

Effet Larvicide de l’Huile Essentielle d’*Eucalyptus globulus* L. (Myrtaceae) sur *Pectinophora gossypiella* S. et *Thaumatotibia leucotreta* M. (Lepidoptera), Ravageurs Carpophages du Cotonnier au Togo

Nafadjara Abouwaliou Nadio

Université de Kara, Institut Supérieur des Métiers de l’Agriculture, Laboratoire des Sciences Agronomiques et Biologiques et Appliquées, Togo
Université de Lomé, Ecole Supérieure d’Agronomie, Laboratoire de Recherche sur les Agroressources et la Santé Environnementale, Togo

Bigala Gmasson

Université de Lomé, Ecole Supérieure d’Agronomie, Laboratoire de Recherche sur les Agroressources et la Santé Environnementale, Togo

Essolakina Magnim Bokobana

Université de Kara, Institut Supérieur des Métiers de l’Agriculture, Laboratoire des Sciences Agronomiques et Biologiques et Appliquées, Togo
Université de Lomé, Ecole Supérieure d’Agronomie, Laboratoire de Recherche sur les Agroressources et la Santé Environnementale, Togo

Pikassalé Akantetou

Université de Kara, Institut Supérieur des Métiers de l’Agriculture, Laboratoire des Sciences Agronomiques et Biologiques et Appliquées, Togo

Wiyao Poutouli

Laboratoire de Biologie Animale et de Zoologie,
Faculté des Sciences, Université de Lomé, Togo

Koffi Koba

Komla Sanda

Université de Lomé, Ecole Supérieure d’Agronomie, Laboratoire de Recherche sur les Agroressources et la Santé Environnementale, Togo

[Doi: 10.19044/esipreprint.8.2023.p103](https://doi.org/10.19044/esipreprint.8.2023.p103)

Approved: 07 August 2023

Posted: 10 August 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Nadio N.A., Gmasson B., Bokobana E.M., Akantetou P., Poutouli W., Koba K. & Sanda K. (2023). *Effet Larvicide de l’Huile Essentielle d’Eucalyptus globulus* L. (Myrtaceae) sur *Pectinophora gossypiella* S. et *Thaumatotibia leucotreta* M. (Lepidoptera), Ravageurs Carpophages du Cotonnier au Togo. ESI Preprints.

<https://doi.org/10.19044/esipreprint.8.2023.p103>

Résumé

L'usage massif des pesticides chimiques en protection phytosanitaire présente un danger énorme sur la santé publique et sur l'environnement. Il s'impose de trouver des moyens de protection écologique respectueux de l'environnement. Dans cette étude, l'activité insecticide de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* a été évaluée au laboratoire et en milieu réel contre deux ravageurs importants du cotonnier, *Pectinophora gossypiella* et *Thaumatotibia leucotreta*. Les larves de ces ravageurs ont été exposées d'abord à l'effet toxique des différentes concentrations de l'huile essentielle par test de contact et par ingestion au laboratoire. Les taux de mortalité enregistrés ont été comparés aux témoins absolus et de référence. Les résultats ont montré que l'huile essentielle d'*E. globulus* a exercé une activité insecticide importante sur les larves. En effet, l'huile essentielle a entraîné un taux de mortalité de 100 et 99% à la dose 1µl/ml respectivement sur *P. gossypiella* et *T. leucotreta* après 24 heures d'exposition au test de contact. Avec le test d'ingestion, les taux de mortalité ont été 36 et 30,78% respectivement sur *P. gossypiella* et *T. leucotreta*. En milieu réel, les résultats des traitements à base des formulations d'huile essentielle d'*E. globulus* en comparaison avec l'insecticide de référence ont montré que les infestations des populations de *P. gossypiella* et *T. leucotreta* ont été plus faibles dans les modalités de traitement à base d'huile essentielle de *E. globulus* à 1µl/ml (TE3). L'analyse sanitaire des capsules vertes a montré une réduction du nombre de ravageurs de 6,25±1,29 *T. leucotreta* par plant dans les parcelles témoins absolus à 3,29±0,52 dans les parcelles à traitement TE3. Il a été observé également une réduction du nombre de 9,04±1,38 *P. gossypiella* par plant (témoin absolu) à 4,13±0,39 (TE3). Les rendements moyens élevés en coton graine ont été de 1933,10±0,29Kg et 1927,08±0,12Kg/ha respectivement avec le témoin référence TV et TE3. Il a été faible dans les parcelles témoins absolus avec 1197,92±0,33Kg/ha. L'extrait d'*E. globulus* possède une activité insecticide potentielle au laboratoire comme au champ.

Mots-cles: Larvicide, cotonnier, *Pectinophora gossypiella*, *Thaumatotibia leucotreta*, huile essentielle, *Eucalyptus globulus*

Larvicidal Effect of the Essential Oil of *Eucalyptus globulus* L. (Myrtaceae) on *Pectinophora gossypiella* S. and *Thaumatotibia leucotreta* M. (Lepidoptera), Carpophagous Pests of Cotton in Togo

Nafadjara Abouwaliou Nadio

Université de Kara, Institut Supérieur des Métiers de l'Agriculture, Laboratoire des Sciences Agronomiques et Biologiques et Appliquées, Togo

Université de Lomé, Ecole Supérieure d'Agronomie, Laboratoire de Recherche sur les Agroressources et la Santé Environnementale, Togo

Bigala Gmasson

Université de Lomé, Ecole Supérieure d'Agronomie, Laboratoire de Recherche sur les Agroressources et la Santé Environnementale, Togo

Essolakina Magnim Bokobana

Université de Kara, Institut Supérieur des Métiers de l'Agriculture, Laboratoire des Sciences Agronomiques et Biologiques et Appliquées, Togo

Université de Lomé, Ecole Supérieure d'Agronomie, Laboratoire de Recherche sur les Agroressources et la Santé Environnementale, Togo

Pikassalé Akantetou

Université de Kara, Institut Supérieur des Métiers de l'Agriculture, Laboratoire des Sciences Agronomiques et Biologiques et Appliquées, Togo

Wiyao Poutouli

Laboratoire de Biologie Animale et de Zoologie, Faculté des Sciences, Université de Lomé, Togo

Koffi Koba

Komla Sanda

Université de Lomé, Ecole Supérieure d'Agronomie, Laboratoire de Recherche sur les Agroressources et la Santé Environnementale, Togo

