyarimana Céléstin. 2020. Plantes Anti-Malaria et Anti-Moustiques Au Burundi: Ethnobotanique et Perspectives de Conservation. Bujumbura: Université du Burundi, Faculté des sciences.

Herman, Richard Ansah, Ellen Ayepa, Saidi Shittu, Sandra Senyo Fometu, and Jun Wang. 2019. “Essential Oils and Their Applications -A Mini Review.”

Hernandez Ochoa, Leon Raul. 2005. "Substitution de solvants et matières actives de synthèse par un combiné «solvant/actif » d'origine végétale." Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse.

Hinkle Nancy C., and Jerome A. Hogsette. 2021. "A Review of Alternative Controls for House Flies." Insects 12(11):1042. DOI: 10.3390/insects12111042.

Ilhem Ferdes, and Saidia Nariman. 2019. Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles de Lavandula stoechas L. et d'Origanum floribundum Munby. sur des agents d'otomycoses : Cas d'Aspergillus niger. Working Paper. SNV.STU.

Iranshahi M. 2012. "A Review of Volatile Sulfur-Containing Compounds from Terrestrial Plants: Biosynthesis, Distribution and Analytical Methods." Journal of Essential Oil Research 24(4):393–434. DOI: 10.1080/10412905.2012.692918.

Issakou Bakarnga-Via, Lambey Espérance, Gédéon Walbang Ossoga, Abdoullahi Hissein Ousman, Mbaigolmem Béral Valéry, Abdelsalam Tidjani, and Menut Chantal. 2022. "Activité Antifongique de l'Huile Essentielle de Cymbopogon Citratus (DC) Stapf (Poaceae) : Cas des Moisissures isolées dans des Poissons Fumés et Séchés des Marchés de N'Djaména." HEALTH SCIENCES AND DISEASE 23(12).

J. Trouvilliez, L. Bouhot, and P. Guizol. 1987. "Croissance des *Eucalyptus* au Burundi: Synthèse des Essais 1977-1986. Institut des Sciences Agronomiques du Burundi (ISABU), Publication N° 102-1987."

Kasrati Ayoub, Chaima Alaoui Jamali, Khalid Bekkouche, Hans Wohlmuth, David Leach, and Abdelaziz Abbad. 2015. "Comparative Evaluation of Antioxidant and Insecticidal Properties of Essential Oils from Five Moroccan Aromatic Herbs." Journal of Food Science and Technology 52(4):2312–19. DOI: 10.1007/s13197-014-1284-z.

Kassahun, Abayneh, and Gezu Feleke. 2019. "Chemical Composition and Physico-Chemical Analysis of Eucalyptus Globulus Leave and Oil." Science Journal of Chemistry 7(2):36. DOI: 10.11648/j.sjc.20190702.11.

Kayode, Rowland Monday Ojo, and Anthony Jide Afolayan. 2015. "Cytotoxicity and Effect of Extraction Methods on the Chemical Composition of Essential Oils of Moringa Oleifera Seeds." Journal of Zhejiang University. Science. B 16(8):680–89. DOI: 10.1631/jzus.B1400303.

Keiding J., and World Health Organization Division of Vector Biology and Control. 1986. "The House-Fly : Biology and Control."

Khamesipour Faham, Kamran Bagheri Lankarani, Behnam Honarvar, and Tebit Emmanuel Kwenti. 2018. "A Systematic Review of Human Pathogens Carried by the Housefly (Musca Domestica L.)." BMC Public Health 18(1):1049. DOI: 10.1186/s12889-018-5934-3.

Khan Hafiz Azhar Ali. 2021. "Toxicity, Repellent and Oviposition Deterrent Effects of Select Essential Oils against the House Fly Musca Domestica." Journal of Asia-Pacific Entomology 24(1):15–20. DOI: 10.1016/j.aspen.2020.10.002.

Khanuja Suman P. S., Ajit K. Shasany, Anubha Pawar, R. K. Lal, M. P. Darokar, A. A. Naqvi, S. Rajkumar, V. Sundaresan, Nirupama Lal, and Sushil Kumar. 2005. "Essential Oil Constituents and RAPD Markers to Establish Species Relationship in Cymbopogon Spreng. (Poaceae)." Biochemical Systematics and Ecology 33(2):171–86. DOI: 10.1016/j.bse.2004.06.011.

Khater Hanem F., and Christopher J. Geden. 2019. "Efficacy and Repellency of Some Essential Oils and Their Blends against Larval and Adult House Flies, Musca Domestica L. (Diptera: Muscidae)." Journal of Vector Ecology 44(2):256–63. DOI: 10.1111/jvec.12357.

Kiplimo Joyce Jepkorir. 2007. "Chemical Composition and Anti-Microbial Activity of Essential Oils of the Plants: Tarchonanthus Camphoratus, Leonotis Nepetifolia and Satureja Biflora." Thesis, Egerton University.

Kiruthika S., and S. Vishali. 2023. "Industrial Application of Essential Oils." *Essential Oils* 49–67. DOI: https://doi.org/10.1002/9781119829614.ch3.

Koto Ruriko, Masatoshi Imamura, Chie Watanabe, Satoshi Obayashi, Mitsuya Shiraishi, Yasuharu Sasaki, and Hiroshi Azuma. 2006. "Linalyl Acetate as a Major Ingredient of Lavender Essential Oil Relaxes the Rabbit Vascular Smooth Muscle through Dephosphorylation of Myosin Light Chain:" Journal of Cardiovascular Pharmacology 48(1):850–56. DOI: 10.1097/01.fjc.0000238589.00365.42.

