

# UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR

FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES

ANNÉE 2008



N°

## DOCTORAT DE TROISIEME CYCLE

Présenté par

**Mr CHEIKH THIAW**

Pour obtenir le grade de

**DOCTEUR DE TROISIÈME CYCLE DE CHIMIE ET BIOCHIMIE DES PRODUITS NATURELS**

BIOACTIVITE DES EXTRAITS DE *CALOTROPIS PROCERA* AIT.  
ET DE *SENNA OCCIDENTALIS* L. SUR *CARYEDON SERRATUS* (OL.),  
RAVAGEUR DES STOCKS ET SEMENCES D'ARACHIDE AU SENEGAL

Soutenu publiquement le 29 octobre 2008 devant la commission d'examen

<b>Président :</b>	<b>Mr Abdoulaye SAMB</b>	<b>Professeur</b>	<b>FST/UCAD</b>
<b>Membres :</b>	<b>Mr Saliou DJIBA</b>	<b>Chargé de Recherche ISRA/CRA de DJIBELOR</b>	
	<b>Mr Ngor FAYE</b>	<b>Maître de Conférences</b>	<b>FST/UCAD</b>
	<b>Mme Absa NDIAYE/ GUEYE</b>	<b>Maître Assistante</b>	<b>FST/UCAD</b>
	<b>Mr Mbacké SEMBENE</b>	<b>Maître de Conférences</b>	<b>FST/UCAD</b>

## DEDICACES

*A la mémoire de mon frère, ami et compagnon **Moussa Fall** qui, par la volonté de Dieu le Tout Puissant, est absent ce jour. Je m'engage solennellement à faire tout mon possible, pour réaliser les projets que nous avons ficelés ensemble.*

*A la mémoire de mon grand père **Fallou Kâ** et de ma grande mère **Khady Ndoye** qui m'ont éduqué et appris la modestie, l'amour du prochain, la tolérance, la patience...*

*Que le Tout Puissant les accueille dans son paradis.*

*Je dédie également ce travail :*

*A ma mère bien aimée **Thioro Kâ**, merci pour ton amour et tes prières de tous les jours.*

*A mon père **Mbaye Thiaw**, sachez que je vous aime beaucoup.*

*A mon épouse **Aminata Collé Lo** qui a toujours su être patiente avec moi, merci pour ton amour et tes compréhensions de tous les jours.*

*A mes frères et sœurs, cousins et cousines à qui je souhaite beaucoup de bonheur dans la vie. J'espère que vous trouverez dans ce travail un exemple à dépasser.*

*A mes oncles et tantes ainsi qu'à leurs familles, je m'honore de votre estime. Que Dieu vous accorde longue vie. Succès à vos enfants.*

*A ma belle mère et ses enfants. Merci pour tout.*

*A tous mes parents, amis et promotionnaires ; merci pour votre soutien indéfectible.*

## REMERCIEMENTS

Le travail présenté dans cette thèse a été réalisé aux laboratoires d'Entomologie (Département de Biologie Animale) et de Chimie et Biochimie des Produits Naturels (Département de Chimie) de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (U.C.A.D). Il s'inscrit dans le cadre du projet de recherche intitulé « Utilisation des substances biocides végétales et du rayonnement solaire contre la bruche *C. serratus* (Ol.) ravageur des stocks d'arachide », financé par le Fonds National de Recherches Agricoles et Agro-alimentaires (FNRAA) et référencé sous le numéro 6/AP03 M010202. Il a été mené sous la direction du Docteur Mbacké Sembène. Au terme de ce travail, je tiens à remercier :

Le Dr Absa Gueye Ndiaye, qui a accepté spontanément d'être parmi mes encadreurs en m'accueillant au sein de son laboratoire. Il m'est pratiquement impossible aujourd'hui, de trouver les mots suffisants pour vous exprimer l'admiration que j'ai envers vous. Votre compétence, votre gentillesse, votre courtoisie et votre esprit d'organisation sont les compléments de vos hautes qualités d'enseignant. Merci pour tout ce que vous avez fait pour moi.

Le Dr Mbacké Sembène, pour la confiance qu'il m'a témoignée en me confiant ce travail et en m'accueillant au sein de son équipe depuis le DEA jusqu'à la thèse. Votre constante disponibilité, votre simplicité, votre rigueur, votre honnêteté et votre efficacité dans le travail ainsi que votre modestie font de vous un exemple. L'intérêt que vous portez à tous les étudiants explique l'affection qu'ils ont à votre endroit. Je remercie tous les membres de l'équipe à travers votre nom.

Le Pr Abdoulaye Samb, qui a accepté de présider ce jury, malgré ses multiples charges. Vous avez sacrifié votre temps et votre énergie pour bien vouloir guider la partie chimique de ce travail dans votre laboratoire avec la rigueur scientifique qu'il fallait. Ce travail porte votre empreinte indélébile. Je garderai de vous l'image d'un maître disponible, rigoureux et prodiguant toujours de bons conseils.

Le Dr Ngor Faye d'avoir accepté, malgré ses occupations, de juger ce travail. Vos qualités humaines et scientifiques ne sont plus à démontrer. J'avoue qu'il a toujours été un exemple pour moi depuis mon premier cycle.

Le Dr Saliou Djiba, chargé de recherche ISRA/CRA de Djibélor, pour avoir accepté de juger ce travail.

Le Dr Emmanuel Bassène pour m'avoir permis de travailler occasionnellement dans son laboratoire et d'utiliser ses appareils et ses produits chimiques. Soyez-en remercié ainsi que tous les membres de votre laboratoire.

Le Dr Macoumba Diouf pour sa simplicité et ses précieux conseils. Qu'il trouve ici l'expression de toute ma gratitude et ma profonde reconnaissance.

Le Dr Moussoukhoye Cissokho Diop, le Dr Malick Fall et le Dr Alioune Dior Fall pour leur gentillesse et leurs précieux conseils.

Les techniciens : Mamadou Diallo, Abdou Sarr très disponibles et rigoureux dans leur travail.

Tous mes Camarades de laboratoire Sabelle Guèye, Khadim Kébé, Aminata Collé Lo Thiaw, Seynabou Ba, Niokhor Kade et Bakhaw Sow...

## Liste des figures

<u>Figures</u>	<u>Pages</u>
Figure 1 : a. Plant d'arachide ( <i>Arachis hypogaea</i> L.) ; b. Gousses d'arachide .....	5
Figure 2 : a. Séchage de l'arachide au champ ; b. Moyette d'arachide .....	12
Figure 3 : a. Adultes de <i>C. serratus</i> sur graine de <i>Piliostigma reticulatum</i> . En face dorsale, le mâle (m) a le dernier tergite abdominal recouvert par les élytres, la femelle (f) a le dernier tergite abdominal nu ; b. Vue ventrale d'adultes de <i>Caryedon serratus</i> (mâle et femelle) (photo A. Delobel) .....	16
Figure 4 : a. Vue générale de <i>Bauhinia rufescens</i> ; b. Branches montrant des gousses et feuilles .....	18
Figure 5 : a. Vue générale de <i>Bauhinia reticulata</i> (photo A. Delobel) ; b. Branches montrant des gousses et feuilles (photo C. Thiaw) .....	18
Figure 6 : a. Vue générale de <i>Cassia sieberiana</i> ; b. Gousses pouvant atteindre 60 mm de long .....	19
Figure 7 : a. Pied de <i>Tamarindus indica</i> ; b. Branche montrant des feuilles et fruits .....	20
Figure 8 a et 8 b : Dégâts causés par <i>Caryedon serratus</i> sur les gousses d'arachides ; les trous laissés par les larves favorisent le développement d'autres insectes ; les cocons sont faits sur et dans les gousses et graines d'arachide .....	23
Figure 9 : Graines d'arachide réduites en poudre par les déprédateurs secondaires .....	24
Figure 10 a : Insecticides organiques de synthèse de la première et deuxième génération (Wood, 2004).....	30
Figure 10 b : Insecticides organiques de synthèse troisième génération (Wood, 2004) .....	31
Figure 11 : a. Pied de <i>Calotropis procera</i> (Ait) ; b. Fruits de <i>C. procera</i> ; c. Fleurs de <i>C. procera</i> .....	33
Figure 12 : a. Plant de <i>Senna occidentalis</i> ; b. Branches montrant feuilles, fleurs et gousses .....	40
Figure 13 : Quelques exemples de structures chimiques d'alcaloïdes .....	46
Figure 14 : Quelques structures chimiques de phénoliques flavonoïdes .....	48
Figure 15 : Quelques exemples de structures chimiques de tanins : a. Acide gallique ; b. Structure de l'acide ellagique .....	49
Figure 16 : Structure de l'Anthracène (C <sub>14</sub> H <sub>10</sub> ) .....	49
Figure 17 : a. Quelques structures chimiques de terpènes (mono, sesqui, di, tri et tétraterpènes) .....	50 à 52
Figure 17 : b. Quelques structures chimiques de stéroïdes.....	52
Figure 18 : a. Bocaux de ponte des adultes recueillis ; b. Condition de développement larvaire .....	55
Figure 19: a. Fruits et feuilles de <i>C. procera</i> ; b. Fleurs et feuilles de <i>C. procera</i> ; c. Pied de <i>Senna occidentalis</i> ; d. Feuilles fraîches de <i>Senna occidentalis</i> .....	56
Figure 20 : Schéma expérimental d'une macération simple .....	58

Figure 21 : Schéma expérimental du protocole de reprise de l'extrait brut au méthanol dans d'autres solvants de polarité différente .....	60
Figure 22 : Entraînement à la vapeur d'eau ; vue du montage à réaliser .....	61
Figure 23 : a. Schéma du mode opératoire des tests ovicides ; b. Exemple d'un dispositif de suivi des œufs traités .....	64
Figure 24 : Mortalité des œufs traités avec les produits biocides de <i>C. procera</i> à différentes concentrations ...	78
Figure 25 : Mortalités larvaires obtenues avec les produits biocides de <i>Calotropis procera</i> à différentes concentrations .....	78
Figure 26 : Mortalité Comparée des œufs traités avec les différents extraits biocides de <i>C. procera</i> .....	82
Figure 27: Mortalité des œufs traités avec les produits biocides de <i>S. occidentalis</i> à différentes concentrations.	85
Figure 28 : Mortalités larvaires induites par les produits biocides de <i>S. occidentalis</i> à différentes concentrations .....	86
Figure 29 : Mortalité comparée entre différents produits biocides de <i>S. occidentalis</i> .....	89
Figure 30 : Courbes des interactions pour mortalité embryonnaire : a. Effet concentration ; b. Effet solvant ; c. Effet solvants & concentration .....	91
Figure 31 : Comparaison de la mortalité embryonnaire entre les différents produits biocides de <i>Calotropis procera</i> et de <i>Senna occidentalis</i> .....	92
Figure 32 : Effets des extraits bruts ou fractions d'extrait de <i>Calotropis procera</i> sur la fécondité des femelles issues des œufs traités aux différentes concentrations .....	115
Figure 33 : Effets des extraits bruts ou fractions d'extrait de <i>Senna occidentalis</i> sur la fécondité des femelles issues des œufs traités aux différentes concentrations .....	119
Figure 34 : Effets comparés des extraits bruts et fraction d'extrait de <i>C. procera</i> et de <i>S. occidentalis</i> sur le rapport sex-ratio des individus rescapés de <i>Caryedon serratus</i> .....	122
Figure 35 a : Mortalités des adultes de <i>C. serratus</i> traités avec les produits biocides de <i>Calotropis procera</i> à différentes concentrations .....	128
Figure 35 b : Mortalité en fonction du temps des adultes de <i>C. serratus</i> traités avec les trois concentrations de la fraction hexane de <i>C. procera</i> .....	129
Figure 36 : Comparaison de la mortalité des adultes entre différents produits biocides de <i>Calotropis procera</i> en fonction de la concentration .....	130
Figure 37 a : Mortalités des adultes de <i>Caryedon serratus</i> traités avec les produits biocides de <i>Senna occidentalis</i> à différentes concentrations .....	131
Figure 37 b : Mortalité en fonction du temps des adultes de <i>C. serratus</i> traités avec les trois concentrations de la fraction hexane de <i>S. occidentalis</i> .....	133
Figure 38 : Comparaison de la mortalité des adultes traités entre différents produits biocides de <i>Senna occidentalis</i> selon la concentration appliquée .....	134
Figure 39 : Comparaison des moyennes de mortalités induites par l'huile essentielle de <i>Senna occidentalis</i> à différentes doses (volume/volume) .....	136
Figure 40 : Mortalité cumulée des adultes de <i>C. serratus</i> traités avec l'huile essentielle de <i>S. occidentalis</i> à différentes doses en fonction du temps .....	137

## Liste des tableaux

<b><u>Tableaux</u></b>	<b><u>Pages</u></b>
Tableau 1 : Constituants chimiques isolés des feuilles, des tiges, des racines, des fleurs, des fruits et du latex de <i>Calotropis procera</i> Ait. (Hans-Dieter Neuwinger, 1990) .....	37 et 38
Tableau 2 : Plan d'expérimentation du suivi des œufs traités en condition de laboratoire .....	66
Tableau 3 : Plan d'expérimentation du suivi des couples rescapés en condition de laboratoire .....	67
Tableau 4 : Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % .....	81
Tableau 5 : <i>C. procera</i> / Effet entre concentrations ; classement et regroupements des groupes .....	81
Tableau 6 : Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % .....	84
Tableau 7 : <i>C. procera</i> /effet entre solvants ; classement et regroupements des groupes .....	84
Tableau 8 : Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % .....	92
Tableau 9 : Effet entre plantes ; classement et regroupements des groupes .....	92
Tableau 10 : Effet de l'extrait brut à l'éther de pétrole de <i>C. procera</i> sur les durées moyennes ( $\pm$ écart type) des différentes phases de développement des œufs « rescapés » de <i>C. serratus</i> .....	96
Tableau 11 : Effet de l'extrait brut au méthanol de <i>C. procera</i> sur les durées moyennes ( $\pm$ écart type) des différentes phases de développement des œufs « rescapés » de <i>C. serratus</i> .....	98
Tableau 12 : Effet de la fraction hexanique de <i>C. procera</i> sur les durées moyennes ( $\pm$ écart type) des différentes phases de développement des œufs « rescapés » de <i>C. serratus</i> .....	99
Tableau 13 : Effet de la fraction acétate d'éthyle de <i>C. procera</i> sur les durées moyennes ( $\pm$ écart type) des différentes phases de développement des œufs « rescapés » de <i>C. serratus</i> .....	100
Tableau 14 : Effet de la fraction méthanolique de <i>C. procera</i> sur les durées moyennes ( $\pm$ écart type) des différentes phases de développement des œufs « rescapés » de <i>C. serratus</i> .....	101
Tableau 15 : Effet de l'extrait brut à l'éther de pétrole de <i>S. occidentalis</i> sur les durées moyennes ( $\pm$ écart type) des différentes phases de développement des œufs « rescapés » de <i>C. serratus</i> .....	102
Tableau 16 : Effet de l'extrait brut au méthanol de <i>S. occidentalis</i> sur les durées moyennes ( $\pm$ écart type) des différentes phases de développement des œufs « rescapés » de <i>C. serratus</i> .....	103
Tableau 17 : Effet de la fraction hexanique de <i>S. occidentalis</i> sur les durées moyennes ( $\pm$ écart type) des différentes phases de développement des œufs « rescapés » de <i>C. serratus</i> .....	104
Tableau 18 : Effet de la fraction d'acétate d'éthyle de <i>S. occidentalis</i> sur les durées moyennes ( $\pm$ écart type) des différentes phases de développement des œufs « rescapés » de <i>C. serratus</i> .....	105
Tableau 19 : Effet de la fraction méthanol de <i>S. occidentalis</i> sur les durées moyennes ( $\pm$ écart type) des différentes phases de développement des œufs « rescapés » de <i>C. serratus</i> .....	106
Tableau 20 : Ponte/éclosion ; effet entre concentrations : classement et regroupements des groupes .....	108
Tableau 21 : Comparaison entre effets induits par les extraits bruts et les fractions d'extrait de <i>C. procera</i> sur les durées moyennes ( $\pm$ écart type) des différentes phases de développement des œufs traités de l'insecte ravageur <i>C. serratus</i> .....	108

Tableau 22 : Comparaison entre effets induits par les extraits bruts et les fractions d'extrait de <i>S. occidentalis</i> sur les durées moyennes ( $\pm$ écart type) des différentes phases de développement des œufs traités de l'insecte ravageur <i>C. serratus</i> .....	109
Tableau 23 : Ponte/éclosion ; effet entre solvant : classement et regroupements des groupes .....	109
Tableau 24 : Ecllosion/tissage du cocon ; effet entre solvant : classement et regroupements des groupes .....	110
Tableau 25 : Tissage cocon/émergence ; effet entre solvant : classement et regroupements des groupes .....	110
Tableau 26 : Durée de vie ; effet entre solvant : classement et regroupements des groupes .....	111
Tableau 27 : Comparaison des effets induits par les extraits bruts et les fractions d'extrait de <i>C. procera</i> sur le ratio-sexuel des descendants mâles et femelles issus des œufs traités .....	113
Tableau 28 : Comparaison des effets induits par les extraits bruts et les fractions d'extrait de <i>C. procera</i> sur la fécondité moyenne des femelles issues des œufs traités en fonction de la durée .....	116
Tableau 29 : Comparaison des effets induits par les extraits bruts et les fractions d'extrait de <i>S. occidentalis</i> sur le ratio sexuel des descendants mâles et femelles issus des œufs traités .....	117
Tableau 30 : Comparaison des effets induits par les extraits bruts et les fractions d'extrait de <i>C. procera</i> sur la fécondité moyenne des femelles issues des œufs traités .....	120
Tableau 31 : Analyse comparative des effets induits par les extraits bruts et fractions d'extrait de <i>C. procera</i> et de <i>S. occidentalis</i> sur les fécondités moyennes ( $\pm$ écart type) des femelles issues des œufs « rescapés » de l'insecte ravageur <i>C. serratus</i> .....	122
Tableau 32 : Fécondité/effet entre plantes : classement et regroupements des groupes .....	123
Tableau 33 : <i>Calotropis procera</i> ; fécondité/effet entre concentrations : classement et regroupements des groupes non significativement différents .....	124
Tableau 34 : <i>Senna occidentalis</i> ; fécondité/effet entre concentrations : classement et regroupements des groupes non significativement différents .....	124
Tableau 35 : Mortalité moyenne non cumulée ( $\pm$ écart type) des adultes (N=12 par concentration) de <i>C. serratus</i> dues aux huiles essentielles de feuilles fraîches de <i>Senna occidentalis</i> .....	135
Tableau 36 : Rendements des extraits bruts et des fractions de l'extrait brut au méthanol de poudres de feuilles de <i>Calotropis procera</i> Ait. et de <i>Senna occidentalis</i> L. ....	140
Tableau 37 : Résultats des réactions de caractérisation des extraits bruts et des fractions d'extrait de poudre des feuilles de <i>Calotropis procera</i> Ait. et de <i>Senna occidentalis</i> L. ....	141

# SOMMAIRE

<b>DEDICACES</b> .....	<b>i</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>ii</b>
<b>LISTES DES FIGURES</b> .....	<b>iii</b>
<b>LISTES DES TABLEAUX</b> .....	<b>vi</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE</b> .....	<b>4</b>
<b>I. L'ARACHIDE : <i>ARACHIS HYPOGAEA</i> L.</b> .....	<b>5</b>
I.1. Description botanique et position systématique .....	<b>5</b>
I.2. Origine et distribution géographique .....	<b>7</b>
I.3. Importance de l'arachide .....	<b>8</b>
I.4. Culture et production .....	<b>9</b>
I.5. Séchage, stockage et attaques de l'arachide .....	<b>11</b>
<b>II. LE RAVAGEUR : <i>CARYEDON SERRATUS</i> (Olivier, 1790)</b> .....	<b>14</b>
II.1. Etude taxonomique .....	<b>14</b>
II.2. Description morphologique .....	<b>15</b>
II.3. Origine et répartition géographique .....	<b>16</b>
II.4. Plantes hôtes naturelles de <i>C. serratus</i> .....	<b>17</b>
II.4.1. <i>Bauhinia rufescens</i> Lam. « Rand » .....	<b>18</b>
II.4.2. <i>Bauhinia reticulata</i> Mabberly, 1993 « Nguiguiss ».....	<b>18</b>
II.4.3. <i>Cassia sieberiana</i> DC. « Sindingn » .....	<b>19</b>
II.4.4. <i>Tamarindus indica</i> Linné « Dakhar » .....	<b>20</b>
II.5. Biologie de <i>C. serratus</i> .....	<b>21</b>
II.6. Dégâts et incidences économiques dûs à <i>C. serratus</i> .....	<b>22</b>
<b>III. SYSTEMES DE LUTTE CONTRE <i>C. SERRATUS</i></b> .....	<b>25</b>
III.1. Lutte physique .....	<b>25</b>
III.2. Lutte biologique .....	<b>26</b>
III.3. Lutte chimique .....	<b>29</b>
<b>IV. PRESENTATION DES PLANTES À SUBSTANCES BIOCIDES</b> .....	<b>33</b>
IV.1. <i>Calotropis procera</i> AIT. (Asclépiadacées) .....	<b>33</b>
IV.1.1. Description botanique .....	<b>33</b>



IV.1.2. Position systématique et distribution géographique .....	34
IV.1.3. Usages et intérêts .....	35
IV.1.4. Composition chimique .....	36
IV.2. <i>Senna occidentalis</i> Link (Césalpiniacées) .....	40
IV.2.1. Description botanique .....	40
IV.2.2. Position systématique et distribution géographique .....	41
IV.2.3. Usages et intérêts .....	42
IV.2.4. Composition chimique .....	43
<b>V. QUELQUES EXEMPLES DE PRINCIPES ACTIFS .....</b>	<b>44</b>
V.1. Les alcaloïdes .....	45
V.2. Les substances polyphénoliques .....	47
V.2.1. Les flavonoïdes .....	47
V.2.2. Les tanins .....	48
V.3. Les dérivés anthracéniques .....	49
V.4. Les terpènes et stérols .....	49
<b>CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES .....</b>	<b>53</b>
<b>I. CADRE D'ETUDE .....</b>	<b>54</b>
<b>II. MATERIELS D'ETUDE .....</b>	<b>54</b>
II.1. <i>Caryedon serratus</i> .....	54
II.2. Matériel végétal .....	55
II.3. Matériel de laboratoire .....	56
II.3.1. Matériel d'étude phytochimique .....	56
II.3.2. Matériel de biotest .....	57
<b>III. METHODES D'ETUDE .....</b>	<b>57</b>
III.1. Préparation des différentes substances biocides végétales.....	57
III.1.1. Extraction par macération à froid .....	58
III.1.1.1. Extraits bruts .....	58
III.1.1.2. Fractions de l'extrait brut au méthanol .....	59
III.1.2. Hydrodistillation .....	61
III.1.2.1. Principe .....	61
III.1.2.2. Montage .....	61

III.1.2.3. Manipulation .....	61
III.2. Tests biologiques .....	62
III.2.1. Préparations des solutions tests .....	62
III.2.2. Effet ovicide des substances biocides végétales .....	63
III.2.2.1. Choix des œufs .....	63
III.2.2.2. Dispositif d'étude .....	63
III.2.3. Suivi des œufs « rescapés » .....	65
III.2.4. Activité reproductrice des adultes « rescapés » .....	66
III.2.5. Effet adulticide des substances biocides végétales .....	67
III.2.5.1. Toxicité de contact des extraits et fractions d'extraits .....	67
III.2.5.2. Test adulticide de l'huile essentielle de <i>S. occidentalis</i> .....	68
III.3. Traitement statistique des données .....	68
III.4. Réactions de caractérisation des constituants phytochimiques .....	69
III.4.1. Réactions de caractérisation des alcaloïdes .....	69
III.4.2. Réactions de caractérisation des substances polyphénoliques .....	70
III.4.2.1. Réactions de caractérisation des flavonoïdes .....	70
III.4.2.2. Réactions de caractérisation des tanins .....	71
III.4.2.2.1. Mise en évidence des tanins .....	71
III.4.2.2.2. Différenciation des tanins .....	72
III.4.3. Réactions de caractérisation des dérivés anthracéniques .....	72
III.4.4. Réactions de caractérisation des stérols et terpènes .....	74
III.4.5. Caractérisation des saponosides par mesure de l'indice de mousse (Im) .....	75
<b>CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION .....</b>	<b>77</b>
<b>I. TESTS BIOLOGIQUES .....</b>	<b>78</b>
I.1. Effet ovicide des substances biocides végétales .....	78
<b>I.1.1. Résultats .....</b>	<b>78</b>
I.1.1.1. Extraits bruts et fractions d'extraits de <i>Calotropis procera</i> ....	78
I.1.1.2. Extraits bruts et fractions d'extraits de <i>Senna occidentalis</i> ....	85

<b>I.1.2. Discussion</b> .....	93
<b>I.2. Suivi des œufs « rescapés »</b> .....	96
<b>I.2.1. Résultats</b> .....	96
I.2.1.1. Œufs traités avec <i>Calotropis procera</i> .....	96
I.2.1.2. Œufs traités avec <i>Senna occidentalis</i> .....	102
I.2.1.3. Analyse comparative des effets entre « Concentrations », entre « Solvants » et entre « Plantes » .....	107
<b>I.2.2. Discussion</b> .....	111
<b>I.3. Activité reproductrice des adultes « rescapés »</b> .....	112
<b>I.3.1. Résultats</b> .....	112
I.3.1.1. <i>Calotropis procera</i> .....	112
I.3.1.2. <i>Senna occidentalis</i> .....	117
I.3.1.3. Analyse comparative des effets entre « Concentrations », entre « Solvants » et entre « Plantes » .....	121
<b>I.3.2. Discussion</b> .....	124
<b>I.4. Effet adulticide des substances biocides végétales</b> .....	127
<b>I.4.1. Résultats</b> .....	127
I.4.1.1. Extraits bruts et fractions d'extraits de <i>Calotropis procera</i> ....	127
I.4.1.2. <i>Senna occidentalis</i> .....	131
I.4.1.2.1. Extraits bruts et fractions d'extraits .....	131
I.4.1.2.2. Huile essentielle .....	134
<b>I.4.2. Discussion</b> .....	137
<b>II. PHYTOCHIMIE DES EXTRAITS BRUTS ET DES FRACTIONS D'EXTRAITS</b> .....	140
<b>II.1. Résultats</b> .....	140
II.1.1. Rendement d'extraction .....	140
II.1.2. Groupes chimiques caractérisés .....	141
<b>II.2. Discussion</b> .....	142
 <b>CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES</b> .....	 145
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	150
<b>ANNEXES</b> .....	172

# INTRODUCTION

Introduite en Afrique au XVIème, l'arachide de son nom scientifique *Arachis hypogaea* L. est la légumineuse à graine la plus riche en protéines 25% et en lipides 50% et constitue un apport nutritif très important pour les populations locales. Sa culture est l'une des solutions les meilleures et la moins coûteuse pour lutter contre la carence protéinique en Afrique. Au Sénégal, l'arachide demeure la principale culture d'exportation. Elle occupe une place prépondérante dans le système économique du pays et rapporte chaque année environ 80 milliards de FCFA. Cet oléagineux représente 12% de la production mondiale de graines. Selon le Rapport National (2003), son rendement est environ 320 Kg/ha en 2003 contre 964 Kg/ha en 2002.

