

Bioefficacité des poudres et des huiles essentielles des feuilles de *Chenopodium ambrosioides* et *Eucalyptus saligna* à l'égard de la bruche du niébé, *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera, Bruchidae)

Leon Azefack Taponjoui¹
Cornel Adler²
Hamilton Bouda¹
Dominic Ajong Fontem³

¹ Laboratoire de chimie appliquée et environnementale,
Faculté des sciences,
Université de Dschang,
BP 183,
Dschang,
Cameroun
<tapondjou2001@yahoo.fr>

² Centre fédéral de recherche biologique en agriculture et foresterie,
Institut de protection des denrées alimentaires,
Königin-Luise-Str. 19,
D-14195 Berlin,
Allemagne

³ Département de protection des végétaux,
Faculté d'agronomie,
Université de Dschang,
BP 208,
Dschang,
Cameroun

Résumé

Les feuilles de *Chenopodium ambrosioides* L. et *Eucalyptus saligna* Smith, utilisées pour la protection des grains stockés par les paysans dans les hauts plateaux de l'Ouest-Cameroun, ont une forte teneur en huile essentielle. Les huiles volatiles extraites des feuilles de ces deux plantes par hydrodistillation ont été analysées par chromatographie en phase gazeuse (CPG) couplée à la spectrométrie de masse (SM). Ces huiles essentielles, ainsi que les poudres de feuilles, ont été testées pour leurs effets insecticides vis-à-vis de la bruche du niébé (*Callosobruchus maculatus* F.). Les tests d'efficacité par contact avec les graines de niébé traitées par les poudres et les huiles essentielles, ainsi que les tests de contact et de répulsion sur papier filtre traité par les huiles essentielles, ont été réalisés à température et humidité relative (Hr) maintenues respectivement entre 25 et 27 °C et 70 et 75 %, respectivement. Les résultats montrent que la poudre et l'huile essentielle des feuilles de *C. ambrosioides* sont plus efficaces (DL₅₀ = 2,8 g/kg pour la poudre et 0,17 µL/g de graines pour l'huile essentielle) que celles de *E. saligna* (DL₅₀ = 322 g/kg pour la poudre et 0,19 µL/g de graines pour l'huile essentielle) dans les graines traitées. L'analyse chimique montre que les huiles essentielles de ces deux plantes contiennent des substances connues pour leurs propriétés insecticides, comme l'ascaridole ou l' α -pinène, ce qui expliquerait leur utilisation empirique dans la protection des grains par les paysans de l'Ouest-Cameroun.

Mots clés : Protection phytosanitaire.

Summary

Bioefficacy of powders and essential oils from leaves of *Chenopodium ambrosioides* and *Eucalyptus saligna* to the cowpea bruchid, *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera, Bruchidae)

Cowpea seeds (*Vigna unguiculata*) protection in the tropics is usually handicapped by storage losses caused by insect infestation. Small-scale farmers commonly use local plant materials to protect their stored grain from insect damage in sub-tropical African countries. The leaves of *Eucalyptus saligna* and *Chenopodium ambrosioides* mainly used as cowpea grain protectants by communities of the Western highlands of Cameroon are a powerful source of essential oils. The volatile oils extracted by steam distillation from the leaves of both plants were analysed by GC-MS and evaluated along with their leaf powders for their insecticidal activities against the cowpea bruchid, *Callosobruchus maculatus* Fab. Tests of contact toxicity of the powders and essential oils in treated grains, tests of contact toxicity and repellency of essential oils on filter paper were carried out in a controlled temperature and humidity chamber (25 to 27°C, 70 to 75% RH). The powders and essential oils from both plants had insecticidal and repellent properties against *C. maculatus*. Those derived from the leaves of *C. ambrosioides* were more toxic (DL₅₀ = 2.8 g/kg for powder and 0.17 µL/g grains for essential oil) than those of *E. saligna* (DL₅₀ = 322 g/kg for powder and 0.19 µL/g grains for essential oil) in treated grains. The chemical analysis of the oil revealed that they are mainly constituted of compounds such as ascaridole whose insecticidal activities have previously been demonstrated, thus indicating a possible scientific rationale for the empirical use of these plants as grain protectants by small-scale farmers in the Western highlands of Cameroon.

Key words: Phytosanitary protection.

Les produits stockés sont généralement attaqués par des insectes, des champignons et des rongeurs et très souvent les pertes sont considérables dans les pays tropicaux humides [1, 2]. Les pertes causées par les insectes sont les plus importantes, en raison du climat tropical et inter-tropical très favorable à leur développement et du type de stockage, peu propice à la lutte contre les insectes ravageurs des stocks. C'est ainsi, par exemple, que Caswell [3] a estimé à environ 2,4 % de perte annuelle par tonne de gousse en stockage au Nigeria suite à l'infestation par la bruche maculée (*Callosobruchus maculatus* F.). La situation est sensiblement la même au Cameroun et au Niger [4].