Abstract

The massive use of chemical pesticides in plant protection poses an enormous threat to public health and the environment. We need to find ecological protection methods that respect the environment. In this study, the insecticidal activity of *Eucalyptus globulus* essential oil was evaluated in the laboratory and in the field against two major cotton pests, *Pectinophora gossypiella* and *Thaumatotibia leucotreta*. The larvae of these pests were first exposed to the toxic effect of different concentrations of the essential oil by contact test and by ingestion in the laboratory. The mortality rates recorded were compared with absolute and reference controls. The results showed that the essential oil of *E. globulus* exerted significant insecticidal activity on the

larvae. Indeed, the essential oil caused a mortality rate of 100 and 99% at the dose of 1 μ l/ml respectively on *P. gossypiella* and *T. leucotreta* after 24 hours of exposure to the contact test. With the ingestion test, the mortality rates were 36 and 30.78% respectively on *P. gossypiella* and *T. leucotreta*. In the real environment, the results of treatments based on formulations of essential oil of *E. globulus* in comparison with the reference insecticide showed that infestations of *P. gossypiella* and *T. leucotreta* populations were lower in treatment modalities based on essential oil of *E. globulus* at 1 μ l/ml (TE3). Health analysis of the green bolls showed a reduction in the number of pests from 6.25 \pm 1.29 *T. leucotreta* per plant in the absolute control plots to 3.29 \pm 0.52 in the TE3 treatment plots. There was also a reduction in the number of *P. gossypiella* from 9.04 \pm 1.38 per plant (absolute control) to 4.13 \pm 0.39 (TE3). High average yields of seed cotton were 1933.10 \pm 0.29Kg and 1927.08 \pm 0.12Kg/ha respectively with the TV and TE3 reference controls. It was low in the absolute control plots with 1197.92 \pm 0.33Kg/ha. *E. globulus* extract has potential insecticidal activity both in the laboratory and in the field.

Keywords: Larvicide, cotton, *Pectinophora gossypiella*, *Thaumatotibia leucotreta*, essential oil, *Eucalyptus globulus*

Introduction

Le coton occupe une place importante dans la formation du PIB et de revenu des producteurs (MAEP, 2013). Il a joué un rôle essentiel dans le développement économique de nombreux pays d'Afrique de l'Ouest, et il reste encore aujourd'hui une source importante de revenus pour de nombreux exploitants agricoles. Il est cultivé depuis plus d'un siècle en Afrique de l'Ouest et la région compte une industrie textile traditionnelle non négligeable depuis plus de 50 ans (PR-PICA, 2013). Malgré les problèmes économiques auxquels ce secteur est confronté sans cesse, les facteurs écologiques influencent également la productivité cotonnière. En effet, en culture cotonnière, la faune entomologique constitue un des facteurs les plus importants dans les baisses de productivité et de rendements. La maîtrise des arthropodes ravageurs représente donc une opération importante dans la production cotonnière (Matthews, 1989). Au Togo, l'entomofaune nuisible du cotonnier est assez diversifiée et dominée essentiellement par les Lépidoptères carphophages: *Helicoverpa armigera* Hübner (Noctuidae), *Earias spp* (Noctuidae), *Diparopsis watersi* Rothschild (Noctuidae), *Thaumatotibia leucotreta* Meyrick (Tortricidae), *Pectinophora gossypiella* Saunders (Gelechiidae) et phyllophages : *Haritalodes (Syllepte) derogata* Fabricius (Crambidae), *Cosmophila flava* Fabricius (Noctuidae), *Spodoptera littoralis* Boisduval (Noctuidae) (Tozou et al, 2014). Cependant, l'extension

géographique de cette culture, son alternance ou son association avec les cultures maraîchères et vivrières et son amélioration génétique ont pour conséquences, l'évolution de la diversité du faciès parasitaire (Poutouli et Maldès, 2000 ; Poutouli et al. 2011) avec un impact économique de certains ravageurs considérés comme mineurs il y a quelques années. Parmi ces ravageurs, il y a la mouche blanche : *Bemisia tabaci* Gennadius (Aleyrodidae), le puceron : *Aphis gossypii* Glover (Aphididae) et des hétéroptères (punaises) (Akantetou, 2014). Ils sont très polyphages (Poutouli, 1992), et mobiles pour passer assez facilement d'une culture à une autre. Plusieurs espèces de Miridae, de Pyrrhocoridae et de Pentatomidae deviennent un facteur entomologique important par rapport à leur densité et aux dégâts qu'ils causent au cotonnier, aux autres plantes cultivées et ceci, à tous les stades de développement. Ce qui entraîne une baisse de la productivité cotonnière dans plusieurs zones de production.

D'après la Direction de la Nouvelle Société Cotonnière du Togo (NSCT), « la campagne cotonnière 2020-2021 a été un coup dur pour le Togo, qui n'a produit que 67 000 tonnes de coton, soit une baisse de 43 % par rapport à l'année précédente (116 000 tonnes) et l'un des facteurs importants de cette baisse est lié aux attaques des ravageurs ». Pour remédier à ce problème depuis des années les pesticides chimiques de synthèse ont été utilisés, et ces derniers ont des conséquences néfastes sur l'environnement, la santé humaine, appauvrissent également les sols et ont un effet néfaste sur les insectes pollinisateurs. Ce qui nous amène à opter pour une approche intégrée qui consiste à l'utilisation des pesticides biologiques dans la lutte contre ces nuisibles de culture comme *P. gossypiella* et *T. leucotreta* qui représentent des ravageurs carpophages redoutables du cotonnier au Togo. Cette étude vise à évaluer les activités larvicides de l'huile essentielle d'*E. globulus* sur *P. gossypiella* et *T. leucotreta* au laboratoire et en milieu réel. Spécifiquement d'évaluer au laboratoire les sensibilités de *P. gossypiella* et de *T. leucotreta* à l'huile essentielle d'*E. globulus* et de déterminer au champ l'efficacité biocontrôle des formulations insecticides à base de l'huile essentielle de *E. globulus* sur ces chenilles endocarpiques.

Matériel et Méthodes

Cadre de l'étude

Les travaux de bioessais ont été réalisés au Laboratoire des Sciences Agronomiques et Biologiques Appliquées (LaSABA) de l'Institut Supérieur des Métiers de l'Agriculture (ISMA) de l'Université de Kara. Les tests expérimentaux en culture cotonnière ont été réalisés à la Station d'Expérimentation Agronomique de Kabou (Figure 1). Avec un sol de type ferrugineux tropical, la zone Kabou jouit d'un climat sub-sahélien avec une

saison pluvieuse (de mai à octobre) et une saison sèche (de novembre à avril). La pluviométrie moyenne annuelle est de 1180 mm d'eau.

