



***Senna occidentalis* L., une plante prometteuse dans la lutte contre *Caryedon serratus* Ol. (Coleoptera, Bruchidae), insecte ravageur des stocks d'arachide au Sénégal**

Cheikh THIAW ^{1*}, Emile Victor COLY ², Saliou DJIBA ¹, Mbaye DIOP ¹,
Ousmane NDOYE ³, Ndiaga CISSE ¹ et Mbacké SEMBENE ³

¹Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Route des Hydrocarbures Bel-Air,
BP 3120 Dakar, Sénégal.

² Direction de la Protection des végétaux (DPV); KM 15, Route de Rufisque,
BP 20054 –Thiaroye, Sénégal.

³ CORAF/WECARD (West and Central African Council for Agricultural Research and
Development); 7 Avenue Bourguiba; BP 48 Dakar, Sénégal.

⁴ Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, Département de Biologie Animale, Dakar 5005, Sénégal.

* Auteur correspondant; Email : thiacheikh@hotmail.com ; Tél : (+221) 77560 21 99

RESUME

Dans la perspective de concevoir une stratégie de protection intégrée des nuisibles associés aux produits post-récolte au Sénégal, la bioactivité des extraits et huile essentielle de *Senna occidentalis* L. sur les œufs et adultes de *Caryedon serratus* (Ol.), a été étudiée. Les extraits bruts (éthéré et méthanolique) et fractions d'extrait (hexane, acétate d'éthyle, méthanol) ont été appliqués sur l'insecte à 0,1 ; 0,01 et 0,001 g/ml. Les principaux résultats révèlent que *S. occidentalis* L. affectent significativement la survie des stades traités, selon sa concentration et sa polarité. L'extrait éthéré et la fraction hexanique provoquent 79,17% de mortalité embryonnaire en C₁, tandis que la fraction méthanolique tue 39,58% des œufs en C₁. Les produits polaires (extrait et fraction méthanoliques) provoquent respectivement 69,92 ± 2,87% et 72,01 ± 6,86% de mortalités d'adulte. Par contre, ceux apolaires (éthéré et hexanique) tuent respectivement en moyenne 30,41 ± 1,74% et 27,9 ± 0,34% des adultes. L'activité adulticide de l'huile essentielle augmente avec la concentration (91,67% pour 3 ml/l et 30,56% pour 1 ml/l). Cette bioactivité s'exprime aussi par un déséquilibre du sex-ratio en faveur de mâles, une modification du cycle de développement, une fécondité réduite de 67,2% pour la fraction acétate et une fertilité limitée.

© 2015 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : *Caryedon serratus*, arachide, *Senna occidentalis*, plantes biocides,

INTRODUCTION

L'arachide (*Arachis hypogaea* L.) tient au Sénégal une place importante dans les systèmes de production et représente plus de 40% des revenus des petites exploitations familiales. Cet oléagineux très riche en

protéine (25%) et en lipide (50%) alimentaire constitue un apport nutritif important pour la population. Il est cependant attaqué par plusieurs insectes dont le plus redouté est *Caryedon serratus* (Olivier) responsable des pertes quantitatives pouvant atteindre 83%

© 2015 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i3.24>

après une durée de stockage de 4 mois (Thiaw et al., 2007 ; Thiaw et Sembène, 2010). Les trous laissés par les larves de *C. serratus* facilitent l'attaque d'autres insectes qui déprécient la qualité nutritive de l'arachide et favorisent le développement d'une moisissure, *Aspergillus flavus* productrice de l'aflatoxine qui est hautement cancérigène.

Les pesticides chimiques très utilisés pour lutter contre les ravageurs de stocks présentent des risques potentiels sur la santé des populations, sur l'environnement et leur coût très élevé oblige les paysans à recourir à nouveau aux techniques traditionnelles de lutte et ravive l'intérêt des spécialistes à orienter leur réflexion sur l'utilisation de substances biocides d'origine végétale (Thiaw, 2008 ; Gueye et al., 2012).

Chez *C. serratus*, l'utilisation de produits dérivés de plantes à effet répulsif ou insecticide accuse un certain retard par rapport aux autres bruches telles que : *Callosobruchus maculatus* F. (Ketoh et al., 2005 ; Faye et al., 2012, 2014).

Cette étude qui s'inscrit dans le cadre de développer des stratégies de protection de l'arachide au Sénégal, essaye d'évaluer la bioactivité des extraits et huile essentielle de *Senna occidentalis* L. sur la survie des œufs et adultes de *C. serratus* en conditions contrôlées.

MATERIEL ET METHODES

Caryedon serratus

Les spécimens sont récoltés sur gousses de « Nguiguiss », de nom scientifique *Bauhinia reticulata* Mabblerly. La collecte est faite dans la localité de Keur Baka à 22 km au Sud de la région de Kaolack (14° 09' N-16° 04' W) pendant la période où les populations de bruches sont plus abondantes (janvier - mai). Ces gousses sont ensuite gardées au laboratoire dans des sacs en plastique, à température ambiante, pendant au moins deux mois. Les cocons formés à l'extérieur sont isolés dans des boîtes de Pétri. Les adultes qui émergent de ces cocons sont mis en élevage. L'élevage de masse est effectué dans des bocal en verre cylindrique (d'environ 18 cm

de haut et 7 cm de diamètre) munis d'un couvercle grillagé.

Les graines d'arachides et de *B. reticulata* ont servi de substrat de développement aux insectes. Ce choix est basé essentiellement sur leur disponibilité, leur accessibilité mais également sur les résultats d'études morphométriques et génétiques obtenus par Sembène et al. (2012) et Ndong et al. (2011) qui ont montré que l'infestation de l'arachide nouvellement récoltée au Sénégal est due principalement aux femelles de *C. serratus* provenant des graines de *B. reticulata* et à celles qui se sont développées dans des gousses d'arachide résiduelles des greniers.

Dans chaque bocal nous avons introduit une poignée de graines, un nombre suffisant d'adultes (mâles et femelles), du coton imbibé d'eau distillée et un papier plié en zigzag permettant aux insectes de pouvoir se déplacer facilement à l'intérieur du bocal. Au bout de 48 heures, les graines ayant reçu des pontes, sont déposées dans des boîtes de Pétri en verre où l'œuf poursuivra son cycle de développement jusqu'à l'émergence de l'adulte. L'émergence des adultes est relevée et contrôlée tous les deux jours afin de respecter la cohorte et d'éviter des lots mixtes de générations. Le maintien de la propreté des élevages et la détermination de leur durée au laboratoire ont été assurés. Les conditions optimales de température et d'humidité ont été fixées respectivement à 32-33 °C et 45-50% (Thiaw, 2008 ; Gueye, 2000). Les tests biologiques ont portés sur des adultes (effet adulticide) et sur des œufs (effet ovicide) de *C. serratus* issus de la 5^{ème} et 6^{ème} génération de cet élevage.

Senna occidentalis L.

Nous avons choisi de tester l'activité biocide de *S. occidentalis* sur l'insecte ravageur *Caryedon serratus*. Les raisons qui ont justifié ce choix reposent d'une part sur les résultats d'une enquête faite en milieu rural qui ont révélé que les paysans utilisaient les broyats d'organes de cette plante pour protéger leur récolte et d'autre part sur le fait qu'elle est très fréquente au Sénégal et

facilement accessible. La récolte a été effectuée entre octobre - janvier, dans plusieurs localités de la région de Dakar notamment à Mbao, à Keur Massar et aux alentours du Lac Rose où la plante est abondante. Des échantillons de feuilles sont prélevés, conditionnés, séchés à la température ambiante sous une serre puis transformés en poudre par broyage et tamisage. Le temps de séchage des feuilles de *S. occidentalis* n'a duré qu'une semaine. Les poudres obtenues à l'aide d'un broyeur électrique ont servi à extraire les produits biocides.

Préparation des substances biocides de *S. occidentalis*

Pour obtenir les substances biocides de *S. occidentalis*, deux types de procédés d'extraction ont été réalisés. La macération à froid, pour obtenir les extraits bruts et les fractions d'extrait et l'hydrodistillation pour les huiles essentielles.

Extraction par macération à froid

- Extrait brut: L'extrait brut de *S. occidentalis* a été obtenu par macération à froid. Elle a consisté à mettre en contact prolongé 100 g de poudre de la plante avec 500 ml de solvant (éther de pétrole ou méthanol). Le mélange obtenu est placé à 25 °C. Au bout de 48 heures, le contenu est filtré puis évaporé à l'aide d'un rotavapor pour recueillir un résidu sec appelé extrait brut qui est placé dans un dessiccateur et servant de test biologique et d'analyse phytochimique.

- Fractions de l'extrait brut au méthanol : Cette étape a consisté à reprendre successivement l'extrait brut au méthanol, obtenu directement à partir de poudre de feuilles, dans trois solvants de polarité croissante que sont l'hexane, l'acétate d'éthyle et le méthanol. Pour ce faire, une première macération est faite avec de l'hexane. Elle a consisté à mélanger le résidu sec méthanologique avec 500 ml d'hexane pendant 24 h puis agiter et filtrer. La phase hexanique est évaporée à sec à 45 °C. Le résidu sec est placé dans un dessiccateur pour

enlever toute trace de solvant. Le marc sous forme de pâte sèche est malaxé une seconde fois avec 500 ml d'acétate d'éthyle pendant 24 h dans les mêmes conditions que précédemment. La fraction acétate d'éthyle est récupérée après filtration et évaporation du mélange. Ce qui a resté de l'extrait d'aspect plus pâteux et plus sec est dissout dans un volume de 500 ml de méthanol, solvant de polarité plus élevée que l'hexane et l'acétate d'éthyle. La solution finale est ensuite évaporée pour donner un résidu sec appelé fraction méthanologique, différente de l'extrait au méthanol.