Koziol Nathalie. 2015. "Huiles essentielles d'Eucalyptus globulus, d'Eucalyptus radiata et de Corymbia citriodora: qualité, efficacité et toxicité." Thèse de Doctorat, Université de Lorraine.

Kpoviessi Dieudonné A., Daniel C. Chougourou, Aimé H. Bokononganta, Nicodème V. Fassinou-Hotegni, and Joseph Dossou. 2017. "Bioefficacy of Powdery Formulations Based on Kaolin Powder and Cashew (Anacardium Occidentale L.) Balms to Control Callosobruchus Maculatus F. (Coleoptera, Chrysomelideae: Bruchidae) in Stored Cowpea (Vigna Unguiculata L.)." International Journal of Biological and Chemical Sciences 11(4):1424. DOI: 10.4314/ijbcs.v11i4.3.

Kraiffi F. and B. Khaoula. 2021. Extraction et Caractérisation de Quelques Huiles Essentielles Des Plantes Utilisés Dans La Thérapie Grippale (Thymus Lanceolatus, Eucalyptus Globulus). Mémoire de Master. Université Mohamed Khider de Biskra.

Kumar P., S. Mishra, A. Malik, and S. Satya. 2011. "Repellent, Larvicidal and Pupicidal Properties of Essential Oils and Their Formulations against the Housefly, Musca Domestica." Medical and Veterinary Entomology 25(3):302–10. DOI: 10.1111/j.1365-2915.2011.00945.x.

Kumar Peeyush, Sapna Mishra, Anushree Malik, and Santosh Satya. 2012. "Compositional Analysis and Insecticidal Activity of Eucalyptus Globulus (Family: Myrtaceae) Essential Oil against Housefly (Musca Domestica)." Acta Tropica 122(2):212–18. DOI: 10.1016/j.actatropica.2012.01.015.

Kumar Peeyush, Sapna Mishra, Anushree Malik, and Santosh Satya. 2014. "Biocontrol Potential of Essential Oil Monoterpenes against Housefly, Musca Domestica (Diptera:

Muscidae).” Ecotoxicology and Environmental Safety 100:1–6. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2013.11.013.

Lamamra Mebarka. 2018. “Activités biologiques et composition chimique des huiles essentielles d’Ammiopsis aristidis Coss. (Syn. Daucus aristidis Coss.) et d’Achillea santolinoides Lag.” Thèse.

Lardry, Jean-Michel, and Valérie Haberkorn. 2007. “L’aromathérapie et les huiles essentielles.” Kinésithérapie, la Revue 7(61):14–17. DOI: 10.1016/S1779-0123(07)70308-X.

Latreche Wissame Mansor. 2021. “Les huiles essentielles, activités biologique d’une plante aromatique.” Thèse, Université MOHAMED BOUDIAF - M’SILA.

Lawal O. A., A. L. Ogundajo, N. O. Avoseh, and I. A. Ogunwande. 2017. “Cymbopogon Citratus.” Pp. 397–423 in Medicinal Spices and Vegetables from Africa, edited by V. Kuete. Academic Press.

Levchenko, Mikhail A., Elena A. Silivanova, Pavel E. Khodakov, and Saber Gholizadeh. 2021. “Insecticidal Efficacy of Some Essential Oils against Adults of Musca Domestica L. (Diptera: Muscidae).” International Journal of Tropical Insect Science 41(4):2669–77. DOI: 10.1007/s42690-021-00448-0.

Leyo Idriss Hamidou, Zakari Moussa Ousman, Fréderic Francis, and Rudy Caparros Megido. 2021. “Techniques de production d’asticots de mouches domestiques (Musca domestica L. 1758) pour l’alimentation des volailles, synthèse bibliographique.” Tropicultura (2). DOI: 10.25518/2295-8010.1813.

Linder H. P., Caroline E. R. Lehmann, Sally Archibald, Colin P. Osborne, and David M. Richardson. 2018. “Global Grass (Poaceae) Success Underpinned by Traits Facilitating Colonization, Persistence and Habitat Transformation.” Biological Reviews 93(2):1125–44. DOI: 10.1111/brv.12388.

Machraoui, Z. Kthri, M. Ben jabeur, W. Hamada. 2018. “Ethnobotanical and Phytopharmacological Notes on Cymbopogon Citratus (DC.) Stapf.” Journal of New Sciences 55.

Mahanta, J. J., M. Chutia, M. Bordoloi, M. G. Pathak, R. K. Adhikary, and T. C. Sarma. 2007. “Cymbopogon Citratus L. Essential Oil as a Potential Antifungal Agent against Key Weed Moulds of Pleurotus Spp. Spawns.” Flavour and Fragrance Journal 22(6):525–30. DOI: 10.1002/ffj.1835.

Maia Bouaziz, and Nasrallah Douaa. 2020. “Etude bibliographique de l’effet larvicide de l’huile essentielle d’Artemisia herba-alba à l’égard de Culex pipiens : Métabolites.” Thèse, Université Larbi Tebessi Tebessa.

Maiga Hawa Alassane. 2022. Extraction et application de l’huile essentielle de Myrte sauvage : Working Paper. Université 08 MAI 1945 Guelma.

Maroua Atti, and Meliani Hadjer. 2022. Etude du potentiel de rendement en huiles essentielles et de l’activité antifongique de la menthe à feuilles rondes (Mentha rotundifolia). Working Paper. SNV.STU.

Marouf Abderrazak, and Gérard Tremblin. 2020. Abrégé de biochimie appliquée: Nouvelle édition. EDP Sciences.