L'utilisation d'insecticides ou fumigènes de synthèse est l'une des méthodes de lutte efficace contre ces ravageurs [5, 6]. Mais la présence dans les denrées de résidus et l'apparition de souches d'insectes résistants à ces insecticides, ainsi que le prix élevé et la rareté des produits de bonne qualité sur les marchés locaux, deviennent de plus en plus préoccupants. Il importe donc de rechercher des méthodes alternatives de lutte et le règne végétal offre à cet effet beaucoup de possibilités.

De nombreuses études se développent actuellement pour isoler ou identifier des métabolites secondaires extraits de plantes qui ont une activité insecticide, répulsive ou antiappétante vis-à-vis des insectes. C'est ainsi qu'une étude préliminaire réalisée par les auteurs dans les hauts plateaux de l'Ouest-Cameroun, en vue d'inventorier les plantes localement utilisées par les paysans pour la protection des denrées stockées, a permis d'identifier plusieurs plantes à propriétés entomotoxiques déjà connues comme *Chenopodium ambrosioides* L. et *Eucalyptus saligna* Smith [7].

Les branches et les feuilles fraîches de ces plantes sont couramment utilisées pour protéger les grains de maïs (*Zea mays* L.) et les graines de haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) et de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) contre les attaques de divers insectes de stocks dans des récipients traditionnels de conservation tels que les crips en bambou-raphia et les calebasses [7]. Nous avons remarqué que, même après une longue période de stockage, les feuilles sèches de ces plantes continuent d'émettre de fortes odeurs aromatiques persistantes, en relation avec leur contenu en huile essentielle pouvant être à l'origine de leur bioactivité.

La présente étude a donc consisté en l'extraction et la caractérisation chimique des huiles essentielles de feuilles de *C. ambrosioides* et *E. saligna* puis à l'évaluation de leurs effets insecticides et de celles des poudres de feuilles vis-à-vis de la bruche du niébé, *C. maculatus*.

Matériel et méthode

Collection et préparation du matériel végétal

Les feuilles de *C. ambrosioides* et *E. saligna* ont été récoltées en avril 1999 à Dschang, Cameroun, sur les hauts plateaux de l'Ouest-Cameroun. L'identité de ces plantes a été confirmée par les botanistes des départements de botanique et de foresterie de l'université de Dschang et les échantillons déposés à l'herbier national du Cameroun sous les références N° 15954/SRF/CAM pour *C. ambrosioides* et 18565/SRF/CAM pour *E. saligna*. Ces feuilles ont été séchées au laboratoire à température ambiante (26 à 28 °C) pendant 4 jours puis réduites en poudre dont une partie a été utilisée pour en extraire les huiles essentielles.

Les poudres ont été obtenues par broyage à l'aide d'un broyeur électrique (Jankle and Kundel KG, Typ A10, N5614, Allemagne). Le broyat a été ensuite passé sur un tamis de mailles de 0,5 mm de diamètre pour former une poudre fine à particules de granulométrie homogène.

Extraction et analyse chimique des huiles essentielles

Les huiles essentielles ont été extraites des feuilles sèches et partiellement broyées de *C. ambrosioides* et *E. saligna* par hydrodistillation pendant 8 heures à l'aide d'un appareil de type Clevenger modifié [8]. Les huiles essentielles obtenues avec des rendements de 0,8 % pour *C. ambrosioides* et 0,9 % pour *E. saligna*, de couleur jaune pâle et jaune clair, respectivement, ont été déshydratées avec du sulfate de sodium anhydre et conservées au réfrigérateur jusqu'à utilisation. L'analyse chimique des huiles essentielles a été effectuée à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse HP 5890 II muni d'une colonne de type DB wax

(60 m × 0,25 mm, d.i.) = 0,25 µm) et couplé à un spectromètre de masse HP 5972, dans les conditions suivantes :

- température du four : variant de 60 à 220 °C, à une vitesse de 5 °C/min ;
- gaz vecteur : hélium ;
- température d'injection de 230 °C et température d'interphase de 240 °C.

L'identification des différents constituants s'est faite à partir de leurs spectres de masse et de leurs indices de rétention dans la phase stationnaire en comparaison avec ceux des composés standard synthétiques de la banque des données informatisée de la bibliothèque de l'Institut de protection des denrées alimentaires de Berlin en Allemagne.

Élevage des insectes

Les élevages de masse en vue de l'obtention d'adultes de *C. maculatus* (origine : Allemagne) pour les bioessais, ont été réalisés sur les graines de niébé (*Vigna mungo*), dans une salle maintenue à température de 25 à 27 °C et humidité relative de 70 à 75 %. La souche utilisée a été celle de l'Institut de protection des denrées alimentaires.