Peu d'insectes sont capables d'attaquer l'arachide en coque ; parmi ceux-ci, celui qui cause le plus de dégâts est un Coléoptère appartenant à la famille des Bruchidae : *Caryedon serratus* (Olivier, 1790), communément appelée bruche de l'arachide. D'origine africaine, cette bruche se développe, dans la nature, sur plusieurs plantes hôtes de la famille des Césalpiniacées appartenant essentiellement aux genres *Bauhinia*, *Cassia*, *Piliostigma* et *Tamarindus*.

Les attaques occasionnées au Sénégal par cette bruche ne nuisent pas seulement aux paysans mais coûtent aussi très chers à l'économie nationale. Les dégâts importants notés au cours de la récolte et du stockage de l'arachide peuvent aller, actuellement, jusqu'à 83% de perte quantitative pour une durée de stockage de 4 mois (Ndiaye, 1991). De plus les trous laissés dans la coque par les larves de ce ravageur favorisent l'attaque d'autres insectes prédateurs et facilitent le développement d'une moisissure (*Aspergillus flavus* Link.) productrice d'une substance cancérigène : l'aflatoxine (Sembène, 2000).

Pour lutter contre ce ravageur de stocks, les paysans utilisaient les broyats de feuilles de certaines plantes *Cassia spp*, *Azadirachta indica* Juss., *Hyptis spp*, *Boscia senegalensis* (Pers), car celles-ci ont la capacité de produire diverses substances chimiques à effets toxiques ou anti appétants (Philogène, 1991). Cependant, l'avènement des insecticides de synthèse avait mis en veilleuse ces pratiques anciennes ainsi que les recherches sur les produits naturels d'origine végétale. Il est noté au cours des vingt dernières années une application abusive, non raisonnée et continue de pesticides synthétiques (insecticides, fongicides, herbicides, nématicides, rodenticides), malgré l'avertissement qui avait fait prendre conscience des effets pervers des pesticides de synthèse et avait obligé les gouvernements à se préoccuper des problèmes de l'environnement associés à l'utilisation abusive des pesticides (Carson, 1962). Cet usage continuera inévitablement de s'accompagner de problèmes de contamination de l'environnement, de résistances des organismes à l'action des produits de synthèse, et de

risque d'intoxication des populations humaines, à court ou à long terme. Ceci fait qu'ils connaissent actuellement une chute de popularité et une baisse de leur utilisation partout dans le monde à cause de leur grande rémanence en général. Les scientifiques qui arrivent à cette constatation ne peuvent s'empêcher d'ajouter qu'il doit y avoir un effort concerté, à la fois en recherche et en politique, pour augmenter la compétitivité des méthodes de luttés alternatives et de leur accorder plus de considération (NRC, 2000). C'est pour ces raisons que plusieurs auteurs aujourd'hui s'orientent vers la recherche de substances naturelles d'origine végétale. Dans cette optique, l'utilisation d'extraits de plantes indigènes dotées d'activités insecticides et répulsives, offre une certaine opportunité dans un respect de l'environnement (Larew & Lock, 1990 ; Gomez *et al.*, 1997).

Chez *Caryedon serratus*, l'utilisation de ces types produits dérivés de plantes accuse un certain retard par rapport aux autres bruches telles que : *Callosobruchus maculatus* F. (Seck, 1994 ; Seck & Gaspar, 1992 ; Seck *et al.*, 1991 ; Seck *et al.*, 1993 ; Alzouma, 1995 ; Mahgoub, 1995), *Callosobruchus analis* F. (Georges & Patel, 1992), et *Callosobruchus chinensis* L. (Pandey & Singh, 1995). En Afrique plus particulièrement au Togo, l'activité insecticide des huiles essentielles extraites par entraînement à la vapeur a été testée contre la bruche du niébé, *Callosobruchus maculatus* F. (Ketoh *et al.*, 2000).

Dans la perspective de rechercher d'autres produits alternatifs biodégradables et non nocifs à l'environnement, compatibles avec la gestion des ravageurs de stocks et de semences d'arachide, nous essayons d'évaluer, à travers cette présente étude, l'effet biocide de deux plantes : *Calotropis procera* Ait. et *Senna occidentalis* (L.) sur *C. serratus*, le plus grand ravageur de l'arachide.

Le premier chapitre est une revue bibliographique portant sur l'arachide, l'insecte ravageur *C. serratus*, les systèmes de lutte préconisés jusqu'ici contre la bruche de l'arachide. Il présente les deux plantes à tester ainsi qu'une revue de quelques exemples de principes bioactifs tels que les alcaloïdes, les composés polyphénoliques, les dérivés anthracéniques, les stéroïdes et terpènes.

Dans le second chapitre, nous présentons le cadre d'étude, le matériel (animal, végétal et laboratoire) et les méthodes retenus dans ce travail.

Le troisième et dernier chapitre est réservé à la présentation, à l'analyse et à la discussion des résultats obtenus à partir desquels une conclusion générale et des perspectives sont tirées.

# CHAPITRE I

## REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

## I. L'ARACHIDE : *ARACHIS HYPOGAEA* L.

### I.1. Description botanique et position systématique

L'arachide est une légumineuse herbacée annuelle à fleurs jaunes de 30 à 70 cm de hauteur. C'est une plante autogame, mais elle a un taux moyen d'allogamie qui varie de 0.20 à 5% (Schilling *et al.*, 1996). Elle est rustique et résistante à la sécheresse avec un besoin en eau de 400 mm pour un cycle de 90 jours.



Figure 1 : a. Plant d'arachide (*Arachis hypogaea* L.)      b. Gousses d'arachide

Le système racinaire est pivotant avec de nombreuses ramifications secondaires. Les racines de l'arachide portent des nodosités fixatrices d'azote caractéristiques des légumineuses. Certaines variétés présentent des tiges dressées, d'autres produisent des stolons qui s'étalent sur le sol. Les feuilles d'arachide sont alternes avec deux paires de folioles membraneuses, opposées, de forme elliptique et de couleur verte plus ou moins foncée ou plus ou moins jaune selon les variétés. Les pétioles (portion étroite de la feuille reliée à la tige) sont enserrés à leur base par deux stipules engainantes et lancéolées (figure 1a).



Les fleurs sont presque sessiles et apparaissent à l'aisselle des feuilles, isolément ou en petits groupes. La corolle papilionacée est jaune orangée. Les étamines au nombre de 9 sont soudées en tube par leur filet. Après la fécondation, la base de l'ovaire s'allonge pour former un pédoncule floral appelé gynophore qui s'enfonce dans le sol par géotropisme positif (Schilling, 2003). Son mode de fructification est donc hypogée. Le fruit mûrit à une profondeur de 3 à 5 cm. L'arachide est une plante qui requiert pour cette raison un sol léger et bien drainé. Le fruit est une gousse de 3 à 4 cm de long et de couleur jaune paille. La gousse est composée d'une coque indéhiscente contenant le plus souvent seulement deux graines, qui est réticulée extérieurement et étranglée entre les graines mais non cloisonnée. Son bec et ses constriction constituent des paramètres de classification (figure 1b). Les graines ovoïdes sont enveloppées individuellement dans un tégument sec rouge.

L'arachide de nom scientifique *Arachis hypogaea* appartient à la famille des Papilionacées (Fabaceae), au groupe des Aeschynomeneae et sous-groupe des Stylosanthinae. Elle a été décrite par Linné en 1753. Toutes les variétés cultivées appartiennent à l'espèce *Arachis hypogaea* elle même divisée selon le port de la plante en deux sous-espèces, *hypogaea hypogaea* correspondant au type Virginia et *hypogaea fastigiata* correspondant au type Valancia et Spanish (Schilling *al.*, 1996).

La classification classique qui a été retenue est la suivante :

- ⇒ Règne : Plantae
- ⇒ Sous règne : Tracheobionta
- ⇒ Division : Magnoliophyta
- ⇒ Classe : Magnoliopsida
- ⇒ Sous-classe : Rosidae
- ⇒ Ordre : Fabales
- ⇒ Famille : Fabaceae
- ⇒ Sous-famille : Faboideae
- ⇒ Genre : *Arachis*
- ⇒ Espèce : *hypogaea*
- ⇒ Nom binomial : *Arachis hypogaea* Linné, 1753

## I.2. Origine et distribution géographique

L'origine de l'arachide cultivée et l'histoire de sa distribution dans le monde sont demeurées longtemps obscures. De nombreuses hypothèses ont été avancées. Cependant, aucun argument valable ne peut être apporté en faveur de l'hypothèse d'une origine asiatique, encore moins d'une double origine africaine et américaine de la plante. De même, l'hypothèse d'une origine africaine avancée par plusieurs auteurs du XIX<sup>ème</sup> siècle était essentiellement fondée sur les descriptions trouvées chez certains auteurs grecs (Theophraste et Pline) de plantes à fructification souterraine cultivées en Egypte et dans d'autres régions du bassin méditerranéen. On sait aujourd'hui que ces descriptions ne s'appliquaient pas à l'arachide et que le terme *Arakos* en particulier désignait *Lathyrus tuberosa* (Chevalier, 1934 in Sembène 2000).

Par ailleurs, une preuve objective de l'origine américaine de l'arachide est constituée par la découverte de graines semblables à celles de variétés cultivées au Pérou dans les tombes précolombiennes à Ancon, Pachacamac et autres lieux par Squier, vers 1875. D'autre part, bien que l'espèce cultivée ne soit pas connue à l'état sauvage, l'absence d'autres espèces du genre *Arachis* dans les autres parties du monde et leur abondante distribution dans une zone allant du Brésil à l'Argentine située approximativement entre 10° et 35° de latitude sud, confirment l'origine Sud-américaine de la plante. On admet actuellement que celle-ci est originaire de la région du Grand Chaco incluant les vallées du Paraguay et du Parana (Gillier & Silvestre, 1969).

La dissémination de l'espèce à l'époque précolombienne aurait été d'abord, le fait des Indiens comme cela a été le cas pour le maïs, le manioc, la patate douce...etc. L'arachide aurait ainsi gagné diverses régions de l'Amérique du Sud, les îles de la mer des Antilles et probablement l'Amérique centrale et le Mexique. Les Portugais auraient ensuite introduit la plante au début du XVI<sup>ème</sup> siècle sur la côte occidentale d'Afrique. De leur côté, les Espagnols, à peu près à la même période, l'auraient introduite aux Philippines à partir de la côte Est de l'Australie. A partir de Ceylan ou de la Malaisie, elle aurait ensuite atteint Madagascar et la côte orientale. Ainsi, l'Afrique se trouverait être un lieu de rencontre de deux voies différentes de diffusion de l'espèce. Bien que l'arachide ait été présente au Mexique et dans l'Archipel des Antilles à l'époque précolombienne et que des contacts eurent vraisemblablement lieu entre les Indiens de ces contrées et ceux des régions voisines des Etats-Unis, on ne dispose d'aucune preuve de l'existence de la plante dans ce pays à cette époque. On admet aujourd'hui qu'elle y ait été

introduite à partir de la côte occidentale de l'Afrique avec le commerce des esclaves (Anonyme, 1997).

L'origine et l'histoire de la diffusion de l'arachide dans le monde expliquent la grande diversité des types existant d'abord en Amérique du Sud et ensuite dans deux autres contrées du monde qui peuvent être considérées comme des centres de diversification secondaire de l'espèce. Ce sont d'une part la zone Philippines-Malaisie-Indonésie où l'on trouve un grand nombre de types différents appartenant principalement au groupe des «Valencia» et «Spanish» et d'autre part l'Afrique de l'Ouest de part et d'autre du 10<sup>ème</sup> degré de latitude Sud avec de nombreux types du groupe « Virginia » (Gillier & Silvestre, 1969 ; Schilling, 2001).

### I.3. Importance de l'arachide

L'arachide est un oléagineux qui revêt une double importance, car elle contribue à l'autosuffisance nationale et à la sécurité alimentaire.

- Sur le plan économique : l'arachide tient au Sénégal une place dans les systèmes de production et représente plus de 40 % des revenus des petites exploitations familiales. Cette légumineuse constitue également l'une des principales sources d'entrée de devise pour le pays et rapporte chaque année plus de 80 milliards de FCFA à l'économie nationale. Selon Schilling (2003), elle représente 12% de la production mondiale de graines oléagineuses et 7% de la production mondiale des huiles (données moyennes 1999-2002). Les huiles et les tourteaux correspondent à plus de la moitié du total des exportations d'oléagineux du pays. L'avantage économique de l'arachide est essentiellement lié à la diversité des produits dérivés susceptibles d'être consommés ou vendus ainsi qu'à un marché porteur dont les cours se situent régulièrement à plus de 30% au dessus de ceux du soja (Schilling, 2001).

- Sur le plan alimentaire : l'arachide riche en calories constitue un apport nutritif très important pour les populations locales (Sembène, 2000). Sa composition chimique est la suivante : 11 à 27 % en hydrates de carbone, 41 à 52% de lipides et 21 à 25% de protéines. En plus de sa valeur énergétique appréciable, sa valeur nutritive est très importante en raison de sa teneur en protéines (25%) et en acides gras essentiels que l'organisme humain ne peut pas synthétiser (Gueye, 1994). L'arachide est utilisée dans l'alimentation humaine (graine, huile, beurre, farine) et animale (tourteau, fanes). Signalons aujourd'hui qu'au Sénégal, la pâte d'arachide entre dans le traitement de la malnutrition qui est un fléau dans la zone subsaharienne.

Les graines, très riches en huile et vitamines (E, K, et B surtout en B1), contiennent également une quantité importante de niancin dont la teneur est faible dans les céréales (Duke, 1983, non publié) ; elles sont consommées, soit sous forme d'huile après trituration industrielle ou artisanale, soit sous forme de beurre, pâte, farine ou confiserie.... En industrie, l'arachide est utilisée pour la savonnerie et comme combustible. Elle présente un intérêt capital pour l'agriculture en enrichissant le sol en azote et peut être utilisée comme engrais vert. L'huile d'arachide est également inscrite à la pharmacopée française comme solvant médicamenteux.

Les sous-produits de l'arachide sont riches en matières azotées, matières grasses, vitamines et sels minéraux et sont souvent utilisés pour l'alimentation de bétail ou comme combustible (coque). Dans des tests faits à l'Institut Sénégalaise de Recherches Agricoles (ISRA) sur des ruminants domestiques, le tourteau d'arachide est consommé jusqu'à 93% par animal et par jour (Fall *in* Samba *et al.*, 2003). Les fanes constituent un excellent fourrage qui fait l'objet d'un commerce local important mais difficilement chiffrable (Anonyme, 1982 ; Sembène, 2000). La commercialisation des gousses représente au moins 50% du revenu des paysans qui constituent 70% de la population (Ndiaye, 1991).

#### I.4. Culture et production

Depuis son introduction en Afrique au XVI<sup>ème</sup> siècle par les portugais, l'arachide est devenue progressivement et surtout au Sénégal une culture traditionnelle qui se pratique sur l'ensemble du territoire, avec une prédominance au niveau du bassin arachidier qui s'étend sur plus de 600.000 ha. Il s'agit de la principale culture de rente dans la zone concernée. Les variétés cultivées sont très nombreuses par exemple la 73-33 et la GH 119-20 localement appelée "Guerté Niaye". Toutes ces variétés sont regroupées en deux grands types :

➤ **Le groupe des Virginie**, à port rampant, à cycle végétatif plus long (120 à 150 jours) avec des graines qui ne germent pas prématurément. Les arachides de ce type peuvent être érigées, dans ce dernier cas, leur port est différent de celui du groupe des Valencia et Spanish du fait d'une ramification plus abondante qui leur donne une allure buissonnante.

➤ **Le groupe des Valencia et Spanish**, à port érigé, à cycle végétatif court (80 à 110 jours). Ce dernier montre un rendement plus élevé, mais sa germination rapide après maturité peut poser problème. Les inflorescences apparaissent à plusieurs nœuds successifs des ramifications et, en général, les rameaux végétatifs ne se forment plus lorsque les rameaux reproducteurs apparaissent (Giller & Sylvestre, 1969).

Les exigences éco climatiques font de l'arachide une plante extrêmement plastique. Elle est peu sensible au thermopériodisme et indifférente au photopériodisme. En effet, les arachides ont besoin d'ensoleillement, d'une saison chaude longue de 120 à 140 jours pour pousser et de pluies modérées. La lumière joue un rôle défavorable sur la germination, la croissance du gynophore et la fructification. Les températures optimales de germination se situent entre 32 et 34°C et, pour une bonne croissance, une température moyenne de 25 à 35°C est nécessaire. Cette croissance est inhibée en deçà de 10°C et au delà de 45°C (Gaye, 1994). Les plus basses températures, notamment nocturnes, entraînent un allongement du cycle végétatif tandis que les températures trop élevées (supérieures à 45°C) peuvent inhiber la fécondation (Bockelee-Morvan, 1988).

L'arachide affectionne les sols aérés bien drainés du type sablo-limoneux, meubles et perméables, qui sont plus propices à la pénétration des gynophores après fécondation et plus adaptés à leur croissance. Elle préfère aussi les sols à pH voisin de la neutralité. L'arachide est très sensible au précédent cultural. Il est recommandé de ne pas semer l'arachide plusieurs années successives. Une rotation bien adaptée faisant intervenir cette légumineuse avec des céréales (mil, sorgho ou maïs) pourra améliorer l'efficacité de l'utilisation des engrais, l'état physique du sol, le contrôle des adventices et des repousses et enfin réduire la pression parasitaire.

La production d'arachide est dans l'étroite dépendance des précipitations, de leur durée, de leur répartition, de leur abondance et de leur déficit. Dans les conditions optimales de culture pluviale, l'arachide achève son cycle en 90 jours (variétés hâtives), en 120 jours (semi-tardives) ou en 140 jours (tardives). L'irrigation, en prolongeant la croissance améliore la productivité. Cet oléagineux peut se satisfaire de 400-500 mm de pluies pour les variétés hâtives à petites graines et 800-1200 mm pour les variétés tardives à grosses graines (Anonyme, 2001). Au Sénégal, les travaux de Ndiaye (1991) ont montrés que les rendements sont voisins de 1000 kg/ha, plus faibles dans le nord du pays où les précipitations sont de l'ordre de 420 mm/an (Louga) et plus fortes dans le sud avec 800 mm/an (kaolack).

L'arachide représente environ 12% de la production mondiale des oléagineux alimentaires et au moins 5% des échanges internationaux des produits oléagineux (Schilling, 2002). La production en 2003 est estimée à 36 millions de tonnes dont la Chine et l'Inde fournissent les 59% (FAO, 2003). La production africaine est dominée par le Nigeria (2700000 tonnes), le Soudan (1200000 tonnes) et le Sénégal (900000 tonnes) Freud *et al.*, 1997 ; FAO, 2003.

Grâce à une pluviométrie abondante, il a été noté en 2000/2001 au Sénégal, une production de 1.067.247 tonnes et 959.856 tonnes en 2001/2002. Mais en 2002/2003, la production n'est que

de 532.936 tonnes, soit un recul de 36% par rapport à la moyenne des cinq dernières années. Les principaux facteurs de ces aléas de la production d'arachide sont, hormis une pluviométrie fluctuante, les difficultés d'acquisition des intrants (semences de bonne qualité et engrais) et les dysfonctionnements de la commercialisation (FAO/PAM, 2002). Les chiffres 2003-2004 des données statistiques de la FAO indiquent respectivement une production d'arachide de 375 000 et 465000 tonnes.

Actuellement la filière arachide sénégalaise, orientée à près de 95% vers la filière trituration huile / tourteau, se heurte à la concurrence d'autres huiles provenant notamment des pays du Nord à agriculture fortement subventionnée. On assiste aussi à un développement de la trituration artisanale de l'arachide. Celle-ci conduit à l'obtention d'une huile très prisée en milieu rural et d'un tourteau utilisé aussi bien en alimentation humaine que par le bétail. Ces produits font l'objet d'un important commerce au détail dans les marchés ruraux. Ce phénomène, qui prend de plus en plus de l'ampleur en milieu rural, pose un problème de santé publique dans la mesure où la matière première utilisée ainsi que les produits qui en dérivent sont fortement suspectés d'infestation et de contamination (Gaye, 1997 ; Rouzière *et al.*, 1997).

### I.5. Séchage, stockage et attaques de l'arachide

Malgré ses potentialités de résistance (particularité à former ses gousses dans le sol et présence de coque protectrice), l'arachide est à l'exposée des maladies fongiques et aux attaques de ravageurs au moment du séchage et du stockage. Ces attaques peuvent occasionner des pertes importantes et une détérioration de la qualité de la production. Il convient de distinguer deux niveaux attaques qui surviennent avant et après l'arrachage.

Les premières attaques s'effectuent pendant la culture et sont l'œuvre des iules (Myriapodes) et des termites (Isoptères) qui s'attaquent aux gousses et aux jeunes plantules en formation. Les pertes qu'ils occasionnent ne sont pas négligeables (Gillier & Silvestre, 1969). Selon Kao (1990) c'est à la fructification que les dégâts des iules et des termites sont le plus à craindre et que les pertes en gousses peuvent être de l'ordre de 10-30% de la récolte.

Les iules apparaissent dès les premières pluies et sont susceptibles de ronger les graines qui viennent d'être semées. Après la germination, elles coupent l'axe hypocotylé. La blessure ainsi occasionnée est une ouverture aux moisissures ; les attaques cessent dès l'apparition des premières branches (Risbec, 1950 et Biernaux, 1965 *in* Sembène, 2000).

Les termites perforent la gousse presque mûre au niveau de la dépression qui représente l'ancienne insertion du style. Seule la graine proche de l'orifice est touchée ; lésion peu

importante, mais suffisante pour provoquer un flétrissement et la dessiccation du fruit. En effet quand l'eau diminue dans le sol, ils recherchent dans le fruit l'humidité dont ils ont besoin, d'où la présence de dégâts plus importants en année sèche. Quand le fruit est mûr et la coque desséchée, les termites ne peuvent plus perforer la coque ; ils rongent seulement la surface sans atteindre la graine (Sembène, 2000). En ce qui concerne les maladies, on note la gale, la rouille, la pourriture noire du collet, le dépérissement dû à *Sclerotium rolfsii*, la pourriture sèche des racines et des gousses provoquée par *Rhizoctonia solani* et le flétrissement à *Verticillium* (Mayeux, 2001). Leurs dégâts restent cependant insignifiants.

Après tant de sacrifices consentis et d'efforts consacrés, le paysan producteur espère percevoir le fruit de son lourd travail. Malheureusement, c'est à la suite de l'arrachage des gousses que surviennent les attaques les plus sérieuses. Celles-ci sont principalement dues au redoutable ravageur *C. serratus* communément appelé bruche de l'arachide. L'infestation des stocks et semences d'arachide par cet insecte entraîne des pertes considérables pouvant atteindre 80 voire 100% au bout de quelques mois (Delobel *et al.*, 1995).

Des études ont montré que le mode de contamination de l'arachide par la bruche *C. serratus* débute au champ lors du séchage des gousses en andains et se poursuit dans les lieux de stockage (greniers, seccos, centres de groupage). Les gousses d'arachide sont généralement déterrées à maturité dès la fin de la saison des pluies (octobre ou novembre), et la teneur en eau des gousses est alors élevée, de l'ordre 40 à 50% (Gillier & Bockelée-Movan, 1979). Il est donc indispensable d'effectuer un séchage au champ avant de pouvoir faire le battage et le stockage. Au Sénégal où le battage est essentiellement manuel, le séchage constitue un élément sensible du système post-récolte et doit être prolongé jusqu'à l'obtention d'une teneur en eau inférieure à 10%. L'arachide est donc rassemblée en petits tas appelés moyettes qui, 2 à 3 semaines plus tard, sont réunies en meules.

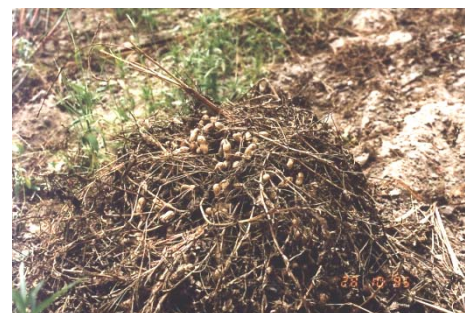


Figure 2 : a. Séchage de l'arachide au champ

b. Moyette d'arachide

Ce système de séchage par petits tas ou moyettes permet d'éviter le développement des moisissures sur les gousses et empêche la dispersion des gousses d'arachide lors du battage (Figure 2). Ces meules resteront au champ pendant trois semaines au cours desquelles la femelle de *C. serratus* pond ses œufs directement sur la gousse et après éclosion les larves vont se développer dans la graine jusqu'à la nymphose suivie de l'émergence de l'adulte. La multiplication des générations va faire se poursuivre en stock si les conditions le permettent.