McCormick Katie A., Jamie S. Olivarez, Roy A. Fisher, Tal M. Nahir, and Cindy L. Phelps. 2006. "Effect of Sample Preparation on the Amounts of α-Pinene and Verbenone Extracted from Rosemary." *Journal of Essential Oil Research* 18(5):478–80. DOI: 10.1080/10412905.2006.9699146.

Mehani Mouna. 2015. "Activité Antimicrobienne Des Huiles Essentielles d'Eucalyptus Camendulensis Dans La Région de Ouargla." Mémoire, Université de KASDI MERBAH - OUARGLA.

Meksem Nabila. 2018. "Etude De L'effet Biopesticide Des Extraits Naturels De Deux Plantes De La Famille Des Myrtacées : Eucalyptus Globulus, Eucalyptus Camaldulensis."Mémoire, Université de BADJI MOKHTAR - ANNABA.

Meriem Boualleg, and Bousnobra Rania. 2021. "Optimisation des paramètres d'extraction de l'huile essentielle de Lavandula stoechas." Working Paper, Université 8Mai 1945 – Guelma.

Moghaddam Mohammad, and Leila Mehdizadeh. 2017. "Chemistry of Essential Oils and Factors Influencing Their Constituents." *Soft Chemistry and Food Fermentation* 379–419. DOI: 10.1016/B978-0-12-811412-4.00013-8.

Mohammed Toungos. 2019. "Lemon Grass (Cymbopogon, L Spreng) Valuable Grass but Underutilized In Northern Nigeria. International Journal of Innovative Food, Nutrition and Sustainable Agriculture, 7(2), 6-14."

Mohanty Swagat, Asit Ray, Pradeep Kumar Naik, Ambika Sahoo, Sudipta Jena, Prabhat Kumar Das, Jeetendranath Patnaik, Pratap Chandra Panda, and Sanghamitra Nayak. 2023. "Variation in Yield, Chemical Composition and Biological Activities of Essential Oil of Three Curcuma Species: A Comparative Evaluation of Hydrodistillation and Solvent-Free Microwave Extraction Methods." Molecules 28(11):4434. DOI: 10.3390/molecules28114434.

Mohr Carla, Cassandra Jensen, Nicole Padden, Jamie M. Besel, and Jeannine M. Brant. 2021. "Peppermint Essential Oil for Nausea and Vomiting in Hospitalized Patients: Incorporating Holistic Patient Decision Making Into the Research Design." Journal of Holistic Nursing 39(2):126–34. DOI: 10.1177/0898010120961579.

Monyama Maropeng C., Emmanuel T. Onyiche, Moeti O. Taioe, Jane S. Nkhebenyane, and Oriel M. M. Thekisoe. 2022. "Bacterial Pathogens Identified from Houseflies in Different Human and Animal Settings: A Systematic Review and Meta-Analysis." Veterinary Medicine and Science 8(2):827–44. DOI: 10.1002/vms3.496.

Moreira Patrícia, Fábio Jesus Sousa, Patrícia Matos, Gonçalo Sousa Brites, Maria José Gonçalves, Carlos Cavaleiro, Artur Figueirinha, Lígia Salgueiro, Maria Teresa Batista, Pedro Costa Branco, Maria Teresa Cruz, and Cláudia Fragão Pereira. 2022. "Chemical Composition and Effect against Skin Alterations of Bioactive Extracts Obtained by the Hydrodistillation of Eucalyptus Globulus Leaves." Pharmaceutics 14(3):561. DOI: 10.3390/pharmaceutics14030561.

Moungthipmalai, and Soonwera. 2022. "Adulticidal Activity against Housefly (Musca Domestica L.; Muscidae: Diptera) of Eucalyptol, Limonene, and Their Combined Formulation." 18(1):271-280.

Mounkaila Soumaila, Barmo Soukaradji, Boube Morou, Saley Karim, Hassane Bil-Assanou Issoufou, Ali Mahamane, Kalid Ikhiri, and Mahamane Saadou. 2017. "Inventaire Et Gestion Des Plantes Médicinales Dans Quatre Localités Du Niger." European Scientific Journal, ESJ 13(24):498. DOI: 10.19044/esj.2017.v13n24p498.

Nébié Roger H. Ch, Ablassé Tiemtoré, and Rigobert T. Yaméogo. 2009. "Etude de l'effet insecticide de mélanges d'huiles essentiell es sur Callosobruchus maculatus F. prédateur du niébé." Sciences Naturelles et Appliquées 3(1 et 2).

Ngo T. C. Q., T. H. Tran, and X. T. Le. 2020. "The Effects of Influencing Parameters on the Eucalyptus Globulus Leaves Essential Oil Extraction by Hydrodistillation Method." IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 991(1):012126. DOI: 10.1088/1757-899X/991/1/012126.

Nicoletti Rosario, Maria Michela Salvatore, Pasquale Ferranti, and Anna Andolfi. 2018. "Structures and Bioactive Properties of Myrtucommulones and Related Acylphloroglucinols from Myrtaceae." Molecules 23(12):3370. DOI: 10.3390/molecules23123370.

Oladeji Oluwole Solomon, Funmilayo Enitan Adelowo, David Temitope Ayodele, and Kehinde Abraham Odelade. 2019. "Phytochemistry and Pharmacological Activities of Cymbopogon Citratus: A Review." Scientific African 6:e00137. DOI: 10.1016/j.sciaf.2019.e00137.