Bioessais

Des graines de niébé n'ayant reçu aucun traitement chimique ont été achetées dans un supermarché à Berlin (Allemagne) pour les bioessais. Ceux-ci ont été réalisés dans une pièce à température et humidité relative maintenues entre 25 et 27 °C et 70 et 75 %, respectivement.

Toxicité par contact des graines traitées par les poudres de feuilles

Les poudres obtenues à partir des feuilles sèches de *C. ambrosioides* et *E. saligna* ont été mélangées à 50 g de graines contenues dans des boîtes en verre de 380 mL, à des doses de 1,25, 2,5, 5 et 10 % (m/m). Le mélange a été effectué dans un homogénéisateur rotatif (de marque Multifix GmbH, Allemagne). Tous les essais ont été répétés quatre fois pour chaque dose. Un lot de 25 insectes adultes non sexés, âgés de 2 jours au plus a été introduit dans chaque boîte qui a été immédiatement fermée. Les comptages des insectes morts ont été effectués après 24 heures de contact et tous les jours suivants pendant 6 jours avec la même périodicité de 24 heures. Les mortalités dans les boîtes traitées (Mo) ont été exprimées selon la

formule d'Abbott [9] en mortalité corrigée (Mc) tenant compte de la mortalité naturelle observée dans les boîtes témoins (Mt) :

$$Lc = \frac{Mo - Mt}{100 - Mt} \times 100$$

Toxicité par contact des huiles essentielles dans les grains

Pour chaque essai, 1 mL d'une solution acétonique contenant chacune des huiles essentielles à 2, 4, 8 et 12 µL/mL d'acétone a été ajouté à 40 g de grains contenus dans une boîte en verre de 380 mL, puis l'ensemble a été convenablement mélangé. Les essais ont été répétés 4 fois pour chaque dose. Toutes les boîtes ont été infestées par 20 insectes adultes non sexés et âgés de 2 jours au plus. Les comptages des insectes morts ont été réalisés chaque jour pendant une période de 4 jours. Les mortalités enregistrées dans les lots de grains traités ont été exprimées après la correction des résultats du témoin (dose zéro) selon la formule d'Abbott [9].

Toxicité par contact des huiles essentielles sur papier filtre

Quatre solutions de chacune des huiles essentielles (1, 2, 4 et 8 µL/mL d'acétone) ont été préparées en diluant des quantités connues d'huile dans l'acétone. Un millilitre de chaque solution a été répandu uniformément sur un disque de papier filtre (Whatman N° 1) de 7 cm de diamètre (38,5 cm² de surface) à l'aide d'une micropipette. Après évaporation complète du solvant de dilution, chaque disque traité (c'est à dire à 0,026, 0,052, 0,10 et 0,20 µL/cm²) ou témoin (solvant seul) a été minutieusement placé dans une boîte de Pétri de même dimension. Quatre répétitions ont été effectuées pour chaque huile essentielle.

Un lot de 20 insectes adultes âgés de 2 jours au plus a été introduit dans chaque boîte de Pétri qui a été aussitôt fermée. Le nombre d'insectes morts a été comptabilisé après 24 heures et le taux de mortalité dans les boîtes traitées a été calculé en utilisant la formule d'Abbott [9] de correction par le résultat du témoin non traité.

Effet répulsif des huiles essentielles sur papier filtre

L'effet répulsif des huiles essentielles à l'égard des adultes de *C. maculatus* a été évalué en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre décrite par McDonald, *et al.* [10]. Ainsi, les disques de papier filtre de 7 cm de diamètre utilisés à cet effet ont été divisés en deux parties égales. Quatre teneurs différentes de chaque huile essentielle ont été préparées par dilution dans l'acétone, dans les proportions de 1, 2, 4 et 8 µL/mL d'acétone. À l'aide d'une micropipette, une quantité de 0,5 mL de chaque solution a été uniformément répandue sur une moitié de disque, tandis que l'autre moitié a reçu uniquement de l'acétone. Après évaporation complète du solvant, les deux moitiés de disque ont été ressoudées au moyen d'une bande adhésive. Le disque de papier filtre ainsi reconstitué a été placé dans une boîte de Petri de 7 cm de diamètre. Un lot de 20 insectes adultes âgés de 2 jours au plus a été placé au centre de chaque disque de papier dans les boîtes de Petri et cinq répétitions ont été effectuées pour chaque dose d'huile essentielle testée. Au bout de 2 heures, on a relevé le nombre d'insectes présents sur la partie de disque traitée à l'huile essentielle (Nt) et le nombre de ceux présents sur la partie traitée uniquement à l'acétone (Nc). Le pourcentage de répul-

sion (PR) a été calculé en utilisant la formule suivante :

$$PR = \frac{Nc - Nt}{Nc + Nt} \times 100$$

Le pourcentage de répulsion moyen pour chaque huile essentielle est calculé et attribué selon le classement de McDonald, *et al.* [10] à l'une des différentes classes répulsives variant de 0 à V : classe 0 (PR < 0,1 %), classe I (PR = 0,1 – 20 %), classe II (20,1 – 40 %), classe III (40,1 – 60 %), classe IV (60,1 – 80 %) et classe V (80,1 – 100 %).