Hydrodistillation

Pour obtenir l'huile essentielle de *S. occidentalis*, une hydrodistillation a été réalisée. Dans ce procédé le solvant est l'eau et les substances à extraire sont entraînées par la vapeur d'eau. Il s'est formé par la suite une phase mixte (distillat). 200 g de feuilles fraîches de *S. occidentalis* est placé dans le ballon contenant un litre d'eau déminéralisé ensuite, le réfrigérant est mis en marche en réglant le débit d'eau. Le contenu du ballon est alors mis à chauffer (ébullition douce). Au bout de 12 heures, le distillat obtenu est recueilli (environ 200 ml). Pour recueillir l'huile essentielle, un relargage de la phase aqueuse est nécessaire, en ajoutant au distillat 100 g de chlorure de sodium. Une décantation de 10 minutes environ a permis d'éliminer lentement la phase aqueuse.

Tests biologiques

Tous les produits biocides de *S. occidentalis* obtenus précédemment à partir des différentes méthodes d'extraction sont testés sur *C. serratus* pour évaluer leur bioactivité. Un dispositif de suivi individuel des œufs traités est réalisé pour évaluer un certain nombre de paramètres biologiques (taux de mortalités embryonnaire et larvaire, les durées moyennes des différents stades de développement, le sex-ratio, la fécondité et la fertilité des femelles « rescapées » de première génération. L'efficacité adulticide de l'huile essentielle de *S. occidentalis* a fait

également l'objet de test adulticide de contact et de fumigation.

Préparation des solutions tests

L'eau et le diéthyléther sont choisis comme solvant de dilution des résidus d'extraits secs, en raison de leur degré de toxicité (moins de 5% de mortalité). Pour chaque résidu sec, trois doses ($C_1 = 10^{-1}$ gramme de résidu d'extrait sec/ml de solvant de dilution ; $C_2 = 10^{-2}$ g/ml ; $C_3 = 10^{-3}$ g/ml) sont appliquées. Le diéthyléther est choisi comme solvant de dilution de l'extrait à l'éther de pétrole, de la fraction hexane et de la fraction acétate d'éthyle ; les résidus de l'extrait au méthanol et de la fraction méthanol sont repris chacun dans de l'eau.

Pour les huiles essentielles, les différentes doses, définies par rapport au volume d'air de l'enceinte du bocal en verre, sont exprimées en millilitre par litre (ml/l). La quantité d'huile est fonction du volume des bocaux, de façon à obtenir les cinq (5) concentrations suivantes : 1 ml/l, 1,5 ml/l, 2 ml/l, 2,5 ml/l et 3 ml/l.

Deux groupes de contrôles sont réalisés : un témoin blanc et un témoin solvant. Dans le témoin blanc (TB), les bruches n'ont subi aucun traitement. Par contre, au niveau du témoin solvant (TS), les bruches sont traitées avec le solvant de dilution des produits tests. Les effets ovicide et adulticide sont évalués sur la base de ces solutions tests. Les tests avec l'huile essentielle de *S. occidentalis* ne sont effectués que sur des adultes de *C. serratus* ; les œufs et les formes cachées n'étant pas pris en compte.

Effet ovicide des extraits de *Senna occidentalis*

Dans ces essais biologiques, les solutions tests sont appliquées par contact sur les œufs pondus par des femelles de *C. serratus* et âgés de 24 heures au plus.

• Choix des œufs : Après plus de quatre générations d'élevage de masse, des femelles de *C. serratus* sont mises à pondre sur des graines d'arachide préalablement débarrassées de toute infestation grâce à un

séjour prolongé au congélateur. Au bout de 24 h, chaque graine est scrupuleusement observée à la loupe binoculaire pour s'assurer qu'elle n'a reçu qu'un seul œuf. Si une graine en reçoit plus d'un, les autres sont décollés à l'aide d'une pince fine pour qu'il n'y ait pas de compétition larvaire intraspécifique.

• Dispositif d'étude : Qu'il s'agisse de l'extrait à l'éther de pétrole, de l'extrait au méthanol et de ses fractions (hexane, acétate d'éthyle et méthanol), le même plan expérimental est adopté pour évaluer l'effet ovicide de *S. occidentalis*. Pour chaque concentration et chaque témoin, 48 graines saines d'arachide portant chacune un œuf âgé de moins de 24 heures sont introduites dans une boîte de Pétri. Nous y avons ajouté 2 ml de la solution de l'extrait à tester puis la boîte est secouée de façon à imprégner uniformément les graines. Celles-ci sont mises à sécher durant quelques minutes sous un courant d'air afin d'évaporer le solvant de dilution (Thiaw et Sembène, 2010 ; Thiaw, 2004, 2008). Au total, les tests ovicides ont portés sur 1200 œufs de *C. serratus*. Le lendemain, les graines sont mises dans des boîtes en plastique rectangulaire. Chacune d'elles comporte 4 rangées de 6 puits (logis) numérotés par des lettres et des chiffres en indice de 1 à 6. Pour chaque dose, deux boîtes sont remplies. L'ensemble des boîtes est placé sur la paillasse du laboratoire et contrôlé tous les jours. L'expérience se déroule à la température ambiante de la salle comprise entre 29 °C et 35 °C et 47 à 92% d'humidité relative.

Ce dispositif d'étude a permis ainsi de suivre individuellement les œufs. Pour chaque graine, la date de ponte correspondant au jour qui a précédé le début de l'expérimentation est mentionnée. Il en est de même pour les dates d'éclosion, de formation de cocons et d'émergence des adultes rescapés. Les mortalités sont corrigées par la formule d'Abott (1925). Cette correction a permis d'exclure le biais dû à la mortalité naturelle observée dans nos conditions expérimentales.

Suivi des œufs « rescapés »

L'étude des paramètres du cycle de développement effectuée sur les œufs rescapés de *C. serratus* ont porté sur les durées : ponte-éclosion, éclosion-tissage cocon, tissage-émergence ou stade nymphal, ponte-émergence ou phase de développement total, ainsi que la durée de vie représentant l'intervalle de temps entre la ponte et la mort de l'adulte.

Activité reproductrice des adultes « rescapés »

Sont appelés adultes « rescapés », tous ceux issus des œufs de *C. serratus* préalablement traités ; leur suivi est effectué dans le but d'évaluer l'effet éventuel de ces extraits (bruts et fractions) sur un certain nombre de leur paramètre biologique, tels que :

- le sex-ratio des adultes « rescapés », qui correspond au rapport entre le nombre d'individus mâles ayant émergé sur le nombre d'individus femelles ;
- la durée des périodes de pré-oviposition, oviposition et post-oviposition des femelles ;
- la fécondité, la fertilité de ces femelles et la durée de vie des adultes « rescapés ».

La période pré-oviposition est la période qui sépare l'émergence des femelles à la date de la première ponte. La présence d'un œuf indique la fin de la période de pré-oviposition. La ponte des femelles « rescapés » de *C. serratus* est suivie sur des graines d'arachide saine ; afin de comprendre l'influence des extraits bruts et fraction d'extrait dans le maintien et l'évolution des populations de *C. serratus*. Pour l'importance de la ponte, le nombre d'œufs pondus sur les parois des bocal et sur les graines par chaque femelle est dénombré tous les jours sous loupe binoculaire. Ainsi, les graines infestées sont remplacées par d'autres parfaitement saines. L'expérience se déroule à la température ambiante. (Gueye, 2000 ; Thiaw et Sembène 2010). Le taux de réduction de la ponte par rapport au témoin est donné par la formule suivante :

$$T_x = 100 \times (N_t - N_e) / N_t$$

Où T_x = taux de réduction par rapport au témoin ; N_t = nombre d'œufs dans le bocal témoin et N_e = nombre d'œufs dans l'essai.

Effet adulticide des substances biocides de *S. occidentalis*

Les extraits et les fractions de *S. occidentalis* sont directement appliqués sur de jeunes adultes de *C. serratus* issus de l'élevage de masse. Le traitement se fait dans des boîtes Pétri, dans lesquelles sont placés des papiers filtres Whatman préalablement imbibés avec 3 ml de la solution test. Pour chaque extrait ou fraction, les trois concentrations prédéfinies sont appliquées ; un témoin blanc et un témoin avec le solvant de dilution sont mis en place. Pour chaque concentration et chaque groupe de contrôle, 12 adultes (6 mâles et 6 femelles) âgés de moins de 24 h sont introduits dans une boîte de Pétri. Pour chaque concentration, les essais sont répétés trois fois. Au total, les tests adulticides avec les extraits de *S. occidentalis* ont porté sur 900 individus.

Les individus morts et vivants dénombrés deux, six, douze et vingt-quatre heures après le début de l'expérience. Par la suite, la mortalité est évaluée toutes les 24 h. La proportion des adultes morts (effectif de morts/effectif utilisé x 100) est calculé pour chaque concentration de la solution testée.

Les solutions d'huile essentielle obtenues sont testées à la fois par contact et par fumigation. Pour favoriser leur diffusion dans le milieu de traitement, la charge d'huile (volume/volume) est déposée sur une rondelle de papier filtre Whatman placé au fond d'un bocal en verre de 1 litre. Chaque bocal reçoit, selon le cas, douze adultes de *C. serratus* âgés de moins de 24 heures. Le tout est fermé hermétiquement. Chaque traitement est répété trois fois ; un témoin blanc et un témoin solvant sont mis en place (Kim et Ahn, 2001). Au total, les tests adulticides avec les huiles essentielles ont porté sur 216 individus de *C. serratus*. Pour la mortalité, le nombre d'insectes morts est compté 3 h, 6 h, 12 h, 24 h, 2 jours, 3 jours, 4 jours, 5 jours, 6 jours et 7

jours après le début de l'expérience. Le seul paramètre étudié ici est le taux de mortalité des adultes (Thiaw, 2008). Ces mortalités ont été corrigées selon la formule d'Abott (1925). Cette correction permet d'exclure la mortalité naturelle observée dans nos conditions expérimentales. Elle se calcule selon la formule suivante.

$$\% \text{ d'efficacité} = (\text{Mortalité observée} - \text{mortalité témoin}) / (100 - \text{mortalité témoin})$$

Réactions de caractérisation des constituants phytochimiques

A la suite des essais biologiques, les extraits de *S. occidentalis* ayant montré une forte toxicité à l'égard de l'insecte *C. serratus* aux stades œuf et/ou adulte sont caractérisés en vue d'identifier les principales familles chimiques de produits naturels bioactifs. L'analyse phytochimique est faite grâce à des réactions de caractérisation ; soit de précipitation pour les alcaloïdes, soit de coloration pour les flavonoïdes, les tannins, les dérivés anthracéniques, les stérols et les terpènes. La teneur des saponines pour ces drogues a été faite par mesure de l'indice de mousse (Im) sur le décocté aqueux à 1%.