Selon les observations de (Ndiaye, 1991), le dépôt des œufs *C. serratus* débute presque aussitôt après le déterrage des arachides, 2 à 3 jours après l'exposition des andains les plus proches des plantes hôtes sauvages. De plus, ce taux d'attaque augmente lorsque la durée d'exposition au champ est prolongée et peut atteindre des valeurs élevées (maxima 48 à 80 % avec des moyennes de 0.83 à 1.95 œufs par gousse).

La bruche de l'arachide, *Caryedon serratus* (Ol.), reste dès lors le parasite le plus redoutable de l'arachide stockée. Ces dégâts varient selon les types de stocks, leur destination et la durée du stockage. En effet, Le mode de stockage est variable selon les zones et la quantité de la récolte. Le plus répandu est la mise en sacs de jute ou de polypropylène tressé, entreposés les uns sur les autres dans un coin de la maison ou dans des greniers faits de paille de mil. Après le battage (novembre ou décembre), une partie de la récolte est conservée par le paysan, pour constituer ses semences de l'année suivante. La durée de stockage de l'arachide destinée à la commercialisation est généralement courte, la campagne agricole commençant environ deux semaines après le battage. Au niveau des coopératives villageoises, l'essentiel du stockage des récoltes se fait en vrac dans des « seccos », terme local au Sénégal qui désigne les lieux généralement en plein air où peuvent être stockés plus de 10.000 tonnes d'arachides. Ces lieux sont délimités par des sacs remplis d'arachides, empilés et protégés par des palissades ou des constructions en dur. Après 2 à 3 mois de stockage dans les seccos, interviennent la collecte et l'évacuation, d'abord dans des « centres de groupage » à proximité d'une gare ou d'une route goudronnée, ensuite directement vers les huileries où les stocks couverts de bâches peuvent passer plus d'une année. Ces longues périodes de stockage sont généralement propices à l'infestation de l'arachide par un insecte coléoptère appartenant à la famille des Bruchidae : *C. serratus* (Ol.) communément appelé bruche de l'arachide.



## II. LE RAVAGEUR : *CARYEDON SERRATUS* (Olivier, 1790)

*C. serratus* est un insecte Coléoptère appartenant à la famille des Bruchidae. Cette famille constitue un groupe très homogène d'insectes cléthrophages (se nourrissent de graines sèches) dont le développement se déroule à l'intérieur d'une seule et même graine. Elle regroupe les ravageurs les plus redoutables à l'échelle mondiale et présente une grande uniformité biologique, ce qui rend extrêmement difficile l'identification des espèces. Le genre *Caryedon* auquel l'espèce *C. serratus* appartient, comporte une trentaine d'espèces très voisines sur le plan morphologique (Borowiec, 1987 in Delobel *et al.*, 1995a).

### II.1. Etude taxonomique

Les premières données connues de la bruche de l'arachide remontent au XVIII<sup>e</sup> siècle où l'insecte a été classé successivement dans les genres *Bruchus*, *Caryeborus*, *Pachymerus*. Plusieurs descriptions ont été avancées par des auteurs, à partir d'exemplaires bien précis.

En 1790, l'entomologiste français Olivier, le décrit sous le nom de *Bruchus serratus* à partir d'exemplaire reçu de Geoffroy de Villeneuve en voyage au Sénégal (Ndiaye, 1991), mais l'hôte de cet insecte n'est malheureusement pas spécifiée (Delobel, 1992).

En 1798 le même insecte est décrit sous le nom de *Bruchus gonagra* par Fabricius à partir d'exemplaire pris en Inde ; puis par Pic sous le nom de *Bruchus sicutensis* à partir d'exemplaire originaire du Zaïre (Decelle, 1966).

Les travaux de Southgate & Pope (1957), Muzerki & Ramdas Menon (1957), Pevett (1965) ont largement contribué à la description et à l'étude biologique de l'espèce. C'est par la suite que Decelle (1966), après observation et dissection d'exemplaire typique de Geoffroy de Villeneuve, fit une révision systématique de la bruche de l'arachide et indique que les appellations antérieures étaient abusives et erronées et le seul nom valable est *Caryedon serratus*. Les récents travaux de Delobel *et al.* (2003) ont montré que *Caryedon gonagra* et *C. serratus* apparaissent comme des espèces sœurs dérivant d'un ancêtre dont on peut supposer qu'il se nourrissait à la fois de Mimosoidées et Césalpinoïdées. Ils établissent la synonymie suivante :

- *Bruchus serratus* (Olivier, 1790),
- *Caryeborus serratus* (Olivier, 1790),
- *Bruchus gonagra* (Fabricius, 1798),

- *Caryeborus gonagra* (Fabricius, 1798),
- *Pachymerus gonager* (Fabricius, 1798),
- *Caryeborus fuscus* (Bedel, 1901),
- *Pachymerus fuscus* (Bedel, 1901),
- *Caryedon fuscus* (Bedel, 1901),
- *Pachymerus sicutensis* (Pic, 1924),
- *Caryedon cassiae* (Gyll) Decelle, 1951
- *Caryedon fuscus* (Goeze) Mukerji *et al.*, 1957
- *Caryedon gonagra* (F.) Preveit, 1965
- *Caryedon serratus* (Ol) Decelle, 1966

La position systématique qui a été retenue actuellement après les travaux de Decelle (1966) est la suivante :

- ⇒ Règne Végétal
- ⇒ Embranchement des Arthropodes,
- ⇒ Classe des Insectes
- ⇒ Ordre des Coléoptères,
- ⇒ Famille des Bruchidae,
- ⇒ Sous-famille Pachymerinae
- ⇒ Tribu des Caryedini,
- ⇒ Genre *Caryedon*
- ⇒ Espèce *serratus*

## II.2. Description morphologique

L'adulte de *C. serratus* mesure 6 à 8 mm de long sur 3 à 5 mm de large. Il est de couleur brun rougeâtre ; sous la pubescence la cuticule est de couleur marron, plus ou moins densément marqué de noir (Delobel & Tran, 1993). Le corps est ovale, allongé, tronqué aux deux extrémités ; les yeux composés, gros et proéminents (Decelle, 1966) ; le pygidium incurvé chez le mâle, allongé et visible en vue dorsale chez la femelle (Williams, 1980). Les fémurs postérieurs sont fortement dilatés, lenticulés au bord ventral, les tibias sont recourbés en arc de cercle (figure 3).

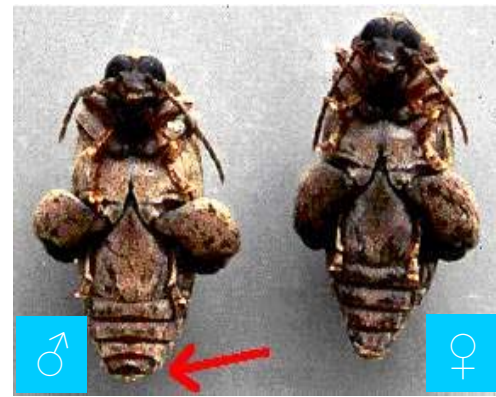


Figure 3b. Vue ventrale d'adultes de *Caryedon serratus* (mâle et femelle)

Figure 3a : Adultes de *C. serratus* sur graine de *Piliostigma reticulatum*. En face dorsale, le mâle (m) a le dernier tergite abdominal recouvert par les élytres, la femelle (f) a le dernier tergite abdominal nu (photo A. Delobel)

L'œuf est de couleur blanche, de forme ovoïde et allongée. Prevett (1967) note quatre stades larvaires ( $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  et  $L_4$ ). Le stade 1, très mobile, est caractérisé sur le plan morphologique par une ornementation particulière prothoracique. L'ovirupteur, pièce chitinisée située dorsalement sur le premier tergite thoracique, est caractéristique des larves du premier stade chez les Bruchidae. Il joue un rôle important dans le processus de l'éclosion et de percement du tégument séminal (Prevett, 1967). Les stades 2 et 3, peu mobiles, ont des pattes réduites (Johnson & Kister, 1987). La larve de dernier stade ( $L_4$ ) dodue et arquée, mesure environ 6 mm de long à maturité. Elle est de couleur blanchâtre avec une tête marron. Elle possède des pattes fonctionnelles et se déplace activement à la recherche d'un site de nymphose. Le cocon translucide de texture membraneuse est construit soit à l'intérieur de la gousse soit à l'extérieur sur un support végétal ou dans le sol. Dans le premier cas, l'émergence de l'adulte laisse un orifice de 2 à 3 mm de diamètre et dans le second un orifice d'environ 1,5 mm de diamètre.

### II.3. Origine et répartition géographique

Selon Decelle (1966, 1987), *C. serratus* est un insecte africain qui vivait primitivement sur *Tamarindus indica* (L.) et qui s'est secondairement inféodé à l'arachide au début du XX<sup>ème</sup> siècle. C'est en Afrique occidentale, plus particulièrement au Sénégal que furent signalées les premières attaques (Roubaud, 1916). L'espèce est apparue au Congo vers 1970 après l'importation des semences provenant du Sénégal (Delobel, 1995).

A la lumière des informations apportées par les auteurs, on peut estimer que l'extension de l'aire de répartition de la bruche de l'arachide ne cesse de s'agrandir davantage grâce à la commercialisation de deux de ses plantes hôtes *T. indica* (L.) et *Arachis hypogaea* (L.). Il est réparti dans une vaste zone qui s'étend de la pointe occidentale de l'Afrique aux îles Moluques, du sud de la Méditerranée à Madagascar (Delobel *et al.*, 1995a).

Par ailleurs, on le rencontre presque dans toute l'Afrique tropicale surtout en zone de savane arborée : Sénégal, Soudan, Mauritanie, Mali, Niger, Nigeria, Brazzaville, Burkina, Côte D'Ivoire, Cameroun, Guinée Bissau, Ghana... mais aussi dans les régions tropicales d'Asie et d'Océanie en Moyen et Extrême Orient, au Mexique en Guyane, en Nouvelle Zélande, en Floride (Kingsolver, 1992), en Thaïlande (Sukprakarn & Taugthong, 1981) ainsi que dans des régions néo tropicales, Jamaïque et Mexique (Johnson & Slobodchikoff, 1979). *C. serratus* a été introduite à Madagascar et dans les îles Seychelles à Mahé (Decelle, 1987). Il a été signalé comme ravageur de l'arachide en République Centre Africaine (Koyabay, 1988) et récemment sur *Bauhinia variegata* en Australie (Cunningham & Walsh, 2002)

#### II.4. Plantes hôtes naturelles de *C. serratus*

*C. serratus* est un Insecte Coléoptère de la famille des Bruchidae capable de se développer dans les gousses de plusieurs plantes hôtes appartenant à diverses familles (Delobel *et al.*, 1995a ; Sembène & Delobel, 2004). La liste des plantes hôtes sur lesquelles est inféodé *C. serratus* dans la nature est difficile à établir en raison même de son large spectre alimentaire et de l'imprécision qui a longtemps caractérisé l'identité de la bruche de l'arachide.

Il existe au Sénégal quatre principales plantes hôtes naturelles de *C. serratus*. Ces hôtes appartiennent tous à la famille des Césalpiniacées. On peut citer :

- ✚ *Bauhinia rufescens* Lam.
- ✚ *Bauhinia reticulata* Mabblerly, 1993
- ✚ *Cassia sieberiana* DC.
- ✚ *Tamarindus indica* Linné.

*C. serratus* s'est secondairement inféodé à l'arachide (*A. hypogaea*) qui est une plante hôte cultivée appartenant à la famille des Fabaceae.

#### II.4.1. *Bauhinia rufescens* Lam. « Rand »

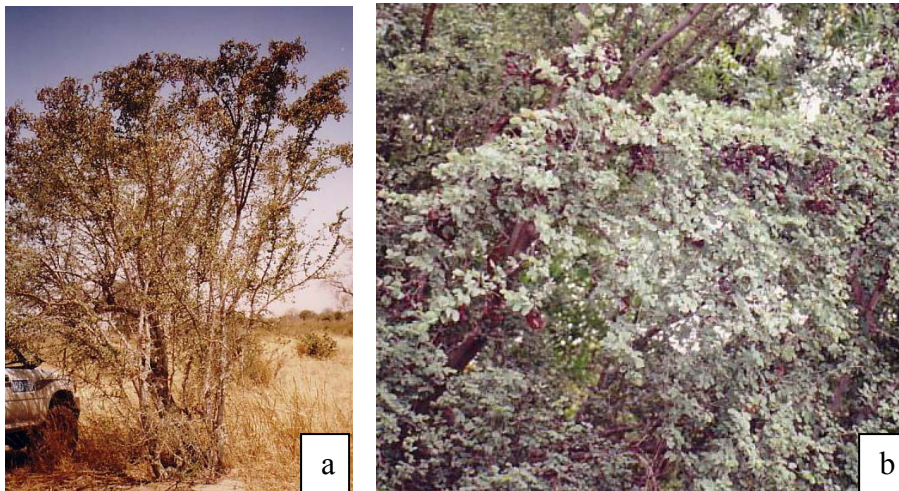


Figure 4 : a. Vue générale de *Bauhinia rufescens*

b. Branches montrant des gousses et feuilles

Les *B. rufescens* sont des arbustes sahéliens de 5 à 6 m de haut au port buissonnant. Chez les jeunes arbustes, l'écorce est lisse, de couleur gris cendrée et sa tranche est rosée. Les feuilles bilobées presque jusqu'à la base mesurent 2 cm de large et ont une forme souvent orbiculaire. Elles sont longuement pétiolées et de couleur gris-vert mate. L'arbre perd ses feuilles pendant la saison sèche sauf dans les stations humides. Les fruits brun foncés, coriaces sont rassemblés en paquets de gousses étroites falciformes. Les gousses de couleur noire à maturité, mesurent 7 cm de long et 1cm de large et sont plus ou moins étranglés entre les graines. Jadis abondant, *Bauhinia rufescens* est en voie de disparition surtout en zone sylvopastorale car leurs feuilles, fruits et gousses sèches sont recherchées des bovins, ovins, caprins et chameaux.

#### II.4.2. *Bauhinia reticulata* Mabberly (1993) « Nguiguiss »



Figure 5 : a. Vue générale de *Bauhinia reticulata* (photo A. Delobel)

b. Branches montrant des gousses et feuilles (photo C. Thiaw)

Appelé autrefois *Piliostigma reticulatum*, ce dernier a été récemment mis en synonymie avec *Bauhinia* (Mabberly, 1993). C'est une espèce soudanienne qui fait souvent de fréquentes incursions dans le domaine Sahélien en particulier dans la vallée du fleuve Sénégal. C'est un arbre au port souvent buissonnant pouvant atteindre 8 à 9 m de haut sur sol fertile. Son fût est contourné, rarement droit avec une cime sphérique touffue. L'écorce noirâtre est profondément fissurée longitudinalement. Les feuilles longues de 8 cm, large de 7 cm sont de couleur gris vert, glabre au dessus. Elles sont épaisses, coriaces et de forme presque orbiculaire, cordées à la base. Les fruits, d'environ 15 cm de long et 5 cm de large se présentent sous forme de gousses brunes rougeâtre, parfois bosselées devenant ligneuses (Berhaut, 1967). Ces gousses renferment des graines ovoïdes régulièrement dispersées dans un tissu ligneux.

#### II.4.3. *Cassia sieberiana* DC. « Sindingn »



Figure 6 : a. Vue générale de *Cassia sieberiana*  
b. Gousses pouvant atteindre 60 mm de long

C'est un petit arbre du secteur soudano guinéen au port buissonnant pouvant aller jusqu'à 20 m de hauteur avec un fût court, contourné et ramifié à la base. L'écorce est brun noir, rugueux et sa tranche jaune ocre. *Cassia sieberiana* est caractérisé par une cime défeuillée, des rameaux terminaux retombant couverts de fleurs jaunes longuement pédicellées qui apparaissent entre Février et Mars. Les feuilles sont paripennées alternes et distiques. L'espèce présente des fleurs jaunes d'or en forme de grappes pendantes, lâches et longues de 25 à 40 cm. Les fruits de couleur brun noir se présentent sous formes de gousses cylindriques ligneuses longues de 40 à 60 cm, large de 15 mm et contiennent des graines encastrées dans un tissu fibreux lignifié.

#### II.4.4. *Tamarindus indica* Linné « Dakhar »



Figure 7 : a. Pied de *Tamarindus indica*

b. Branche montrant des feuilles et fruits

L'espèce vraisemblablement originaire des forêts rupicoles de l'Ouest de Madagascar, aurait été introduite d'abord en Afrique tropicale puis en Inde. Cette plante d'affinité écologique soudano sahélienne est présente au Sénégal, au Soudan souvent à l'état dispersé. Les *T. indica* sont souvent des grands arbres (d'environ 15 à 25 m de haut). Ils produisent une grande quantité de fruits à usage culinaire et médicinal. L'écorce du tronc et des branches est grisâtre, écaillée et très crevassée. Les feuilles vertes dans la phase juvénile sont grises pendant la saison sèche et contiennent 9 à 12 folioles glabres arrondies aux deux extrémités. Les fruits indéhiscentes subcylindriques et duveteux au toucher mesurent 15 cm de long et 20 cm de diamètre. Ils sont d'abord vert rougeâtre puis jaune enfin noirs en maturité. Ces fruits sont consommés par les hommes et les animaux qui dispersent les noyaux. Les graines brillantes, sont généralement au nombre de 6 ou plus, de couleur brunâtres et de forme approximativement carrée disposées en file dans une épaisse pulpe brun foncée sucrée à maturité, rafraîchissante et riche en acide tartrique avec une réputation d'être un bon fortifiant.

## II.5. Biologie de *C. serratus*

Plusieurs auteurs ont contribué à l'étude de la biologie de *C. serratus* et ont fourni des données diverses. L'insecte polyvoltin est cosmopolite à activité crépusculaire et nocturne. Dans la journée, l'adulte se cache dans toute sorte d'abris obscurs, interstices, crevasses d'écorce ou même regagne le cocon d'où il est issu (Cancela Da Fonseca, 1964 ; Pajni & Mann, 1979).

L'adulte de *C. serratus* se nourrit de substances diverses : pollen, nectar, moisissure, liquide sucré, eau et miellat d'homoptère (De Luca, 1966). Il est capable de consommer ses propres œufs lorsque les conditions de nourriture sont défavorables (Sembène, 2000). La nutrition larvaire plus déterminante chez *C. serratus* se fait sur des graines de plante appartenant à différentes familles Légumineuses. Sur l'arachide par exemple, après éclosion, la larve néonate perfore la cosse de la gousse, traverse le péricarpe, perce le tégument et pénètre à l'intérieur de la graine dont elle se nourrit (amande). Plusieurs larves peuvent se développer dans une même graine.

Dès l'émergence, les femelles sont sexuellement matures et réceptives. Elles émettent une phéromone sexuelle qui attire le mâle. La copulation se produit essentiellement au crépuscule. D'après Pajni & Mann (1979) elle dure 25 à 40 minutes. Les premières pontes interviennent le jour suivant pendant la nuit à la surface des gousses et des graines lorsque celles-ci sont apparentes (Sembène, 1997). Les œufs de couleur blanche, de forme ovoïde et allongée sont retenus isolément par une sorte de colle visqueuse sur la gousse, en particulier dans les interstices et les crevasses. A jeun, la fécondité moyenne de *C. serratus* varie de 20 à 115 œufs, suivant les conditions de température, et d'humidité. En présence de nourriture, elle augmente jusqu'à 650 œufs (Delobel, 1989a).

Dans les conditions habituelles au Sénégal, l'œuf éclôt au bout d'une semaine environ (Ndiaye, 1981 ; Robert, 1984). La larve sans apparaître, pénètre à l'intérieur de la gousse puis de la graine où elle poursuit son développement. Pevett (1967) note quatre stades larvaires. Le stade 1, très mobile, est caractérisé sur le plan morphologique par une ornementation particulière prothoracique. Les stades 2 et 3, peu mobiles, ont des pattes réduites (Johnson & Kister, 1987). La larve de dernier stade (L4) dodue et arquée, mesure environ 6 mm de long à maturité. Elle est de couleur blanchâtre avec une tête marron. Elle possède des pattes fonctionnelles et se déplace activement à la recherche d'un site de nymphose. Le développement larvaire dure un peu plus d'un mois ; au bout de ce temps, la larve tisse un cocon d'où sortira 15 jours plus tard un adulte. Cette durée nymphale est



variable et dépend des conditions du milieu qui, lorsqu'elles sont défavorables, provoquent une diapause nymphale (Conway, 1975). Le cocon translucide de texture membraneuse est construit soit à l'intérieur de la gousse soit à l'extérieur sur un support végétal ou dans le sol. Dans le premier cas, l'émergence de l'adulte laisse un orifice de 2 à 3 mm de diamètre et dans le second un orifice d'environ 1,5 mm de diamètre.

Au total le développement complet de l'œuf dure environ deux mois ; dans certaines situations, on constate un étalement très important des émergences, l'intervalle entre les premières et dernières sorties pouvant atteindre quatre (4) mois. Il pourrait s'agir d'un mécanisme de quiescence à l'intérieur du cocon, qui serait lié à l'humidité. La longévité de la femelle varie de 9 à 11 semaines. La bruche de l'arachide est donc, comme la plupart des insectes nuisibles aux produits stockés, une espèce à développement relativement lent.

## II.6. Dégâts et incidences économiques dûs à *C. serratus*

*C. serratus* est l'une des espèces les plus nuisibles, particulièrement en Afrique (Matokot *et al.*, 1987). Il s'attaque à l'arachide dès la première semaine de séchage des gousses dans les champs. Les premières infestations sont faibles au début, environ 1 à 2 %. L'infestation se poursuit crescendo et finit par causer des dégâts considérables dans les lieux de stockage compte tenu du polyvoltinisme de l'insecte. Les générations se succèdent à intervalles de 2 à 3 mois et les pertes engendrées sont considérables à la troisième génération (Sembène, 2000). De même Camara (1997) note que les pertes occasionnées par *C. serratus* deviennent très sérieuses à partir de la 2<sup>ème</sup> génération. A la 3<sup>ème</sup> elles deviennent catastrophiques. Les dégâts que les insectes font subir aux stocks et semences sont extrêmement variés ; les plus apparents ne sont pas toujours les plus graves (figure 8).

Les incidences nutritionnelles et économiques des dégâts causés par *C. serratus* varient selon le niveau initial de l'infestation, la destination de la production, la durée et les techniques de stockage. Certains auteurs dont Cancela Dafonseca (1964) pensent que les arachides en coque sont plus vulnérables et sont attaquées à 60-90% contre 30 à 70% pour les arachides décortiquées (Ndiaye, 1991). D'autres comme Gillier & Bockelée-Morvan (1979) estiment par contre que les semences d'arachide sont plus vulnérables à *C. serratus* lorsqu'elles sont conservées en graines. Ils précisent que la bruche de l'arachide occasionne dans les stocks des pertes quantitatives qui évoluent rapidement en passant de 8 à 40% en six mois et que les pertes sont plus limitées pour des stocks de plusieurs milliers de tonnes, les couches

superficielles étant plus attaquées que l'intérieur des stocks. L'incidence des dégâts chez le paysan est en fait mal connue ; très peu de travaux ont porté sur le sujet.

Les seules études menées dans ce contexte ont été conduites pendant longtemps au Sénégal par l'I.R.A.T. (actuel C.I.R.A.D.) et ont porté essentiellement sur les grands stocks commerciaux ou huiliers. Pointel & Yaciuk (1979) notent qu'après trois mois de conservation, l'infestation par *C. serratus* d'un stock expérimental (de 18 tonnes), s'observe essentiellement à sa périphérie, à quelques centimètres de la surface, ainsi qu'à la base. Les dégâts observés peuvent aller jusqu'à 83% après 4 mois et demi de stockage dans les centres de commercialisation (Ndiaye, 1991). En Gambie, Frienship (1974) a estimé qu'environ 3% de la production d'arachides est annuellement détruite par *C. serratus*. De même, Conway (1975) a observé après 16 semaines de stockage, des taux d'attaques de semences paysannes passant de 0.78% à 43% ; dans certains villages, les attaques atteignent même 100%. Au Congo, Matokot *et al.* (1987) relèvent des pertes quantitatives de poids à l'issue de neuf à dix mois de stockage, variant de 9.3% dans un village à 62.8% dans un autre, et principalement dues à la bruche de l'arachide (figure 8).



Figure 8 a et 8 b : Dégâts causés par *Caryedon serratus* sur les gousses d'arachides ; les trous laissés par les larves favorisent le développement d'autres insectes ; les cocons sont faits sur et dans les gousses et graines d'arachide.