Les valeurs de DL₅₀ ont été calculées pour la toxicité des poudres et huiles essentielles dans les graines. Ainsi, les pourcentages de mortalité ont été transformés en unités probits et les valeurs obtenues ont été corrélées avec le logarithme des doses afin d'obtenir la dose létale pour 50 % de la population d'insectes, pour chaque matériel végétal à tester [11].

Résultats

Composition chimique des huiles essentielles de feuilles de *C. ambrosioides* et *E. saligna*

Le résultat de l'analyse chimique des huiles essentielles est représenté dans le

Tableau 1. Principaux constituants chimiques des huiles essentielles de feuilles de *E. saligna* et *C. ambrosioides* dans les hauts plateaux de l'Ouest-Cameroun.

Table 1. Main chemical constituents of essential oils from leaves of *E. saligna* and *C. ambrosioides* in the Western highlands of Cameroon.

Composés	Pourcentage (%)	
	<i>E. saligna</i>	<i>C. ambrosioides</i>
α-pinène	39,4	–
α-terpinène	–	37,6
limonène	2,1	–
1,8-cineole(eucalyptol)	9,8	–
γ-terpinène	9,5	–
p-cymène (cymol)	31,1	50,0
terpinèn-4-ol	0,6	–
cis b-farnesène	–	1,4
α-terpineol	3,7	–
ascaridol	–	3,5
carvacrol	1,7	3,3
Total	97,9	95,8

tableau 1. Huit composés, représentant environ 97,9 % de l'huile essentielle des feuilles de *E. saligna*, ont été identifiés comme principaux constituants. Les composés les plus importants sont le α -pinène (39,4 %), le *p*-cymène ou cymol (31,1 %), le 1,8 — cinéole ou eucalyptol (9,8 %) et le γ -terpinène (9,5 %). Par ailleurs, les principaux constituants identifiés dans l'huile essentielle des feuilles de *C. ambrosioides* sont le cymol (50,0 %), le α -terpinène (37,6 %) et l'ascaridole (3,5 %).

Bioefficacité des poudres de feuilles de *C. ambrosioides* et *E. saligna*

Les taux de mortalité des insectes observés en fonction du temps et des différentes doses de poudres de feuilles des deux plantes montrent qu'aux doses utilisées, les poudres sont efficaces à l'égard de *C. maculatus* dans les grains de niébé (figure 1). En effet, après 4 jours, les plus fortes doses de poudre (0,4 % dans le cas de *C. ambrosioides* et 10 % dans le cas de *E. saligna*) ont occasionné respectivement des mortalités de 92 et 57 % (figure 2). Les valeurs de DL₅₀ calculées au deuxième jour d'exposition montrent que la poudre de *C. ambrosioides* est plus efficace (DL₅₀ = 0,28 %, soit 2,8 g/kg de graines) que celle de *E. saligna* (DL₅₀ = 32,2 %, soit 322 g/kg de graines) vis-à-vis de *C. maculatus*.

Bioefficacité des huiles essentielles sur les grains

Les résultats des tests de toxicité par contact des huiles essentielles dans les grains sont exprimés dans la figure 2. Les deux huiles sont efficaces contre *C. maculatus* dans les grains et le taux de mortalité varie avec la dose d'huile utilisée. La plus forte dose de 0,3 μ L/g de graines pour chaque huile occasionne une mortalité totale des insectes au quatrième jour d'exposition. Les valeurs de DL₅₀ calculées au premier jour d'exposition montrent que les deux huiles essentielles ont une toxicité équivalente vis-à-vis de *C. maculatus* (DL₅₀ = 0,17 μ L/g de graines pour l'huile de *C. ambrosioides* et 0,19 μ L/g pour celle de *E. saligna*).