Analyse statistique

Les données collectées sont saisies à l'aide d'une maquette avec le tableur EXCEL puis présentées sous forme de tableaux ou de graphiques. Les analyses statistiques sont effectuées avec les logiciels XLSAT version 6.1.9 et Statview. Les données brutes soumises à l'analyse de la variance (ANOVA), les moyennes (\pm écartype) sont comparées grâce aux tests de comparaisons multiples de Newman-Keuls, Fisher, Tukey et Bonferroni. Les valeurs de P inférieures à 0.05 sont considérées comme significatives.

RESULTATS

Tests biologiques

Effet ovicide des extraits de *S. occidentalis*

La Figure 1 montre que les cinq extraits tests de *S. occidentalis*, à savoir l'extrait à l'éther de pétrole, l'extrait au méthanol, la fraction hexane, la fraction

acétate d'éthyle et la fraction méthanol réduisent tous significativement l'éclosion des œufs de *C. serratus* par rapport aux témoins ($13,54 \pm 1,47\%$ en moyenne).

Cette action ovicide sur *C. serratus* est une fonction croissante de la concentration et varie d'un extrait à l'autre. En effet, à la forte concentration C₁ (0,1 g/ml), l'extrait à l'éther de pétrole et la fraction hexane provoquent une mortalité de 79,17% des œufs de *C. serratus*. Pour cette même concentration, l'extrait au méthanol, la fraction acétate d'éthyle et la fraction méthanolique induisent respectivement des mortalités embryonnaires de l'ordre de 60,42%, 62,50% et $32,63 \pm 6,36\%$.

Pour les faibles concentrations C₂ (0,01 g/ml) et C₃ (0,001 g/ml) de chaque extrait de *S. occidentalis*, les taux de mortalité embryonnaire induits ne montrent aucune différence significative sur le plan statistique. En effet, l'extrait à l'éther de pétrole tue en moyenne $69,80 \pm 4,42\%$ des œufs, tandis qu'aux mêmes doses les fractions acétate d'éthyle et méthanol ne provoquent respectivement que $44,79 \pm 1,47$ et $29,17 \pm 2,95\%$ de mortalités des œufs de *C. serratus*. Les mêmes effets ovicides ont été notés en C₂ et C₃ aussi bien pour l'extrait au méthanol (52,08%) que pour la fraction hexane (52%).

Lorsqu'on compare les concentrations (Figure 2), l'effet ovicide des extraits (éther et méthanol) ou celui des fractions (hexane, acétate et méthanol), des corrélations s'observent entre la mortalité induite et la polarité de l'extrait appliqué. En C₁ par exemple, les extraits les plus apolaires (extrait étheré et fraction hexanique) présentent un effet ovicide plus important que celui des extraits les plus polaires (acétate d'éthyle et méthanol). Cette différence entre effet ovicide et polarité de l'extrait est plus nette aux fortes doses.

En ce qui concerne les œufs rescapés, la Figure 3 montre que la fraction méthanolique est le seul produit biocide qui provoque une mortalité des larves de *C. serratus* à toutes les doses appliquées.

Contrairement à son effet ovicide moindre, la fraction méthanolique induit le plus de mortalité des larves avec 17,24% en C₁, 15,15% en C₂ et 5,71% en C₃. Ceci révèle la persistance de son activité biologique durant le traitement entraînant ainsi une perturbation ou un arrêt de développement de l'insecte au stade larvaire. De plus, l'action larvicide notée avec ces extraits biocides varie aussi en fonction de la polarité du produit test. En effet, l'extrait au méthanol provoque 13,96 ± 4,85% de mortalité des larves de *C. serratus* tandis les fractions hexane et acétate d'éthyle ne provoquent que respectivement 4,17 et 5,63 ± 2,52% des larves.

L'analyse comparative de ces résultats montre alors qu'il existe une corrélation positive entre polarité de l'extrait testé et stade de développement de l'insecte tué. Les extraits apolaires ont montré une bioactivité plus marquée sur les œufs que sur les larves tandis que les extraits polaires révèlent une activité larvicide plus importante.

Suivi des œufs « rescapés »

Par rapport aux témoins, l'examen des résultats du Tableau 1 indique d'une manière générale que toutes les concentrations des produits biocides de *S. occidentalis* induisent des effets remarquables sur les durées moyennes de développement des différentes phases des œufs « rescapés » de l'insecte *C. serratus* et ceci quel que soit le type d'extrait utilisé. De plus, l'activité biologique induite par chaque extrait sur les paramètres étudiés, n'a pas varié suivant la dose utilisée dans les conditions de nos travaux. Ceci nous a permis de pooler les données obtenues à la suite des essais biologiques afin d'établir le Tableau 1 qui nous permet de comparer l'effet solvant.

L'analyse des résultats (Tableau 1) montre que la bioactivité des extraits de *S. occidentalis* sur l'insecte *C. serratus* s'exprime aussi par un allongement ou une diminution de la durée de développement des œufs rescapés par rapport au groupe de contrôle.

Pour ce qui est de la durée ponte/éclosion, les rescapés des œufs traités

avec la fraction acétate d'éthyle ont enregistré la plus petite durée de développement embryonnaire (6 jours). Ils sont suivis par ceux traités avec la fraction hexane (8 jours) et l'extrait étheré (8,02 ± 0,04 jours). Cette phase devient plus longue chez les œufs traités avec l'extrait méthanol (10,61 ± 0,2 jours) et la fraction méthanolique (11 jours). Par conséquent, il existe donc une corrélation positive entre l'effet induit et la polarité du solvant utilisé pour extraire les substances biocides. En effet les extraits polaires allongeraient la phase embryonnaire tandis que les extraits apolaires la raccourcissent.

En ce qui concerne la durée éclosion/tissage du cocon, les larves L₁ issues des œufs traités avec l'extrait à l'éther de pétrole sont les premières à tisser leur cocon avec une durée moyenne de développement larvaire de 30,41 ± 1,74 jours. Celles qui sont issues des œufs traités avec les fractions hexane et acétate d'éthyle ont été les dernières à tisser leur cocon avec des durées larvaires respectives de l'ordre de 56,16 ± 4,65 et 55,73 ± 5,81 jours. Les extraits polaires donnent des durées intermédiaires. Ce sont ces mêmes extraits polaires qui induisent cette fois des stades de développement nymphal les plus courts avec 21,58 ± 0,64 jours pour l'extrait au méthanol et 22,15 ± 1,04 pour la fraction méthanolique. La fraction acétate d'éthyle provoque au niveau des œufs rescapés la nymphose la plus longue qui est de l'ordre de 32,68 ± 1,66 jours en moyenne pour les trois concentrations.

De la ponte à la mort de l'adulte « rescapé », les disparités entre effet solvant s'amortissent par rapport aux paramètres précédents. L'extrait à l'éther de pétrole enregistre la plus courte durée de vie avec 119,6 ± 7,7 jours en moyenne au niveau des trois concentrations, suivi par l'extrait et la fraction méthanolique. Par contre, la fraction hexane induit les durées moyennes de la ponte à la mort de l'adulte « rescapé » les plus élevées (134 ± 4,19 jours), suivi par la fraction acétate d'éthyle. Entre ces deux extrêmes, on peut noter une absence de différences entre, d'une part, l'extrait au méthanol et ses

fractions acétate d'éthyle et méthanol, et d'autre part, les fractions acétate d'éthyle, hexane et méthanol (Tableau 1).

Activité reproductrice des adultes « rescapés »

L'étude portant sur l'activité reproductrice des adultes rescapés nous a amené à déterminer le sex-ratio des individus de première génération, la fécondité ainsi que la fertilité des femelles.

• *Le sex-ratio des individus rescapés* : Les résultats (Figure 4) montrent que les proportions d'individus mâles et femelles ayant émergé après traitement, ne sont pas fonction croissante de la concentration, mais évoluent selon la nature de l'extrait appliqué.

Par rapport au témoin qui révèle un sex-ratio de 0,03, *S. occidentalis* induit un rapport des sexes plus voisin de 1, mais le plus souvent en faveur des mâles. Ce sex-ratio varie entre 0,09 et 0,26 mâle pour 1 femelle (Figure 4).

L'extrait à l'éther de pétrole ($0,26 \pm 0,11$) et la fraction acétate d'éthyle ($0,22 \pm 0,06$) induisent les rapports de sexes les plus élevés, tandis que la fraction méthanolique provoque un sex-ratio plus faible de $0,09 \pm 0,01$. L'extrait éthéré et la fraction acétate d'éthyle montrent donc un effet qui tend à accroître la probabilité d'obtenir plus d'individus mâles que de femelles sur la totalité des descendants rescapés. Par conséquent, ils présentent une activité biocide qui inhiberait les possibilités d'avoir dès l'émergence un nombre important de femelles. Cela engendre nécessairement à la fois des possibilités de compétition entre les mâles pour la recherche de partenaire sexuel, mais aussi une réduction du nombre d'œufs pondus vu la baisse du nombre de femelles émergentes.

L'extrait au méthanol ($0,17 \pm 0,06$) ainsi que sa fraction hexanique ($0,16 \pm 0,08$) provoquent des rapports de sexes statistiquement homogènes (Figure 4).

• *La fécondité des femelles « rescapées »* : Les résultats sur la fécondité

des femelles rescapées (Tableau 2) révèlent d'une manière générale que tous les extraits induisent de manière significative une réduction de la ponte des femelles rescapées comparé au témoin. Ce taux de réduction de la fécondité est plus important avec la fraction acétate (67,20%).

La ponte moyenne produite par la fraction hexane est de $54,33 \pm 2,08$ œufs, soit un taux de réduction de l'ordre de 42,66%. Les durées d'oviposition observées sont de 3 jours en C_1 et C_2 et 5 jours en C_3 . La ponte journalière maximale se situe entre le 1^{er} et le 2^{ème} jour. L'extrait à l'éther de pétrole donne une ponte moyenne d'œufs de $63,17 \pm 1,26$ œufs, soit un taux de réduction de 33,33%. En ce qui concerne la fraction méthanolique, la fécondité moyenne est de $66,89 \pm 9,37$ œufs, soit un taux de réduction de la ponte de 29,4% suivi d'un arrêt total de ponte après 72 h de traitement.