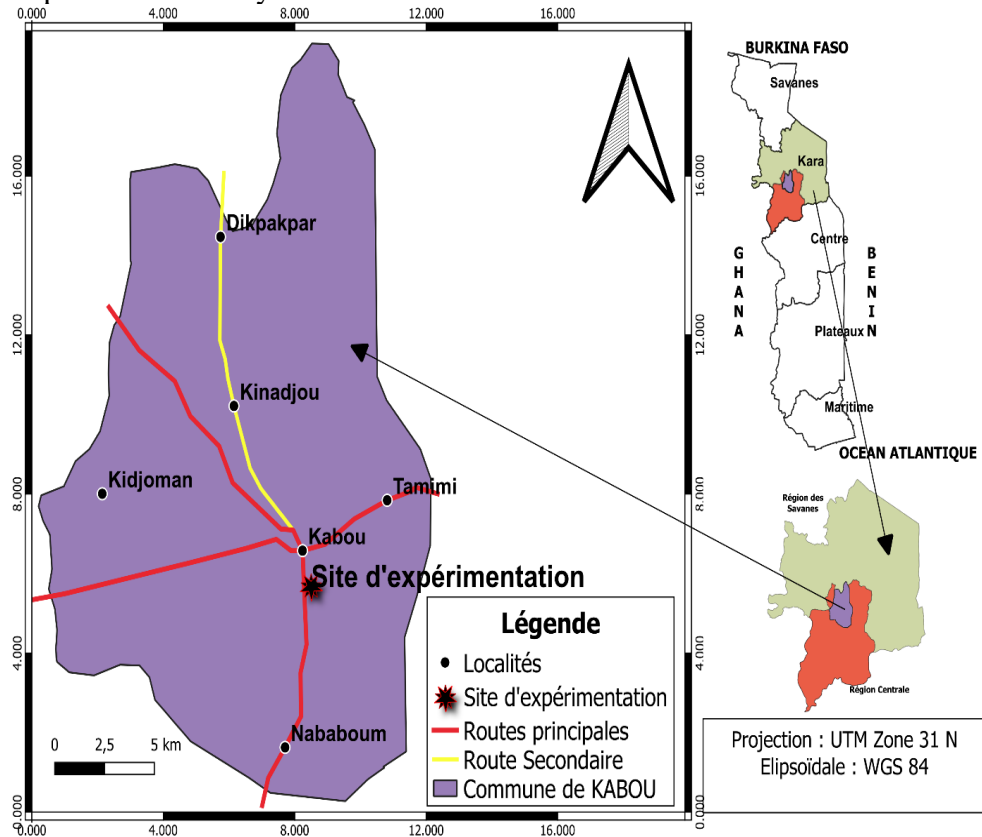


Figure 1. Carte de la zone d'expérimentation

Matériel végétal

Les feuilles fraîches d'*E. globulus* ont été récoltées et utilisées pour l'extraction de leur huile essentielle. Les essais ont été faits sur *Gossypium hirsutum*, variété STAM 190 vulgarisée par les institutions agronomiques en milieu paysan.

Matériel entomologique

Les larves de *P. gossypiella* et de *T. leucotreta* ont été utilisées pour les essais au laboratoire et l'infestation d'une parcelle expérimentale a été faite de manière naturelle sans aucune action humaine. L'élevage en masse des larves de *P. gossypiella* et de *T. leucotreta* a été réalisé. Les masses d'œufs des papillons ont été collectées et maintenues sur leur support naturel (organe du plant). Ces derniers ont été incubés dans les boîtes d'élevage de dimensions 9 cm de diamètre sur 5,5 cm de hauteur. Après éclosion, les larves du premier stade des deux papillons ont été nourries de feuilles

fraîches et tendres du cotonnier. Ces feuilles ont été d'abord lavées à l'eau potable puis laissées sécher avant d'être servies aux larves.

Produits insecticides utilisés

Les traitements phytosanitaires ont été faits avec des formulations à base d'huile essentielle d'*E. globulus* et des insecticides chimiques de synthèse à formulations binaires lambda-cyhalothrin 30g/l + abamectine 28g/l EC et acétamiprid 32g/l + lambda-cyhalothrin 30g/l utilisées à 0,5L par hectare (doses vulgarisées).

Méthodologie

Extraction de l'huile essentielle d'E. globulus

L'huile essentielle d'*E. globulus* utilisée pour le bioessai a été obtenue par la technique d'extraction par entraînement à la vapeur d'eau de la biomasse séchée à l'ombre pendant 2 semaines.

Tests biologiques

Test de contact

Des tests préliminaires de stabilisation de l'émulsion aqueuse de l'huile essentielle de *E. globulus* ont été réalisés et le mélange ayant présenté une stabilité ou une homogénéité parfaite a constitué la solution mère à partir de laquelle nous avons fait les différentes dilutions pour les tests insecticides. La dose zéro, constituée de l'eau distillée et de l'émulsifiant (savon) sert de témoin absolu et le témoin positif, un insecticide chimique de synthèse, lambda-cyhalothrin 30g/l + abamectine 28g/l EC et acétamiprid 32g/l + lambda-cyhalothrin 30g/l.

L'activité insecticide de ces préparations a été déterminée par la méthode de contact direct entre substance et les insectes traités. A cet effet, une gamme de doses d'émulsions aqueuses des préparations de 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 et $1\mu\text{l.ml}^{-1}$ a été établie. Un lot de 20 larves (*P. gossypiella* et de *T. leucotra*) a été placé dans chaque boîte de Pétri en présence d'organes florifères et de morceaux de feuilles de cotonnier mouillés pour les maintenir au frais. A l'aide d'une micro seringue, 40 μl de chaque concentration a été déposé sur chaque larve ; les boîtes ont été aussitôt refermées puis laissées à la température du laboratoire (Température ambiante : 28 °C; humidité relative 80%) pour les différentes observations.