Hormis les répercussions très considérables notées sur les plans économique et nutritionnel, il se pose également un problème de santé publique. En effet, les orifices laissés par les larves de *C. serratus* (figure 8) facilitent l'installation de champignons mycotoxinogènes, généralement les *Aspergillus*. Les altérations des arachides stockées par ces derniers peuvent avoir de graves conséquences pour les consommateurs. Elles peuvent également entraîner une perte de la valeur marchande (CIRAD, 2000). Basha & Pancholy (1986) ont observé des modifications des teneurs en huile, en glucides et en protéines de l'arachide infestée par différentes souches d'*Aspergillus*; ils pensent à une modification de la structure des chaînes

polypeptidiques de l'arachine, principale protéine. On note une vingtaine d'espèces d'*Aspergillus* dont les plus importantes sont : *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus candidus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus nidulans*, *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus terreus*, *Aspergillus versicolor* (Richard-Molard, 1982). *A. flavus* et *A. parasiticus* sont responsables de la production des aflatoxines et sont ainsi appelés champignons aflatoxinogènes. Par leur ubiquité, ces champignons sont très redoutables sur les graines, notamment lors du stockage (Zambettakis, 1996). L'activité de l'agent pathogène *Aspergillus flavus* se traduit rapidement par l'apparition dans les graines atteintes de métabolites constituant l'Aflatoxine. Cette substance est toxique et se concentre dans les tourteaux lors de l'extraction de l'huile (Pollet, 1982). Ces tourteaux sont utilisés pour l'alimentation du bétail d'où la contamination de l'Homme par biotransformation de l'animal. Pour l'arachide d'huilerie, l'infestation entraîne une augmentation de la teneur en acide urique et l'apparition de métabolites secondaires qui déprécient la qualité de l'huile. Lacey *et al.* (1980) note que la présence de manière répétée dans l'alimentation humaine de faibles quantités, voire même infimes, d'aflatoxine pourrait conduire à long terme vers une certaine diminution de l'espérance de vie, l'induction de certains cancers, la réduction de la croissance pour les jeunes enfants et enfin l'apparition de stérilités plus ou moins marquées chez les adultes. Parmi les molécules d'aflatoxines identifiées à ce jour, l'aflatoxine B1 est considérée comme le cancérigène hépatique le plus actif (Ba, 1990). Toutes ces conséquences négatives se trouveraient fortement amplifiées chez les populations affaiblies par la malnutrition ou par la sous-alimentation, ou encore par suite de quelques maladies parfois endémiques (figure 9).



Figure 9 : Graines d'arachide réduites en poudre par les déprédateurs secondaires.

Aujourd'hui, les pertes occasionnées par *C. serratus* constituent un problème réel auquel il faut trouver une solution durable et sécuritaire afin de préserver l'économie du pays, la santé de plusieurs millions de consommateurs des produits arachidiers. Pour ce faire, différentes méthodes de luttés contre ce ravageur de stocks et semences d'arachide sont mises au point.

### III. SYSTEMES DE LUTTE CONTRE *C. SERRATUS*

Pour assurer sa nourriture, protéger sa santé, augmenter son bien-être, l'homme doit intervenir pour lutter contre les insectes ravageurs associés aux produits post-récoltes en particulier les bruches. Cette lutte pour la destruction des espèces animales nuisibles, ou pour la limitation de leur prolifération, s'exerce de différentes façons. Les moyens actuels font appel à plusieurs systèmes de lutte qui peuvent être de nature physique, biologique et/ou chimique avec l'utilisation des pesticides de synthèse (insecticides, fongicides, acaricides, herbicides, nématicides, rodenticides) Panneton *et al.*, 2000a.

#### III.1. Lutte physique

Les méthodes physiques de lutte contre les bruches sont mises en œuvre aussi bien à titre préventif que curatif. Elles se définissent comme étant un moyen d'élimination du ravageur de manière à rendre inhospitalier ou inaccessible les stocks d'arachide pour l'organisme cible. Soumis à un stress physique : mécanique, thermique, gazeux ou électromagnétique ou à une perturbation de son comportement par différents stimuli d'origine physique, l'insecte va réagir et aura une réponse spécifique à cette modification des conditions de son environnement. Cette réponse peut contribuer à améliorer l'aptitude au stockage.

Il convient de distinguer deux types fondamentaux de méthodes de lutte physique : les méthodes actives (effets des stress physiques) et les méthodes passives. Les méthodes actives utilisent de l'énergie au moment de l'application pour détruire, blesser, stresser les ennemis des cultures ou pour les enlever des cultures et stocks. Cependant elles n'agissent qu'au moment de l'application. Les méthodes passives procèdent par une modification du milieu et ont un caractère plus durable. On peut aussi classer les méthodes physiques selon le mode d'utilisation de l'énergie, soit la lutte mécanique, lutte thermique, lutte électromagnétique et lutte pneumatique. Dans ce contexte, on imagine facilement que d'autres classes peuvent s'ajouter au besoin : lutte acoustique, lutte thermodynamique (Vincent & Panneton, 2001).

La lutte physique peut avoir recours à plusieurs technologies dont certaines mettent en œuvre des méthodes actives : les chocs thermiques (chaleur), les radiations électromagnétiques (micro-ondes, radio-fréquences, infrarouge *in* Biron *et al.*, 1996), les chocs mécaniques et la lutte pneumatique (soufflage/aspiration). Au champ, l'utilisation de barrières physiques représente la seule méthode passive disponible (Boiteau & Vernon, 2000). La méthode mécanique (surcharges, barrières) consiste à effectuer un triage manuel et un tamisage des ravageurs, un vannage et un remuage des grains entreposés. Il faut veiller à détruire les

insectes triés de manière à ce qu'ils ne retournent pas dans les produits stockés. En ce qui concerne l'action de la chaleur (stress thermique), le principe consiste à exposer les stocks au soleil pour détruire les larves vivant dans les denrées entreposées et faire fuir les animaux adultes sensibles à la lumière et à la chaleur. Le fumage, le réchauffage au feu, de conteneurs de stockage (les greniers en argile) le stockage de la récolte au-dessus du foyer ont pour effet de chasser les insectes. Pour le stockage à l'abri de l'air, les conteneurs de stockage fermant hermétiquement constituent dans les régions très sèches la solution idéale. Les insectes sont incapables d'y pénétrer, et les parasites introduits en même temps que la récolte y meurent rapidement en raison d'un manque d'oxygène doublé d'un taux accru de CO<sub>2</sub>, dû à la respiration des ravageurs et celle du grain. Dans ce contexte, on n'insistera jamais assez sur l'importance de la solidité de la construction ou du container. L'isolement thermique est un point essentiel. Le stockage à l'abri de l'air convient particulièrement pour le stockage à long terme dans les zones à climat chaud et sec. Dans des conditions de ce type, il est toutefois conseillé de ne pas stocker des semences plus de quelques mois. Le stockage hermétique y est très efficace mais peu pratique et entraîne une diminution de la faculté germinative des graines. Ndiaye (1991) souligne que : le stockage hermétique constitue un moyen de lutte efficace qui, en réduisant la quantité d'O<sub>2</sub>, peut tuer l'insecte par asphyxie. Dans les pays tropicaux, l'humidité relative élevée amène des conditions optimales de développement de moisissures. Ici le stockage à l'abri de l'air n'est généralement pas recommandé. Les risques potentiels de cette méthode de stockage peuvent être réduits par une gestion soigneuse, en ne stockant que les récoltes bien sèches, et en particulier en maintenant des températures équilibrées dans le magasin afin d'exclure les risques de condensation.

L'une des contraintes majeures du développement des pratiques modernes de lutte physique reposent sur la compréhension complète de la biologie, du comportement et des limites physiologiques de l'organisme cible. Elle comporte également de nombreux défis scientifiques et techniques que plusieurs équipes de recherche s'appliquent à relever.

### III.2. Lutte biologique

C'est l'utilisation, orientée par l'homme, de la «régulation naturelle» qui stabilise l'accroissement des populations d'insectes (Vincent & Coderre 1992). Elle est définie par l'Organisation Internationale de Lutte Biologique (OILB) comme étant l'emploi d'organismes vivants pour prévenir ou réduire les dégâts causés par des ravageurs. On entend par là la mise en œuvre de techniques destinées à placer dans des conditions biotiques défavorables les

espèces qu'il s'agit de maîtriser. Selon les Entomologistes, la qualité première d'un agent de lutte biologique est d'être un organisme vivant. On distinguera deux grandes méthodes de lutte biologique : l'action directe, qui vise à réaliser des colonisations massives (périodiques ou occasionnelles) par des agents biologiques, indigènes ou exotiques ; l'action indirecte qui met en œuvre des transformations radicales ou insidieuses du milieu ou du mode d'exploitation de ce milieu, de façon à favoriser les facteurs limitant la nuisibilité d'un ou de plusieurs organismes (Ferron, 1999).

Les principaux organismes auxiliaires introduits dans le milieu de vie du ravageur sont des organismes entomophages (insectes prédateurs et parasites) ou des micro-organismes entomopathogènes pour contrarier le développement du ravageur ou le tuer. Pour ces derniers, il s'agit de champignons, de bactéries, rickettsies, virus, protozoaires qui infestent des insectes, soit par contact, en traversant la cuticule de l'hôte, soit après ingestion par l'hôte.

- Les prédateurs sont des chasseurs de proies vivantes qu'ils utilisent exclusivement soit pour se nourrir, soit pour nourrir leurs larves. Ils mènent une vie libre, indépendante de celle de leurs victimes. Souvent très voraces (*Coccinellidae*, *Syrphidae*), ils peuvent manger plusieurs fois leur propre poids en vingt-quatre heures (Jourdeuil *et al.*, 1991).

- Les parasites, ou parasitoïdes, accomplissent leur développement, en partie ou en totalité, sur un ou plusieurs hôtes, aux dépens desquels ils se nourrissent obligatoirement et de façon en général spécifique. Certains d'entre eux, les hyperparasites, jouent un rôle nuisible en s'attaquant aux entomophages précédemment décrits. De manière naturelle, *C. serratus* subit l'attaque de divers parasites à différents stades de son développement : œufs, larves, nymphes et adultes. Les ennemis naturels qui régulent la dynamique de population de l'insecte sont essentiellement des hyménoptères de la famille des Trichogrammatidae, des Braconidae, des Pteromatidae ou Chalcididae... (Prevett, 1966 ; Southgate, 1983) mais aussi celle des acariens (genre *Pyemotes*). Par ailleurs des essais de lutte biologique contre *C. serratus* ont été initiés par Delobel (1989b). Cet auteur a étudié au laboratoire la biologie du trichogramme *Uscana Caryedoni* qui parasite les œufs de la bruche de l'arachide. Il conclut que "l'utilisation de ce parasite dans le programme de lutte biologique n'est pas envisageable bien qu'il intervient comme agent efficace de limitation des populations de *C. serratus*".

- Les bactéries peuvent déterminer des septicémies en se multipliant dans l'hémolymphe, comme dans le cas de *Bacillus popilliae* provoquant la « maladie laiteuse » chez les larves du hanneton ; ou bien encore des toxémies lorsque, en germant dans le tube digestif, les spores émettent des toxines. Dans le cas de *Bacillus thuringiensis*, l'une de ses toxines cristallisée et thermostable est neurotrope et paralysante tandis que l'autre, soluble et

thermolabile, agirait comme antimétabolite (Sanchis *et al.*, 1999). Cette bactérie fait l'objet d'une production industrielle et ses spores, associées à la toxine cristallisée, sont mises «en formulation» pour être utilisées à la manière d'un insecticide chimique contre de nombreuses chenilles défoliatrices. Les préparations sont sélectives et absolument inopérantes à l'égard de tous autres animaux supérieurs (gibier, poissons, etc.) aussi bien qu'invertébrés (abeilles et insectes entomophages).

- Les champignons agissent par la digestion progressive des tissus internes qu'ils envahissent et provoquent à la fin de leur évolution, une momification de l'insecte. Les plus anciennement connus sont les *Beauveria* sp. qui provoquent la «muscardine blanche» chez le ver à soie et de nombreuses autres espèces, et *Metarrhizium anisopliae*, ou «muscardine verte», fréquent chez de nombreux coléoptères et déterminant des épizooties chez les criquets (Riba *et al.*, 1983 ; Rice & Cogburn, 1999 ; Ekesi *et al.*, 2001). En Australie, une méthode de lutte biologique contre diverses espèces de criquets utilisant des champignons du genre *Metarrhizium* a été décrite (Anonyme, 2000). Les spores de ce champignon pénètrent la cuticule des jeunes individus ou peuvent être ingérées directement. Leur développement conduit à la mort des jeunes insectes dans la seconde semaine qui suit l'ingestion ; les adultes deviennent stériles et l'ovogenèse est bloquée chez les femelles.

En définitive, la lutte biologique pose bien d'autres problèmes fondamentaux, de nature éthologique, physiologique ou écologique, que l'on ne peut tous examiner et discuter ici. Toutefois, un aspect essentiel des interactions entre organismes est la «coïncidence» temporelle existant entre le stade réceptif d'un hôte et le stade agressif d'un parasite. Sa connaissance permet d'interpréter certains échecs faisant suite à l'introduction d'un agent parasitaire. En principe, une discordance chronologique entre l'hôte et son parasite peut être compensée : soit par le recyclage de ce dernier sur un hôte de substitution qui assurera la survie de l'entomophage jusqu'à l'apparition du stade réceptif de son hôte normal : soit par le polyvoltinisme du parasite dont le maintien est assuré par un plus grand nombre de générations. À cet effet, il convient de rechercher, d'élever et d'adapter aux milieux dont on souhaite contrôler l'équilibre biologique, les êtres vivants antagonistes des espèces nuisibles. La difficulté d'une telle tâche tient au fait que ces organismes utiles doivent être insérés dans des milieux transformés déjà par des actions humaines antérieures, et parfois même en perpétuel remaniement (Ferron, 1983).

D'autres contraintes majeures sont parfois liées aux critères de choix des espèces utiles. Il est rare de voir qu'une espèce utile puisse présenter à la fois tous les attributs d'efficacité qui

fondent sa valeur intrinsèque. Selon DeBach (1974), la valeur des espèces utiles dépend, des attributs d'efficacité suivant :

- une haute «capacité de découverte» de l'hôte, qui se manifeste principalement quand la densité de population de ce dernier est faible et quand sa distribution spatiale est hétérogène
- une spécificité parasitaire stricte, qui caractérise une excellente adaptation physiologique à l'hôte ;
- un taux potentiel d'accroissement satisfaisant, notamment en fonction de la variabilité de l'environnement, souvent conditionné par une courte période de développement complétée par un large polyvoltinisme (plusieurs générations annuelles) ;
- une large valence écologique assurant au parasite la possibilité de recouvrir l'ensemble de l'aire de dispersion de l'hôte et d'y survivre aussi bien que celui-ci.

### III.3. Lutte chimique

Depuis des siècles, les paysans n'ont cessé, de s'en remettre aux vertus protectrices des plantes à effet répulsif ou insecticide, des spathes ou encore des cosses face aux ravageurs des stocks. Cette lutte traditionnelle avait été complètement mise en veilleuse par l'avènement des insecticides chimiques de synthèse, qui semblaient pouvoir s'opposer à la pullulation de tous les ravageurs. Hélas, ces insecticides nouveaux furent utilisés de façon tellement intensive et même abusive que leur insuffisance et leurs inconvénients sont vite apparus.

En effet, un insecticide chimique est un produit issu de la synthèse chimique (composé synthétique ou héli-synthétique) qui a la propriété de tuer les insectes, à court ou à long terme. Traditionnellement, la classification des insecticides de synthèses était basée selon leur mode d'entrée à l'intérieur de l'organisme cible. Pour cela, on distingue les insecticides stomacaux qui doivent être ingérés, les insecticides de contact qui tuent l'insecte en pénétrant à travers la cuticule et les insecticides fumigènes qui agissent par absorption par le système trachéen. Actuellement on les regroupe en insecticides organiques qui sont des molécules carbonées synthétisées et en insecticides inorganiques ou minéraux car plusieurs d'entre eux peuvent utiliser divers modes d'entrée à l'intérieur de l'organisme (Dajoz, 1969).

Il est aujourd'hui de plus en plus courant, de classer les insecticides organiques chimiques dans trois catégories. Selon Wood (2004), la première et la deuxième génération comprennent le dinitro-orthocrésol (DNOC), les organochlorés (DDT, Lindane, Endosulfan), les organophosphorés (Dichlorvos, Chlorpyrifos, Phosalone et Phosmet) et les carbamates (Carbaryl, Aldicarbe, Méthomyl et Propoxur) figure 10a.



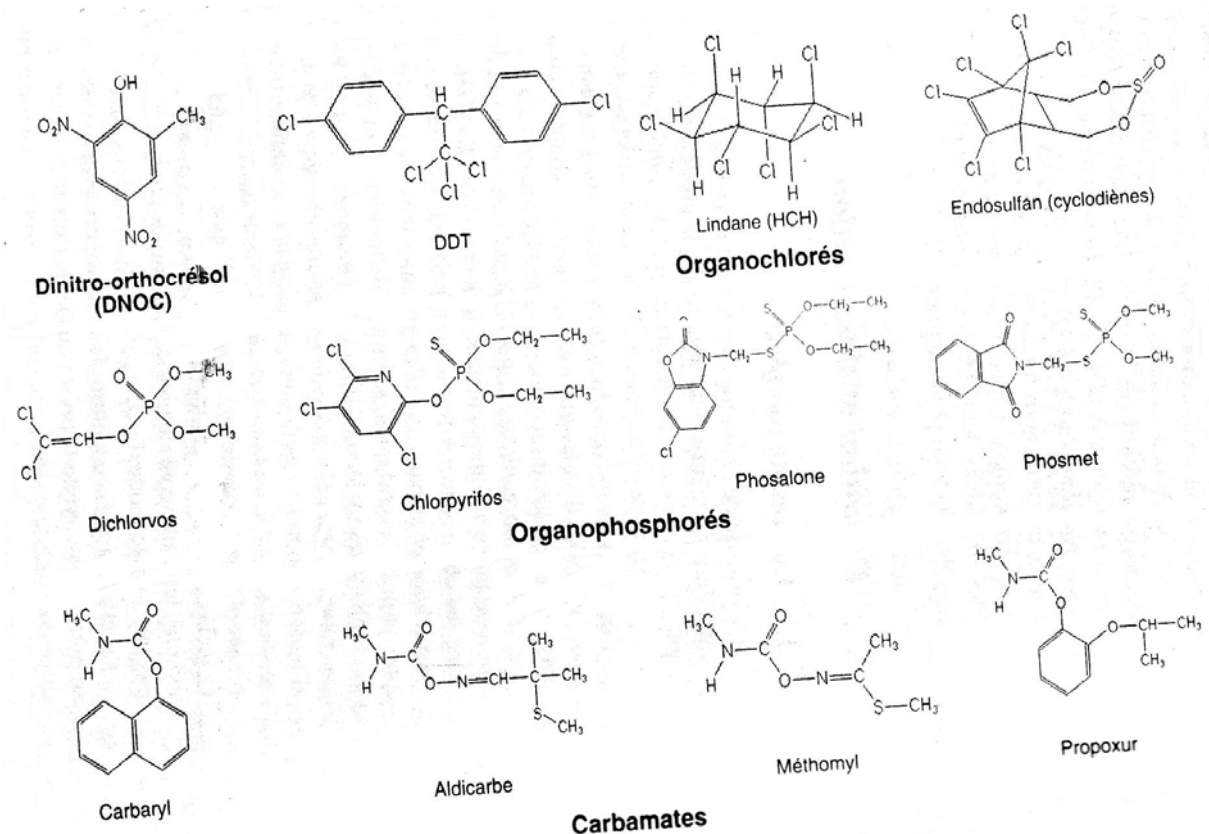


Figure 10 a : Insecticides organiques de synthèse de la première et deuxième génération (Wood, 2004)

Firn (2003) classe dans la troisième catégorie tous les composés apparus sur le marché à partir des années 70. Y sont répertoriés les pyréthriinoïdes (alléthrine, cyperméthrine, cyfluthrine, esfenvalérate), mais aussi les phénylpyrazoles (fipronil), les néonicotinoïdes (imidachlopride, clothianidine) Ware, 1999. D'autres auteurs, en particulier Williams (1967), considèrent comme appartenant à la troisième génération, les régulateurs de croissance de l'insecte (RCI) qui sont des analogues d'hormones (figure 10 b). Les plus récents sont les diacylhydrazines (tébufénosizide), le fénoxycarbe et le pyriproxifène (Dhadialla *et al.*, 1998).

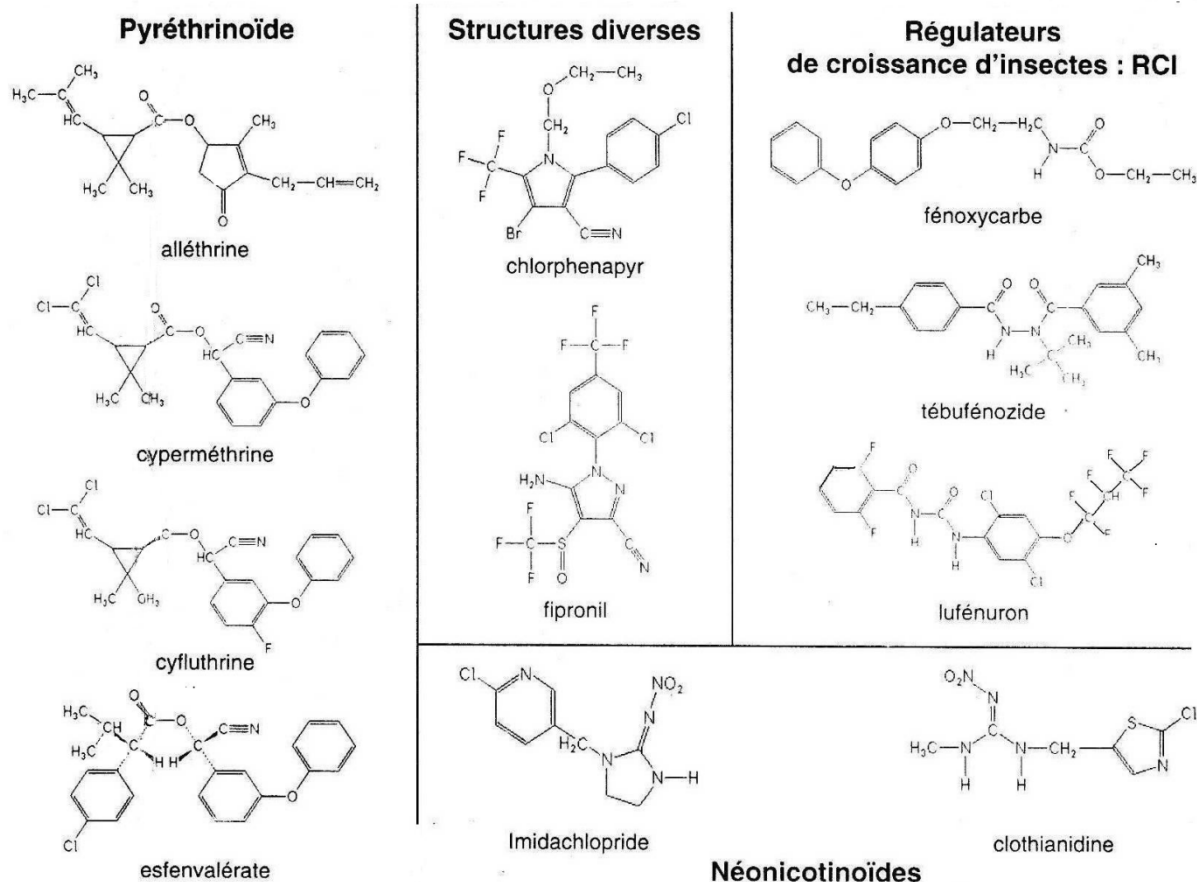


Figure 10 b : Insecticides organiques de synthèse de la troisième génération (Wood, 2004)

La lutte chimique contre les ravageurs des cultures des stocks, des semences et des forêts, ainsi que contre les vecteurs de maladies, a ajouté à l'environnement des quantités importantes parfois très considérables de molécules non biodégradables. Ces produits sont, par définition, des toxiques pour les organismes et ils en affectent un grand nombre, visés ou non visés, directement ou indirectement. Ils sont actuellement en butte à des contraintes majeures (coût onéreux, persistance, résistance, toxicité et risques etc....) et posent un problème de contamination à court ou à long terme, selon la nature des molécules utilisées dans les traitements et selon la manière avec laquelle ils sont appliqués.

En effet, on s'est aperçu que ces produits ne sont pas dégradés, qu'ils subissent une concentration successive tout au long de la « chaîne alimentaire » et entraînent une action indirecte sur les équilibres biologiques. On entend par résistance la faculté qu'acquiert certains individus, races ou souches, de tolérer une dose de substance toxique qui aurait provoqué un effet léthal chez la majorité des organismes composant la population normale de

la même espèce. La résistance trouve son origine dans les modifications génétiques aboutissant à des mutations qui rendent les individus résistants à un pesticide. Ces nouveaux allèles se transmettent ensuite de génération en génération, et la résistance se développe au sein des populations par l'élimination progressive des génotypes sensibles effectuée par des traitements successifs. Le pesticide ne crée donc pas la résistance mais il la sélectionne. Au niveau génétique, les résistances aux pesticides résultent donc de mutations ponctuelles entraînant des modifications de structure des gènes et de phénomènes d'amplification génique, qui modifient la production des enzymes de détoxification. Ces modifications génétiques font jouer plusieurs mécanismes simultanément ou de façon isolée qui entraînent :

- des diminutions de la vitesse de pénétration des pesticides chez l'organisme cible ;
- des augmentations des vitesses de dégradation et d'élimination des produits (résistances métaboliques);
- des modifications de la structure des cibles du toxique (résistance aux insecticides organophosphorés et carbamates, aux fongicides benzimidazoles ou aux herbicides triazines).

La toxicité de ces produits préoccupe toujours les agronomes et paysans. Ainsi il faut distinguer la toxicité aiguë et la toxicité chronique ou à long terme. Les intoxications du premier type se manifestent rapidement après l'absorption de doses relativement importantes par l'utilisateur et son entourage. Les intoxications à long terme surviennent après des absorptions longtemps répétées de petites doses. Les risques de ce type pourraient résulter de la présence de résidus dans les aliments.

Pour minimiser tous les effets non intentionnels des pesticides organiques de synthèse et empêcher leur impact sur les écosystèmes et la faune, il est impérieux que l'on fasse davantage appel à des méthodes de lutte alternative moins toxiques à l'homme et à son environnement. L'utilisation des plantes à effet répulsif et ou insecticide constitue une des diverses méthodes alternatives innovatrices de lutte qui nous montrent la voie à suivre pour protéger les stocks alimentaires ainsi que tous les éléments de notre environnement.