Cette réduction de la ponte n'est pas fonction croissante de la concentration mais varie d'un extrait à l'autre. Cependant, l'extrait au méthanol révèle un effet dose plus déterminant car il se forme sur le plan statistique trois groupes significativement différents (Figure 5). Cela se traduit par un écart type trop grand (22,03) sur la fécondité moyenne (Tableau 2).

Les femelles rescapées issues des œufs traités avec la faible concentration C_3 émettent en moyenne $110 \pm 5,66$ œufs pour une durée d'oviposition d'environ 7 jours alors que les fortes concentrations C_1 et C_2 provoquent respectivement des moyennes de ponte de $70,67 \pm 25,15$ œufs pour une durée d'oviposition d'environ 6 jours et $26 \pm 2,83$ œufs pour une durée d'oviposition d'environ 5 jours. En C_1 et C_2 , la ponte journalière maximale est observée entre le 1^{er} et le 2^{ème} jour tandis qu'en C_3 , elle se situe entre le 2^{ème} et le 3^{ème} jour après accouplement. La même tendance est observée au niveau de la fraction acétate d'éthyle ; il se forme deux groupes statistiquement homogènes (Figure 5). Les doses C_1 et C_2 provoquent des fécondités moyennes qui ne sont pas significativement

différentes ($p > 0,05$) avec respectivement $23,75 \pm 4,11$ et $26,25 \pm 6,40$ œufs, pour la même durée d'oviposition (6 jours). Ce groupe statistiquement homogène se différencie de celui de C_3 qui induit une fécondité moyenne de l'ordre de $43,25 \pm 38,93$ œufs pour une durée d'oviposition de 5 jours. Pour C_2 et C_3 , la ponte journalière maximale est observée entre le 3^{ème} et le 4^{ème} jour tandis qu'en C_1 , elle se situe entre le 1^{er} et le 2^{ème} jour.

Effet adulticide des substances biocides de *Senna occidentalis*

• *Extraits et fractions* : La Figure 6 montre que *S. occidentalis* affecte significativement la viabilité des adultes de *C. serratus* par rapport aux témoins.

Cette activité adulticide de *S. occidentalis* est une fonction croissante de la polarité de l'extrait appliqué et varie d'une concentration à une autre suivant la durée d'exposition (Figure 7).

En effet, l'extrait à l'éther de pétrole et la fraction hexane tuent respectivement en moyenne $30,41 \pm 1,74\%$ et $27,9 \pm 0,34\%$ des adultes de *C. serratus* quelle que soit la dose appliquée. Par contre, l'extrait au méthanol et la fraction méthanolique ont révélé une action adulticide significativement plus élevée par rapport aux extraits apolaires et provoquent respectivement des taux de mortalité moyenne de l'ordre de $74,10 \pm 2,82\%$ et $86,14 \pm 4,21\%$. La fraction acétate d'éthyle de polarité intermédiaire induit une mortalité moyenne de l'ordre de $55,11 \pm 2,86\%$ pour les trois doses. Ces résultats montrent que l'efficacité adulticide de *S. occidentalis* sur *C. serratus* ne dépend pas de la dose d'application mais de la polarité du produit testé. Cependant, l'analyse des données brutes en fonction de la durée d'exposition (12 h, 24 h, 48 h, 72 h, 96 h, 120 h, 6 jours), indique un effet concentration plus déterminant (Figure 7).

A l'exception de l'extrait à l'éther de pétrole (Figure 7a), tous les produits biocides de *S. occidentalis* induisent en C_1 des mortalités de *C. serratus* après 12 heures après traitement. En ce qui concerne les concentrations C_2 et C_3 , les mortalités les plus élevées s'observent à partir du 7^{ème} jour pour l'extrait étheré et la fraction méthanolique (Figure 7e) alors que pour l'extrait au méthanol, elles se situent entre le 4^{ème} et le 10^{ème} jour de test (Figure 7b). La fraction hexanique quant à elle ne provoque aucune mortalité des adultes en deçà de 5 jours de traitement pour ces mêmes concentrations (Figure 7c).

La Figure 8 permet de comparer pour une même concentration les effets adulticides entre divers produits biocide testés.

L'analyse comparative de l'effet adulticide entre extraits de *S. occidentalis* permet de distinguer pour chaque dose deux groupes statistiquement différents. Les mortalités induites par l'extrait au méthanol, les fractions acétate d'éthyle et méthanolique sont significativement plus élevées que les autres, quelle que soit la dose utilisée. L'extrait à l'éther de pétrole et la fraction hexanique provoquent des effets adulticides statistiquement homogènes. Ceci conforte l'hypothèse émise précédemment quant à la preuve de l'existence d'une corrélation positive entre l'efficacité biocide et la polarité du produit appliqué (Figure 6).

• *Huile essentielle* : Les Figures 9 et 10 montrent de manière générale que l'efficacité biocide de l'huile essentielle de *S. occidentalis*, testée à la fois par fumigation et par contact, affectent significativement la viabilité des adultes de *C. serratus* par rapport aux témoins.

L'effet adulticide s'est traduit par une importante agitation suivie inéluctablement de la mort des adultes. Les niveaux de mortalités observées ont varié d'une concentration à une autre suivant la durée d'exposition.

La Figure 9 permet de distinguer trois groupes statistiquement différents. Les fortes concentrations 2,5 et 3 ml/l constituent le premier groupe homogène dont les premières mortalités ont été observées juste après trois heures de test (Figure 10). Elles induisent des taux de mortalité d'adultes significativement plus élevés que celles des autres concentrations. Ces mortalités sont de l'ordre de 80,56% pour 2,5 ml/l et 91,67% pour 3 ml/l. Ce premier groupe homogène est suivi de celui de la dose intermédiaire (2 ml/l) qui provoque un taux de mortalité d'adultes (69,44%) qui se situe entre 12 heures et 6 jours après traitement.

Le troisième et dernier groupe homogène composé par les concentrations faibles provoque des taux de mortalités statistiquement homogènes de l'ordre de 30,56 % pour 1 ml/l et 44,44% pour 1,5 ml/l. Ces mortalités commencent 24 heures après le début du traitement et se poursuivent jusqu'au 5^{ème} jour. Une mortalité de 11,5% a été obtenue sur les adultes non traités qu'après 6 jours de test (Figures 9 et 10).

Par conséquent, lorsque la durée d'exposition est courte, les fortes concentrations révèlent une action adulticide

plus marquée que celle produite par les faibles concentrations alors qu'un effet inverse est noté si la durée d'exposition est assez longue.

Phytochimie des extraits bruts et des fractions d'extraits

Les résultats de réactions de caractérisation ont montré la présence d'un grand nombre de composés phytochimiques révélés sous forme de coloration ou de précipitation *via* des réactifs spécifiques. Parmi ces groupes de composés nous pouvons citer les alcaloïdes, les flavonoïdes, les tanins, les dérivés anthracéniques, les stérols et les terpènes ainsi que les saponines. Les alcaloïdes, les flavonoïdes, les dérivés anthracéniques, les stérols et les terpènes représentent les groupes de composés chimiques les plus abondants (+ + +). Les tanins sont moyennement représentatifs (+). La caractérisation des saponosides révèlent au niveau de chaque tube à essai une hauteur de la mousse supérieure à 1 cm. L'indice de la mousse qui a été calculé est de l'ordre de 333,33.

Tableau 1 : Comparaison entre effets induits par les extraits bruts et les fractions d'extrait de *Senna occidentalis* sur la durée moyenne (\pm écart type) des différentes phases de développement des œufs traités de l'insecte ravageur *Caryedon serratus*.

Durée moyenne (J)	Ponte/ Éclosion	Éclosion/ tissage	Tissage/ émergence	Durée de vie
Extrait éther de pétrole	8,02 ^b \pm 0,04	30,41 ^c \pm 1,74	25,37 ^c \pm 3,16	119,63 ^c \pm 7,7
Extrait au méthanol	10,61 ^a \pm 0,2	43,45 ^b \pm 1,92	21,58 ^d \pm 0,64	126,3 ^{cb} \pm 5,29
Fraction hexane	8 ^b \pm 0,00	56,16 ^a \pm 4,65	30,74 ^b \pm 0,12	134,56 ^a \pm 4,19
Acétate d'éthyle	6 ^c \pm 0,00	55,73 ^a \pm 5,81	32,68 ^a \pm 1,66	130,68 ^{ab} \pm 5,38
Fraction méthanol	11 ^a \pm 0,00	47,90 ^b \pm 0,34	22,15 ^d \pm 1,04	129,21 ^{ab} \pm 1,99
Témoin	6,1 ^c \pm 0,3	34,27 ^c \pm 5	19,1 ^d \pm 8,67	119,5 ^c \pm 18,79

Les durées sont exprimées en jours ; les valeurs sont des moyennes suivies de l'écart type. Sur une ligne horizontale les moyennes suivies d'une ou des même (s) lettres ne diffèrent pas significativement entre elles ($p > 0,05$).

Tableau 2 : Analyse comparative des effets induits par les extraits bruts et fractions d'extraits de *Senna occidentalis* sur la fécondité moyenne des femelles issues des œufs « rescapés » de l'insecte ravageur *Caryedon serratus*.

Produits biocides de <i>Senna occidentalis</i>	Fécondité moyenne
Extrait éther de pétrole	63,17 ^b ± 1,26
Extrait au méthanol	68,89 ^b ± 22,03
Fraction hexane	54,33 ^b ± 2,08
Acétate d'éthyle	31,08 ^a ± 10,61
Fraction méthanol	66,89 ^b ± 9,37
Témoin	94,75 ^c ± 7,97

Les durées sont exprimées en jours ; les valeurs sont des moyennes suivies de l'écart type. Les moyennes suivies d'une ou des même (s) lettres ne diffèrent pas significativement entre elles ($p > 0,05$).