Le comptage des larves mortes a été fait après 24 h d'exposition. Cette opération est répétée cinq (5) fois pour chaque concentration. Les taux moyens de mortalité ont été déterminés et corrigés par la formule d'Abbott (Abbott, 1925).

$$Mc = \frac{(Mo - Mt)}{(100 - Mt)} \times 100$$

Où : **Mc** = mortalité corrigée en % ; **Mt** = mortalité observée dans la boîte témoin ; **Mo** = mortalité observée dans l'essai

Test d'ingestion

Les tests d'ingestion *in vitro* ont été effectués selon la méthode Insecticide Resistance Action Committee (Porter, 2009) adaptée. Les jeunes capsules et feuilles fraîches saines de cotonniers collectées ont été trempées pendant 5 secondes dans les différentes doses d'émulsions aqueuses de l'huile essentielle de *E. globulus* (0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 et 1 $\mu\text{l}.\text{ml}^{-1}$). Les capsules et feuilles saines de cotonniers trempées ont été séchées à l'air libre 5 à 10 minutes avant de les introduire dans des boîtes contenant vingt (20) larves de *P. gossypiella* ou de *T. leucotra* pendant 24 heures. Les boîtes avec leurs contenus ont été placées dans les conditions de laboratoire (Température ambiante : 28 °C ; humidité relative 80%) pour les différentes observations. Le comptage des larves mortes a été fait également après 24 h d'exposition comme dans le cas des tests de contact. Cette opération est répétée aussi cinq (5) fois pour chaque concentration. Les taux moyens de mortalité ont été également déterminés par la formule d'Abbott.

Test en station expérimentale

Dispositif expérimental

C'est un dispositif en bloc de Fisher à 4 répétitions comportant chacune 5 traitements (objets) : Trois (3) traitements (TE1, TE2 et TE3) correspondent à différentes concentrations d'insecticide biologique à base d'huile essentielle d'*E. globulus*; un (1) traitement avec l'insecticide commercial vulgarisé (TV) et le dernier traitement qui constitue le témoin absolu (ST) ne reçoit aucun traitement insecticide. Le traitement TE1 correspond à la concentration faible d'émulsions aqueuses d'*E. globulus* (0,6ml/L), TE2 à la concentration moyenne (0,8ml/L) et TE3 à la forte concentration (1ml/L). L'insecticide commercial est lambda-cyhalothrin 30g/l + abamectine 28g/l EC et acétamiprid 32g/l + lambda-cyhalothrin 30g/l. Chaque traitement (objet) est composé de 5 lignes de 6 m de long et dont les 3 lignes centrales seules ont été traitées. Une répétition ou une parcelle élémentaire (24m²) a été séparée de sa voisine par une distance de 1,5 m. Les lignes ont été séparées de 0,8m.

Conduite de l'essai

Le nettoyage et le labour sur la parcelle ont été effectués environ 3 semaines avant le semis. Le schéma de semis adopté était celui qui a été recommandé jusqu'alors en milieu paysan (0,8m x 0,3 m). La dose de semis exécutée a été de 5 graines par poquet. Le démariage a eu lieu trois semaines après le semis pour avoir 2 plants par poquet.

Deux types de fumure minérale ont été apportés : le NPKSB (12-20-18-5-1) et l'Urée (46 % d'azote) aux doses respectives de 150 et 50 kilogrammes à l'hectare. Le premier apport de fumure a lieu au moment du démariage (21^{ème} jour après le semis) et le deuxième au moment du buttage (41^{ème} jour après semis).

Observation et collecte des données

Les observations et collectes ont consisté à la récolte hebdomadaire des capsules des lignes centrales de chaque traitement élémentaire pour l'analyse sanitaire des capsules. Cette activité a été déroulée sur une période de 12 semaines. Deux (2) des 3 lignes centrales traitées de chaque partielle élémentaire ont été utilisées pour faire l'analyse sanitaire des capsules vertes (ASCV) (Photo 1). Le dénombrement de *P. gossypiella* et de *T. leucotreta* par traitement a été fait au laboratoire après analyse sanitaire de ces organes fructifères récoltés.

La récolte a été faite sur la 3^{ème} ligne centrale restante de chaque parcelle élémentaire traitée. Le coton-graine a été regroupé par objet à la fin des récoltes puis pesé. Ces échantillons de coton issus des capsules mures à la récolte ont été répartis en coton blanc et en coton jaune. Ces différents échantillons ont été pesés et le pourcentage moyen du coton jaune (indice de jaune) a été évalué.



Photo 1. Analyse sanitaire des capsules vertes

Traitement des données

L'analyse statistique des moyennes des taux de mortalité, du nombre moyen de *P. gossypiella* et de *T. leucotreta*, et des capsules vertes a été réalisée à l'aide du logiciel STATISTICA 6.0. Les rendements à l'hectare et l'indice de jaune ont été calculés et comparés statistiquement au niveau de chaque essai. Le test de Duncan au seuil de 5 % a permis de discriminer les groupes homogènes de moyennes des différentes données.

Résultats

Sensibilité de *P. gossypiella* et de *T. leucotreta* à l'huile essentielle d'*E. globulus*

Test de contact

Les taux moyens de mortalités cumulés et corrigés des insectes en fonction de la concentration des substances testées sont présentés dans le tableau 1. Il apparaît dans tous les cas de figure, une augmentation de ces taux moyens. La toxicité des solutions a augmenté avec l'élévation de la concentration, il s'agit d'un effet dose-réponse. Par contact, le taux moyen de mortalité de *P. gossypiella* a évolué de 0% (témoin absolu) à 100% ($1\mu\text{L.ml}^{-1}$) avec l'huile essentielle et l'insecticide de synthèse.

L'ANOVA a montré une différence significative en fonction des différentes concentrations des produits testés au seuil de 5 % selon le test de Duncan ($p=0,00002$). En revanche pour les concentrations de 0,8 et $1\mu\text{l.ml}^{-1}$

de l'huile essentielle et l'insecticide vulgarisé, il n'y a pas eu de différence significative entre leur taux de mortalité sur *P. gossypiella*.

Les taux moyens de mortalité de *T. leucotreta* ont varié en fonction des différentes concentrations de l'huile essentielle et de l'insecticide vulgarisé testés. Après l'analyse de ces résultats, l'ANOVA a montré une différence significative en fonction des différentes concentrations des produits testés au seuil de 5 % selon le test de Duncan ($p=0,00000014$). A $1\mu\text{L.mL}^{-1}$, il n'y a pas de différence significative entre les taux de mortalité de l'huile essentielle d'eucalyptus et de l'insecticide de synthèse (IS).

L'huile essentielle d'*E. globulus* a entraîné une augmentation significative de la mortalité des ravageurs. On a remarqué qu'à une même concentration de l'huile essentielle, le taux moyen de mortalité a été plus élevé sur *P. gossypiella* que sur *T. leucotreta*. En effet, la concentration de $0,2\mu\text{L.mL}^{-1}$ a induit un taux moyen de mortalité de 16,31 % et 9,15% respectivement sur *P. gossypiella* et *T. leucotreta* (Tableau 1) après 24h d'exposition. On peut déduire que *P. gossypiella* a été plus sensible à l'extrait aqueux d'*E. globulus* que *T. leucotreta*.