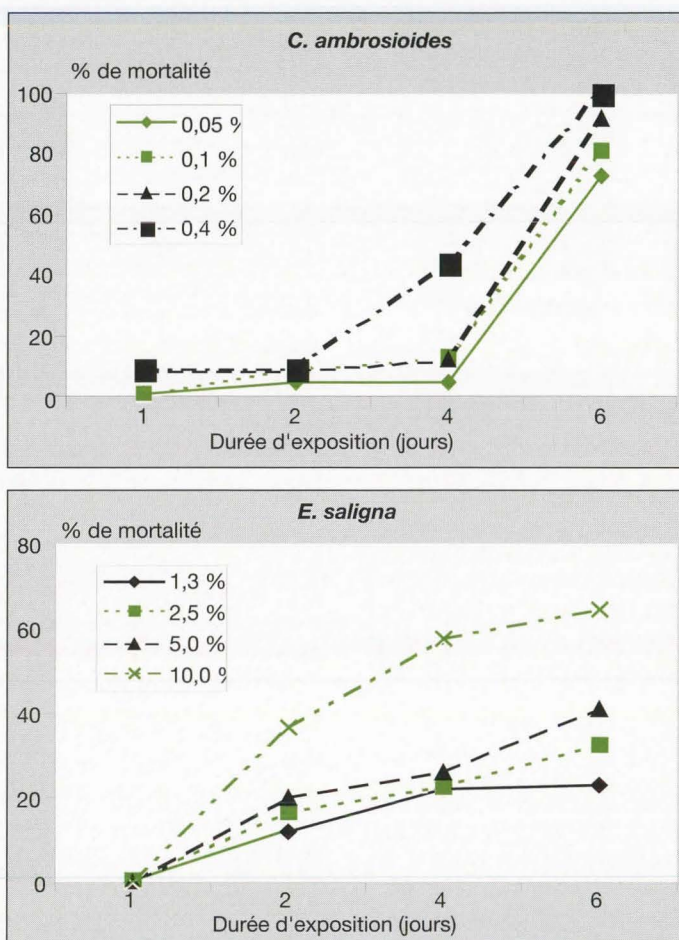


Figure 1. Évolution de la mortalité des adultes de *C. maculatus* en fonction de la durée d'exposition et des doses des poudres de feuilles de *Chenopodium ambrosioides* et *Eucalyptus saligna* sur grains de niébé.

Figure 1. Evolution of the mortality of *Callosobruchus maculatus* adults with respect to the duration of exposure to doses of leaf powders of *C. ambrosioides* and *E. saligna* in cowpea grains.

Bioefficacité des huiles essentielles sur papier filtre

Les résultats du test de toxicité des huiles essentielles par contact sur papier filtre sont représentés sur la figure 3. Comme attendu, le taux de mortalité croît avec la dose pour les deux huiles testées. L'huile essentielle de *E. saligna* est la plus active dans la mesure où la dose de 0,20 μ L/cm² a occasionné une mortalité totale d'insectes au bout de 24 heures d'exposition, alors que celle de *C. ambrosioides* n'a provoqué que 30 % de mortalité au bout du même temps.

Effet répulsif des huiles essentielles

Les résultats de l'évaluation des effets répulsifs des huiles essentielles sont exprimés dans le tableau 2. Le pourcentage de répulsion des huiles essentielles des deux plantes utilisées augmente en fonction de la dose. Cependant, l'huile de *C. ambrosioides* aurait des propriétés répulsives relativement plus élevées (PR = 89 %) que celle de *E. saligna* (PR = 71 %), bien que les deux soient fortement répulsives. Selon le classement de McDonald [10], l'huile essentielle de *E. saligna* appartient ainsi à la classe de