## IV. PRESENTATION DES PLANTES À SUBSTANCES BIOCIDES

### IV.1. *Calotropis procera* AIT. (Asclépiadaceae)

*Calotropis procera* de son nom en langue nationale “Poftan ou Faftan” en Wolof, appartient à la famille des Asclépiadacées. C’est une plante répandue dans toute l’Afrique intertropicale, surtout dans les régions sèches (G.R.I.P.T. 2001).

#### IV.1.1. Description botanique



Figure 11a : Pied de *Calotropis procera* (Ait)



Figure 11b : Fruits de *C. procera*



Figure 11c : Fleurs de *C. procera*

*Calotropis procera* est un arbuste à cime irrégulière d’environ 2 à 5 m de haut, très riche en latex. La tige est cylindrique. L’écorce de couleur grise à beige clair avec la tranche jaune est liégeuse, épaisse et craquelée de façon particulière. Le latex est blanc. Les rameaux sont finement pubescents et glauques. Les feuilles, simples, grandes et opposées, sont laineuses sur leur face inférieure et se présentent sous une couleur vert glauque. Le limbe sessile, ovale,

légèrement cordé à la base, est arrondi ou légèrement acuminé au sommet et mesure en moyenne 20 cm de long et 10 cm de large. Il comporte des nervures plus ou moins palmées à la base, une nervure centrale épaisse et 8 à 10 paires de nervures secondaires peu saillantes se raccordant vers le sommet (Berhaut, 1975; Dièye, 1990 ; Dieng, 1993) .

La plante présente une inflorescence à cyme ombelliforme de 10 cm de large, disposée à l'aisselle des feuilles. La fleur, est de couleur blanche, violine ou pourpre avec une corolle large de 2 à 3 cm, formée de 5 pétales portant une tâche violacée au sommet. Le calice est gamosépale, les pédicelles longs de 10 à 20 mm. Le fruit est un follicule verdâtre, ovoïde, gonflé d'air, lâchement et mollement fibreux à l'intérieur. Il a la taille d'un poing de l'adulte, les enfants l'utilisent comme un ballon de football (Arbonnier, 2002).

Les graines nombreuses à l'intérieur du follicule sont aplaties et surmontées d'une aigrette (touffe de soies) blanche. La floraison se fait toute l'année, aussi bien en saison sèche qu'en saison des pluies. La reproduction se fait par les graines (Nacoulma, 1996).

#### IV.1.2. Position systématique et distribution géographique

La position systématique de *C. procera* est la suivante :

- ⇒ Embranchement des Spermaphytes
- ⇒ Sous embranchement des Angiospermes
- ⇒ Classe des Dicotylédones
- ⇒ Sous classe des Gamopétales
- ⇒ Série des Superovariées tétracycliques
- ⇒ Ordre des Gentianales
- ⇒ Famille des Asclépiadacées
- ⇒ Genre : *Calotropis*
- ⇒ Espèce : *procera*

Noms de la plante en français et en langues nationales (Berhaut, 1971)

Français : arbre de soie, pommier de sodome

Wolof : faftan, poftan

Sérère : mbodafot, mbodambod, mindafiel

Peulh : bambambi, poré, bavan, buran

Bambara : fogofogo, ngeyi, tomondeke

Diola : kakod, but ntat ...

C'est une plante cosmopolite sub-spontanée des régions méditerranéennes, caractéristique des zones sahéliennes. *C. procera* est régulièrement réparti, on le rencontre dans les marnes de Dakar et ses voisins où il forme de véritables peuplements. On le retrouve sporadiquement dans la vallée de la Falémé. L'espèce est absente exceptionnellement dans le centre du Sénégal et réapparaît à l'Est (Ramlaoui, 1983).

*C. procera* pousse sur les terrains en jachère en toute saison, s'adapte bien à la sécheresse et aux feux de brousse. Sa grande vivacité en fait une plante indicatrice de désertification. L'espèce n'est pas fourragère mais indicatrice de pâturage.

#### IV.1.3. Usages et intérêts

Les parties utilisées en générale sont les feuilles, le latex, les racines, les écorces, et les tiges.

➤ Au Sénégal, les poudres de racines et/ou d'écorces sont utilisées :

- comme purgatif, émétique et contre-poison dans du lait frais ou caillé,
- comme traitement des états anxieux et folie dans la région du fleuve,
- comme composition anti-lépreuses et antisypilitiques, en usage externe au Walo et

au Cayor (G.R.I.P.T, 2001). Elles sont également utilisées en Inde pour combattre la lèpre, l'Eléphantiasis et la Dysenterie (Dièye, 1990).

La poudre sèche obtenue à partir de la tige stomachique est anti-diarrhéique. Les feuilles et le latex sont d'une grande importance. Une macération aqueuse de feuilles est un bon vermifuge contre les vers de guinée. Le latex est très utile comme cicatrisant et antiseptique. Il est utilisé également pour cailler le lait et épiler les peaux (Berhaut, 1975).

➤ Au Mali, le bois et l'écorce sont donnés aux vaches pour augmenter la lactation. Le bois très léger donne un charbon de bois pour usages spéciaux. On l'utilise pour allumer le feu ou pour les flotteurs des filets de pêche. Les perches sont utilisées par endroits dans la construction, pour les toits légers. Il résiste aux termites (G.R.I.P.T, 2001, Berhaut, 1971).

➤ Au Burkina Faso, les racines de *C. procera* en macération associées aux racines sèches de *Nauclea latifolia* Sm. (Rubiaceae) et de *Gardenia ternifolia* Schum. (Rubiaceae) en quantités égales, sont utilisées contre les douleurs ostéo-articulaires de la crise drépanocytaire en bain et massage des articulations (Parvais, 2000). Les feuilles, les écorces et les racines sont employées pour combattre divers maux au plateau mossi : douleurs rhumatismales, céphalées, diarrhées, syphilis, épilepsie, dermatose, asthme etc. (Parvais, 2000). Le latex en usage externe est antiseptique, cicatrisant, antifilariose et antiprotozoose (Nacoulma, 1996).

➤ Au Togo, les feuilles et les racines de la plante entrent dans de nombreuses médications. En macération aqueuse avec le fruit de *Cola nitida*, les feuilles sont conseillées

en cas de menace d'avortement. Elles sont mâchées et avalées dans les envenimations par morsure de serpent. Séchées et pulvérisées, elles sont proposées contre les crises d'asthme. Le décocté aqueux est bu pour traiter la coqueluche et la tuberculose. Les racines également sont anti-asthmatiques seules et entrent dans le traitement de la folie (G.R.I.P.T, 2001).

➤ Au Bénin, les feuilles en décoction aqueuse *per os*, sont indiquées pour le traitement de la toux, des filarioses et de l'anasarque. L'infusion et le décocté des feuilles sont utilisés respectivement dans le traitement de l'hypertension artérielle et de l'œdème. Le latex est appliqué localement sur la dent malade. La poudre de racine est conseillée à la femme présentant une dystocie (G.R.I.P.T, 2001).

➤ Au Niger, les propriétés magiques de la plante sont signalées, le latex est utilisé pour cailler le lait (G.R.I.P.T, 2001).

#### IV.1.4. Composition chimique

*C. procera* a donné lieu depuis fort longtemps à des travaux de recherches. Les premiers publiés ont été cités ou repris dans les travaux de certains auteurs notamment Hans-Dieter Neuwinger (1990), Dièye (1990) etc....

Le tableau 1 récapitule les données phytochimiques obtenues dans les différentes parties de la plante à savoir feuilles, tiges, racines, fleurs, fruits et latex. Quelques exemples de structures chimiques des composés de *C. procera* cités dans le tableau 1, sont indiqués à la suite.

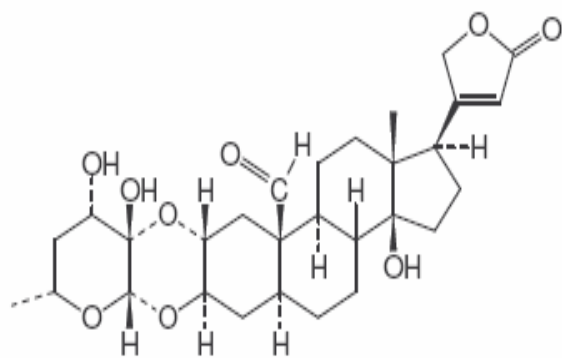
Tableau 1 : Constituants chimiques isolés des feuilles, des tiges, des racines, des fleurs, des fruits et du latex de *Calotropis procera* Ait. (Hans-Dieter Neuwinger, 1990).

Parties de la plante	Groupes de substances	Substances isolées	Références
FEUILLES	Cardénolides	Calotropine (0.165%), Calotropagénine (0.087%)	Hesse & Reicheneder (1936)
		Ucharine, Ucharidine, Calotropine, Calotoxine, Uzarigénine, Acide-19-calotropine	Brüschweiler (1969)
	Polysaccharide	Proceroside D-glucose + D-arabinose + D-glucosamine + L-rhamnose	Qudrat-I-KHuda & Amir (1969)
TIGES	Glycosides cardiotoniques	Ucharidine, Calotropine, Proceroside	Erdman (1983)
	Cardénolides	Calotoxine, Calactine, Ascléposide, Uzarigénine, Calotropagénine, Coroglaucigénine	
RACINES	Glycosides	Mudarine, Calotoxine, Calactine	Duncan (1829)
		Glycoside C <sub>21</sub> -stérolique, Benzoylisolinéolone	Chandler <i>et al.</i> (1967)
	Digitanols	Rutine 1.66% (quercétine-3-rhamnose)	Saxena <i>et al.</i> (1979)
	Triterpène	$\alpha$ -amyrine	
FLEURS	Flavonoïde	Rutine 7.66%	Lal <i>et al.</i> (1985)
	Anthocyanine	Cyanidine-3-rhamno-glucoside	Khan <i>et al.</i> (1989)
	Stérol	Procestérol	
FRUITS	Cardénolides	Coroglaucigénine (1%), Uzarigénine (0.17%), Calactine (0.17%), Calotropagénine (0.08%), Calotropine (0.08%)	Erdman (1983)

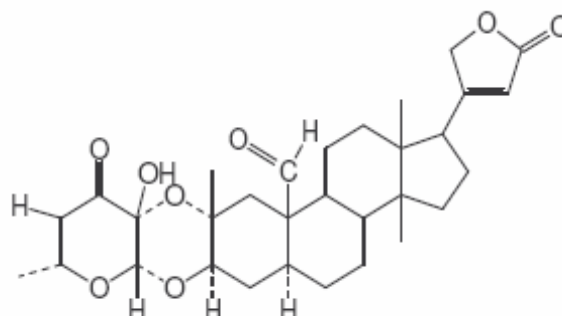


LATEX	Stérol	Taraxastérol ( $\alpha$ -lactucérol)	Lewin (1913)
		$\beta$ -sitostérol, Stigmastérol,	Hilal & hougken (1983)
		Taraxastérol, O-acéthyl-taraxastérol	Saber (1968)
	Acides triterpéniques	Acide isovalérique, Acide pyrotérébique Acide méthylréductique	Lewin (1913)
	Hétérosides cardénolides	Calotropine, Calotropagénine, Calotoxine, Calactine	Hesse <i>et al.</i> (1941)
	Alcaloïdes	Uscharine, Uscharidine, Voruscharine	
	Alcaloïdes	$\alpha$ -amyrine et $\beta$ -amyrine	Khan (1990)
	Triterpènes pentacycliques	Calotoxine, Calactine	Brüschweiler (1969)
	Protéase	Choline	Atal & Sethi (1962)
Enzyme protéolytique	Calotropaïne	Atal & Sethi (1962)	

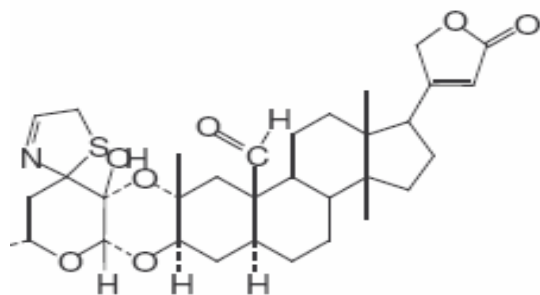
NB : Quelques structures chimiques des composés de *Calotropis procera* Ait.  
(Hans- Dieter Neuwinger, 1990).



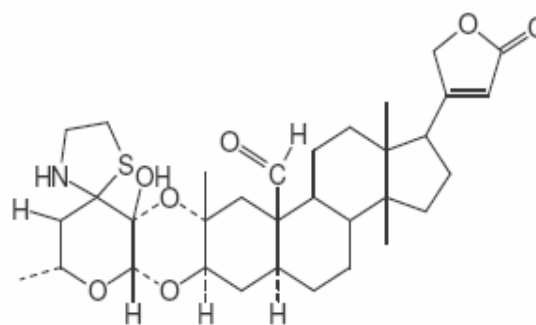
Calotropine



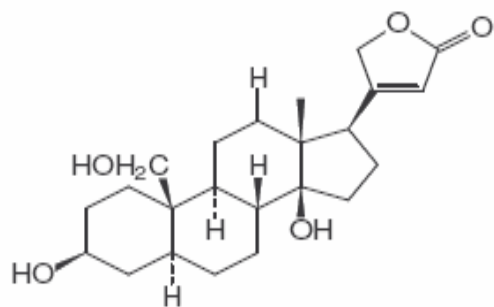
Uscharidine



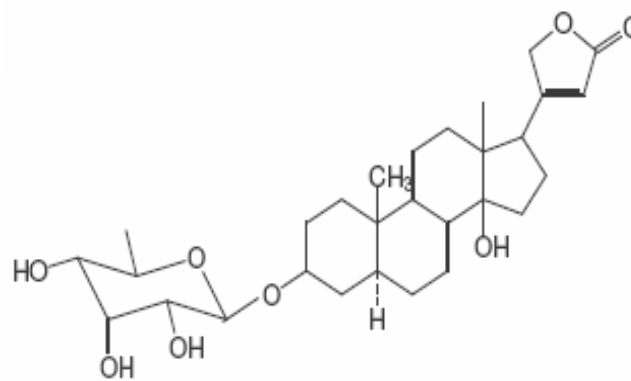
Uscharine



Voruscharine



Coroglaucigerine



Ascléposide

## IV.2. *Senna occidentalis* Link (Césalpiniacées)

### IV.2.1. Description botanique



Figure 12 : a. Plant de *Senna occidentalis*

b. Branches de *S. occidentalis* montrant feuilles, fleurs et gousses

*S. occidentalis* est une plante herbacée ou un sous arbrisseau, dressé, annuel ou vivace, haut de 50 cm à 1.5 m en moyenne. Les racines à écorce noirâtre sont ramifiées et épaisses tandis que les tiges sont vertes pubescentes et cylindriques. Les feuilles composées généralement paripennées sont alternes avec un long rachis (L= 10 à 25 cm) ; rachis et pétiole sont souvent rougeâtres ; présence de deux stipules triangulaires et d'une glande à la base du pétiole. Elles présentent 4 à 6 paires de folioles (d'environ 3 à 8 cm de long et 15 à 40 mm de large) opposées, ovales acuminées au sommet et légèrement duveteuses en dessous. Elles dégagent une forte odeur caractéristique lorsqu'on les froisse.

*S. occidentalis* est caractérisé par une floraison en début de saison des pluies. Les fleurs sont portées en courtes grappes (d'environ 2 à 4 cm de long) et présentent une corolle jaune à 5 pétales inégaux. Les fruits sont des gousses (d'environ 15 cm de long), aplaties, étroites et nettement articulées présentant un apex pointu et elles renferment 20 à 30 graines brunes irrégulièrement rondes. Ces gousses présentent une coloration double lorsqu'elles sont sèches ; marron clair et brun foncé au centre. (Tilna, 1991 ; Seck, 1991 ; Ghesquier-Everaert, 1981 ; Benkhaled, 1984).

#### IV.2.2. Position systématique et distribution géographique

La position systématique qui est actuellement retenue de *Senna occidentalis* est la suivante :

- ⇒ Embranchement des Spermaphytes
- ⇒ Sous embranchement des Angiospermes
- ⇒ Classe des Dicotylédones
- ⇒ Sous classe des Dialypétales
- ⇒ Serie des Caliciflores
- ⇒ Ordre des Rosales
- ⇒ Super famille des Légumineuses
- ⇒ Famille des Césalpiniciées
- ⇒ Nom : *Senna occidentalis* (L.)

L'espèce présente une synonymie qui est la suivante :

- *Cassia caroliniana* Walter
- *Cassia ciliata* Raf.
- *Cassia falcata* L.
- *Cassia foetida* Pers.
- *Cassia macradenia* Colladon
- *Cassia obliquifolia* Schrank
- *Cassia occidentalis* L.
- *Cassia planisiliqua* L.
- *Ditramexa occidentalis* (Britton & Rose).

Noms de la plante en français et langue nationale :

Français : Herbe puante, café nègre, faux kinkéliba

Wolof : Bamtamaré, Xob bu adiana, Bâté, Bâta

Pular : Tasbati, Câbali, Alidanawo

Serer : Ben féné, Bénékéné, bétaféné, nani

*S. occidentalis* est une espèce pantropicale, mais probablement originaire d'Amérique du Sud et naturalisée à Madagascar. Très visibles aux abords des villages, on les rencontre partout au Sénégal : dans les terrains vagues, les décombres autour des lieux habités, mais surtout sur les hauts plateaux. Ce sont des plantes de plein soleil, résistantes à la sécheresse.

#### IV.2.3. Usages et intérêts

*S. occidentalis* présente un intérêt capital, il est employé presque partout en médecine, dans l'alimentation mais également comme protecteur des cultures.

Sur le plan médical *S. occidentalis* est considéré en Afrique et aux Antilles comme un bon fébrifuge et sudorifique (provoque une transpiration abondante). Il est utilisé contre les parasites de la peau, au Nigeria et aux Indes. Au Sénégal, *S. occidentalis* est utilisé pour le traitement de la blennorragie (Dièye *et al.*, 1993).

➤ Les racines : le macéré aqueux des racines conservé trois jours est indiqué contre la gonococcie, les infections urogénitales et l'hématurie (Kerharo, 1974.). En Afrique de l'Est, les maux de ventre tenaces sont traités avec une macération aqueuse de racine. Les racines sont employées comme antipaludique et fébrifuge, elles sont également diurétiques et toniques. L'alcoolature de racine est utile en friction dans les douleurs rhumatismales.

➤ Les feuilles sont utilisées contre la coqueluche, la bronchite, l'anémie, le paludisme et comme laxatif et dépuratif (Fortin *et al.*, 1990). Les Diolas (Ethnie en majorité au sud du Sénégal) attachaient les feuilles sur la tête à l'aide d'un foulard pour lutter contre les maux de tête et la migraine. Pour soigner la conjonctivité, ils écrasent les feuilles et retirent le suc qu'ils instillent directement dans les yeux ou alors ils laissent macérer les feuilles avec une feuille de tabac dans un canari tout neuf, le macéré est utilisé en instillation oculaire. Mélangées à l'huile de palme ou à celle du touloucouna, elles sont utilisées en application locale contre les panaris (Bassène, 1991).

Au Cameroun, le décocté aqueux des feuilles aurait des propriétés anti-inflammatoires. En Afrique de l'Est, les feuilles pilées sont appliquées en cataplasme sur les oedèmes pour les réduire et sur les abcès pour les faire mûrir. Elles sont aussi placées sur les plaies du ver de guinée pour provoquer son expulsion (Fortin *et al.*, 1990).

➤ Les graines sont très souvent utilisées contre la gale et l'eczéma. Les graines torréfiées et réduites en poudre sont antiasthmatiques. En effet, 1 g de poudre dans un verre d'eau chaude 3 fois par jour calme les crises d'asthme. La macération des graines de *S. occidentalis* dans de l'eau avec des clous de girofle est frictionnée sur les parties enflées de la goutte et des rhumatismes (Lavergne & Vera, 1989)

Sur le plan alimentaire, les graines torréfiées sont utilisées comme succédané de café. Les jeunes feuilles et pousses sont consommées dans les sauces dans certains pays africains.

Dans le domaine agricole, l'espèce est considérée comme une plante fertilisante, qui possède également des propriétés insecticide et nématocide.

#### IV.2.4. Composition chimique

*S. occidentalis* est d'autant plus répandu qu'il a longtemps suscité l'intérêt des chimistes à élaborer plusieurs travaux en vue de déterminer ses principaux constituants chimiques.

Anton & Duquenois (1968) ont repris, sur des échantillons de plusieurs provenances, l'analyse des organes de la plante (graines, racines et feuilles...) en vue de préciser la nature des dérivés anthracéniques et des flavonoïdes. En dehors des toxalbumines de la graine, les alcaloïdes sont de loin les plus importants.

##### ➤ Les graines

Des travaux anciens ont été réalisés en France au début du XX<sup>ème</sup> siècle par Clouet (1875) d'abord, puis par Heckel & Schlagenhaußen (1887) pour déterminer la composition des graines en, cendre, tanins, matières grasses, glucides, fraction solubles dans divers solvants. Clouet avait trouvé de l'acide chrysophonique et de l'achrosine dans la graine. Par la suite Valerie & Gimeno (1952) confirmèrent par des tests, la présence d'alcaloïdes. Kim *et al.* (1971) isolèrent la N-méthyl-morpholine identifiée par comparaison avec échantillon d'alcaloïde synthétique.

En tenant compte de toutes ces études antérieures entreprises, on peut actuellement retenir les principales substances contenues dans la graine de *S. occidentalis* :

- ❖ la toxalbumine qui est une substance de nature albuminoïde. Cette toxalbumine porte le nom de cassine. Elle est détruite par la chaleur et le formol.

- ❖ un alcaloïde : le N-méthyl morphine

- ❖ des dérivés anthracéniques : l'acide chrysophonique, l'émodine, la rhéine, dérivé de la 1-8 dihydroxyanthraquinone, physcion. Anton & Duquenois (1968) ont montré que le physcion existerait dans la graine sous les trois formes : dianthrone, anthronique et anthroquinonique. La teneur totale en dérivés anthracéniques varie en fonction du secteur géographique mais elle ne dépasse pas 1% dans tout les cas. (Nogueira Prista *et al.*, 1959).

Les graines de *S. occidentalis* contiennent en outre des lipides et protéines. Elles renferment :

- ❖ des composants essentiels et une huile volatile

- ❖ des acides gras (acide palmitique, acide lignocérique, acide oléique, acide linoléique, linoléinique), du mucilage

- ❖ des matières azotées (acide glutamique, acide aspartique, arginine, leucine, serine, proline).

La graine est surtout riche en protéines et en acides gras. Elle renferme peu de dérivés anthracéniques.

##### ➤ Les feuilles

Dans les feuilles et selon les échantillons analysés on a trouvé des dérivés anthracéniques. Nogueira Prista *et al.* (1959) ont décelé la présence d'acide chrysophanique, d'émodyne et de composé voisin de la 1-8-dihydroxyanthraquinone. Mais l'essentiel des découvertes ont été faites par Anton & Duquenois, 1968 qui ont signalé que les feuilles renfermaient un mélange de C-flavonoïdes (flavone : phényl 2-chromone) de l'Apigénine (Trihydroxy, 5-7-4 flavone) parmi lesquels la Vitexine (8C glucosyl apigénine) et un C-hétéroside de celle-ci. Une huile volatile a été isolée par Gain *et al.* (1960).

➤ Les racines

Dans les racines, Anton & Duquenois (1968) ont mis en évidence de nombreux hétérosides d'homo et d'hétéro-anthrones. Cette composition chimique des racines varie en fonction de leur âge.

Par exemple les racines jeunes contiennent essentiellement les composés suivants :

- ❖ Chrysophanol, Emodine, Rhéine,  $\alpha$  hydroxyanthraquinone.

Les racines âgées quand à elles renferment :

- ❖ le dérivé voisin de la 1-8-dihydroxy-anthraquinone,
- ❖ le physcion qui apparaît dans les racines sous de multiples formes, libre et hétérosidique, réduite et oxydée.

L'étude chimique du *S. occidentalis* est très intéressante du fait de la diversité des constituants chimiques. On retiendra surtout l'abondance ou la présence de dérivés anthracéniques dans toutes les parties de la plante.

## V. QUELQUES EXEMPLES DE PRINCIPES ACTIFS

La biochimie travaille sur les organismes animaux et végétaux, ce qui suppose un travail préliminaire qui consiste à récolter des échantillons biologiques, à les traiter et à les conserver jusqu'à leur extraction et isolement pour empêcher les phénomènes de dégradations pouvant affecter les composés chimiques que renferment ces échantillons biologiques récoltés. Les méthodes d'études en biochimie regroupent un grand nombre de techniques : les protocoles d'extraction, de caractérisation, de séparation et d'identification.

Ces procédés nombreux et variés permettent la détermination de certains métabolites secondaires végétaux tels que les alcaloïdes, les substances polyphénoliques (tanins, flavonoïdes), les dérivés anthracéniques, les stérols et terpènes, les saponides et les huiles essentielles (Basséne, 2001).

## V.1. Les alcaloïdes

Les alcaloïdes sont définis comme des molécules organiques hétérocycliques azotées d'origine naturelle pouvant avoir une activité pharmacologique. Leurs propriétés sont généralement variées et dépendent de leurs composantes chimiques. La plupart possèdent une activité biologique marquée qui a suscité de longue date un intérêt thérapeutique. De nombreux alcaloïdes comme la quinine, la morphine et l'atropine, ont un usage médical. On les trouve, en tant que métabolites secondaires, principalement chez les végétaux, les champignons et quelques groupes animaux peu nombreux.

Les alcaloïdes possèdent en général un  $pK > 8.0$  et sont extractibles par des solvants organiques ou par distillation après traitement par un alcali (potasse, soude...). Les deux méthodes classiques d'extraction des alcaloïdes mettent à profit la différence de solubilité des alcaloïdes bases et des alcaloïdes sels :

- à l'état de bases, les alcaloïdes sont solubles dans les solvants organiques et insolubles dans l'eau.