Tableau 1. Taux moyen de mortalité de *P. gossypiella* et de *T. leucotreta* après le test de contact

Concentrations des produits $\mu\text{L.mL}^{-1}$	Taux de mortalité (%)	
	<i>T. leucotreta</i>	<i>P. gossypiella</i>
0	0,00 ± 0,00 a	0,00±0,00 a
0,2	9,15 ± 4,15 a	16,31±4,27 b
0,4	48,84 ±8,99 b	50,36±5,00 c
0,6	61,15 ±9,45 c	73,78±7,00 d
0,8	84,52 ± 5,00 d	93,94±8,20 e
1	99 ± 2,23e	100±0,00 e
IS	99 ± 2,23e	100±0,00 e

A l'intérieur d'une même colonne, les moyennes affectées d'une même lettre ne diffèrent pas statistiquement entre elles (test de Duncan, $p \leq 0,05$)

Test d'ingestion

L'analyse des résultats montre que la mortalité des larves des deux ravageurs a augmenté avec la concentration en huile essentielle (Tableau 2). Il ressort de l'ensemble des résultats que l'huile essentielle d'*E. globulus* a induit un pourcentage moyen de mortalité allant de 4,05 à 30,78% sur *T. leucotreta* contre 9 à 36% sur *P. gossypiella* pendant 24h d'exposition respectivement à $0,2\mu\text{L.mL}^{-1}$ et à $1\mu\text{L.mL}^{-1}$. Avec l'insecticide de synthèse, les taux moyens de mortalité ont été de 32,84% et 38% respectivement sur *T. leucotreta* et sur *P. gossypiella*.

La comparaison des taux moyens de mortalités des ravageurs a montré que l'huile essentielle a augmenté de façon significative la mortalité des insectes par rapport au témoin absolu. Pour toutes les concentrations

d'huile essentielle utilisées, le taux moyen de mortalité a été plus élevé dans le cas de *P. gossypiella* que dans celui de *T. leucotreta* (Tableau 2). Donc *P. gossypiella* a été plus sensible également à l'huile essentielle au test d'ingestion.

Tableau 2. Taux moyen de mortalité de *P. gossypiella* et de *T. leucotreta* après le test d'ingestion

Concentrations des produits µL.mL ⁻¹	Taux de mortalité (%)	
	<i>T. leucotreta</i>	<i>P. gossypiella</i>
0	0 a	0 a
0,2	4,05 ab	9 ab
0,4	10,26 b	20 bc
0,6	18,524 c	23 bc
0,8	24,52 cd	31 c
1	30,78 d	36 c
IS	32,84 d	38 c

A l'intérieur d'une même colonne, les moyennes affectées d'une même lettre ne diffèrent pas statistiquement entre elles (test de Duncan, $p \leq 0,05$)% ($p=0,00085$ avec *P. gossypiella* et $P=0,00064$ avec *T. leucotreta*).

Test de biocontrôle des formulations insecticides à base de l'huile essentielle d'*E. globulus* en station expérimentale

Les résultats ont montré que le nombre moyen de *P. gossypiella* et *T. leucotreta* par plant varie en fonction des différents traitements (Tableau 3). Avec les traitements ST, TE1, TE2, TE3, et TV, le nombre moyen de chenilles a été respectivement 9,04; 7,54; 6,63; 4,13 et 3,08 chenilles/plant pour *P. gossypiella*. Les traitements qui ont permis d'obtenir un nombre moyen faible de *P. gossypiella* ont été TE3 (4,13 chenilles/plant) et TV (3,08 chenilles/plant). Avec *T. leucotreta*, le nombre moyen de chenilles par plant en fonction des différents traitements a été de 6,25 ; 5,67; 6,63; 3,29 et 2,71 chenilles/plant respectivement avec ST, TE1, TE2, TE3 et TV. Egalement les traitements TE3 et TV ont réduit le nombre de *T. leucotreta* sur les plants. A chaque dose d'huile essentielle d'eucalyptus traité, le nombre moyen de ravageur obtenu a été plus faible avec *P. gossypiella* qu'avec *T. leucotreta*. Statistiquement sur les deux ravageurs, le traitement TE3 a démontré un potentiel insecticide identique que TV. Ils ont permis d'avoir un nombre moyen faible de chenilles par plant dans toutes les parcelles élémentaires.

Tableau 3. Nombre moyen de *P. gossypiella* et *T. leucotreta* par plant en fonction des traitements

Traitements	Nombre moyen d'insectes par plant	
	<i>T. leucotreta</i>	<i>P. gossypiella</i>
ST	9,04±1,38a	6,25±1,29a
TE1	7,54±0,88b	5,67±0,65a
TE2	6,63±0,21b	6,63±0,21a
TE3	4,13±0,39c	3,29±0,52b
TV	3,08±0,56c	2,71±0,81b

A l'intérieur d'une même colonne, les moyennes affectées d'une même lettre ne diffèrent pas statistiquement entre elles (test de Duncan, $p \leq 0,05$)

Analyse sanitaire des capsules vertes

Les pourcentages moyens des capsules vertes saines et des capsules percées en fonction des différents traitements ont été présentés dans la figure 2. Les pourcentages moyens des capsules saines ont été faibles dans les parcelles du témoin absolu (2,5%) et ont augmenté en fonction de la concentration dans les parcelles à traitements de formulations d'huile essentielle. En effet, ce pourcentage moyen a été 19,5 ; 32 et 46 % respectivement avec TE1 ; TE2 et TE3. Dans le cas de TV, ce pourcentage moyen de capsules saines a été élevé (49,5%). L'analyse de ces résultats par ANOVA a montré une différence significative entre les différents traitements utilisés. Par contre les effets des traitements TE3 et TV ont été statistiquement similaires. Le pourcentage moyen des capsules percées a été élevé dans le témoin absolu (71,9%). Avec les traitements TE3 à l'essence d'*E. globulus*, ce pourcentage moyen a diminué (23%). Dans le traitement TV, ce pourcentage moyen de capsules percées a été faible (19,5%) et statistiquement similaire à celui de TE3 (23%).

Les histogrammes portant une lettre commune ne sont pas significativement différents selon le test de Duncan au seuil de 5% à l'intérieur de chaque type de données (capsules saines et des capsules percées).