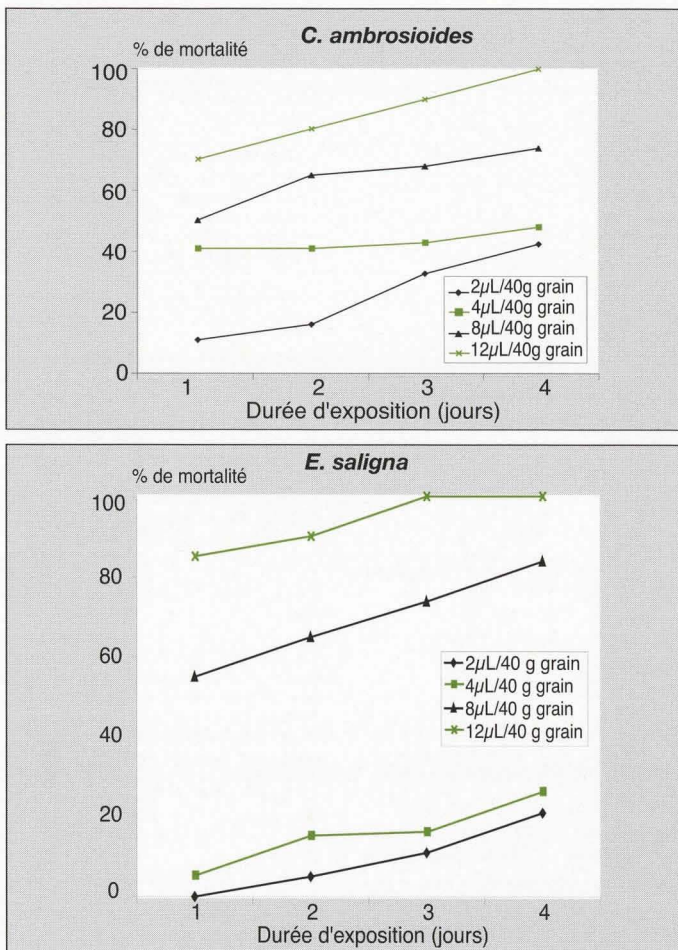


Figure 2. Évolution de la mortalité des adultes de *C. maculatus* en fonction du temps et des doses d'huiles essentielles de feuilles de *Chenopodium ambrosioides* et *Eucalyptus saligna* sur grains de niébé.

Figure 2. Evolution of the mortality of *Callosobruchus maculatus* adults with respect to the duration of exposure to doses of leaf oils of *C. ambrosioides* and *E. saligna* in cowpea grains.

Tableau 2. Pourcentage de répulsion sur papier filtre d'huiles essentielles de feuilles de *E. saligna* et *C. ambrosioides* vis-à-vis de *Callosobruchus maculatus*.

Table 2. Main repellency percentage values of essential oils from leaves of *E. saligna* and *C. ambrosioides* against *Callosobruchus maculatus* on filter paper.

Traitements	Taux de répulsion (en %)	
Dose (µL/cm ² de papier filtre)	<i>E. saligna</i>	<i>C. ambrosioides</i>
0,052	60 ± 8*	76 ± 19
0,104	67 ± 13	90 ± 10
0,208	70 ± 21	95 ± 5
0,416	87 ± 16	97 ± 4
Moyenne	71 ± 10	89 ± 8
Classe répulsive	IV	V

* les valeurs sont les moyennes ± ESM.

répulsion IV alors que celle de *C. ambrosioides* appartient à la classe V.

Discussion

La présente étude montre que les poudres et huiles essentielles issues des feuilles sèches de *C. ambrosioides* et *E. saligna* sont efficaces dans la protection des grains de niébé contre les attaques de *C. maculatus*. Les effets toxiques et répulsifs de ces matériels végétaux dépendent de plusieurs facteurs, entre autres leur composition chimique et le niveau de sensibilité des insectes [12].

En effet, plusieurs travaux publiés dans la littérature montrent que les poudres et huiles essentielles des feuilles de *C. ambrosioides* ont un large spectre d'action contre les insectes, nématodes, champignons et virus [13]. Des travaux similaires aux nôtres ont montré que les poudres de feuilles sèches de *C. ambrosioides* mélangées aux grains d'arachide et de haricot en stockage protégeaient des attaques d'insectes comme *Rhyzopertha dominica* Fabricius, *Caryedon serratus* Olivier et *Acanthoscelides obtectus* Say [14, 15]. Par ailleurs, les huiles essentielles extraites des feuilles de cette plante ont également révélé des propriétés insecticides très intéressantes contre une grande variété d'insectes de stock des denrées alimentaires [16-18].

La forte toxicité de cette huile peut être essentiellement attribuée à l'ascaridole qui en constitue généralement 45 à 75 % [19-21]. Or, l'ascaridole provient généralement du α -terpinène par biotransformation enzymatique au sein de cette plante [22]. L'analyse chimique de notre échantillon d'huile montre curieusement une forte teneur en α -terpinène (37,6 %) et une faible teneur en ascaridole (3,5 %). Cela peut laisser supposer qu'au moment de la récolte de notre plante la biotransformation n'était pas encore totale, ce qui veut dire aussi que la forte toxicité de notre huile peut ne pas être due uniquement à l'ascaridole mais aussi à d'autres constituants majoritaires comme le cymol ou même l' α -terpinène.

En ce qui concerne l'huile essentielle des feuilles de *E. saligna*, elle est constituée majoritairement de composés dont l'activité insecticide a déjà été mise en évidence à l'égard de plusieurs insectes des denrées alimentaires stockées. C'est ainsi par exemple que le α -pinène qui en est le principal constituant (39,5 %) a révélé des

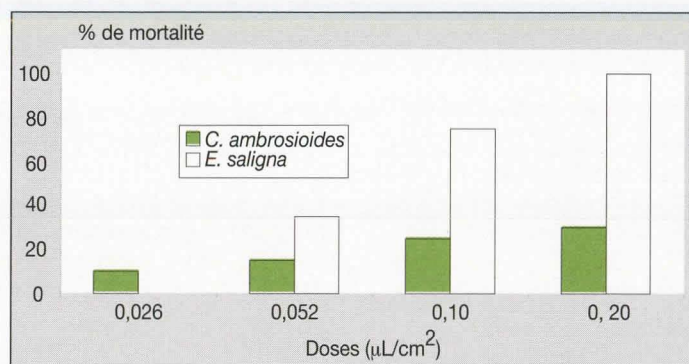


Figure 3. Évolution de la mortalité après 24 heures, des adultes de *C. maculatus* en fonction des doses d'huiles essentielles de feuilles de *Chenopodium ambrosioides* et *Eucalyptus saligna* sur papier filtre.