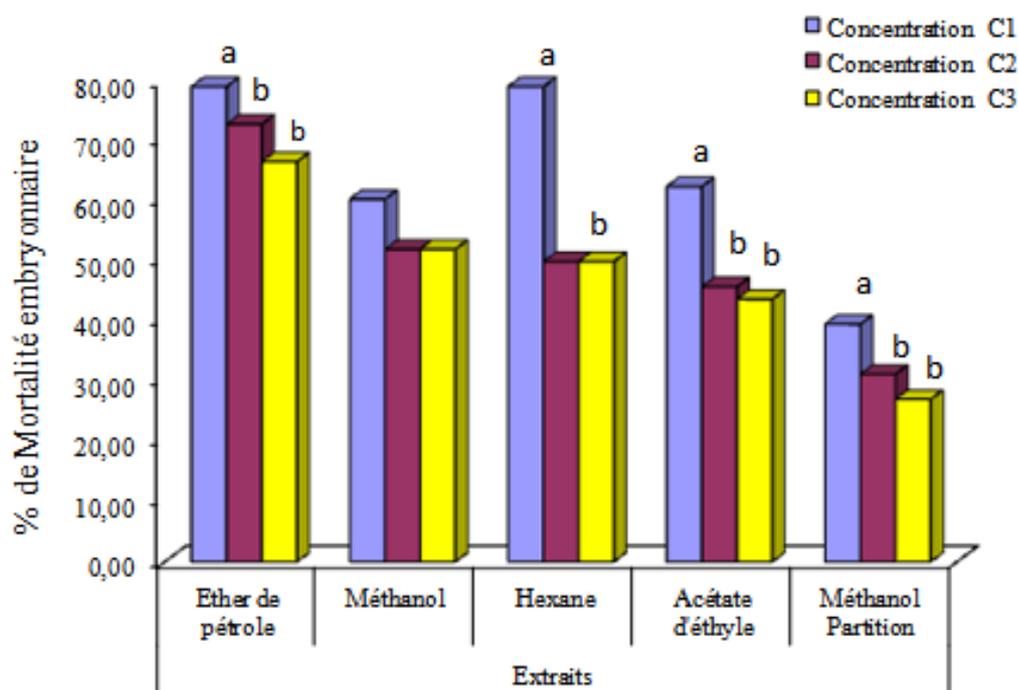


Figure 1 : Mortalité des œufs traités avec les produits biocides de *Senna occidentalis* à différentes concentrations. Légende : pour chaque extrait les concentrations ayant les mêmes lettres sur les histogrammes ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité 5% ($p > 0,05$).

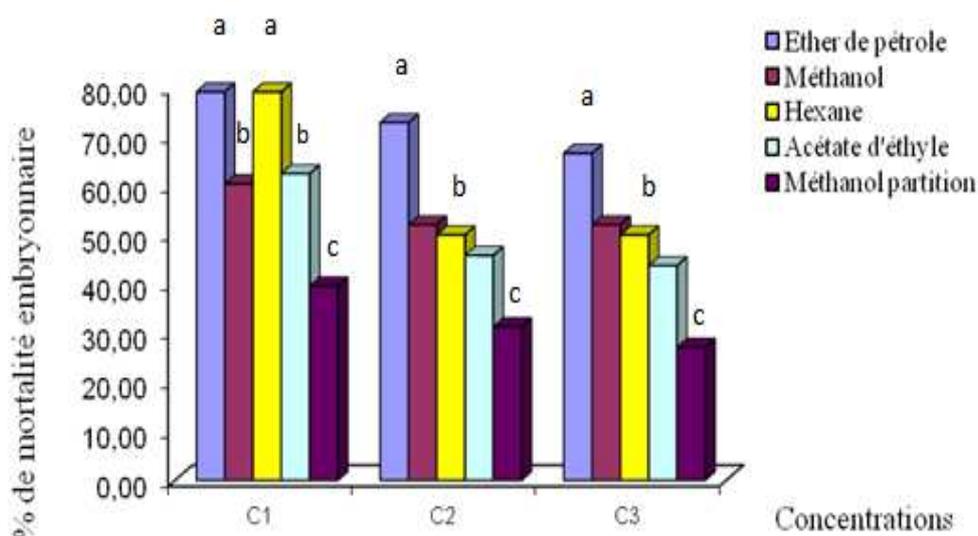


Figure 2 : Mortalité comparée entre divers produits biocides de *Senna occidentalis* pour une même concentration. Les concentrations ayant les mêmes lettres sur les histogrammes ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité 5% ($p > 0,05$).

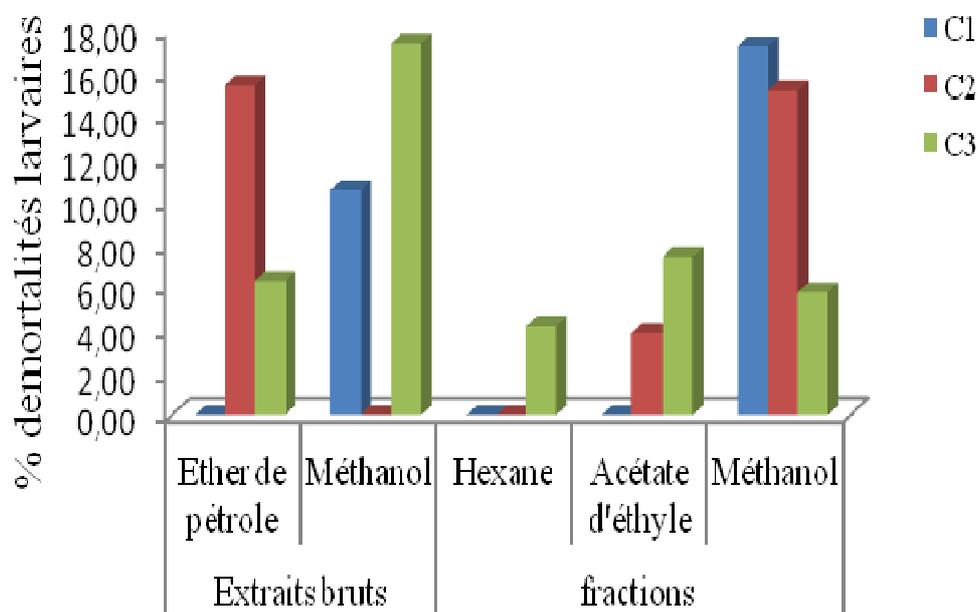


Figure 3 : Mortalités larvaires induites par les extraits et fractions de *Senna occidentalis* à différentes concentrations.

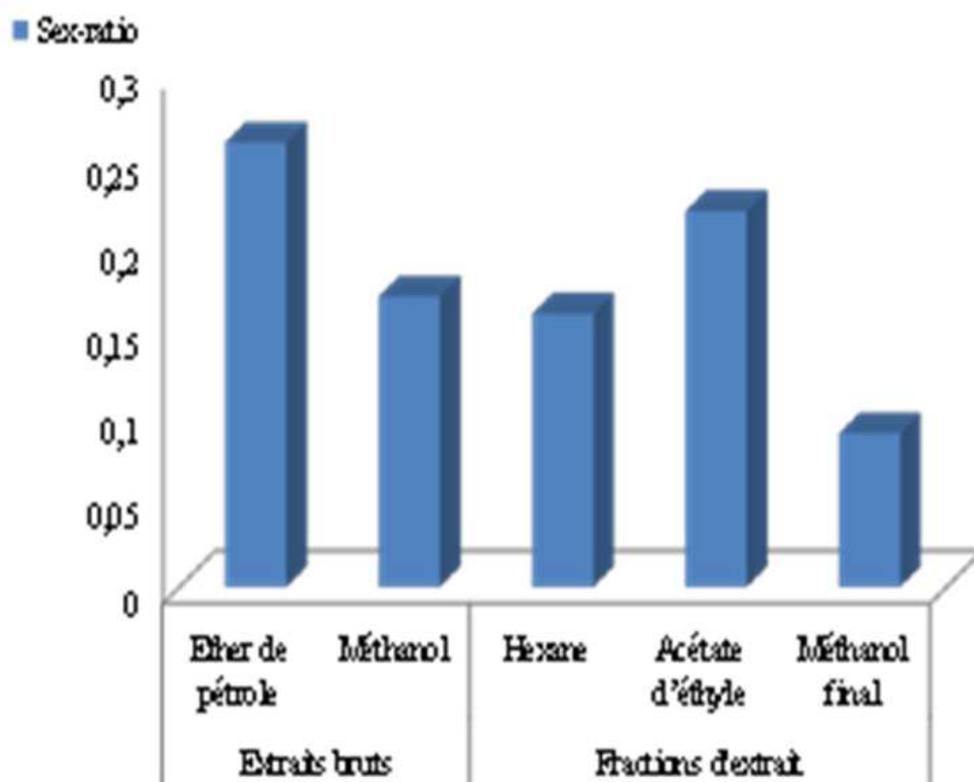


Figure 4 : Mortalités larvaires induites par les extraits et fractions de *Senna occidentalis* à différentes concentrations.

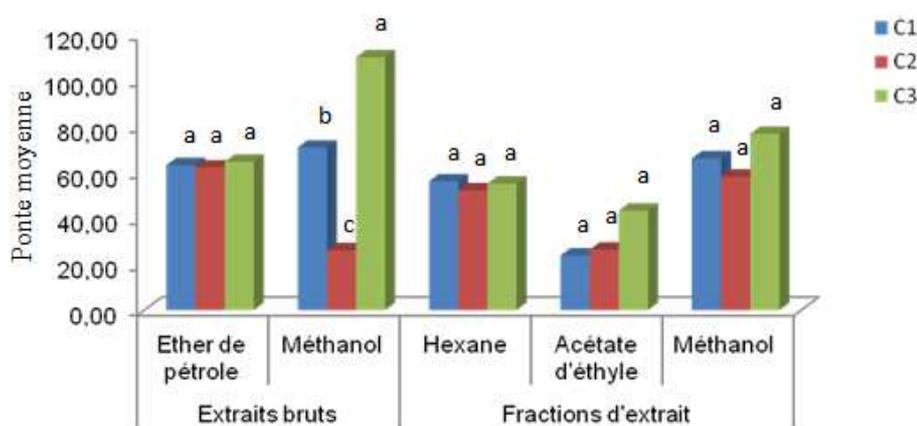


Figure 5 : Effet des extraits et fractions de *Senna occidentalis* sur la fécondité moyenne des femelles rescapées issues des œufs traités aux différentes concentrations. Les concentrations ayant les mêmes lettres sur les histogrammes ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité 5% ($p > 0,05$).