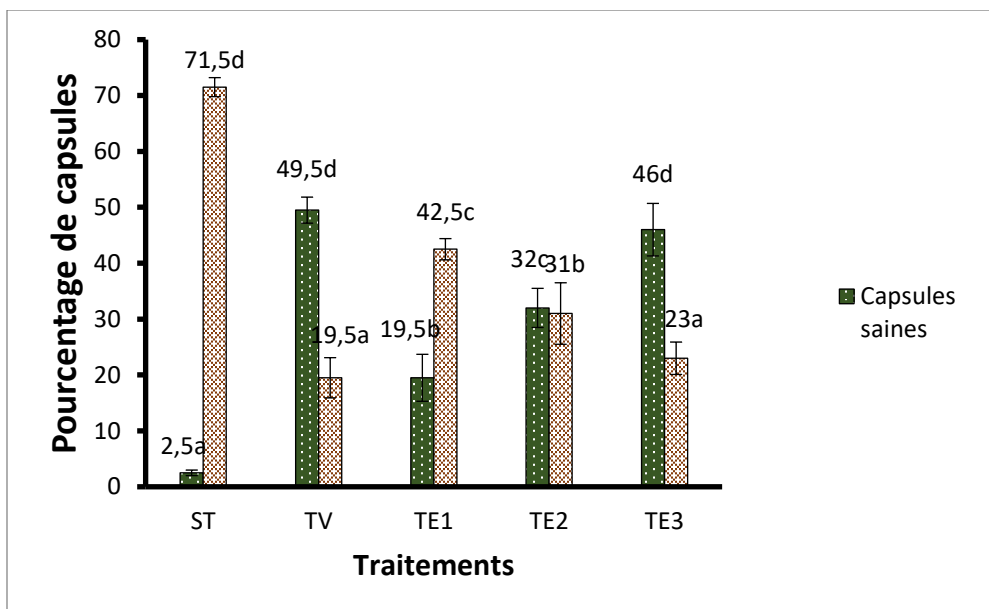


Figure 2. Pourcentages moyens des capsules saines et des capsules percées en fonction des différents traitements

Rendement moyen en coton-graine et indice de jaune

Les rendements moyens en coton-graine et le pourcentage moyen du coton jaune (indice de jaune) sont présentés dans le tableau 4. Les rendements moyens en coton graine obtenus dans les différentes parcelles ont varié en fonction des divers traitements. Avec les traitements à base des émulsions à l'huile essentielle, l'augmentation de la dose a amélioré le rendement moyen en coton graine. En effet, avec les traitements TE1, TE2, TE3 les rendements moyens ont été respectivement de 1427,08 ; 1864,58 et 1927,08 Kg par hectare tandis qu'il a été de 1197,92 Kg/ha avec le témoin absolu. Le rendement du témoin de référence (1933,10 Kg/ha) a été statistiquement identique à celui du traitement à la dose élevée TE3 de la formulation aqueuse d'*E. globulus*. Les pourcentages de coton jaune dans les parcelles traitées au biopesticide à base d'*E. globulus* ont été faibles par rapport au pourcentage du témoin absolu ST (Tableau 4). Au niveau du témoin de référence cet indice jaune reste également faible (2,7%) et sans différence significative avec celui de TE3 (3,24%).

Tableau 4. Rendement moyen en coton graine et indice de jaune

Traitements	Rendement (en Kg/ha)	Indice de jaune (en %)
ST	1197,92±0,33a	8,03 d
TV	1933,10±0,29cd	2,70 a
TE1	1427,08±0,15b	6,09 bc
TE2	1864,58±0,46c	4,47 b
TE3	1927,08±0,12cd	3,24 a

A l'intérieur d'une même colonne, les moyennes affectées d'une même lettre ne diffèrent pas statistiquement entre elles.

Discussion

L'activité insecticide de l'huile essentielle d'*E. globulus* a été évaluée à travers les taux moyens de mortalités de *P. gossypiella* et *T. leucotreta*. L'huile essentielle à des concentrations de 0,8 et 1µl.ml⁻¹ a eu des effets similaires que l'insecticide de synthèse. Les résultats de l'analyse de variance a indiqué que la mortalité de *P. gossypiella* et *T. leucotreta* a été significativement dépendante de la concentration (p=0,00002). En effet, l'évolution de la mortalité des larves des insectes a été faite suivant l'augmentation de la concentration de l'huile essentielle. Ainsi, après 24 heures d'exposition des larves au de test de contact à la concentration de 0,4µl.ml⁻¹, une mortalité moyenne au environ de 50% a été obtenue sur *P. gossypiella* et sur *T. leucotreta*. Par contre au test d'ingestion, tous les taux de moyen de mortalité induisent par les concentrations n'ont pas atteint les 50% de mortalité sur *P. gossypiella* et *T. leucotreta*. Le potentiel insecticide de l'huile essentielle d'*E. globulus* a été plus élevé avec le test de contact. Ces faibles taux de mortalité remarqué au niveau du test d'ingestion pourraient s'expliquer par le refus de certaines larves de se nourrir et le stress de changement de milieu de vie. Au test de terrain en station expérimentale, la densité des populations de *P. gossypiella* et *T. leucotreta* dans les capsules des cotonniers a été réduit par tous les traitements des formulations d'émulsions aqueuses de l'huile essentielle d'*E. globulus* et de l'insecticide de synthèse permettant ainsi, l'augmentation du rendement en coton-graine dans toutes les parcelles traitées (TE1=1427,08Kg/ha; TE2=1864,58Kg/ha; TE3=1927,08Kg/ha et TV=1933,10Kg/ha par à rapport au témoin absolu ST =1197,92Kg/ha). La réduction des attaques sur les capsules par plant est compensée par la diminution du nombre de chute de ces capsules, si bien que les rendements et la qualité (réductions des indices jaunes) du coton graine ont été améliorés.