Figure 3. Evolution of the mortality of *Callosobruchus maculatus* adults relative to the doses of leaf oils of *C. ambrosioides* and *E. saligna* on filter paper after a 24-hour exposure.

effets insecticides très intéressants contre *Tribolium confusum* Jacquelin Du Val [23]. Des effets similaires ont été également notés avec le α -terpinéol, le 1,8-cinéole et le limonène [24-27]. Les résultats montrent que les poudres et huiles essentielles de *E. saligna* et *C. ambrosioides* ont des propriétés insecticides et répulsives contre *C. maculatus* et que les huiles de *C. ambrosioides* sont plus actives que celles d'*E. saligna*.

Pour ce qui est de la toxicité éventuelle des huiles et poudres de feuilles de ces deux plantes aux doses utilisées, il paraît important de souligner que les deux plantes ici testées sont administrées oralement en médecine traditionnelle pour le traitement de plusieurs maladies. C'est ainsi que les feuilles de *C. ambrosioides* sont utilisées au Mexique pour traiter les inflammations, la dysenterie, l'asthme, le rhumatisme, les maux d'estomac et comme substitut du thé [13]. Les infusions des feuilles d'*Eucalyptus* sont utilisées au Gabon contre la toux et le paludisme [28]. De plus, les travaux de Salent [29] stipulent que la dose fatale d'huile essentielle des feuilles de *C. ambrosioides* est de 200 mg/kg pour les rats et de 400 mg/kg pour les chats. Par ailleurs, d'après les travaux de Su [16], la concentration maximale de 2 000 ppm (2 g/kg) d'huile essentielle de *C. ambrosioides* doit être utilisée pour la protection des denrées alimentaires en stockage. Quant aux huiles de *E. saligna*, elles ont une odeur fortement aromatique et sont largement utilisées pour l'aromatization en préparations pharmaceutiques et en parfumerie [30].

Ces résultats démontrent une certaine logique dans l'utilisation de ces plantes par les paysans des hauts plateaux de

l'Ouest-Cameroun pour la protection des grains en stockage ■

Remerciements

Ce projet a été financé par la DAAD (Programme allemand d'échange académique) et la TWAS (*Third World Academy of Sciences*). Nous remercions Monsieur le professeur Reichmuth pour avoir accueilli Léon Azefack Tapondjou dans son unité de protection des denrées alimentaires de Berlin (Allemagne) et pour les conseils scientifiques qu'il lui a donnés. Nous remercions également le Dr Baumann, de l'Institut *Geitreide Verarbeitung GmbH*, Potsdam (Allemagne), pour sa contribution à l'analyse chimique des huiles essentielles.

Références

- Foua-Bi K. Préambule. In : Foua-Bi K, Philogène B, eds. *La post-récolte en Afrique. Actes du Séminaire International de la Post-Récolte en Afrique, Abidjan, Côte d'Ivoire 29 jan - 1^{er} fév. 1990*. Montmagny : Aupelf-Uref, 1992 : 152-4.
- Azouma I. Les problèmes de la post-récolte en Afrique Sahélienne, In : Foua-Bi K, Philogène B, eds. *La post-récolte en Afrique. Actes du Séminaire International de la post-récolte en Afrique, Abidjan, Côte d'Ivoire, 29 janv. - 1^{er} fév. 1990*. Montmagny : Aupelf-Uref, 1992 : 22-7.
- Caswell GH. The storage of cowpea in Northern States of Nigeria. *Proc Agric Soc Niger* 1968 ; 5 : 4-5.
- Alzouma I. Les bruches du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) (Walp) en zone sahélienne au Niger. Perspectives pour le développement de stratégies de lutte contre ces ravageurs. *Ann Univ Niamey* 1988 ; 3 : 56-73.
- Relinger LM, Zettler JL, Davis R, Simonaitis RA. Evaluation of pirimiphos methyl as a protectant for export grain. *J Econ Ent* 1988 ; 81 : 718-21.

- Haubruge E, Shiffers B, Gabriel E, Verbrachten. Étude de la relation dose-efficacité de six insecticides à l'égard de *Sitophilus granarius* L., *S. oryzae* L., et *S. zeamais* Mots. (Col., curculionidae). *Med Fac Landbouww Ryksuniv (Gent)* 1988 ; 53/2b : 719-26.