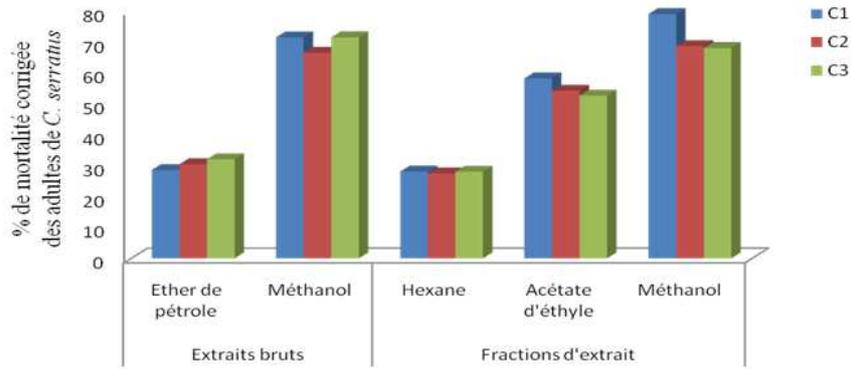


Figure 6 : Mortalités des adultes de *Caryedon serratus* traités avec des produits biocides de *Senna occidentalis* à différentes concentrations.

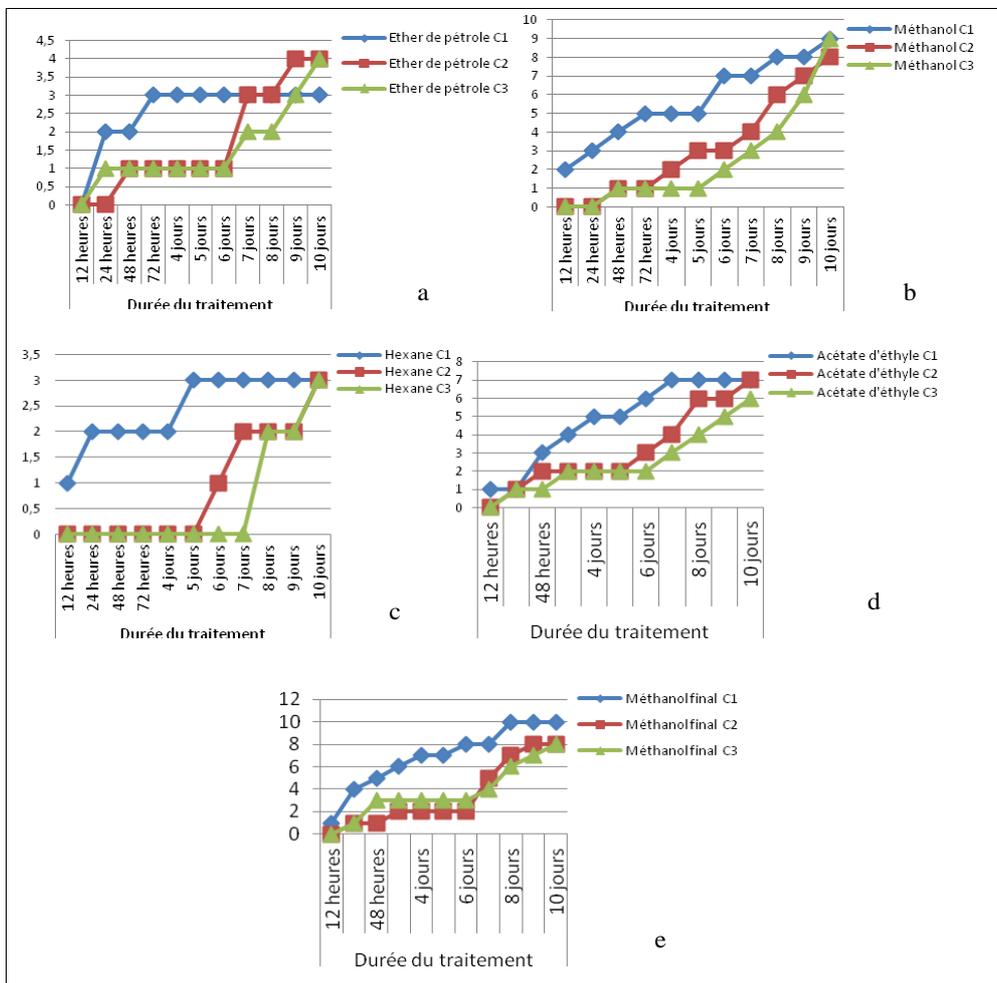


Figure 7 : Cinétique de mortalité des adultes de *Caryedon serratus* traités avec les extraits de *Senna occidentalis* à différentes concentrations (a. Extrait à l'ether de pétrole ; b. Extrait au méthanol ; c. fraction Hexane ; d. Fraction acétate d'éthyle ; e. Fraction méthanolique).

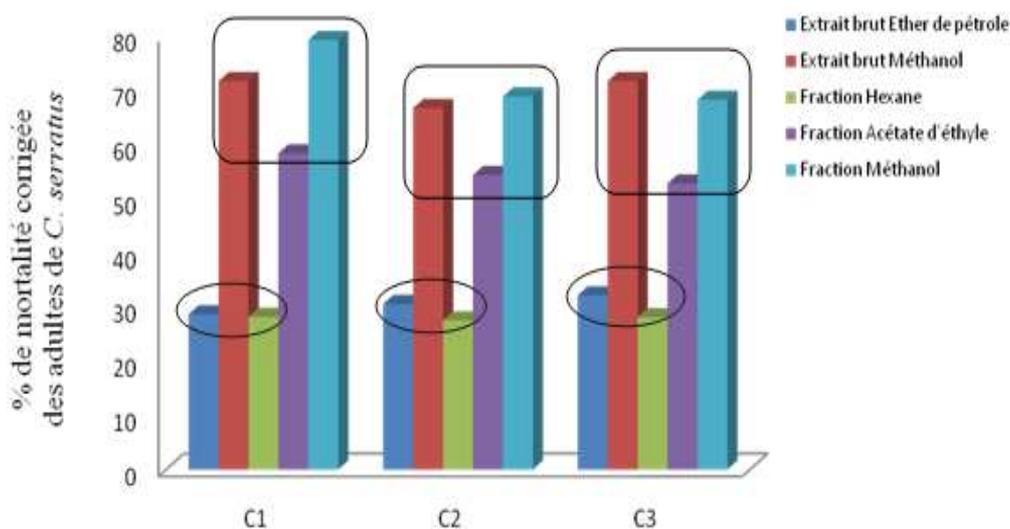


Figure 8 : Mortalité comparée des adultes de *Caryedon serratus* traités avec divers extraits de *Senna occidentalis* selon la concentration appliquée.

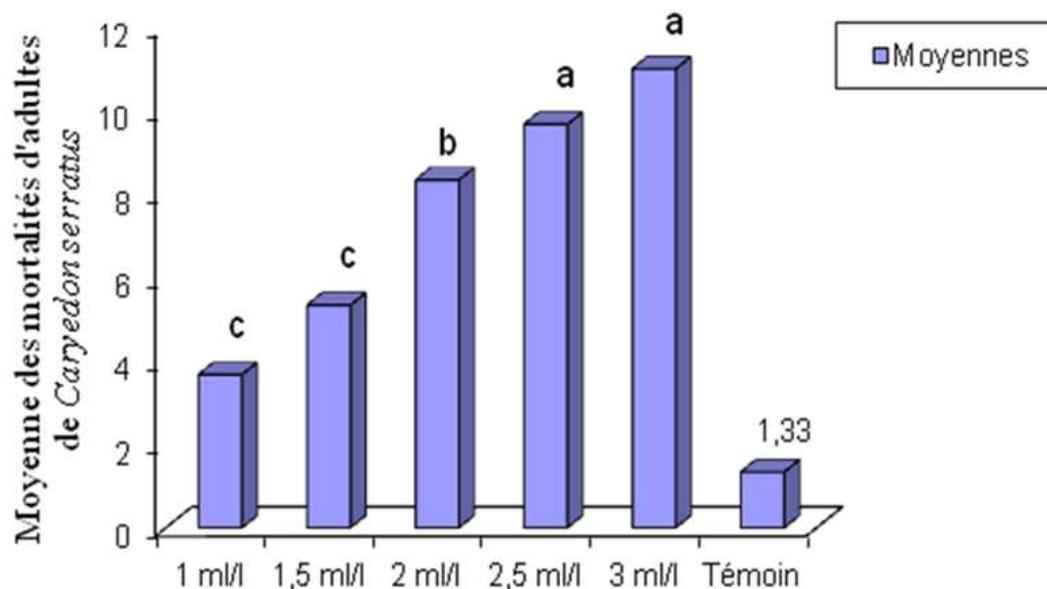


Figure 9 : Comparaison des moyennes de mortalités induites par l'huile essentielle de *Senna occidentalis* à différentes doses.

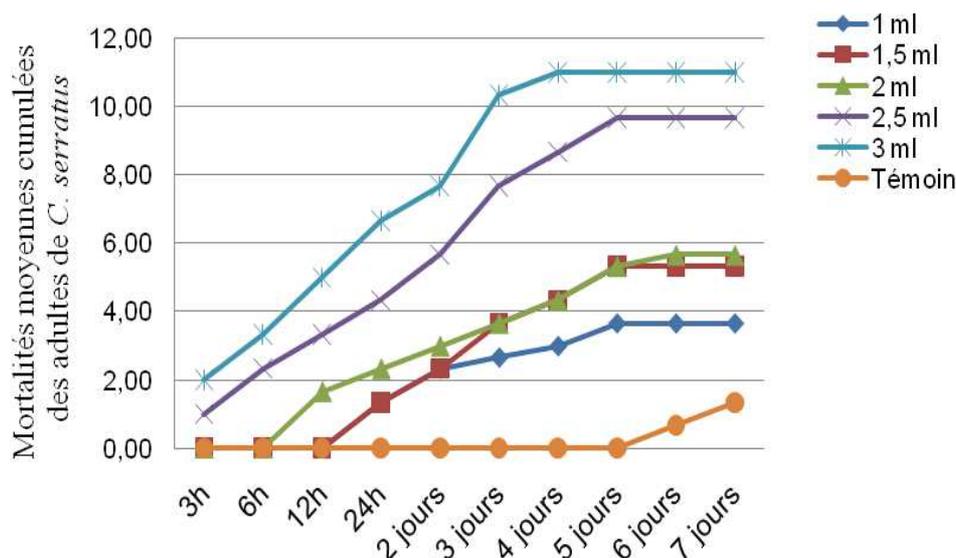


Figure 10 : Cinétique de mortalité cumulée des adultes de *Caryedon serratus* traités avec l'huile essentielle de *Senna occidentalis* à différentes doses (volume/volume).