- à l'état de sel, les alcaloïdes sont solubles dans l'eau et insolubles dans les solvants organiques (Bassène, 2001).

La caractérisation générale ou spécifique des alcaloïdes se fait respectivement par des réactions de précipitation et de coloration. Ils ont longtemps été catégorisés et nommés en fonction du végétal ou de l'animal dont ils étaient isolés. Néanmoins, on les catégorise habituellement en fonction de leur structure chimique. Par exemple, les alcaloïdes indoliques sont dérivés du tryptophane et souvent de monoterpènes, c'est le cas de la quinine et des alcaloïdes de la pervenche de Madagascar (*Catharantus roseus*) tel que la vinblastine. Leur synthèse implique la tryptamine (issue de la décarboxylation du tryptophane) et la sécologanine (un dérivé monoterpénique). Les alcaloïdes de la famille de la berbérine sont dérivés de l'acide aminé tyrosine. L'intermédiaire réticuline est à l'origine non seulement de la berbérine mais aussi de la morphine, de la codéine autre sanguinarine. Les amines (dérivées de la putrescine) sont des dérivés d'acides aminés (hordénine, mescaline, éphédrine, galégine).

Parmi ces composés cités précédemment, voici quelques exemples de structures chimiques.



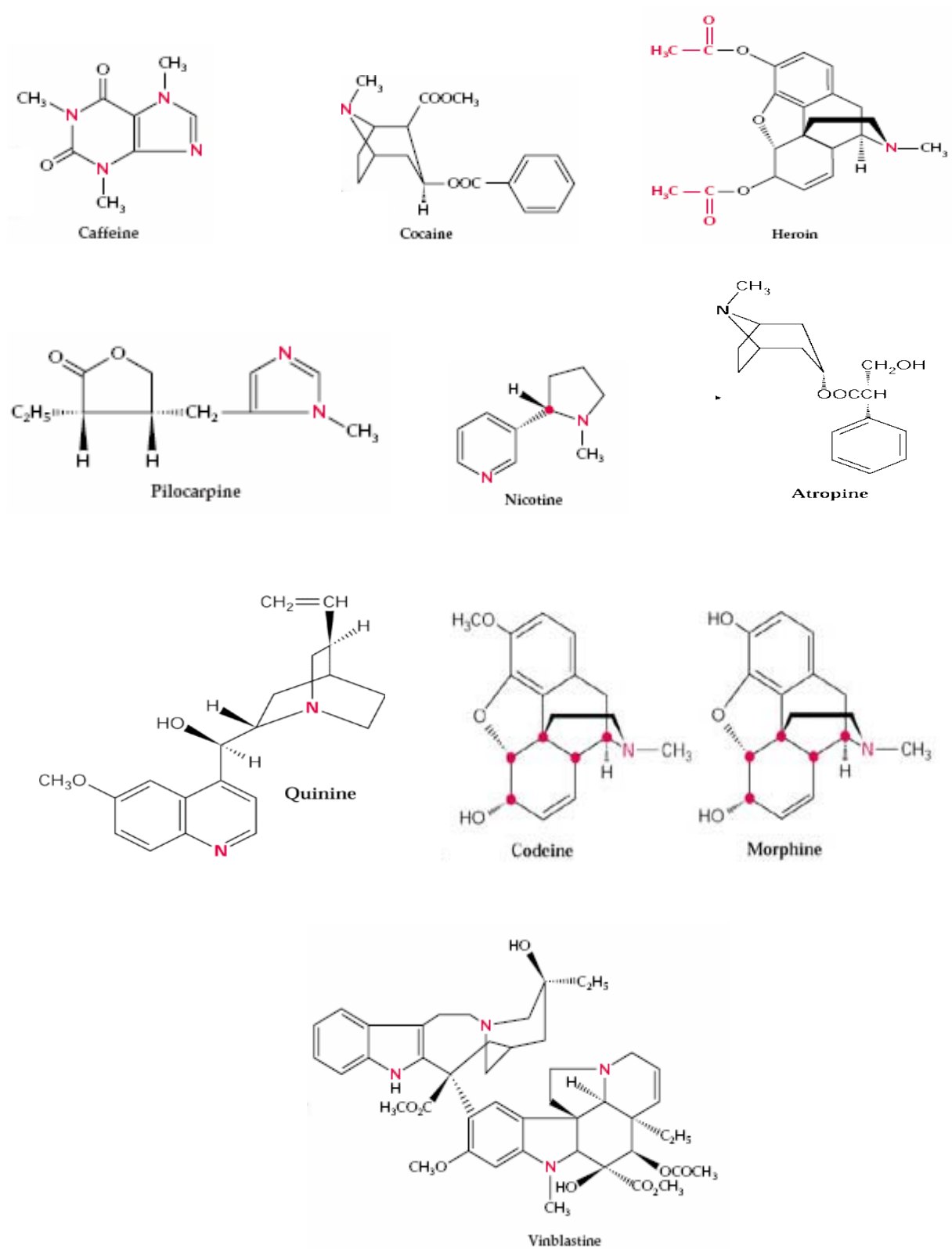


Figure 13 : Quelques exemples de structures chimiques d'alcaloïdes

## V.2. Les substances polyphénoliques

Les composés phénoliques sont des molécules organiques comprenant un noyau aromatique (benzène) et au moins un groupement alcool (OH). Plusieurs classes de composés phénoliques antioxydants ont été déterminées et peuvent être séparées entre les flavonoïdes (groupe le plus important) et les non-flavonoïdes. Les classes les plus significatives des substances phénoliques sont : les acides-phénols, les flavones, les anthocyanes, les tanins. Ces derniers, communément appelés polymères de flavonoïdes, sont formés de l'enchaînement de 2 ou plus (jusqu'à 10) molécules élémentaires de flavanols (catéchines).

### V.2.1. Les Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés phénoliques extractibles par l'alcool ou par l'eau chaude ; ils sont peu solubles dans l'eau froide. Les flavonoïdes sont d'origine strictement végétale ; mais ils ne sont pas présents chez les micro-organismes, champignons et lichens. On les retrouve dans les fruits, les légumes, le thé et le vin (Bossokpi, 2002). On désigne sous le terme de flavonoïdes plusieurs groupes de substances telles que les flavonols, les flavanones, les anthocyanidols, pouvant être rattachées par leur structure à la flavone (figure 14). Les pigments flavonoïdes sont hydrosolubles, associés souvent à la vitamine C au sein des végétaux et responsables de la coloration de nombreuses fleurs et de leurs fruits, et parfois des feuilles, jeunes ou sénescents (Archier, 1992 ; Alonso *et al.*, 1986). Leur rôle biologique est mal connu. Cependant, ils jouent un rôle très important dans le traitement des inflammations, des hépatites, des tumeurs, de l'hypertension, des thromboses, des allergies, des affections bactériennes (Anderson *et al.*, 1996). On pense qu'ils pourraient intervenir dans les chaînes d'oxydoréduction, et par là exercer une influence, mise en évidence dans certains cas, sur la respiration, la croissance et la germination. Ils ont un rôle anti-oxydant important et des études récentes montrent qu'une consommation fréquente de ces substances (dans les fruits, agrumes, légumes, thé) réduit la fréquence des pathologies cardio-vasculaires (Masquelier, 1992).

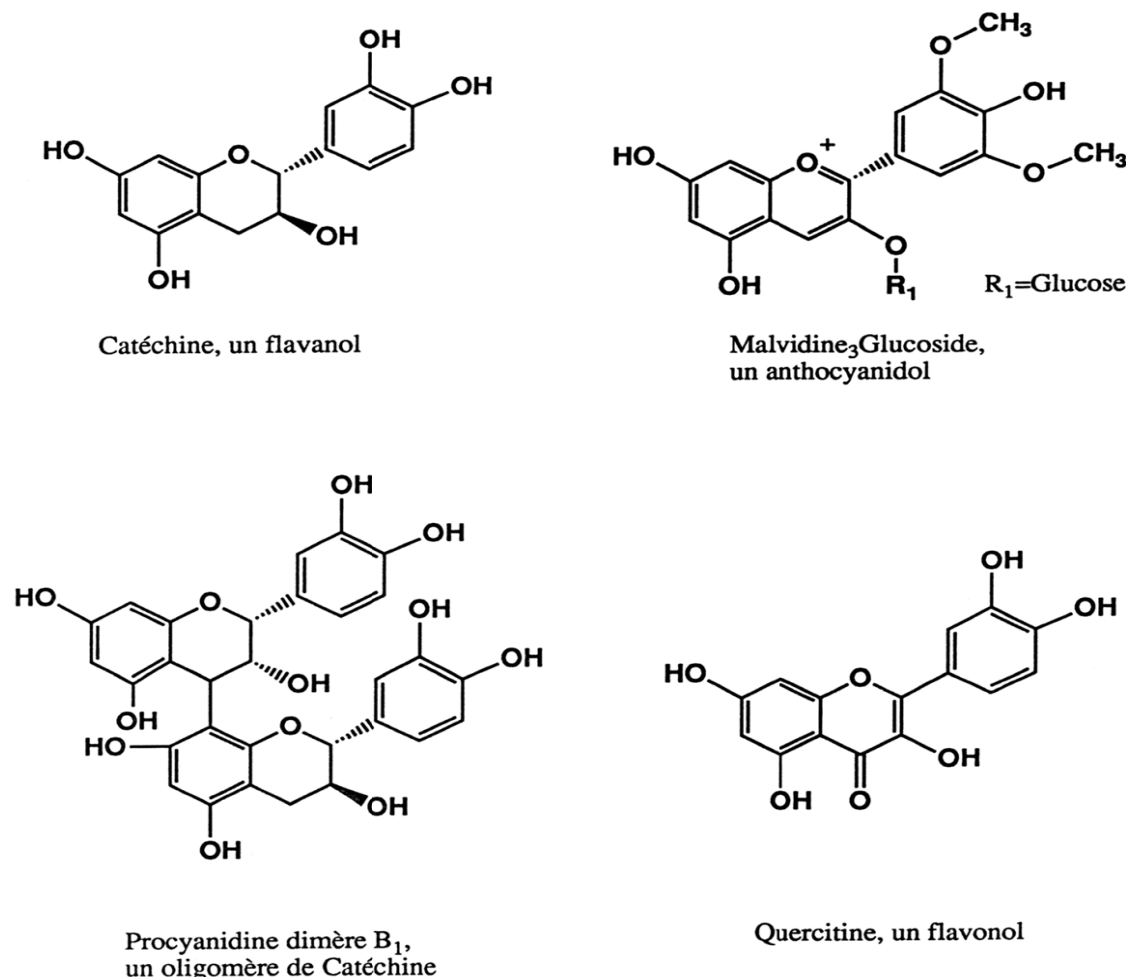


Figure 14 : Quelques structures chimiques de phénoliques flavonoïdes

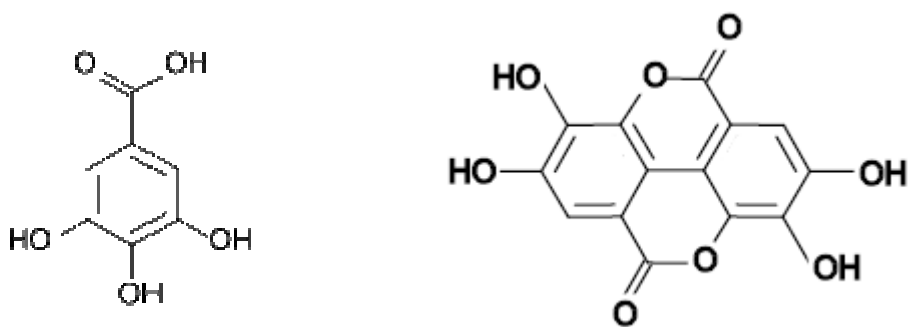
### V.2.2 Les tanins

Les tanins sont des composés polyphénoliques ayant la propriété de tanner la peau, c'est-à-dire de la rendre dure et imputrescibles en se fixant sur les protéines. On les trouve dans pratiquement toutes les plantes supérieures (Zucker 1983), et dans toutes les parties (écorces, racines, feuilles). Les tannins, dérivés de l'acide gallique et d'autres acides polyphénoliques, ne sont pas exactement des acides, mais ils résultent de l'estérification, par ces acides, des fonctions alcooliques du glucose. Leur structure chimique est très variable, mais comporte toujours une partie polyphénolique. On distingue deux grands groupes de tanins :

- Les tanins hydrolysables ou tanins pyrogalliques, qui donnent après hydrolyse soit de l'acide gallique (gallotannin), soit de l'acide ellagique. Ce sont des esters d'oses et d'acides phénols (Harborne 1982).
- Les tanins condensés, non hydrolysables ou tanins catéchiques forment le groupe le plus important et ils sont présents dans plusieurs espèces de plantes vasculaires (Swain 1979).

Ils dérivent des catéchols et des proanthocyanidols par condensation. Certains sont à base de phénol, d'autres sont des mélanges d'ester, de glucose ou d'autre sucre (Deshpande *et al.*, 1986).

Les oxytannins, les beta-tannins et les prototannins ont des poids moléculaires faibles et on peut les considérer comme étant les précurseurs de molécules tanniques plus importantes (Bernays *et al.*, 1989).



a. Acide gallique

b. Structure de l'acide ellagique.

Figure 15 : Quelques exemples de structures chimiques de tanins

### V.3. Les dérivés anthracéniques

Ce sont des dérivés de l'anthracène (figure 16), molécule à propriété laxative, purgative et drastique. On les trouve dans les plantes soit sous forme libre (génine ou aglycone), soit sous forme combinée (hétéroside). En effet, les génines sont souvent liées à un ou plusieurs sucres (glucose, rhamnose) en formant souvent des O-hétérosides. On distingue alors les O-hétérosides (frangulosides, sennosides...), les C-hétérosides (aloïnes...) et les O et C-hétérosides (Cascaroides).

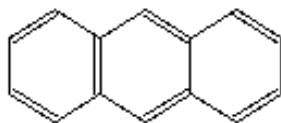


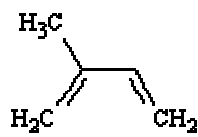
Figure 16 : Structure de l'Anthracène (C<sub>14</sub>H<sub>10</sub>)

### V.4. Les terpènes et stérols

Ces deux mots désignent deux familles de composés naturels présents dans la matière vivante animale et végétale. Les terpènes constituent entre autre le principe odoriférant des végétaux. Cette odeur est due à la libération des molécules très volatiles contenant 10, 15, 20 atomes de carbones. Extraites, ces molécules sont employées comme condiment (girofle) ou comme parfum (rose, lavande). Nombre d'entre eux possèdent de propriétés antiseptiques, d'où divers

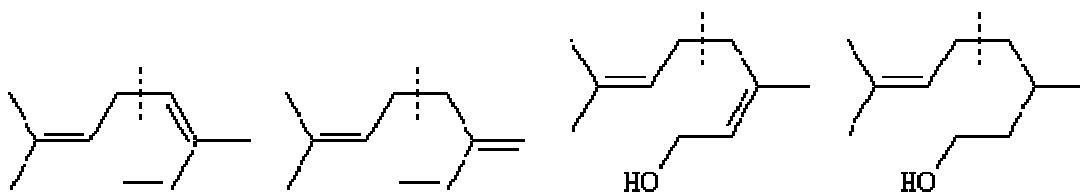
emplois dont l'embaumement qui est resté dans le terme balsamique donné aux plantes et aux huiles qui en sont tirées. Ces terpènes sont biosynthétisés à la suite du couplage de 2 au moins entités à 5 carbones dont la structure est celle de l'isoprène ou 2-méthylbuta-1,3-diène. Selon le nombre de ces entités les terpènes sont classés en monoterpènes à 10 carbones (2 isoprènes), sesquiterpènes à 15 carbones, diterpènes à 20 carbones, tri, tétra etc.

Il n'y a pas de fonction chimique commune aux terpènes, seule leur structure et leur biosynthèse en font une catégorie. Ainsi on se contente d'en citer ici quelques exemples :



L'isoprène

➤ **Monoterpènes**

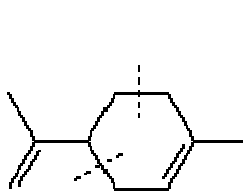


Ocimène

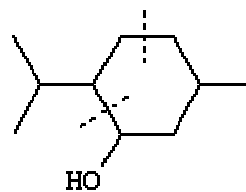
Myrcène

Nérol

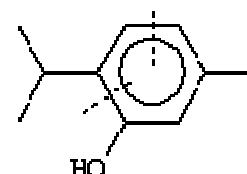
Citronellol



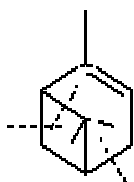
Limonène



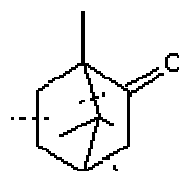
Menthol



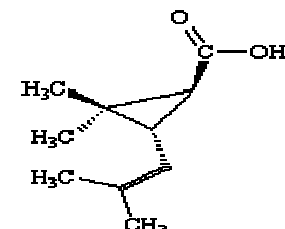
Thymol



$\alpha$ -Pinène

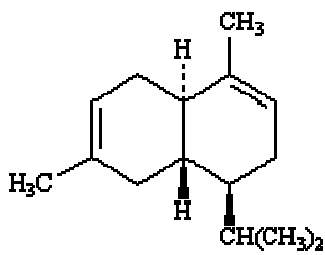


Camphre

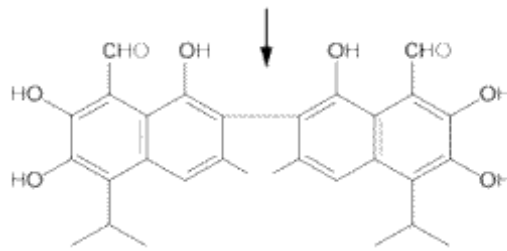


Acide Chrysanthémique

➤ **Sesquiterpènes**

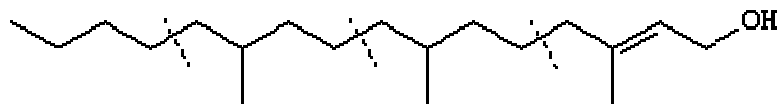


$\beta$ -Cadinène

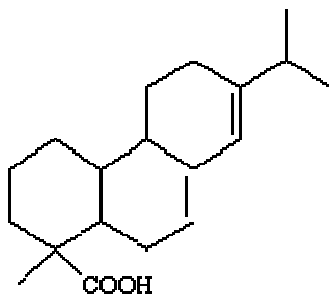


Gossypol (sesquiterpène dimer)

➤ **Diterpènes**



Vitamine A résultant de la coupure du carotène

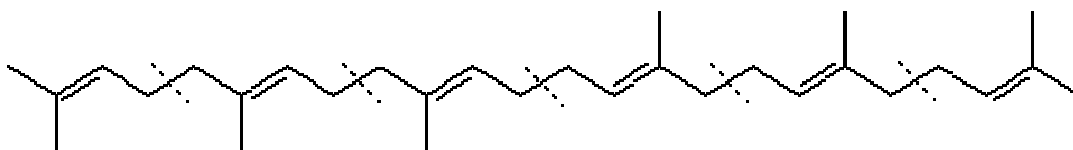


Acide abiétique

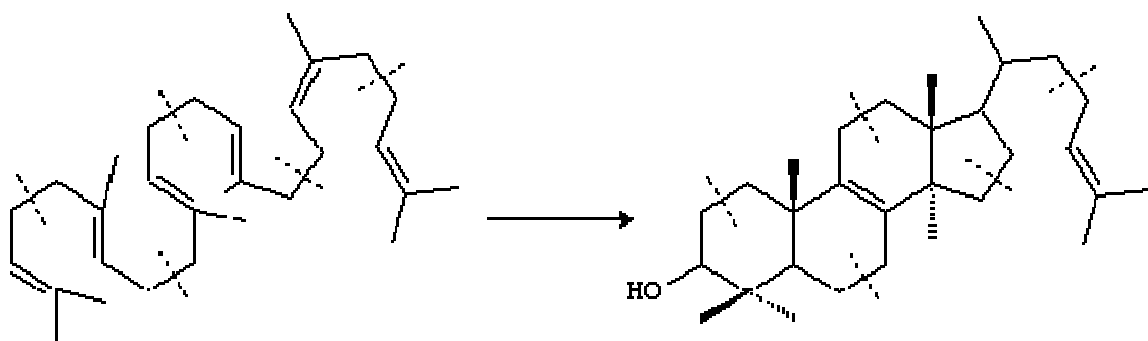


Phytol, présent dans la Chlorophylle

➤ **Triterpènes**

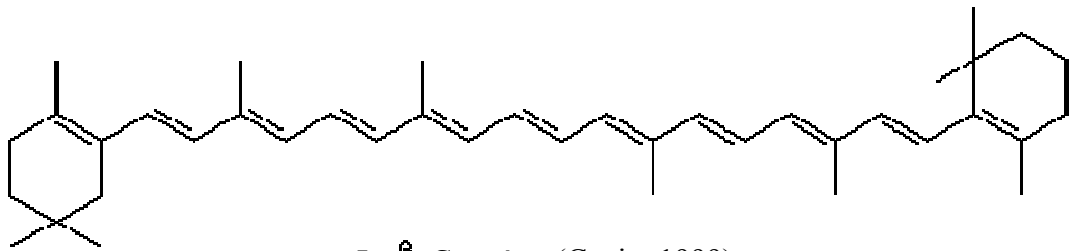


Le squalène (forme linéaire)



Le squalène (forme repliée) est le précurseur du lanostérol

➤ Tétraterpènes



Le  $\beta$ -Carotène (Cavin, 1999)

Figure 17 a : Quelques structures chimiques de terpènes (mono, sesqui, di, tri et tétraterpènes)

Les stérols, bien que n'étant pas des terpènes, sont biogénétiquement dérivés des triterpènes. C'est le cas du squalène (triterpène) précurseur du lanostérol qui à son tour est ensuite formé en cholestérol. Ce dernier est un précurseur de l'acide cholique (acide biliaire) et des hormones stéroïdiques. Ceci fait apparaître le lien entre les terpènes et les stéroïdes.

Parmi ces composés cités précédemment, voici quelques exemples de structures chimiques.

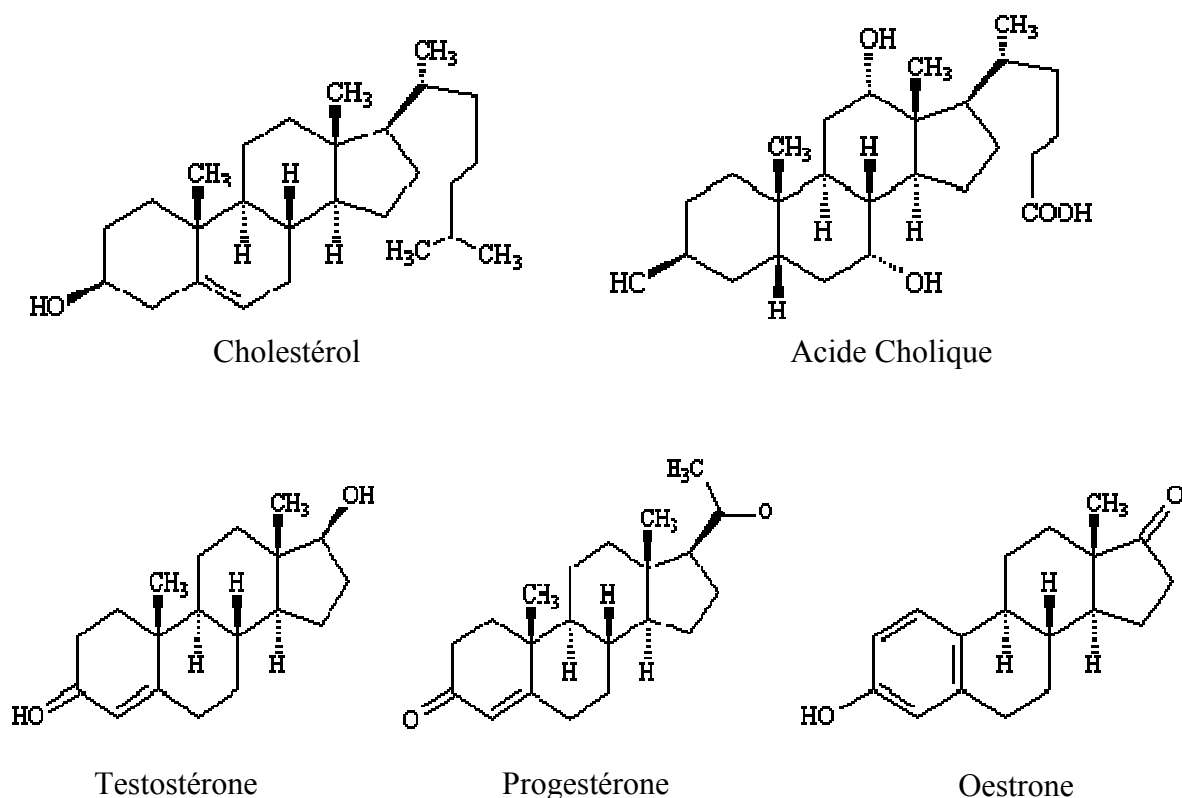


Figure 17 b : Quelques structures chimiques de stéroïdes

# CHAPITRE II

## MATERIEL ET METHODES



## I. CADRE D'ETUDE

Les récoltes de matériels animal et végétal ont été faites dans les régions de Dakar et de Kaolack. L'étude chimique a été réalisée au Laboratoire de Chimie et Biochimie des Produits Naturels du Département de Chimie de la Faculté des Sciences et Techniques (F.S.T) et au Laboratoire de Pharmacognosie et Botanique de la Faculté de Médecine Pharmacie et Odonto-Stomatologie (FMPOS) de l'Université Cheikh Anta DIOP de Dakar (Sénégal).