Oladipupo S. O., X. P. Hu, and A. G. Appel. 2020. "Topical Toxicity Profiles of Some Aliphatic and Aromatic Essential Oil Components against Insecticide-Susceptible and Resistant Strains of German Cockroach (Blattodea: Ectobiidae)" edited by T. Phillips. Journal of Economic Entomology 113(2):896–904. DOI: 10.1093/jee/toz323.

OMS, Organisation Mondiale de la Santé. 2022. "Choléra." Retrieved December 5, 2023 (https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/cholera).

Orav Anne, Elmar Arak, and Ain Raal. 2006. "Phytochemical Analysis of the Essential Oil of **Achillea Millefolium** L. from Various European Countries." Natural Product Research 20(12):1082–88. DOI: 10.1080/14786410500510849.

Ouattar Hafssa, Otmane Zouirech, Mohammed Kara, Amine Assouguem, Saeedah Musaed Almutairi, Fahad M. Al-Hemaid, Rabab Ahmed Rasheed, Riaz Ullah, Arshad Mehmood Abbasi, Mahjoub Aouane, and Karima Mikou. 2022. "In Vitro Study of the Phytochemical Composition and Antioxidant, Immunostimulant, and Hemolytic Activities of Nigella Sativa (Ranunculaceae) and Lepidium Sativum Seeds." Molecules 27(18):5946. DOI: 10.3390/molecules27185946.

Ouled Dhaou S., K. Jeddi, and M. Chaieb. 2010. "Les Poaceae en Tunisie: systématique et utilité thérapeutique." Phytothérapie 8(2):145–52. DOI: 10.1007/s10298-010-0533-1.

Paul I., Michel M., and J.P. Restellini. 2001. "Larousse Des Plantes Médicinales; Identification, Préparation, Soins. Pdf."

Pinto Zeneida Teixeira, Félix Fernández Sánchez, Arith Ramos dos Santos, Ana Claudia Fernandes Amaral, José Luiz Pinto Ferreira, Julio César Escalona-Arranz, and Margareth Maria de Carvalho Queiroz. 2015. "Chemical Composition and Insecticidal Activity of Cymbopogon Citratus Essential Oil from Cuba and Brazil against Housefly." Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária 24:36–44. DOI: 10.1590/S1984-29612015006.

Ranian Kanwal, Muhammad Kashif Zahoor, Muhammad Asif Zahoor, Hina Rizvi, Azhar Rasul, Humara Majeed, Farhat Jabeen, Iqra Sarfraz, Muhammad Zulhussnain, Bushra Riaz, and Atta Ullah. 2020. "Evaluation of Resistance to Some Pyrethroidand Organophosphate Insecticides and TheirUnderlying Impact on the Activity of Esterasesand Phosphatases in House Fly, Musca Domestica (Diptera: Muscidae)." Polish Journal of Environmental Studies 30(1):327–36. DOI: 10.15244/pjoes/96240.

Rehman, Rafia, and Muhammad Asif Hanif. 2016. "Biosynthetic Factories of Essential Oils: The Aromatic Plants." Natural Products Chemistry & Research 04(04). DOI: 10.4172/2329-6836.1000227.

Rioba Naomi B., and Philip C. Stevenson. 2020. "Opportunities and Scope for Botanical Extracts and Products for the Management of Fall Armyworm (Spodoptera Frugiperda) for Smallholders in Africa." Plants 9(2):207. DOI: 10.3390/plants9020207.

Roumaissa Mecheri, and Hammouchène Saoussen. 2020. "Étude bibliographique de l'effet larvicide de l'huile essentielle de Rosmarinus officinalis à l'égard de Culex pipiens : Morphométrie (Doctoral dissertation, Université Larbi Tebessi Tebessa)."

Rowshan Vahid, Atefeh Bahmanzadegan, and Mohammad Jamal Saharkhiz. 2013. "Influence of Storage Conditions on the Essential Oil Composition of Thymus Daenensis Celak." Industrial Crops and Products 49:97–101. DOI: 10.1016/j.indcrop.2013.04.029.

Salhi Souad, Mohamed Fadli, Lahcen Zidane, and Allal Douira. 2010. "Etudes floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville de Kénitra (Maroc)." Lazaroa 31:133–43. DOI: 10.5209/rev_LAZA.2010.v31.9.

Scalerandi Esteban, Guillermo A. Flores, Marcela Palacio, Maria Teresa Defagó, María Cecilia Carpinella, Graciela Valladares, Alberto Bertoni, and Sara María Palacios. 2018. "Understanding Synergistic Toxicity of Terpenes as Insecticides: Contribution of Metabolic Detoxification in Musca Domestica." Frontiers in Plant Science 9.

Sebei Khaled, Fawzi Sakouhi, Wahid Herchi, Mohamed Larbi Khouja, and Sadok Boukhchina. 2015. "Chemical Composition and Antibacterial Activities of Seven Eucalyptus Species Essential Oils Leaves." Biological Research 48(1):7. DOI: 10.1186/0717-6287-48-7.

Sefidkon Fatemeh, Khadijeh Abbasi, and Gholamreza Bakhshi Khaniki. 2006. "Influence of Drying and Extraction Methods on Yield and Chemical Composition of the Essential Oil of Satureja Hortensis." Food Chemistry 99(1):19–23. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.07.026.

Shah Gagan, Richa Shri, Vivek Panchal, Narender Sharma, Bharpur Singh, and A. S. Mann. 2011. "Scientific Basis for the Therapeutic Use of Cymbopogon Citratus, Stapf (Lemon Grass)." Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research 2(1):3. DOI: 10.4103/2231-4040.79796.