DISCUSSION

Les résultats de l'étude montrent que les extraits de *Senna occidentalis* affectent significativement la viabilité des œufs et des adultes de *C. serratus*. En effet, les taux de mortalité obtenus ont varié d'un extrait à un autre selon le stade traité.

Par conséquent, on peut supposer que cette efficacité ovicide et/ou adulticide seraient essentiellement due à l'action biologique des alcaloïdes, terpénoïdes, saponines ou flavonoïdes présents dans nos différents extraits tests. Ces composés chimiques pourraient sans doute agir sur l'embryon ou sur la cuticule de l'adulte en provoquant son asphyxie. Ce résultat a été confirmé par beaucoup d'auteurs (Ketoh et al., 2000 ; Choi et al., 2003 ; Bouchelta et al., 2005 ; Thiaw et Sembène, 2010).

Bouchelta et al. (2003) ont montré que les alcaloïdes, les saponines et les flavonoïdes étaient responsables de l'effet négatif des extraits éthéré, éthanolique et aqueux de fruits de *Capsicum frutescens* sur la survie des adultes de *Bemisia tabaci*. Cela a été également observé chez les adultes de *Trialeurodes vaporariorum* (Choi et al., 2003). Vis-à-vis des adultes de *C. serratus*, il n'est pas non plus impossible que les insectes traités avec les produits biocides soient morts par inanition consécutive à des effets répulsifs

ou antiappétent comme dans le cas d'autres invertébrés (Tang et al., 2000).

Kellouche et Soltani (2004) rapportent que *Syzygium aromaticum* et *Ficus carica* ont une action ovicide, soit en diminuant l'adhésivité des œufs sur le tégument des graines, ou bien en agissant sur l'embryon après pénétration à travers le chorion. Ils signalent également que les substances présentes dans les poudres de ces deux plantes pourraient être responsables de l'effet ovicide. Il a fallu attendre les résultats des travaux de Bouchelta et al. (2005) pour comprendre que l'efficacité ovicide et/ou adulticide des extraits de fruits de *C. frutescens* sur *B. tabaci* était essentiellement due à l'action biologique de trois composés chimiques, à savoir les alcaloïdes, les saponines ou les flavonoïdes. Ces mêmes auteurs ont montré que ces trois composés testés réduisent significativement l'éclosion des œufs par rapport au témoin. Les alcaloïdes inhibent l'éclosion des œufs traités de 36% avec 5 g/l à 58% avec 20 g/l. Selon la concentration considérée, les saponines et les flavonoïdes provoquent respectivement en moyenne la mortalité corrigée de 16 à 30% et de 12 à 13% des embryons traités.

La présente étude montre également qu'il existe une corrélation positive entre mortalité induite et dose appliquée. Les fortes concentrations présentent l'effet insecticide le

plus net qui varie selon la durée d'exposition. Ces résultats confirment ceux de Ketoh et al. (2000) qui concluent que le choix de la dose appliquée influe sur la majorité des composés responsables de l'action insecticide. De tels résultats ont été aussi obtenus par Bouchelta et al. (2003), Borges et al. (2003), Thiaw (2004), Thiaw et al. (2007) et Faye et al. (2012, 2014).

Par ailleurs, il semble exister une forte corrélation entre le stade de développement tué et la polarité du produit biocide testé. Les extraits apolaires sont plus efficaces sur les œufs de *C. serratus* alors que les adultes sont plus sensibles aux extraits polaires. De tels résultats ont été obtenus par Borges et al. (2003), Kiendrebeogo et al. (2006), Thiaw (2008), Thiaw et Sembène (2010), Guèye et al. (2009 ; 2012). D'après Bassène (2001), qui affirme qu'un solvant polaire dissout mieux un soluté polaire qu'un solvant apolaire. On pourrait penser que cette différence d'activité biologique liée à la polarité de nos divers produits biocides ne pourrait être due qu'à un écart quantitatif et/ou qualitatif des composés actifs qui s'y présentent.

Le suivi des œufs rescapés à travers leurs différentes phases de développement a révélé que la bioactivité des extraits de *S. occidentalis* s'exprime aussi par un allongement ou un raccourcissement de la durée de développement des différents stades de l'insecte *C. serratus*. Cette variation semble dépendre de la nature du solvant utilisé lors de l'extraction. En effet, les extraits méthanoliques (brut et fraction) allongeraient la phase embryonnaire (environ 11 jours), tandis que la fraction acétate d'éthyle la raccourcit (6 jours). La durée de développement larvaire, plus déterminante chez *C. serratus*, augmente avec les fractions acétate d'éthyle ($57,34 \pm 6,29$) et hexane ($54,88 \pm 1,36$) et diminue avec l'extrait à l'éther de pétrole. Les extraits polaires méthanoliques raccourcissent la nymphose et allongent la durée de vie totale des œufs rescapés tandis que les extraits apolaires (éther et hexane) allongent la nymphose et raccourcissent la durée développement complet de l'œuf.

Ces résultats corroborent ceux des travaux de Kiendrebeogo et al. (2006) qui montrent que cette inhibition de la durée de développement serait due à l'action des triterpènes, saponines et stéroïdes qui peuvent

provoquer la lyse cellulaire en agissant sur la perméabilité de la cellule. Dans cette optique, Ketoh et al. (2005) ont montré l'inhibition du développement de *C. maculatus* par application combinée d'huile essentielle de *Cymbopogon schoenanthus* et de *Dinarmus basalis* (Insecte, Hymenoptera : Pteromalidae).

Par rapport à l'activité reproductrice des adultes rescapés, les résultats révèlent à la première génération, un déséquilibre du sex-ratio en faveur des mâles et une fécondité limitée. Ce déséquilibre du rapport des sexes se situant dans l'intervalle $0,09 \pm 0,01$ mâle et $0,26 \pm 0,11$ mâle pourrait constituer un atout dans la gestion des insectes ravageurs. Cette hypothèse a été également émise par les travaux de Thiaw et Sembène (2010). Ces auteurs rapportent qu'en traitant les œufs de *C. serratus* avec des extraits de *Calotropis procera*, les rescapés voient le sex-ratio de leur progéniture subir un déséquilibre.

La réduction significative du nombre de la fécondité des femelles rescapées n'est pas une fonction croissante de la concentration mais varie d'un extrait à un autre. Comparer aux lots témoins, les extraits biocides de *S. occidentalis* ont montré des taux de réduction de la ponte qui varie de 27,29% (extrait au méthanol) à 67,2% (fraction acétate d'éthyle). Nos résultats vont dans le même sens que ceux des travaux de nombreux auteurs. Borges et al. (2003) révèlent que les extraits apolaires (hexane et chloroforme) indiquent une efficacité plus élevée (variant de 14% à 100%) contre la production d'œufs par les femelles de *B. microplus* que l'extrait polaire éthanolique (variant de 0% à 46%).

De Souza et Vandramin (2000), par exemple, signale que l'extrait de neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) et celui de *Melia azadirach* L. contenant de l'azadirachtine affectent la fécondité et la mortalité de *Bemisia tabaci* infestant les plants de tomates, *Lycopersicon esculentum* Mill. var. Daniella. Selon Kellouche et Soltani (2004) sur les graines de pois chiche, les poudres des feuilles de quatre plantes (le figuier, l'olivier, le citronnier et l'eucalyptus) réduisent la fécondité des femelles de *C. maculatus*, alors que les huiles essentielles extraites du girofle inhibent complètement la ponte.

Les travaux de Seri-Kouassi et al. (2004) ont montré que les huiles essentielles de deux plantes aromatiques de Côte-d'Ivoire (*Melaleuca quinquenervia* L. et *Ocimum gratissimum* L.) provoquent une réduction significative du nombre d'œufs pondus par femelle de *C. maculatus* du niébé. Cette inhibition de la fécondité serait due à l'action des alcaloïdes, des flavonoïdes et des tanins, substances inhibitrices de la digestion ou de la reproduction des insectes comme le soulignent Abbassi et al. (2003), Kellouche et Soltani (2004), Seri-Kouassi et al. (2004) et Thiawet Sembène (2010).

L'étude phytochimique basée sur des réactions de caractérisation a révélé chez *S. occidentalis* la présence d'alcaloïdes, de flavonoïdes, de tanins, de dérivés anthracéniques, de terpènes, de stérols et de saponines. Ces résultats viennent conforter ceux d'autres auteurs qui signalent que *S. occidentalis* renfermerait dans ses différentes parties des alcaloïdes (Kim et al., 1971), des anthracènes et flavonoïdes (Anton, Duquenois, 1968) et des huiles volatiles (Gain et al., 1960). Les feuilles de *S. occidentalis* possèdent une activité anti-bactérienne contre le *Staphylococcus aureus* (Samy et Ignacimuthus, 1999). Les dérivés anthracéniques et les flavonoïdes contenus dans les feuilles seraient responsables de cette activité (Anton et Duquenois, 1968).

Par conséquent, la richesse de cette plante en métabolites secondaires (alcaloïdes, substances phénoliques, anthracènes, terpénoïdes et stéroïdes) expliquerait probablement leurs effets sur la mortalité des œufs et adultes de *C. serratus*, sur la durée du cycle de développement des œufs traités, sur la fécondité et la fertilité des femelles rescapées. Ces composés végétaux recherchés peuvent intervenir en effet directement ou indirectement ensemble ou successivement, dans plusieurs domaines du comportement et de la biologie de l'insecte qui sont dans la réalité intimement liés aux processus de survie. Il serait possible d'améliorer l'activité insecticide de nos produits biocides en tenant compte de plusieurs facteurs d'ordre génétiques, physiologiques, pédologiques, climatiques et analytiques qui peuvent influencer leurs profils phytochimiques.