L'activité insecticide de l'huile essentielle d'*E. globulus* a été démontré par plusieurs études comme les travaux de Taleb-Toudert (2015) où l'essence d'*E. globulus* a induit 100% de mortalité sur les adultes de *Callosobrucus maculatus* (Coleoptera), après 96 heures d'exposition à la dose de 4µl /l. Cette toxicité de l'huile essentielle a été révélée également par

les travaux de Bokobana et al. (2022) sur *Sitophilus zeamais* et *Tribolium castaneum* après 24 heures d'exposition. Les résultats sont en accord avec ceux des travaux de Aiboud (2011) qui ont indiqué le potentiel insecticide des huiles essentielles de Myrte, Eucalyptus, Origan et clous de girofle sur *C. maculatus*. Selon ces travaux un taux de mortalité de 100% a été obtenu chez les jeunes larves de 12 jours exposés à ces huiles à la dose de 0,4µl/L et les larves de plus de 18 jours résistent mieux aux traitements que les larves de 12 jours. De plus, les travaux de Taib (2015) sur l'huile essentielle d'*E. globulus* et de *Rosmarinus officinalis* contre la bruche du haricot, *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera, Bruchidae) ont indiqué le pouvoir insecticide de ces deux plantes. En effet, l'ingestion de ces huiles essentielles a entraîné une mortalité de 100% à la dose de 8µL après 12 heures d'exposition. Les mêmes travaux ont montré que ces huiles ont aussi une activité répulsive sur les adultes d'*A. obtectus* avec un taux de 99% à l'*Eucalyptus* et un taux de 77% à l'huile de romarin. L'étude sur l'efficacité de l'huile essentielle d'eucalyptus réalisée par Tunc et al. (2000) a montré que l'huile essentielle a provoqué une mortalité de 18% sur *Tribolium confusum* après 96 heures d'exposition. Il en est de même avec les travaux de Benazzeddine (2010) qui ont démontré que cette huile essentielle a exercé une mortalité de 72,63% sur *T. confusum*. Les travaux de Russo et al., (2018) ont montré que l'huile essentielle d'*E. globulus* a été plus toxique sur *Gynaikothrips ficorum* M. (CL₅₀= 0,031µL) et *Aphis nerii* B. (CL₅₀= 0,099µL) sur des disques filtrants après 12 heures d'exposition. D'autres travaux comme ceux de Boukeroui (2020) ont montré que l'huile essentielle d'*E. globulus* a des effets insecticides sur le xylophage de cèdre de l'Atlas (*Scolytus numidicus* Bris) qui est un insecte de forêt. L'effet insecticide d'*E. globulus* et de *Globularia alypum* par contact a été également révélé dans les travaux de Abid (2019) sur *Tribolium castaneum*. Selon cet auteur une mortalité de 22 ; 30 ; 51 et 67 % des adultes a été obtenue après 24 heures d'exposition à l'HE d'*E. globulus* par contact respectivement aux doses de 2, 4, 8 et 16µL. Cette toxicité à ces doses a démontré une efficacité insecticide de l'huile essentielle d'*E. globulus*.

Bittener et al. (2008) ont testé l'efficacité des huiles essentielles de cinq plantes aromatiques sur les *Acanthoscelides obtectus* et *Sitophilus zeamais*. Les résultats issus de ces travaux ont prouvé que l'huile extraite d'*E. globulus* et de *Thymus vulgaris* (Lamiacées) ont été toxiques sur *S. zeamais*. Ghenaiet et Aouidet (2016) ont réalisé des tests de toxicité appliqués sur les adultes de *Rhyzopertha dominica* avec des différentes concentrations d'*E. globulus* 25, 50, 75, 100 et 125 µl/L. Après 24 heures d'exposition, ils ont obtenu une mortalité de 41 jusqu'à 100% avec une relation dose-réponse, donc un pouvoir insecticide puissant avec une concentration létale CL₅₀ qui est de 33,39µl/L. Les résultats des travaux

obtenus corroborent également avec ceux de Kumar et al. (2012). En effet ces auteurs ont mis des larves et des pupes des mouches domestiques en présence de l'huile essentielle d'*E. globulus* et ils ont constaté que la mortalité des larves et pupes a augmenté en fonction de la concentration.

D'autres chercheurs ont effectué des tests de toxicité avec des composés isolés à partir des huiles essentielles d'*E. globulus* sur les œufs, larves et adultes d'insectes. Yang et al. (2004) ont prouvé une activité ovicide et aldulticide des terpénoides contre *Pediculus humanus capitis* (Anoplura, Peticulidae). Ces résultats ont été prouvés par les travaux de Renault–Roger (1997) signalant que plusieurs monoterpénoides sont aphicides, utiles contre *Rhopalosipum padi* (Homoptera, Aphicidae). Les travaux de Koziol (2015) indiquant que la présence de 1,8-cinéole dans l'huile essentielle d'*E. globulus* va lui conférer des propriétés mucolytique, antibactérienne, répulsives et insecticides. Ainsi on peut en déduire que les activités larvicides observées dans nos travaux pourraient être dues aux molécules bioactives de plusieurs monoterpénoides. Les résultats de nos travaux de recherches sur les propriétés insecticides de l'huile essentielle d'*E. globulus* sont confirmés par plusieurs études et cela constitue un pas de plus dans la lutte phytosanitaire durable contre les ravageurs de cultures.

Conclusion

L'utilisation non rationnelle des pesticides chimiques de synthèse dans la protection phytosanitaire du cotonnier au Togo constitue une menace pour l'environnement et le système de production agricole. En effet une fois libérées dans la nature, ces molécules chimiques de synthèse ont un impact négatif sur la santé de l'utilisateur et des consommateurs, sur la biodiversité du sol et constituent une menace pour les auxiliaires. Cette étude réalisée au laboratoire et en milieu réel contre deux ravageurs carpophages majeurs du cotonnier a montré que l'huile essentielle d'*E. globulus* possède une potentielle activité insecticide permettant une augmentation du rendement en coton graine. Au test de contact et d'ingestion, les fortes concentrations de l'huile essentielle d'*E. globulus* ont induit de forts taux moyens de mortalité similaires à ceux de l'insecticide de synthèse vulgarisé. Au champ expérimental, comparativement aux nombres de chenilles par plant dans les témoins absolus ($9,04 \pm 1,38$ de *T. leucotreta* et $6,25 \pm 1,29$ de *P. gossypiella*), le traitement TE3 a permis de réduire la présence de ces ravageurs sur les cotonniers absolus ($4,13 \pm 0,39$ de *T. leucotreta* et $3,29 \pm 0,52$ de *P. gossypiella*) et donc de diminuer les dégâts sur les plants de cotonniers. La réduction du nombre moyen de ravageurs par plant a été compensée par la diminution du nombre moyen des capsules trouées, si bien que les rendements moyens ont été améliorés avec des indices jaunes faibles. Les résultats obtenus dans la présente étude contribueraient à l'amélioration

quantitative et qualitative de la production du coton. Au vu de ces résultats, cette huile essentielle peut être utilisée dans des formulations phytosanitaires contre les ravageurs en culture cotonnière dans une optique de protection durable de culture.

Conflits d'intérêt : Nous, auteurs, déclarons que nous n'avons pas de conflit d'intérêt.