Sharif Zim, Fa Mustapha, J. Jai, N. Mohd Yusof, and Nam Zaki. 2017. "Review on Methods for Preservation and Natural Preservatives for Extending the Food Longevity." Chemical Engineering Research Bulletin 19:145. DOI: 10.3329/cerb.v19i0.33809.

Shen Tao, Guo-Hui Li, Xiao-Ning Wang, and Hong-Xiang Lou. 2012. "The Genus Commiphora: A Review of Its Traditional Uses, Phytochemistry and Pharmacology." Journal of Ethnopharmacology 142(2):319–30. DOI: 10.1016/j.jep.2012.05.025.

Shiferaw Yoseph, Abayneh Kassahun, Abebe Tedla, Gezu Feleke, and Amare Ayalew Abebe. 2019. "Investigation of Essential Oil Composition Variation with Age of Eucalyptus Globulus Growing in Ethiopia." Natural Products Chemistry & Research 07(02). DOI: 10.35248/2329-6836.19.7.360.

Silvério Maíra Rosato Silveiral, Laila Salmen Espindola, Norberto Peporine Lopes, and Paulo Cézar Vieira. 2020. "Plant Natural Products for the Control of Aedes Aegypti: The Main Vector of Important Arboviruses." Molecules 25(15):3484. DOI: 10.3390/molecules25153484.

Soltanbeigi, Amir. 2020. "Qualitative Variations of Lavandin Essential Oil under Various Storage Conditions." Journal of Essential Oil Bearing Plants 23(6):1237–52. DOI: 10.1080/0972060X.2020.1871076.

Soonwera Mayura, and Sirawut Sittichok. 2020. "Adulticidal Activities of Cymbopogon Citratus (Stapf.) and Eucalyptus Globulus (Labill.) Essential Oils and of Their Synergistic Combinations against Aedes Aegypti (L.), Aedes Albopictus (Skuse), and Musca Domestica (L.)." Environmental Science and Pollution Research 27(16):20201–14. DOI: 10.1007/s11356-020-08529-2.

Soreng Robert J., Paul M. Peterson, Fernando O. Zuloaga, Konstantin Romaschenko, Lynn G. Clark, Jordan K. Teisher, Lynn J. Gillespie, Patricia Barberá, Cassiano A. D. Welker, Elizabeth A. Kellogg, De-Zhu Li, and Gerrit Davidse. 2022. "A Worldwide Phylogenetic Classification of the Poaceae (Gramineae) III: An Update." Journal of Systematics and Evolution 60(3):476–521. DOI: 10.1111/jse.12847.

Tajidin N. E., S. H. Ahmad, A. B. Rosenani, H. Azimah, and M. Munirah. 2012. "Chemical Composition and Citral Content in Lemongrass (Cymbopogon Citratus) Essential Oil at Three Maturity Stages." African Journal of Biotechnology 11(11):2685–93.

Taleb-Toudert Karima. 2015. "Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie (Nord Algérien) : évaluation de leurs effets sur le bruche de niébé Callosobruchus maculatus (Coleoptera : Bruchidae)." Thèse, Université Mouloud MAMMERI.

Tchoumbougnang, François, Pierre Michel Jazet Dongmo, Modeste Lambert Sameza, Edwige Gaby Nkouaya Mbanjo, Guy Bertrand Tiako Fotso, Paul Henri Amvam Zollo, and Chantal Menut. 2009. "Activité larvicide sur Anopheles gambiae Giles et composition chimique des huiles essentielles extraites de quatre plantes cultivées au Cameroun."

Thangaleela, Subramanian, Bhagavathi Sundaram Sivamaruthi, Periyanaina Kesika, Muruganantham Bharathi, Wipada Kunaviktikul, Areewan Klunklin, Chatnithit Chanthapoon, and Chaiyavat Chaiyasut. 2022. "Essential Oils, Phytoncides,

Aromachology, and Aromatherapy—A Review." Applied Sciences 12(9):4495. DOI: 10.3390/app12094495.

Tibenda, Jonnea Japhet, Qiong Yi, Xiaobo Wang, and Qipeng Zhao. 2022. "Review of Phytomedicine, Phytochemistry, Ethnopharmacology, Toxicology, and Pharmacological Activities of Cymbopogon Genus." Frontiers in Pharmacology 13.

Tran Thien Hien, Le Ke Ha, Duy Chinh Nguyen, Tan Phat Dao, Le Thi Hong Nhan, Dai Hai Nguyen, Trinh Duy Nguyen, Dai-Viet N. Vo, Quoc Toan Tran, and Long Giang Bach. 2019. "The Study on Extraction Process and Analysis of Components in Essential Oils of Black Pepper (Piper Nigrum L.) Seeds Harvested in Gia Lai Province, Vietnam." Processes 7(2):56. DOI: 10.3390/pr7020056.

Turek Claudia, and Florian C. Stintzing. 2012. "Impact of Different Storage Conditions on the Quality of Selected Essential Oils." Food Research International 46(1):341–53. DOI: 10.1016/j.foodres.2011.12.028.

Turek Claudia, and Florian C. Stintzing. 2013. "Stability of Essential Oils: A Review: Stability of Essential Oils…." Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 12(1):40–53. DOI: 10.1111/1541-4337.12006.

Vicenço Camila Bonatto, Wendel Paulo Silvestre, and Gabriel Fernandes Pauletti. 2023. "Insecticidal Activity of Lemongrass Essential Oil and Its Major Compounds on Velvet Caterpillar." Pesquisa Agropecuária Gaúcha 29(1):1–15. DOI: 10.36812/pag.20232911-15.