Conclusion

Caryedon serratus, espèce reconnue comme la plus nuisible des stocks et semences d'arachide en Afrique de l'Ouest, continue d'être contrôlée essentiellement par les produits chimiques de synthèse. Pour préserver l'environnement ainsi que la santé humaine et animale, l'utilisation de substances biocides d'origine végétale à effet insecticide ou insectifuge biodégradable est l'une des solutions alternatives pour aider les paysans agriculteurs à augmenter leur production, assurer les récoltes, conserver les stocks et les semences jusqu'à leur transformation ou leur utilisation.

Les résultats de cette étude montrent que *S. occidentalis* induit de fortes mortalités de *C. serratus* au stade œuf et adulte. Cette bioactivité des extraits sur la physiologie et le comportement de l'insecte s'exprime aussi par un déséquilibre du sex-ratio, un allongement ou une diminution de la durée de développement, une fécondité réduite et une fertilité limitée. Il existe une corrélation positive entre mortalité embryonnaire induite et la concentration de l'extrait appliqué. Les effets ovicide et adulticide varient en fonction de la polarité de l'extrait utilisé. Les extraits apolaires montrent une grande activité ovicide tandis que les extraits polaires révèlent une forte activité adulticide. L'huile essentielle pourrait être utilisée comme fumigant mais il serait intéressant d'optimiser la quantité d'huile extraite en fonction de l'état phénologique de la plante.

A la lumière des tests de laboratoire, ces travaux pourraient donc être poursuivis en vue de déboucher sur une utilisation pratique de ces substances biocides pour la protection des stocks et semences d'arachide en milieu paysan africain. Avant de passer à la phase vulgarisation grandeur nature par la proposition d'un paquet de recommandations, il serait question d'effectuer en milieu réel une série d'essais pour mieux situer les doses optimales d'application et proposer des types de formulations adaptées à l'attention des utilisateurs. Sur le plan toxicologique, une analyse des résidus de tous les produits utilisés, ainsi qu'un suivi environnemental de leur impact éventuel pourraient être envisagés avant de préconiser leur emploi systématique en protection des stocks.

REFERENCES

- Abbassi K, Mergaoui L, Atay-Kadiri Z, Stambouli A, Ghaaout S. 2003. Activité biologique de Lapos ; extrait de graines de *Peganum harmala* sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskal 1775). *Journal of Orthopetra Resaerch*, **10**: 1043-1082.
- Anton R, Duquenois P. 1968. L'emploi des *Cassia* dans les pays tropicaux et subtropicaux, examens de quelques constituants chimiques de ces plantes médicinales. *Médecine et Phytothérapie*, **2**: 255-268.
- Basséne E. 2001. *Extraction et Analyse en Phytochimie*. Document Ronéo, UCAD : Dakar, Sénégal ; 4-13.
- Borges LMF, Ferri PH, Silva WJ, Silva WC, Silva JG. 2003. *In vitro* efficacy of extracts of *Melia azedarach* against the tick *Boophilus microplus*. *Medical and Veterinary Entomology*, **17**: 228-231.
- Bouchelta A, Blenzar A, Beavougui AJP, Lakhlifi T. 2003. Etude de l'activité insecticide des extraits de *Capsicum frutescens* L. (Solanaceae) sur *Bemisiatabaci* (Gennadius) (Homoptera : Aleyrodidae). *Rev. Med. Pharm. Afr.*, **17**: 19-28.
- Bouchelta A, Boughdad A, Blenzar A. 2005. Effets biocides des alcaloïdes, des saponines et des flavonoïdes extraits de *Capsicum frutescens* L. (Solanaceae) sur *Bemisiatabaci* (Gennadius) (Homoptera : Aleyrodidae). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **9**(4): 259-269.
- Choi WI, Lee EH, Choi BR, Park HM, Ahn YJ. 2003. Toxicity of plant essential oils to *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.*, **96**(5): 1479-1484.
- De Souza AP, Vandramin JD, 2000. Efeito de extratos aquosos de Meliaceas sobre *Bemisiatabaci* biotipo B emtomateiro. *Bragantia*, **59**(2), 173-179.
- Faye A, Thiaw C, Gueye-Ndiaye A, Sembène M. 2012. First investigation of different *Crateva religiosa* Forst formulations on the cowpea (*Vigna unguiculata* Walp.) seed-beetle, *Callosobruchus maculatus* Fabricius. *International Journal of Science and Advanced Technology*, **2**(8), 56-65.
- Faye A, Thiaw C, Sarr M, Sembène M. 2014. Effectiveness of different formulations leaves of *Senna occidentalis* on the external stages of *Callosobruchus maculatus* Fabricius main pest of cowpea (*Vigna unguiculata* Walp) stored. *International Journal of Biosciences*, **4**(9): 246-253.
- Gain BS, Budhiraja RD, Kaul RN, 1960. Antibiotic activity of *Cassia occidentalis* L. *Indian. J. Pharm.*, **28**: 248-250.
- Guèye MT. 2000. Ecophysiologie, structure et évolution des peuplements de *Caryedon serratus* Olivier, déprédateur de l'arachide entreposée en milieu sahélien. Thèse 3^{ème} cycle, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 154 p.
- Gueye S, Thiaw C, Gueye Ndiaye A, Gueye MT, Samb A, Sembène M, 2009. Ovicid and adulticid effects of the petroleum ether and methanolic extracts of dried leaves of *Azadirachta indica* JUSS. And *Lantana camara* L. on *Caryedon serratus* (Coleoptera, Bruchidae). *Journal des Sciences*, **9**(4): 12 – 19.
- Gueye S, Thiaw C, Sembène M. 2012. Insecticidal effect of kaolin powder flavoured with essential oils of *Lantana camara* L. (Verbenaceae) and *Annona senegalensis* Pers. (Annonaceae) versus *Caryedon serratus* Olivier (Coleoptera-Bruchidae) groundnut stock pest. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **6**(4): 1792-1797
- Kellouche A, Soltani N. 2004. Activite biologique des poudres de cinq plantes et de l'huile essentielle d'une d'entre elles sur *Callosobruchus maculatus* (F.) *International Journal of Tropical Insect Science*, **24**(1): 184-191.
- Ketoh GK, Koumaglo HK, Glitho IA. 2005. Inhibition of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae) development with essential oil extracted from *Cymbopogon schoenanthus* L. Spreng. (Poaceae), and the wasp *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hyménoptera: Pteromalidae). *Journal of Stored Products Research*, **41**: 363-371.
- Ketoh KG, Glitho IA, Koumaglo HK, Garneau FX. 2000. Evaluation of essential oils from isarimotic plants in Togo for *Callosobruchus maculatus* Fab.

- Pest control. Insect Sci. Applic.*, **20**(1): 45-49.
- Kiendrebeogo M, Ouedraogo AP, Nacoulma OG. 2006. Activités insecticides de *Striga hermonthica* (Del.) Benth (Scrophulariaceae) sur *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera : Bruchidae). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **10**(1): 17-23.
- Kim DH, Ahn YJ. 2001. Contact and fumigant activities of constituents of *Foeniculum vulgare* fruit against three coleopteran stored-product insects. *Pest Management Science*, **57**: 301-306.
- Ndong A, Diome T, Thiaw C, Ndiaye A, Kébé K, Douma A, Ketoh K, Sanon A, Sembène M. 2011. Several haplotypes of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) seed-beetle, *Caryedon serratus* Ol. (Coleoptera: Chrysomelidae, Bruchinae), in West Africa: Genetic identification using 28S sequences. *African Journal of Biotechnology*, **10**(55): 11409-11420.
- Sembène M, Thiaw C, Douma A, Sanon A, Kétoh GK, Delobel A. 2012. Préférence de ponte et niveaux d'adaptation de différentes souches de *Caryedon serratus* Ol. (Coleoptera : Bruchidae) à l'arachide (*Arachis hypogaea* L., Fabaceae). *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, **48**(1-2) : 106-111.
- Samy RP, Ignacimuthus S. 1999. Antibacterial activity of some folklore medicinal plants used by tribals in Western Ghats of India. *Journal of Ethnopharmacol.*, **66**: 355-361.
- Seri-Kouassi BP, Kanko C, Aboua LRN, Bekon KA, Glitho AI, Koukoua G, N'Guessan YT. 2004. Action des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de Côte-d'Ivoire sur *Callosobruchus maculatus* F. du niébé. *Comptes Rendus Chimie*, **7**: 1043-1046.
- Tang D, Wang C, Luo L, Qin J. 2000. Comparative study on the responses of maxillary sensillastylconica of cotton bollworm *Helicoverpa armigera* and oriental tobacco budworm *H. assulta* larvae to phytochemicals. *Science China*, **43**(6): 606-612.
- Thiaw C. 2004. Effets ovicide et adulticide des extraits de *Calotropis procera* AIT. et de *Senna occidentalis* L. sur *Caryedon serratus* (Ol.), ravageur des stocks d'arachide. Mémoire de DEA en biochimie, 78 Pages.
- Thiaw C. 2008. Bioactivité des extraits de *Calotropis procera* AIT. et de *Senna occidentalis* L. sur *Caryedon serratus* (Ol.), ravageur des stocks et semences d'arachide au Sénégal. Thèse 3^{ème} cycle, FST, UCAD, 182 p.
- Thiaw C, Sembène M. 2010. Bioactivity of crude extracts and fractions extract of *Calotropis procera* AIT. on *Caryedon serratus* (OL.) insect pest of peanut stocks in Senegal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **4**(6): 2220-2236.
- Thiaw C, Gueye S, Gueye A, Samb A, Sembène M. 2007. Ovicid and adulticid effect of powders and extracts of *Calotropis procera* AIT. and *Senna occidentalis* L. on *Caryedon serratus* (OL.) destroyer of groundnuts stocks. *J. des Sciences*, **7**(3): 1-15.