Paternité : Nafadjara Abouwaliou NADIO, Bigala GMASSON, Essolakina Magnim BOKOBANA, Pikassalé AKANTETOU, Wiyao POUTOULI, Koffi Koba, Komla SANDA ont contribué à part égale aux travaux et à la rédaction de cette publication.

References:

1. Abbott, W. S. (1925). A method for computing the effectiveness of an insecticide Journal. Ecological Entomology. 18: 265-267.
2. Abid, S. (2019). Effet insecticide des huiles essentielles de *Eucalyptus globulus* L. et *Globularia alypum* L sur *Tribolium castaneum* Herbest. Département des Sciences Agronomiques. Université Akli Mouhand Oulhadj Bouira. Algérien ; 97p
3. Aiboud, K. (2011). Etude de l'efficacité de quelques huiles essentielles à l'égard de la bruche de niébé *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae) et impacts des traitements sur la germination des graines de *Vigna unguiculata*, Mémoire de Magister en sciences ecologie. U.M.M.T.O.58p.
4. Akantetou, K. P., Zovodu, K. K., Gnofam, N., Ayeva, B., Kpemoua, K. E. & Lombo, Y. (2014). Préparation Du Sol, Semis Et Apport D'engrais En Culture Cotonnière Au Togo. Fiche technique. ITRA, 6p
5. Benazzeddine, S. (2010). Activité insecticide de cinq huiles essentielles vis-à-vis de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera ; Curculionidae) et *Tribolium confusum* (Coleoptera ; Tenebrionidae). Thèse de Magister. Université d'Algérie. 88p
6. Bittner, M., Casanueva, M. E., Arbert, C., Aguilera, M., Hernandez, V., & Becerra, J. (2008). Effects of essential oils from five plants species against the Références bibliographiques 35 granary weevil *Sitophilus zeamais* and *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera). Journal of the Chilean Chemical Society 53:1455-1459.
7. Bokobana, E. M., Nadio, N. A., Eloho, K., Akantétou, P., Tozoou, P., Koba, K. & Sanda, K. (2022) : Insecticidal activity of the essential oil of *Eucalyptus globulus* Labill. (Myrtaceae) on *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum*

- Herbst, corn pests in storage. *International Journal of Green and Herbal Chemistry*. Vol.11, No.2, 193-200
8. Boukeroui, N. (2020). Etude de l'activité insecticide d'*Eucalyptus globulus* sur le xylophage de cèdre de l'Atlas *S.colyptus numidicus* Bris. Mémoire académique. Université de Blida. 98p
 9. Ghenaiet, I. & Aouidet, S. (2016). Etude de l'impact des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* sur *Rhyzopertha dominica*: Aspect toxicologique et bio marqueur. Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie .Université de Larbi Tébessi. Tébessa. Algérie.
 10. Koziol, N. (2018). Huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*, d'*Eucalyptus radiata* et de *Corymbia citriodora* : qualité, efficacité et toxicité
 11. Kumar, P., Mishra, S., Malik, A., & Satya, S. (2012). Compositional Analysis And Insecticidal Activity Of *Eucalyptus globulus* (Family:Myrtaceae) Essential Oil Against Housefly (*Musca Domestica*). *Acta Tropica*. Vol. 122, N° 2, Pp. 212-218
 12. MAEP, (2013). (Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche). Document d'orientation stratégique de la filière coton au Togo, 60p.
 13. Matthews, G. A, (1989). Cotton insect pests and their management. Longnian Scientific and Technical, New York (USA), 199p
 14. Porter, A. 2009. IRAC Susceptibility Test Methods Series – Method No: 007. Version: 3.http://www.irac-online.org/content/uploads/Method_007_v3_june09.pdf
 15. Poutouli, W. & Maldès, J. M. (2000). Quelques hétéroptères phytophages et prédateurs associés à la succession des cultures de maïs, cotonnier et niébé au Togo. *J.Rech. Sci. Univ. Benin (Togo)* 4(1) : 52-58.
 16. Poutouli, W., Silvie, P., & Aberlenc, H. P. (2011). Hétéroptères phytophages et prédateurs d'Afrique de l'Ouest (p. 80). Éditions Quae.
 17. Poutouli, W. (1992). Plantes hôtes secondaires des Hétéroptères recensés sur coton, maïs, niébé au Togo. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent.*, 57(3a) : 627-636.
 18. PR-PICA, (Programme Régional de Protection Intégrée du Cotonnier en Afrique), (2013). Rapport synthèse des activités de recherche du Programme Régional de Protection Intégrée du Cotonnier en Afrique 2007-2012, 49p.
 19. Regnault-Roger, C. & Hamraoui, A. (1997). Comparaison des activités insecticides des monoterpènes sur deux espèces d'insectes

- ravageurs des cultures : *Ceratitis capitata* et *Rhopalosiphum padi*
Acta Botanica Gallica : 4, 413-417
20. Russo, S., Grass, M. Y., Fontana, H. C. & Leonelli, E. (2018). Activité insecticide de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* contre *Aphis nerii* (Broyer) et *Gynaikothrips ficorum* (Marchal)
 21. Taib, H. (2015) Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* L. et de *Rosmarinus officinalis* L. à l'égard de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera, Bruchidae). Thèse de Université Mouloud Mammeri. 86p
 22. Taleb-Toudert, K. (2015). Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie (Nord Algérien). Evaluation de leur effet sur la bruche de niébé *Callosobruchus maculatus* (Coléoptéra : Bruchidae). Thèse de Doctorat d'Etat en Science Biologique. U. M.M.T.O. 160p.
 23. Tozoou, P., Poutouli, W., Akantetou, P. K., Ayeva, B., Nadio, N. A., Bokobana, M. E., & Sanda, K. (2014). Evaluation des dégâts des punaises (Heteroptera) sur les capsules vertes de cotonnier en fonction des traitements chimiques au Togo. Science de la vie, de la terre et agronomie REV. CAMES 2 (2) : 28-34.
 24. Tunc, I., Berger, B. M., Erler, F. & Dagli, F. (2000). Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored-product insects, Journal Stored Products Research N° 36, pp 161-168
 25. Yang, Y. C., Choi, H. Y., Choi, W., Clark, J. M. & Ahn, Y. J. (2004). Ovicidal and adulticidal activity of *Eucalyptus globulus* leaf oil terpenoids against *Pediculus humanus capitis* (Anoplura: Pediculidae). Journal of Agriculture and Food Chemistry, 52, 2507-2511.