Wadhwa Kritika, Meenakshi Malhotra, Harmanpreet Kaur, Ajeet Pal Singh, and Amar Pal Singh. 2023. "The Update on Pharmacological Activities of Herbal Plant Cymbopogon Citratus." Journal of Drug Delivery and Therapeutics 13(3):164–70. DOI: 10.22270/jddt.v13i3.5980.

World Health Organization (WHO). 2020. "Vector-Borne Diseases." Retrieved November 8, 2023 (https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases).

Yaacoube Rahma, and Imane Tlidjane. 2018. "Caractérisation physico-chimiques et analyses biologiques de l'huile essentielle des grains de Cuminum cyminum L. et de Foeniculum vulgare Mill.extraite par hydrodistillation et CO2. supercritique : Etude comparative."

Yavari Alireza, Vahideh Nazeri, Fatemeh Sefidkon, and Mohammad Esmail Hassani. 2010. "Influence of Some Environmental Factors on the Essential Oil Variability of Thymus Migricus." Natural Product Communications 5(6):1934578X1000500. DOI: 10.1177/1934578X1000500629.

Z. Abagli Ayaba, and Thiery B.C. Alavo. 2020. "Potentialités insectifuges du gros baume, Hyptis suaveolens Poit. (Lamiaceae) : Perspectives pour la lutte contre les moustiques en zones tropicales." Journal of Applied Biosciences 149:15330–37. DOI: 10.35759/JABs.149.7.

ANNEXES

Annexe 1: Microorganismes, parasites véhiculés par les mouches domestiques (*Musca domestica)* et les maladies susceptibles d'être transmises par ces dernières à l'homme et aux animaux (Khamesipour & al., 2018; Monyama & al., 2022).

MALADIES TRANSMISES A L'HOMME	
Maladies bactériennes	Agents responsables
Fièvres typho-paratyphoïdiques	*Salmonella paratyphi* A&B
Infections intestinales	*Escherichia coli*
Conjonctivites	Bactéries diverses
Choléra	*Vibrio cholerae*
Dysenteries bacillaires	*Shigella dysenteriae, Campylobacter fetus jejuni*
Diarrhée infantile	*Shigella* spp.
Charbon	*Bacillus anthracis*
Tuberculose	*Mycobacterium tuberculosis*
Lèpre	*Mycobacterium leprae*
Peste	*Yersinia pestis*
Maladies entérovirales	
Polyomélite	Entérovirus
Clamydiase	
Trachome	*Chlamydia trachomatis*
Spirochètose	
Pian	*Treponema pallidum pertenue*
Rickettsiose	
Fièvre Q (Queensland)	*Coxiella burnettii*
ASSOCIATIONS PARASITAIRES	
Protozoaires intestinaux	
Amibiase	*Entamoeba histolytica*
Lambiase	*Giardia intestinalis, Chilomastix mesnili*
Helminthiase	
Taeniases animales	*Taenia solium, Taenia hydatigera, T. pisiformis*
Cestodoses animales	*Hymenolepis nana, Hymenolepis diminuta, Dipylidium caninum*
Bothriocéphalose	*Diphyllobothrium latum*
Oxyurose	*Enterobius vermicularis*
Trichocéphalose	*Tricocephalus trichiurus*
Nécatorose	*Necator americanus*
Ankylostomose	*Ancylostoma duodenale*
Ascaridiose humaines et animales	*Ascaris equorum, Toxascaris leonina, Ascaris lumbricoides*
Echinococcose	*Echinococcus granulosus*

MALADIES TRANSMISES AUX ANIMAUX D'ELEVAGE	
Maladies virales	
Entérite du vison	MEV Virus
Maladies bactériennes	
Septicémie du lapin	*Pasteurella multocida*
Tularémie	*Francisella tularensis*
Mastite des bovidés	*Streptococcus agalactiae*
PARASITES VEHICULES	
Helminthiase	
Habronémose du cheval	*Habronema megastoma, Habronema muscae*

Annexe 2: Photo de la mouche domestique (*Musca domestica*).



Annexe 3: Quantités d'HEs utilisées lors de la préparation des différentes formulations servies à l'étude des leurs effets répulsifs contre les mouches domestiques.

HEs citronnelle et ses combinaisons avec celles d'*Eucalyptus globulus*	Code	Formulations			
		Vc (ml)	V du lait (ml)	V total (ml)	Dose préparée
HEs de la citronnelle (*Cymbopogon citratus*)	C0	0	5	5	0%
	C1	0.05	4.95	5	1%
	C2	0.25	4.75	5	5%
	C3	0.5	4.5	5	10%
	C4	0.75	4.25	5	15%
	C5	1	4	5	20%
		Vc (ml)	Ve (ml)	V du lait (ml)	V total (ml)
Combinaisons	M0	0	0	5	5
	M1	0.025	0.025	4.95	5
	M2	0.125	0.125	4.75	5
	M3	0.25	0.25	4.5	5
	M4	0.375	0.375	4.25	5
	M5	0.5	0.5	4	5

V: Volume, Vc: Volume d'HEs du *C. citratus*, Ve: Volume d'HEs d'*E. globulus*.

Annexe 4: Quantités d'HEs utilisées lors de la préparation des différentes formulations servies à l'étude de leurs effets insecticides contre les mouches domestiques.