L'étude portant sur les tests biologiques a été faite au Laboratoire d'Entomologie et d'Acarologie du Département de Biologie Animale de la F.S.T.

## II. MATERIELS D'ETUDE

### II.1. *Caryedon serratus*

Les spécimen nous proviennent de gousses de *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst collectées 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 du mois de janvier au mois de mai où les populations de bruches sont plus abondantes. Elles sont ramassées et gardées au laboratoire dans des sacs en plastiques 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 bocaux 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 *P. reticulatum* servent de substrat de développement aux insectes. Ce choix est basé essentiellement sur leur disponibilité, leur accessibilité mais également sur les résultats d'étude morphométriques et génétiques obtenus par Sembène & Delobel (1996, 1998) 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 *P. reticulatum* et à celles qui se développent 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 qui permet aux insectes de pouvoir se déplacer facilement à l'intérieur du bocal (Figure 18a). 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 (Figure 18b).

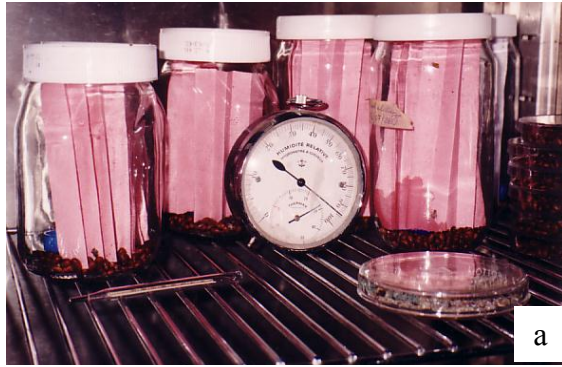


Figure 18 : a Bocaux de ponte des adultes recueillis b. Condition de développement larvaire

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 se situent respectivement à 32-33°C et 45-50% (Gueye, 2000). Les tests biologiques réalisés sur des adultes (effet adulticide) et sur des œufs (effet ovicide) de *C. serratus* issus de la 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> génération de cet élevage.

## II.2. Matériel végétal

Nous avons choisi de tester l'activité biocide de deux plantes sur *C. serratus*. Il s'agit de *Calotropis procera* et *Senna occidentalis*. Les raisons qui justifient ce choix reposent d'une part sur les résultats d'une enquête faite en milieu rural qui ont révélé que les paysans utilisent les broyats de ces plantes pour protéger leur récolte et d'autre part sur le fait qu'elles sont très fréquentes au Sénégal et facilement accessibles.

La récolte des plantes est réalisée, pendant la période octobre à janvier, dans plusieurs localités de la région de Dakar notamment le long de la corniche Ouest, la Voie de Dégagement Nord (VDN), les bordures de l'autoroute derrière le stade Léopold Sédar Senghor où *C. procera* est présente en abondance ; à Mbao, à Keur Massar et aux alentours du Lac Rose où l'espèce *S. occidentalis* est abondante.

Des échantillons de feuilles sont prélevés, conditionnés, séchés à la température ambiante à l'abri du soleil (serre) puis transformés en poudre par broyage et tamisage. Les temps de séchage des feuilles de chaque espèce ont varié en fonction de leur dimension. Les feuilles de *C. procera* sont découpées en petits lambeaux, permettant la réduction de leur teneur en eau au cours du séchage, qui a duré 15 jours contrairement à celui des feuilles de *S. occidentalis*

qui n'a duré qu'une semaine (figure 19). Les poudres obtenues à l'aide d'un broyeur électrique serviront à faire des extractions.



Figure 19 a : Fruits et feuilles de *C. procera*

Figure 19 b : Fleurs et feuilles de *C. procera*



Figure 19 : c. Pied de *Senna occidentalis*

d. Feuilles fraîches de *Senna occidentalis*

## II.3. Matériel de laboratoire

### II.3.1. Matériel d'étude phytochimique

Pour obtenir les extraits bruts, les fractions d'extraits et les huiles essentielles, le matériel suivant a été utilisé :

- un broyeur électrique, une balance de précision de type Sartorius, des bocaux en verre, du papier aluminium, un entonnoir, du papier filtre, du coton hydrique, des béchers de 100ml, des pipettes Pasteur, une poire, un lyophilisateur du type Heto, un rotavapor type Büchi-R-200/205, des ballons à fond plat, une pompe à vide, un distillateur d'eau, une spatule,
- un chauffe-ballon muni d'un thermostat, un valet élévateur.
- un ballon à tube à dégagement latéral, un réfrigérant à eau.
- deux pieds de mécanique, deux noix de serrage et deux pinces quatre doigts.

- une éprouvette graduée de 200 ml, un erlenmeyer de 250 ml muni d'un bouchon.
- du chlorure de sodium en poudre, une ampoule à décanter, des piluliers,
- une chambre froide pour la conservation des échantillons, des extraits et produits volatiles.

- Plaque en verre avec support de silicagel 60F254 (Merck), cuve avec couvercle, éprouvettes, micropipettes de 5 µl, lampe UV de type DESAGA, séchoir

- Solvants : éther de pétrole, méthanol, hexane, acétate d'éthyle, acétonitrile, acétone, chloroforme, éthanol, benzène, diéthyléther, acide acétique, acide chlorhydrique, eau

- Réactif de Dragendorff, chlorure ferrique, réactif de Stiasny, acide phosphotungstique.

### II.3.2. Matériel de biotest

Les matériels utilisés au cours des tests biologiques sont :

- des Boîtes de Pétris en polyéthylène ou en verre de 9 cm de diamètre et 1.5 cm de hauteur,

- des pinces souples, de l'eau distillée, du coton, une loupe binoculaire, pissette, pipettes graduées, micropipettes, des gants,

- des boîtes rectangulaires (logis) comportant 4 rangées de 6 puits (logis) numérotés par des lettres et de chiffres en indice 1 à 6,

- une étuve, un thermohygrographe destiné pour la mesure quotidienne de la température et de l'humidité relative,

- une loupe binoculaire destinée pour le comptage des œufs pondus par les femelles de *C. serratus* et au sexage des insectes adultes, reconnaissable par la morphologie du dernier tergite abdominal,

## III. METHODES D'ETUDE

### III.1. Préparation des différentes substances biocides végétales

Pour obtenir les différents extraits, fractions d'extraits et huiles essentielles, deux types de procédés d'extraction ont été réalisés. La macération à froid, pour obtenir les extraits bruts et es fractions d'extraits et l'hydrodistillation pour les huiles essentielles de *Senna occidentalis*. *C. procera* ne renferme pas d'huile volatile.

### III.1.1. Extraction par macération à froid

La macération à froid est une technique d'extraction solide-liquide classique pour obtenir des composés organiques à partir du matériel végétal séché. Elle est l'extraction continue de l'échantillon sous forme de poudre mise en contact prolongé avec une gamme de solvants (Harborne, 1973). Elle est réalisée dans un percolateur à une température ambiante de 20 à 25°C. Cette macération à froid nous a permis d'obtenir un extrait brut à l'éther de pétrole et un extrait brut au méthanol (figure 20). L'extrait brut au méthanol est ensuite repris successivement dans trois solvants de degré de polarité différent. Il s'agit de l'hexane, de l'acétate d'éthyle et du méthanol. Ceci nous a permis d'obtenir trois fractions d'extraits à savoir la fraction hexane, la fraction acétate d'éthyle et la fraction méthanol (figure 21). Ainsi, nous aurons au total cinq produits biocides pour chaque plante : deux extraits bruts et trois fractions d'extraits

#### III.1.1.1. Extraits bruts

Pour chaque poudre de plante, une macération est faite soit avec de l'éther de pétrole, soit avec du méthanol. Elle a consisté à mettre en contact prolongé 100g de poudre avec 500ml de solvant (éther de pétrole ou méthanol) dans un bocal fermé hermétiquement avec du papier aluminium et d'un couvercle. Le mélange obtenu est ensuite placé à 25°C. Après un certain temps de macération (48h), le contenu de chaque bocal est filtré à l'aide d'un entonnoir et du papier filtre. Le filtrat obtenu est évaporé à l'aide d'un rotavapor pour donner un résidu sec appelé extrait brut. Chacun de ces extraits obtenus est réparti dans des piluliers, placés dans un dessiccateur. Leur contenu servira à mettre en œuvre concrètement les tests biologiques et l'analyse biochimique. Le protocole expérimental décrit est récapitulé sur le schéma qui suit (figure 20)

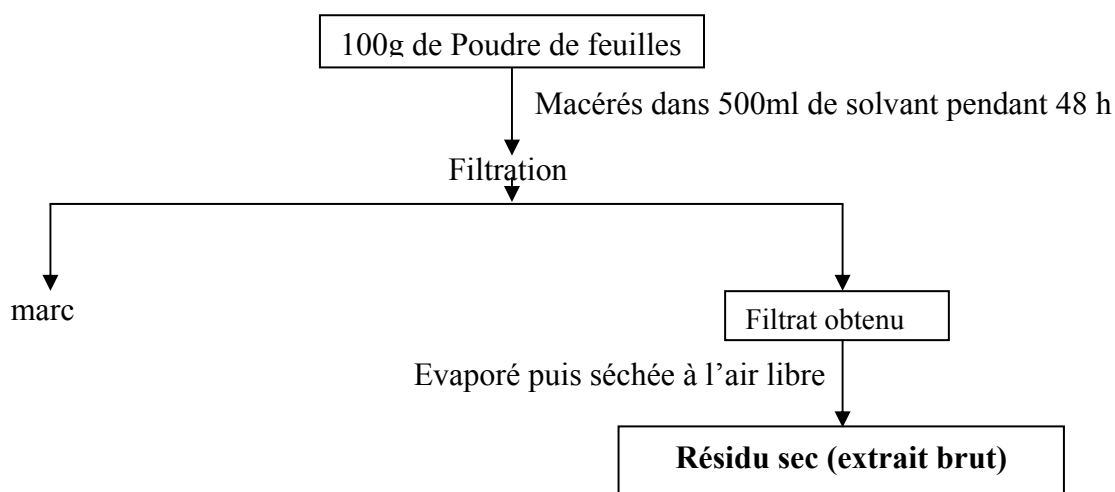


Figure 20 : Schéma expérimental d'une macération simple

### III.1.1.2. Fractions de l'extrait brut au méthanol

Cette étape consiste à reprendre successivement l'extrait brut méthanolique, 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 consiste à mélanger le résidu sec méthanolique avec 500ml d'hexane pendant 24 h puis agiter et filtrer. La phase hexanique est évaporée à sec à 45°C à l'aide d'un rotavapor. Le résidu sec est placé dans un dessiccateur pour enlever toute trace de solvant. L'extrait restant sous forme de pâte sèche est malaxé une seconde fois avec 500 ml d'acétate d'éthyle pendant 24h dans les mêmes conditions que précédemment. Un résidu sec appelé fraction acétate d'éthyle est récupéré après filtration et évaporation du mélange. Ce qui reste de l'extrait brut 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 méthanol, différente de l'extrait brut au méthanol (figure 21). Ces fractions hexane, acétate d'éthyle et méthanol sont chacune recueillies dans trois piluliers, placés dans un dessiccateur. Elles serviront également à réaliser les tests biologiques et l'étude phytochimique. Après screening, les extraits et fractions d'extraits les plus efficaces seront analysées par des techniques de caractérisations et de chromatographiques afin d'identifier les groupes de substances bioactives responsables des effets ovicide et adulticide.

Le schéma expérimental du procédé de reprise de l'extrait brut au méthanol est résumé dans la figure 21.

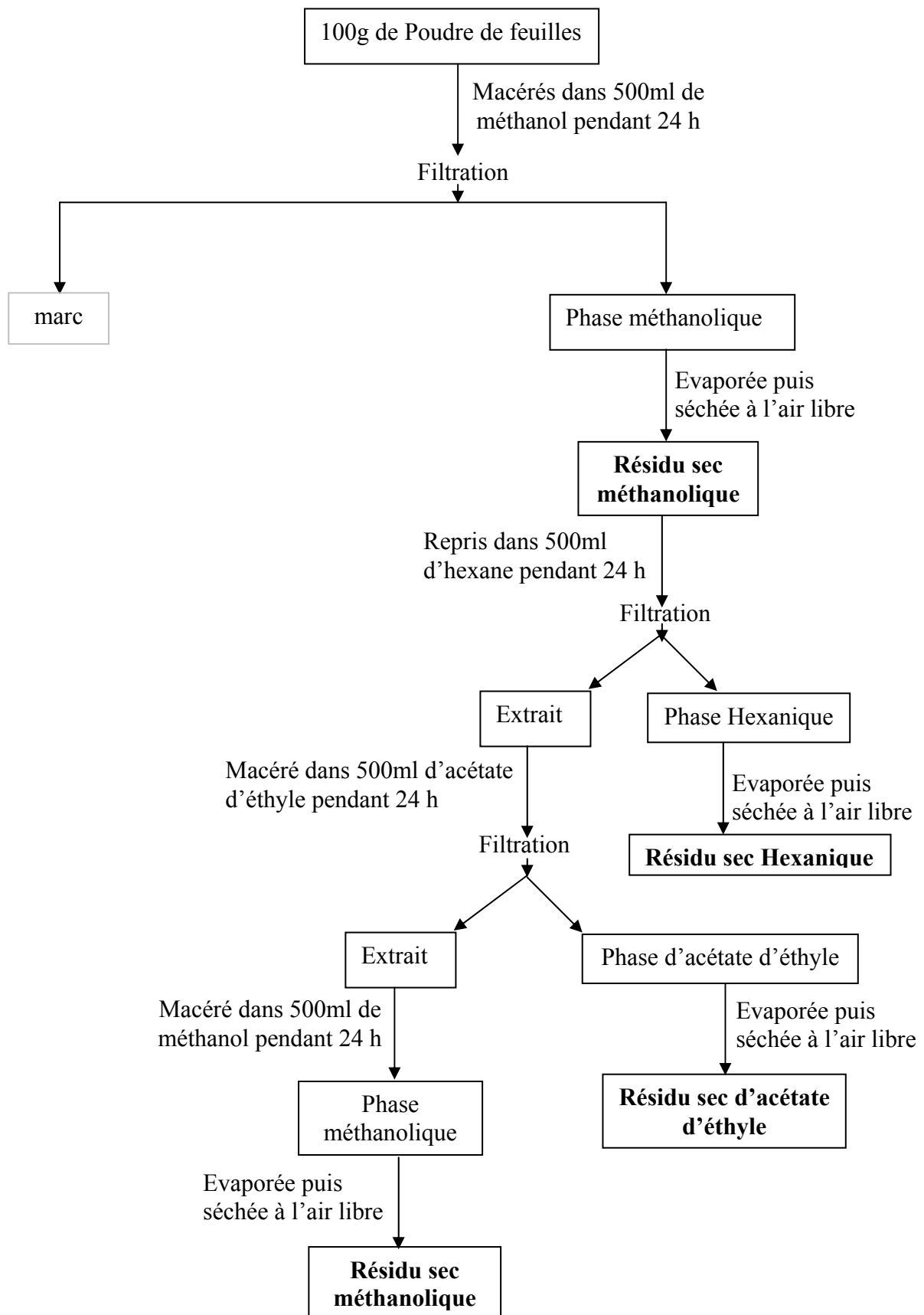


Figure 21 : Schéma expérimental du protocole de reprise de l'extrait brut au méthanol dans d'autres solvants de polarité différente

### III.1.2. Hydrodistillation

#### III.1.2.1. Principe

Elle s'applique aux composés volatils tels que les huiles essentielles qui, selon la Pharmacopée française (1985) sont des « produits complexes renfermant des principes volatils contenus dans les végétaux et plus ou moins modifiés au cours de la préparation ». Dans ce procédé le solvant est l'eau et les substances à extraire sont entraînées par la vapeur d'eau. Il se forme par la suite une phase mixte qui est ensuite condensée et le liquide obtenu se sépare en deux couches. Une phase huileuse, riche en huile essentielle et une phase aqueuse formée à partir de l'eau issue de l'hydrodistillation. L'essence est ensuite séparée par décantation.

#### III.1.2.2. Montage



Figure 22 : Entraînement à la vapeur d'eau ; vue du montage à réaliser

#### III.1.2.3. Manipulation

Après avoir réalisé le montage ci-dessus, on place dans le ballon 1 litre d'eau déminéralisée et 200g de feuilles fraîches de *S. occidentalis* préalablement conservés dans un réfrigérateur. Ensuite, on met en fonction le réfrigérant en réglant le débit d'eau. Le contenu du ballon est alors mis à chauffer (ébullition douce). Un contrôle du dispositif de la manipulation est fait régulièrement. Au bout de 12 heures, le distillat obtenu est recueilli (environ 200ml). Celui-ci présente deux phases. Une phase huileuse, riche en huile essentielle de feuilles fraîches de *S. occidentalis* et une phase aqueuse formée à partir de l'eau issue de l'hydrodistillation. Ces



deux phases sont intimement mélangées car l'huile essentielle et l'eau ont des densités très voisines. Pour recueillir l'huile essentielle, il est nécessaire d'alourdir la phase aqueuse. Pour cela, on ajoute au distillat 100g de chlorure de sodium avant d'agiter doucement jusqu'à dissolution complète du sel (tiédir la solution si nécessaire). Le distillat est ensuite versé dans l'ampoule à décanter. La décantation dure 10 minutes environ. L'huile essentielle se rassemble à la surface. La phase aqueuse est alors éliminée lentement.

### III.2. Tests biologiques

Tous les produits biocides de *C. procer*a et de *S. occidentalis* obtenus précédemment à partir des différentes méthodes d'extraction ont servi pour les tests biologiques. L'objectif de ces essais biologiques consiste à évaluer l'activité biocide des cinq produits tirés de chacune des plantes sur les stades œufs et adultes de *C. serratus* communément appelé bruche de l'arachide et la descendance obtenue. L'activité reproductrice des adultes « rescapés » de l'insecte ravageur sera aussi étudiée et plus précisément celle des femelles de première génération issue des graines testées. Il en est de même pour l'efficacité adulticide de l'huile essentielle de *S. occidentalis*.

#### III.2.1. Préparations des solutions tests

Après des tests préliminaires révélant que l'eau et le diéthyléther ne sont pas toxiques vis-à-vis de *C. serratus* (moins de 5% de mortalité), nous avons choisis ces deux solvants pour la dilution des résidus secs (extraits bruts et fractions d'extraits) obtenus par macération à froid. Pour chaque plante, cinq produits tests (2 extraits bruts et 3 fractions de l'extrait brut au méthanol) sont préparés en dissolvant les résidus secs correspondant dans deux solvants de dilution, l'eau et le diéthyléther. 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) seront appliquées. Le diéthyléther a été 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 brut au méthanol et de la fraction méthanol ont été repris chacun dans de l'eau.

Pour les huiles essentielles, les différentes concentrations 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 traités avec le solvant de dilution des produits tests.

Les effets ovicides et adulticides ont été évalués sur la base de toutes ces solutions tests de *C. procer*a et de *S. occidentalis*. Les tests sur les huiles essentielles de *S. occidentalis*, les tests ne n'ont été effectués que sur des adultes de *C. serratus* ; les œufs et les formes cachées n'étant pas pris en compte.

### III.2.2. Effet ovicide des substances biocides végétales

Les solutions tests sont appliquées par contact sur les œufs pondus par des femelles de *C. serratus* et âgés de 24 heures au plus.

#### III.2.2.1. 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 qui préalablement débarrassées de toutes 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.

#### III.2.2.2. Dispositif d'étude

Qu'il s'agisse de l'extrait brut à l'éther de pétrole, de l'extrait brut au méthanol et de ses fractions hexane, acétate d'éthyle et méthanol, le même plan expérimental a été usité pour évaluer l'effet ovicide de tous les extraits tests de *C. procer*a et de *S. occidentalis* (figure 23), avec les trois concentrations prédéfinies, le témoin blanc et le témoin solvant. Pour chaque concentration et chaque témoin, 48 graines saines d'arachide portant chacune un œuf agé de moins de 24 heures sont introduites dans une boîte de Pétri de 9 cm de diamètre et 1,5 cm de hauteur. On y ajoute 2 ml de la solution de l'extrait à tester puis on secoue la boîte de façon à imprégner uniformément les graines. Celles-ci sont mises à sécher les graines durant quelques minutes sous un courant d'air afin d'évaporer le solvant de dilution (Adebayo & Gbolade, 1994).

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 (2 répétition). L'ensemble des boîtes est placé sur la paille du laboratoire et observé 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.

Le schéma qui suit résume le mode opératoire des tests ovicides

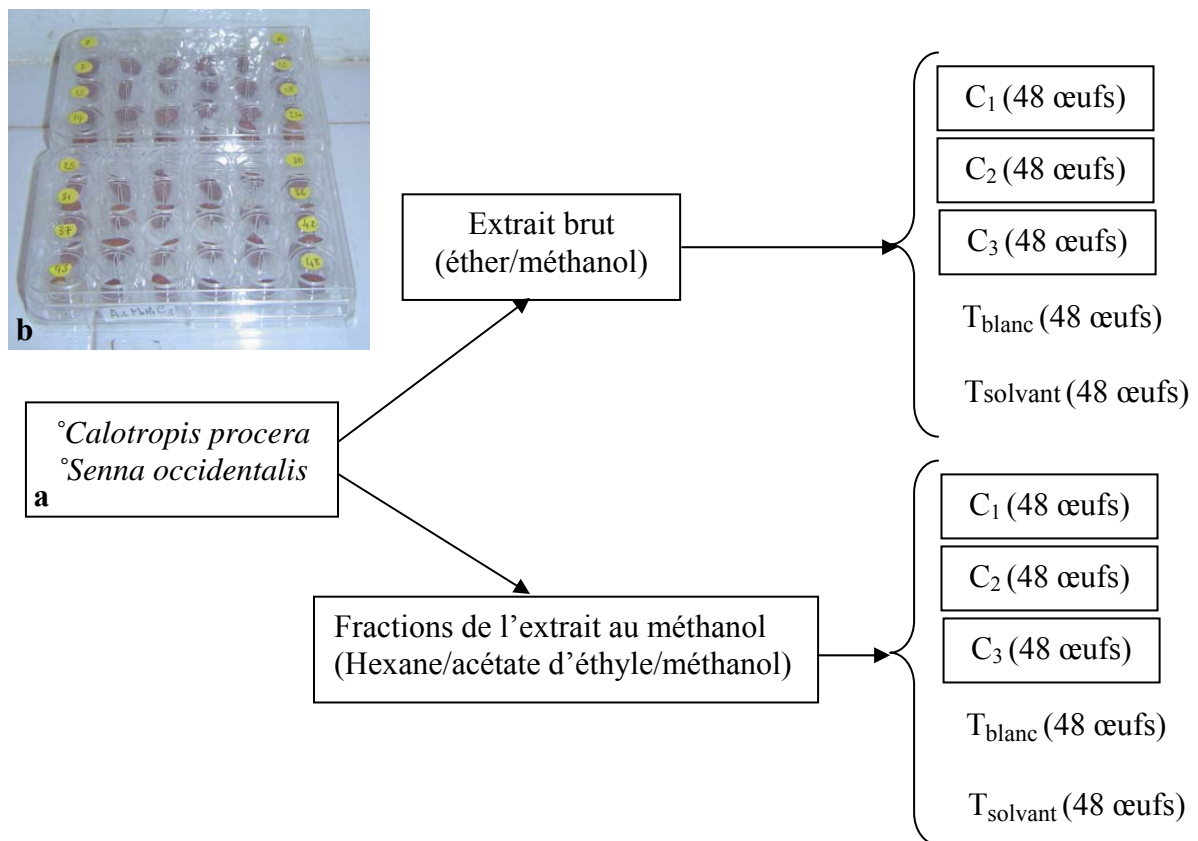


Figure 23 : a. Schéma du mode opératoire des tests ovicides

b. Exemple d'un dispositif de suivi des œufs traités

Ce dispositif d'étude permet ainsi de suivre individuellement les œufs. Pour chaque graine, la date de ponte correspondant au jour qui précède le début de l'expérimentation est mentionnée. Il en est de même des dates d'éclosion, de formation de cocons et d'émergence des adultes rescapés. Il devient alors facile de calculer certains paramètres biologiques comme les pourcentages de mortalité des œufs, des larves ainsi que le taux de mortalité totale.

- Le pourcentage de mortalité embryonnaire :

$$\% \text{ Mortalité Embryonnaire} = \frac{\text{Nombre d'œufs non éclos}}{48} \times 100$$

- Le pourcentage de mortalité larvaire :

$$\% \text{ Mortalité Larvaire} = \frac{\text{Nombre de larves mortes}}{\text{Nombre total de larves}} \times 100$$

- Le pourcentage de mortalité totale

$$\% \text{ Mortalité Total} = \frac{\text{Nbre d'œufs non éclos} + \text{Nbre de larves mortes}}{48} \times 100$$

Ces mortalités sont ensuite corrigées par la formule d'Abott (Abott, 1925), qui donne les valeurs corrigées de la mortalité en pourcentage en fonction des mortalités des échantillons traités et celle du témoin. Cette correction permet d'exclure le biais dû à la mortalité naturelle observée dans nos conditions expérimentales.

$$M_C = \frac{M_T - M_{T0}}{100 - M_{T0}} \times 100 \quad \text{Avec} \begin{cases} - M_C : \text{la mortalité corrigée} \\ - M_T : \text{la mortalité des insectes traités} \\ - M_{T0} : \text{la mortalité des insectes non traités} \end{cases}$$

### III.2.3. Suivi des œufs « rescapés »

L'étude des paramètres du cycle de développement effectuée sur les œufs rescapés de *C. serratus* ont porté sur :

- ⇒ La durée ponte-éclosion qui représente le stade de développement embryonnaire.
- ⇒ La durée éclosion-tissage du cocon ou développement larvaire qui se déroule essentiellement à l'intérieur de la graine.
- ⇒ La durée tissage-émergence ou stade nymphal.
- ⇒ La durée ponte-émergence ou phase de développement total couvre le temps entre la ponte et l'émergence de l'adulte.
- ⇒ La durée de vie qui représente l'intervalle de temps entre la ponte et la mort de l'adulte.