- Tapondjou AL, Bouda H, Fontem DA, Zapfack L, Lontsi D, Sondengam BL. Local plants used for traditional stored product protection in the Menoua Division of the western highlands of Cameroon. *Integrated Protection of Stored Products/IOBC Bulletin*, 2000 ; 23 : 73-7.

- Pharmacopée Française* Paris : Maisonneuve, 1985 ; tome 1, Vol. 4, 5, 8.

- Abbott WS. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J Econ Ent* 1925 ; 18 : 265-7.

- McDonald LL, Guy RH, Speirs RD. *Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects*. Marketing Res. Rep n° 882. Washington : Agric. Res. Service, US Dept of Agric., 1970 ; 183 p.

- Finney DJ. *Statistical Method in Biological Assay*, 2nd edition. London: Griffin, 1971 ; 333 p.

- Casida JH. Pesticide mode of action, evidence for implications of a finite number of biochemical targets. In: Casida JE, éd. *Pesticides and Alternatives. Innovative Chemical and Biological Approaches to Pest Control*. Amsterdam: Elsevier, 1990 : 11-22.

- Quarles W. Botanical Pesticides from *Chenopodium*. *The IPM Practitioner* 1992 ; 14 : 1-11.

- Malik MM, Mujtaba Naqvi SH. Screening of some indigenous plants as repellents or anti-feedants for stored grain insects. *J Stored Prod Res* 1984 ; 20 : 41-4.

- Delobel A, Malonga P. Insecticidal properties of six plants materials against *Caryedon serratus* (OL.) Coleoptera: bruchidae. *J Stored Prod Res* 1987 ; 23 : 173-6.

- Su HCF. Toxicity and Repellency of *Chenopodium* oil to four species of stored product insects. *J Ent Sci* 1991 ; 26 : 178-82.

- Leach BR, Johnson JP. Emulsion of wormseed oil and of carbon disulfide for destroying larvae of the Japanese beetle in the roots of perennial plants. *US Dept Agri Bull* 1925 ; 1332 ; 17 p.

- Hartzell A, Wilcoxon F. A survey of plant products for insecticidal properties. *Boyce Thompson Inst Contrib* 1941 ; 12 : 127-41.

- Malloy DM. Pharmacology and therapeutics of oil of *Chenopodium* and investigation on the anthelmintic value of its components. *J Pharmacol* 1923 ; 212 : 391-400.

- Pollack Y, Segal R, Golenser J. The effect of ascaridole on the *in vitro* development of *plasmodium falciparum*. *Parasitology Res* 1990 ; 76 : 570-2.

- Smilie WG, Pessoa SB. A study of the anthelmintic properties of the constituents of the oil of *Chenopodium*. *J Pharmacol* 1924 ; 24 : 359-70.

- Johnson MA. Biosynthesis of ascaridole. *Arch Biochem Biophys* 1984 ; 235 : 254-6.

- Ojimelukwe PC, Adler C. Potential of Zimtaldehyde, 4-allyl-anisol, linalool, terpineol and other phytochemicals for the control of

Confused Flour Beetle (*Tribolium confusum* J.D.V) (Col: Tenebrionidae). *J Pest Sci* 1999 ; 72 : 81-6.

24. Obeng-Ofori D, Reichmuth CH, Bekele J, Hassanali A. Biological activity of 1,8-cineole, a major component of essential oil of *Ocimum Kenyense* (Ayobeingira) against stored product beetles. *J Appl Ent* 1997 ; 121 : 237-43.

25. Thomas WP, Megha NP, Weaver DK. Toxicity of terpenes secreted by the predator *Xylo-*

coris flavipes (Reuter) to *T. castaneum* and *Orizeaphilus surinamensis*. *J Stored Prod Res* 1995 ; 31 : 131-8.

26. Taylor WE, Vickery B. Insecticidal properties of limonene, a constituent of citrus oil. *Ghana J Agric Sci* 1974 ; 7 : 61-2.

27. Prates HT, Santos JP, Waquil JM, Fabris JD, Oliveira AB, Foster JE. Insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Tribolium castaneum* (H.). *J Stored Prod Res* 1998 ; 34 : 243-9.

28. Raponda-Walker A, Sillans R. *Les plantes utiles du Gabon*. Libreville : Fondation Raponda-Walker-Sépia-Centre Culturel saint Exupéry 1995 ; 614 p.

29. Salent W. Pharmacology of the oil of *Chenopodium*. *J Pharmacol* 1911 ; 2 : 319-22.

30. Bauer K, Garbe D, Surburg H. *Common fragrance and flavour materials*. 2nd ed. Weinheim : VCH Verlagsgesellschaft, 1990 : 153-5.