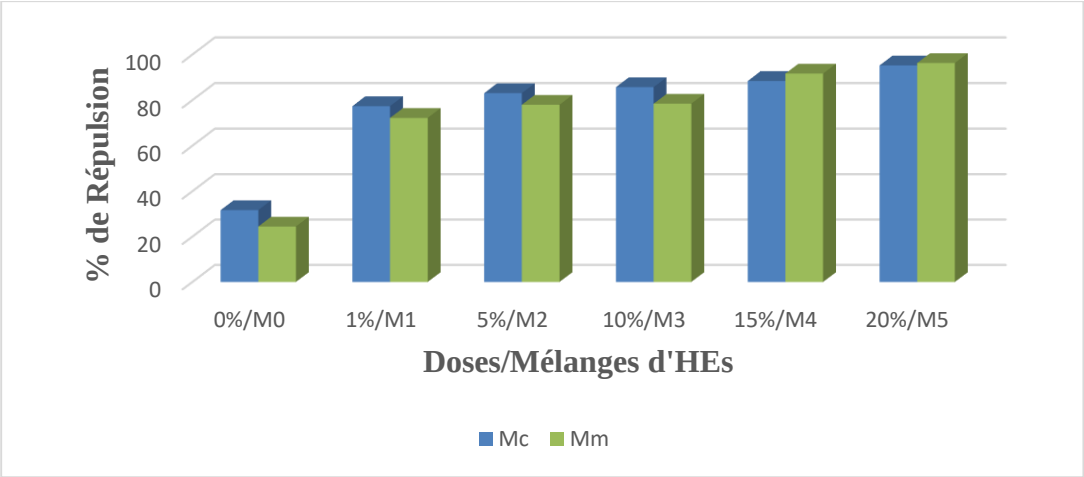
HEs citronnelle et ses combinaisons avec celles d'*Eucalyptus globulus*	Code	Formulations			
		Vc (ml)	Va (ml)	V total (ml)	Dose préparée
HEs de la citronnelle (*Cymbopogon citratus)*	C0	0	1	1	0%
	C1	0.01	0.99	1	1%
	C2	0.05	0.95	1	5%
	C3	0.1	0.9	1	10%
	C4	0.15	0.85	1	15%
	C5	0.2	0.8	1	20%
		Vc (ml)	Ve (ml)	Va (ml)	V total (ml)
Combinaisons	M0	0	0	1	1
	M1	0.005	0.005	0.99	1
	M2	0.025	0.025	0.95	1
	M3	0.05	0.05	0.9	1
	M4	0.075	0.075	0.85	1
	M5	0.1	0.1	0.8	1

V: Volume, Vc: Volume d'HEs du *C. citratus*, Ve: Volume d'HEs d'*E. globulus*, Va: Volume d'acétone.

Annexe 5: Comparaison des valeurs moyennes des pourcentages de répulsion d'HEs du *Cymbopogon citratus* avec celles de leur synergie avec les HEs d'*Eucalyptus globulus*.

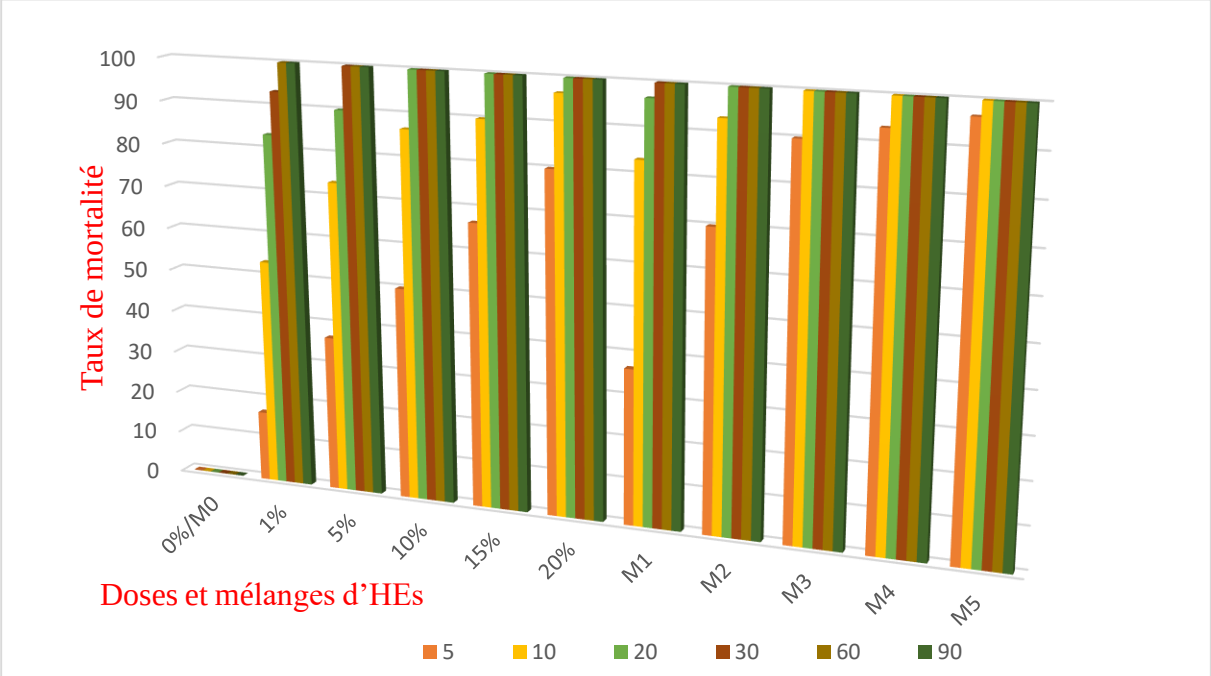
Doses et mélanges d'HEs	Pourcentages de répulsion	P-Value
M0	24.4444 ± 21.4303^{a}	1
0%	31.6667 ± 16.0728^{ab}	
M1	72.2222 ± 25.4588^{bc}	0.082
1%	77.3810 ± 21.5275^{c}	
M2	77.9762 ± 8.4389^{c}	
M3	78.4392 ± 9.2242^{c}	
5%	83.0688 ± 10.0807^{c}	
10%	85.7143 ± 14.2857^{c}	0.690
15%	88.4259 ± 0.8019^{c}	
M4	91.6667 ± 14.4338^{c}	
20%	95.2381 ± 8.2479^{c}	
M5	96.2963 ± 6.4150^{c}	

Dans la colonne des pourcentages de répulsion, les valeurs des pourcentages de répulsion partageant la même lettre inscrite en exposant ne diffèrent pas significativement l'une de l'autre, au seuil de 5%.



Mc: moyenne des pourcentages de répulsion des trois essais différents pour chaque dose d'HEs du *C. citratus* et Mm: moyenne des pourcentages de répulsion des trois essais distincts pour chaque mélange des HEs.

Annexe 6: Comparaison des effets répulsifs des différentes doses d'HEs du *C. citratus* avec ceux des différents mélanges d'HEs du *C. citratus* et d'*E. globulus* contre les mouches domestiques.



5; 10; 20; 30; 60; 90 : Temps d'observation de la mortalité des mouches domestiques exprimés en minutes.

Annexe 7: Comparaison des effets insecticides des différentes doses d'HEs du *C. citratus* avec ceux des différents mélanges d'HEs du *C. citratus* et d'*E. globulus* contre les mouches domestiques en fonction du temps.

Annexe 8: Comparaison des valeurs moyennes des taux de mortalité causés par les HEs du *Cymbopogon citratus* avec celles des taux de mortalité causés par leur synergie avec les HEs d'*Eucalyptus globulus* aux mouches domestiques.

	Temps									
	5 min		10 min		20 min		30 min		60 ou 90 min	
Doses/mélanges d'HEs	Mortalité	P-value	Mortalité	P-value	Mortalité	P-value	Mortalité	P-value	Mortalité	P-value
0%	0.00 ± 0.000^{a}	0.845	0.00 ± 0.000^{a}	1	0.00 ± 0.000^{a}	1	0.00 ± 0.000^{a}	1	0.00 ± 0.000^{a}	1
M0	0.00 ± 0.000^{a}		0.00 ± 0.000^{a}		0.00 ± 0.000^{a}		0.00 ± 0.000^{a}		0.00 ± 0.000^{a}	
1%	16.6667 ± 5.774^{ab}		53.33 ± 20.817^{b}	0.059	83.33 ± 11.547^{bc}	0.068	93.33 ± 11.547^{b}		100.00 ± 0.000^{b}	
5%	36.667 ± 5.774^{bc}	0.073	73.33 ± 15.275^{bc}		90.00 ± 10.000^{bc}		100.00 ± 0.000^{b}		100.00 ± 0.000^{b}	
M1	36.6667 ± 15.275^{bc}		83.33 ± 11.547^{bc}		96.67 ± 5.774^{bc}		100.00 ± 0.000^{b}		100.00 ± 0.000^{b}	
10%	50.00 ± 10.000^{bcd}		86.67 ± 15.275^{c}		100.00 ± 0.000^{c}		100.00 ± 0.000^{b}		100.00 ± 0.000^{b}	1
15%	66.67 ± 11.547^{cde}	0.073	90.00 ± 10.000^{c}		100.00 ± 0.000^{c}		100.00 ± 0.000^{b}	0.413	100.00 ± 0.000^{b}	
M2	70.00 ± 26.458^{cde}		93.33 ± 11.547^{c}		100.00 ± 0.000^{c}	0.333	100.00 ± 0.000^{b}		100.00 ± 0.000^{b}	
20%	80.00 ± 10.000^{de}	0.144	96.67 ± 5.774^{c}	0.13	100.00 ± 0.000^{c}		100.00 ± 0.000^{b}		100.00 ± 0.000^{b}	
M3	90.00 ± 17.321^{e}		100.00 ± 0.000^{c}		100.00 ± 0.000^{c}		100.00 ± 0.000^{b}		100.00 ± 0.000^{b}	
M4	93.33 ± 5.774^{e}	0.144	100.00 ± 0.000^{c}		100.00 ± 0.000^{c}		100.00 ± 0.000^{b}		100.00 ± 0.000^{b}	
M5	96.67 ± 5.774^{e}		100.00 ± 0.000^{c}		100.00 ± 0.000^{c}		100.00 ± 0.000^{b}		100.00 ± 0.000^{b}	

Dans la colonne de mortalité, les valeurs du taux de mortalité partageant la même lettre inscrite en exposant ne diffèrent pas significativement l'une de l'autre, au seuil de 5%.

Annexe 9: Ensembles des doses et des mélanges synergiques des HEs dont les taux de mortalité des mouches domestiques ne diffèrent pas significativement aux temps donnés.

	Groupes homogènes des doses et des mélanges synergiques				
Temps	**Groupe1**	**Groupe2**	**Groupe3**	**Groupe4**	**Groupe5**
5 min	0% et M0	1%, 5% et M1	10% et 15%	M2 et 20%	M3, M4 et M5
10 ou 20 min	0% et M0	1%,5% et M1	10%, 15%, M2, 20% , M3, M4 et M5		
30, 60, 90 min	0% et M0	1%, 5%, M1, 10%, 15%, M2, 20%, M3, M4 et M5			

Le groupe homogène a été définit comme étant un ensemble des doses et des mélanges des HEs dont les taux de mortalité des mouches domestiques ne diffèrent pas significativement entre eux.