Toutes ces données sont régulièrement consignées sur des fiches élaborées à cet effet (tableau 2).

Tableau 2 : Plan d'expérimentation du suivi des œufs traités en condition de laboratoire.

Plante :.....		Extrait :.....			Concentration :.....	
N°	Démarrage	Eclosion	Tissage cocon	Emergence	Stade de mortalité	Date de mort
1						
2						
-						
-						
47						
48						

#### III.2.4. Activité reproductrice des adultes « rescapés »

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

- ⇒ Le sex-ratio des adultes « rescapés »
- ⇒ 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 »

Le sex-ratio qui correspond au rapport entre le nombre d'individus mâles ayant émergé sur le nombre d'individus femelles est déterminé pour chaque produit test. Le sexage des adultes émergents est fait par l'observation du dernier segment abdominal qui est incurvé chez le mâle et allongé chez la femelle (figure 3). L'accouplement entre mâle et femelle est ensuite effectué. Chaque couple est placé seul dans une boîte de Pétri numérotée avec substrat de ponte.

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* a été suivie sur des graines d'arachide saine ; afin de comprendre l'influence des extraits 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 bords 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. Il faut toutefois signaler que les conditions d'absence d'eau et de nourriture sont appliquées à ces jeunes adultes émergents.

L'expérience se déroule à la température ambiante de la salle d'élevage. Le suivi des couples s'interrompt avec leur mort permettant ainsi de calculer la durée de vie totale des adultes de *C. serratus* (Gueye, 2000).

Le plan d'expérimentation du suivi des couples rescapés est indiqué dans le tableau 3.

Tableau 3 : Plan d'expérimentation du suivi des couples rescapés en condition de laboratoire.

Plante :.....			Extrait :.....				Concentration :.....				Fin des pontes	Mortalité		
Couple			Date du Démarrage		Nombre d'œufs pondus									
					48h		72h		120h			+ de 120h		
n°	♂	♀	Gr	B. P	Gr	B. P	Gr	B. P	Gr	B. P	Gr	B. P	♂	♀
1														
2														
-														
-														

♂ = mâle ; ♀ = femelle ; Gr. = graine d'arachide ; B.P. = boîte de Pétri.

### III.2.5. Effet adulticide des substances biocides végétales

Les extraits bruts (éther et méthanol) et les fractions de l'extrait brut au méthanol (hexane, acétate d'éthyle et méthanol) de *C. procera* et de *S. occidentalis* de même que l'huile essentielle de *S. occidentalis*, ont été testés, en imbibant du papier filtre Whatman déposé au fond des boîtes de Pétri.

#### III.2.5.1. Toxicité de contact des extraits et fractions d'extraits

Les différents produits biocides de *C. procera* et de *S. occidentalis* sont directement testés sur de jeunes adultes (< 24 h) de *C. serratus* issus de l'élevage de masse. Le traitement se fait dans des boîtes de Pétri (B.P.) en verre de 90 mm de diamètre et de 15 mm ; boîtes dans lesquelles est placé un papier filtre Whatman préalablement imbibé avec 3 ml de solution à tester.

Pour chaque extrait brut ou fraction d'extrait, les trois concentrations prédéfinies sont appliquées, un témoin blanc et un témoin avec le solvant de dilution. Pour chaque concentration (i.e. 0.1 ; 0.01 et 0.001g.ml<sup>-1</sup>) et chaque groupe de contrôle, 12 adultes (6 mâles et 6 femelles) âgés de moins de 24h sont introduits dans une boîte de Pétri. Pour chaque concentration les essais sont répétés trois fois.

Les individus morts et vivants sont dénombrés deux, six, douze et vingt-quatre heures après le début de la manipulation. 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 résultats obtenus sont corrigés en utilisant la formule d'Abott (1925) puis exploités sous forme de graphiques et de tableaux.

Au total, pour les deux plantes et les dix produits biocides, les tests adulticides ont porté sur 1800 individus.

#### III.2.5.2. Test adulticide de l'huile essentielle de *S. occidentalis*

La méthodologie utilisée est inspirée de Kim & Ahn (2001). Les solutions d'huiles essentielles (distillat) obtenues par hydrodistillation pendant 6 heures 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 n°2 placé au fond d'une boîte en verre de 1 litre.

Chaque bocal reçoit, selon le cas, une rondelle de papier filtre imbibée de la charge d'huile essentielle à étudier et douze adultes de *C. serratus* âgés de moins de 24 h. Le tout est fermé hermétiquement. Chaque traitement est répété trois fois ; un témoin blanc et un témoin solvant sont mis en place.

Au total, les tests adulticides avec les huiles essentielles plus précisément le distillat qui se présente sous forme de deux phases intimement mélangées (une phase huileuse et une phase aqueuse formée à partir de l'eau issue de l'hydrodistillation) ont porté sur 216 individus. 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 la fin de l'expérience. Le seul paramètre étudié ici est le taux de mortalité des adultes.

### III.3. Traitement statistique des données

La présentation des résultats sous forme de tableaux ou graphiques portant sur les pourcentages des œufs non éclos, des larves non vivantes ou des adultes morts a été réalisée avec le logiciel EXCEL. Les analyses statistiques sont effectuées avec les logiciels XLSAT version 6.1.9, SPSS et Statview. Les données brutes sont soumises à une 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.

### III.4. Réactions de caractérisation des constituants phytochimiques

A la suite des essais biologiques, il a été réalisé un screening phytochimique. Ce dernier, encore appelé criblage chimique a pour objectif, la caractérisation des principales familles chimiques de produits naturels. En effet, les poudres de feuilles de *C. procera* et de *S. occidentalis* ainsi que leurs différents extraits bruts et fractions d'extraits qui ont montré une forte toxicité à l'égard de l'insecte *C. serratus* sont caractérisés et analysés par des techniques chromatographiques afin d'identifier les groupes de substances bioactives responsables des effets ovicide et adulticide constatés.

#### III.4.1. Réactions de caractérisation des alcaloïdes

##### ➤ Principe

La caractérisation générale des alcaloïdes se fait grâce à des réactions de précipitation *via* des solutions aqueuses d'acide (pH entre 1 et 2) ; les sels alcaloïdes donnent avec les complexes iodés de métaux lourds des précipités colorés caractéristiques.

##### ➤ Mode opératoire

Poudre : Dans un erlenmeyer de 250 ml, ajouter 10g de poudre à 50 ml de l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$  à 10%). Après agitation, le mélange est macéré 24 heures à la température de laboratoire puis filtré sur papier filtre. Le filtrat est complété à 50 ml avec de l'eau distillée. (N.B. : s'il s'agit de faire une caractérisation rapide, une bonne agitation pendant 15 mn suffit).

Extrait ou fraction d'extrait : 1g de résidu sec d'extrait ou de fraction d'extrait et 15 ml d'acide sulfurique à 10% sont mis dans un tube. Après agitation du mélange, on laisse décanter pendant 30 mn pour enfin filtrer sur papier filtre.

Dans deux tubes à essais, introduire 1 ml de filtrat et ajouter 5 gouttes de réactif de Mayer dans le premier tube et 5 gouttes de réactif de Dragendorff dans le second. L'apparition d'un précipité confirme la présence d'alcaloïdes. En présence d'alcaloïdes, le réactif de Mayer donne un précipité blanc tandis que le réactif de Dragendorff donne un précipité rouge brique (orange à rouge vermillon). Le test négatif permet de conclure à l'absence d'alcaloïde sous toute forme (alcaloïdes vrais ou quaternaires). Dans le cas d'un test positif il est possible de procéder à l'extraction des alcaloïdes.



### III.4.2. Réactions de caractérisation des substances polyphénoliques

A 5 g de poudre de feuilles de *C. procera* ou de *S. occidentalis* sont ajoutés à 50 ml d'eau bouillante, le tout contenu dans un erlenmeyer de 250 ml. A partir des extraits bruts ou fractions d'extraits, nous versons 10 ml d'eau bouillante sur environ 1 g du produit. Après infusion de 30 mn, les différents filtrats recueillis serviront à réaliser le screening chimique.

#### III.4.2.1. Réactions de caractérisation des flavonoïdes

Les flavonoïdes sont extractibles par l'alcool ou l'eau chaude ; ils sont peu solubles dans l'eau froide. Pour le criblage chimique des extraits et des fractions d'extraits nous avons repris leur résidu sec dans de l'eau chaude et/ou éthanol.

##### ❖ Coloration en milieu alcalin

###### ➤ Principe

En milieu alcalin, les flavonoïdes se dissolvent facilement en donnant des colorations allant du jaune au brun.

###### ➤ Mode opératoire

Dans un tube contenant 2ml d'extrait sont ajoutées quelques gouttes de soude (carbonate de sodium :  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) au dixième. La présence de flavonoïdes se manifeste par l'apparition d'une coloration orangée.

##### ❖ Coloration par le perchlorure de Fer

###### ➤ Principe

Du fait de la présence des fonctions phénoliques dans leur génine, les flavonoïdes donnent des colorations variées avec des solutions diluées de  $\text{FeCl}_3$ .

###### ➤ Mode opératoire

A quelques millilitres de la solution extractive, ajouter 2 à 3 gouttes d'une solution diluée de  $\text{FeCl}_3$  : observer la coloration verdâtre.

##### ❖ Identification chimique des anthocyanes

A l'infusé à 5% présentant une coloration plus ou moins foncée, on ajoute un acide (5 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  à 10%) puis une base ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ). Si la coloration s'accroît par acidification, puis vire au bleu-violacée en milieu basique, cela permet de conclure à la présence d'anthocyanes.

#### ❖ Réaction à la cyanidine

Elle permet l'identification chimique des flavonoïdes libres (génines). Pour ce faire, il faut introduire dans un tube à essai 5 ml d'infusé à 5% et ajouter 5 ml d'alcool chlorhydrique (éthanol à 95° alcoolique, eau distillée, HCl concentré à parties égales en volumes) ; puis ajouter quelques copeaux de magnésium et 1 ml d'alcool isoamylique.

L'apparition d'une coloration rose orangée (flavones), rose violacée (flavonones) ou rouge (Flavonols, flavanonols) rassemblée dans la couche surnageante d'alcool isoamylique indique la présence d'un flavonoïde libre (génines). Les colorations sont moins intenses avec les hétérosides flavoniques.

La réaction est négative avec les chalcones, les dihydrochalcones, les catéchines et les isoflavones.

#### ❖ Leucoanthocyanes

La réaction à la cyanidine sans adjonction de copeaux de magnésium a été utilisée puis chauffée au bain-marie pendant 15 mn. En présence de leucoanthocyanes, il se développe une coloration rouge cerise ou violacée. Les catéchols donnent une teinte brun rouge.

### III.4.2.2. Réactions de caractérisation des tanins

Dans un tube à essai, nous avons introduit 5 ml d'infusé à 5% et ajouté 1 ml de solution aqueuse de  $\text{FeCl}_3$  à 1%. En présence de tanins, il se développe une coloration : bleu-noire (tanins galliques), vert-noir (tanins catéchiqes), noirâtre (mélange). Ces résultats ne suffisent pas et sont à confirmer grâce aux révélateurs spécifiques.

#### III.4.2.2.1. Mise en évidence des tanins

##### ❖ Caractérisation par le chlorure ferrique

A 2 ml de filtrat, nous avons ajouté quelques gouttes d'une solution de chlorure ferrique à 2%. Après agitation, il se développe une coloration brun-vert.

##### ❖ Caractérisation par l'acide phosphotungstique

Nous diluons l'infusion au 1/10. A 1 ml de la solution obtenu, nous ajoutons :

- 1 ml d'une solution d'acide phosphotungstique.
- 9 ml d'une solution aqueuse de carbonate de sodium à 25%

Nous observons une coloration bleue du mélange.

#### III.4.2.2.2. Différenciation des tanins

##### ❖ Précipitation par le réactif de STIASNY

###### ➤ Principe

Les tanins condensés précipitent à chaud, par addition à l'infusé du réactif de STIASNY (10 ml de formol à 30% + 5 ml de HCl concentré). La spécification des tanins hydrolysables (galliques) peut se faire dans le filtrat par addition de  $\text{FeCl}_3$  à 2%.

###### ➤ Mode opératoire

A 8 ml d'infusé, nous avons ajouté 15 ml de réactif de Stiasny (10 ml de formol à 30% et 5 ml d'HCl concentré) ; le mélange est chauffé au bain-marie à 90°C pendant 30 mn environ ; la précipitation montre la présence de tanins condensés.

Après avoir filtré puis saturé le filtrat par l'acétate de sodium ; nous avons ajouté quelques gouttes de  $\text{FeCl}_3$  à 2%. Le développement d'une teinte bleu-noire indique la présence de tanins galliques (hydrolysables) non précipités par le réactif de STIASNY.

##### ❖ Oxydation des tanins condensés, non hydrolysable ou catéchiques

###### ➤ Principe

Par chauffage en milieu chlorhydrique, les tanins condensés s'oxydent en phlobaphènes colorés en rouge.

###### ➤ Mode opératoire

Pour mettre en évidence la présence de tanins catéchiques, nous ajoutons à 5 ml d'infusé 1ml d'acide chlorhydrique concentré. L'ensemble a été porté à ébullition pendant 15 mn puis filtré sur papier filtre. En présence de tanins catéchiques, il se développe une coloration rouge due à la formation de phlobaphènes.

#### III.4.3. Réactions de caractérisation des dérivés anthracéniques

Les anthracènes existent sous deux formes : forme libre (génine) et combinée (mélange). L'anthranol ou l'antrone (formes réduites) s'oxydent très souvent en anthraquinone. Leur caractérisation se fait par la réaction de BORNTRAEGER.

###### ➤ Principe

Les génines anthracéniques donnent en présence d'un alcalin une coloration rouge par chauffage au bain-marie.

➤ Mode opératoire

Dans un tube à essai contenant une pincée de poudre de feuilles de *C. procera* ou de *S. occidentalis* sont ajoutées 20 ml d'eau distillée et 1 ml d'acide chlorhydrique. Le tout porté à ébullition au bain-marie pendant 15 mn puis refroidi et filtré. Le filtrat récupéré est transvasé dans une ampoule à décanter, et on y ajoute 10 ml de Chloroforme. Après agitation la phase chloroformique est récupérée puis évaporée à sec au bain-marie. Le produit obtenu est mis en réaction avec un alcalin (2 ml d'ammoniaque).

En présence de génine, on observe une coloration rouge par chauffage au bain-marie.

❖ Anthraquinones libres

A 1 g d'extrait brut ou de fraction d'extrait sont ajoutés 10 ml de chloroforme puis le tout est chauffé pendant 3 mn au bain-marie. Le filtrat obtenu à chaud, est complété à 10 ml. A 1ml de l'extrait chloroformique obtenu, on a ajouté 2 ml d'ammoniaque (NH<sub>4</sub>OH) dilué. Après agitation, l'apparition d'une coloration plus ou moins rouge indique la présence d'anthraquinones libres.

❖ Anthraquinones combinés

Les génines peuvent être souvent liées à 1 ou plusieurs sucres en formant des O-hétérosides. Pour procéder à une caractérisation spécifique nous avons effectué les manipulations suivantes.

- Les O-hétérosides : A partir du résidu du produit épuisé par le chloroforme, nous avons préparé un hydrolysât auquel ont été ajoutés 10 ml d'eau, 1 ml d'HCl concentré puis le tube à essai est maintenu au bain-marie bouillant pendant 15 mn.

5 ml de l'hydrolysât sont agités avec 5ml de chloroforme. A la phase organique, nous avons ajouté 1 ml de NH<sub>4</sub>OH dilué ; la présence d'anthraquinones est révélée par la coloration rouge plus ou moins foncée.

La réaction peut-être plus poussée par addition à 5 ml de l'hydrolysât de 3 à 4 gouttes de FeCl<sub>3</sub> à 10%, puis agitation avec 5ml de chloroforme. A la phase chloroformique, nous avons ajouté 1ml de NH<sub>4</sub>OH dilué, puis agitée. En présence de produits d'oxydation des anthranols ou des anthrones, la coloration rouge est plus intense que précédemment.

- C-hétérosides : reprendre la phase chloroformique qui a été conservée par 10 ml d'eau et adjonction de 1 ml de FeCl<sub>3</sub> à 10%. Après ébullition au bain-marie pendant 30 mn, agité avec

5 ml de chloroforme et ajouté à la phase chloroformique 1 ml de  $\text{NH}_4\text{OH}$  dilué. Une coloration rouge plus ou moins intense indique la présence de génines C-hétérosides.

- Différenciation des quinones (Réaction de Brissemoret et Combes) : 1 g de poudre est humecté avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$  à 10%, nous avons ajouté 20 ml d'un mélange à volume égal d'éther et de chloroforme. Après macération de 24 heures, 5 ml du filtrat obtenu sont évaporés à l'air, puis le résidu repris par quelques gouttes d'éthanol à  $95^\circ$ . Ensuite, nous avons ajouté goutte à goutte une solution aqueuse d'acétate de nickel à 5%.

Selon la nature de la quinone, on obtient une coloration variable :

- Coloration bleue avec précipité → Benzoquinones
- Coloration violacée et précipité → Naphtoquinones
- Coloration rouge sans précipité → Anthroquinones

#### III.4.4. Réactions de caractérisation des stérols et terpènes

Pour la poudre, l'extrait à tester est obtenu par macération pendant 24 heures avec 1 g de poudre dans 20 ml d'éther ; le filtrat est complété à 20 ml avec de l'éther. Un résidu sec est alors obtenu après avoir évaporé à sec 10 ml de l'extrait.

Pour les autres extraits testés, seuls l'extrait brut étheré et les fractions hexane et acétate d'éthyle sont caractérisés.

##### ❖ Réaction de Liebermann-Burchard

Nous avons dissous le résidu dans 1 ml d'anhydride acétique puis 1 ml de chloroforme. Le mélange est partagé dans deux tubes à essai. L'un servant de témoin, nous avons mis dans le fond du second tube à essai à l'aide d'une pipette 1 à 2 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentré (ne pas agiter).

A la zone de contact des deux liquides, il y a formation d'un anneau rouge-brunâtre ou violet, la couche surnageante devenant verte ou violette révèle la présence de stérols et triterpènes.

##### ❖ Réactions de caractérisation des caroténoïdes

Après évaporation à sec de 5 ml de l'extrait, ajouter 2 à 3 gouttes d'une solution saturée de trichlorure d'antimoine ( $\text{SbCl}_3$ ) dans le chloroforme.

Il se développe en présence de caroténoïdes une coloration bleue devenant rouge par la suite.

#### ❖ Réactions de caractérisation des hétérosides cardiotoniques

##### ➤ Principe

C'est la réaction de caractérisation avec les dérivés nitrés en milieu alcalin du noyau lactonique.

##### ➤ Mode opératoire

Les hétérosides cardiotoniques sont extraits après dégraissage à l'éther de pétrole par macération :

Un gramme de poudre est mis en contact prolongé deux fois successives avec 5 ml d'éther de pétrole pendant 3 mn. Après décantation, la phase étherée a été soutirée à l'aide d'une pipette puis partagée entre trois tubes à essai. Dans chaque tube nous ajoutons respectivement :

Tube 1 : 1 ml de réactif de Baljet,

Tube 2 : 1 ml de réactif de Kedde,

Tube 3 : 1 ml de réactif de Raymond-Marthoud.

Ensuite, nous avons introduit dans chaque tube 2 gouttes d'hydroxyde de potassium (KOH) à 2% dans l'éthanol (95°) avant d'agiter et observer après une dizaine de minutes. En présence de cardénolides, les colorations suivantes se développent :

Tube 1 : orangé

Tube 2 : rouge-violacé

Tube 3 : violet fugace

#### III.4.4. Réactions de caractérisation des saponosides par mesure de l'indice de mousse (Im)

##### ➤ Principe

La teneur en saponosides d'une drogue peut être évaluée par la détermination de l'indice de mousse (Im) sur son décocté aqueux à 1%.

##### ➤ Mode opératoire

Pour préparer le décocté, nous avons introduit dans un erlenmeyer de 250 ml, 1 g de poudre et 100 ml d'eau distillée. Le mélange est maintenu en ébullition modérée pendant 15 mn. Après filtration, le filtrat refroidi est ajusté à 100 ml.

Dans une série de tubes à essais de 160x16 mm, numérotés de 1 à 10, nous avons réparti successivement 1, 2, 3,...et 10 ml du décocté à 1% préparé et ajusté le volume dans chaque

tube à 10 ml avec de l'eau distillée. Ensuite, chaque tube a été agité dans le sens de la longueur pendant 15 secondes à raison de 2 agitations par seconde. Après avoir laissé au repos pendant 15mn, nous avons mesuré la hauteur de la mousse dans chaque tube. Le tube dans lequel la hauteur de la mousse est de 1 cm indique l'indice de mousse :

$$\text{Indice de mousse (Im)} = \frac{10}{n \times 10^{-2}}$$

Avec n = numéro du tube dans lequel la hauteur de la mousse est égale à 1 cm.

- Si la hauteur de la mousse est inférieure à 1 cm dans tous les tubes, l'indice de la mousse est inférieur à 100.
- Si la hauteur de la mousse est supérieure à 1 cm dans tous les tubes, l'indice de la mousse est supérieur à 100.

# CHAPITRE III

## RESULTATS ET DISCUSSION



# I. TESTS BIOLOGIQUES

## I.1. Effet ovicide des substances biocides végétales

### I.1.1. Résultats

#### I.1.1.1. Extraits bruts et fractions d'extraits de *Calotropis procera*

Les résultats obtenus par traitement des extraits bruts et fractions d'extraits de *Calotropis procera* sur les œufs de *C. serratus* sont présentés dans les figures 24 à 26.

Pour un même extrait les diagrammes suivis de la même lettre alphabétique ne sont pas significativement différents à  $p \geq 0.05$ .

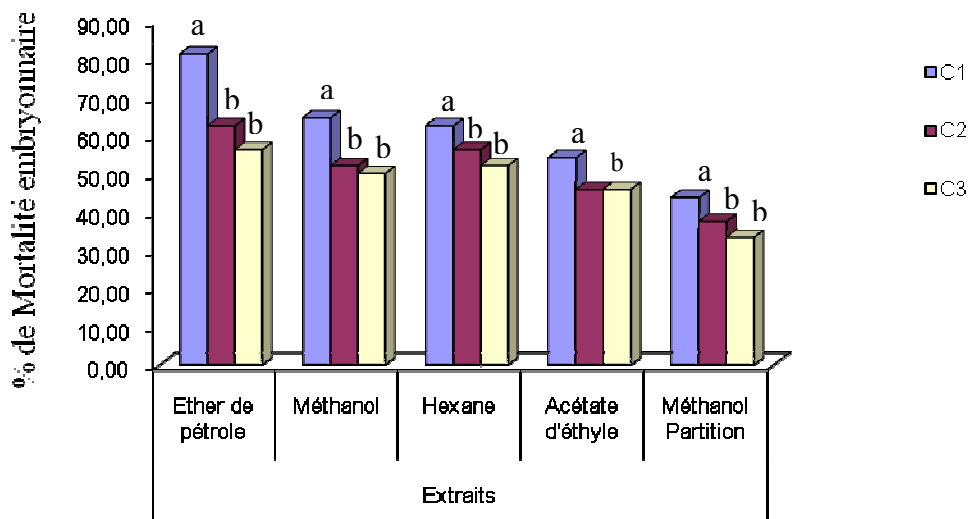


Figure 24 : Mortalité des œufs traités avec les produits biocides de *Calotropis procera* à différentes concentrations

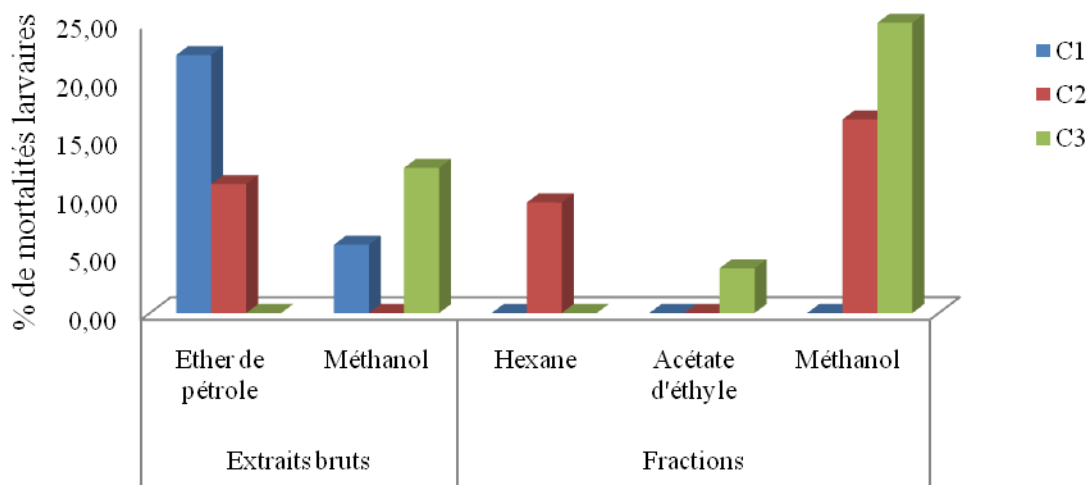


Figure 25 : Mortalités larvaires obtenues avec les produits biocides de *Calotropis procera* à différentes concentrations

La colonne éther de pétrole du graphe 24 récapitule le niveau de mortalité des œufs induit par l'extrait à l'éther de pétrole de poudre de feuilles de *C. procera* aux différentes concentrations C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> et celui des témoins (blanc et solvant de dilution). Les résultats de l'extrait brut au méthanol et de ses fractions hexane, acétate d'éthyle et méthanol obtenus après traitement sont respectivement représentés au niveau des colonnes méthanol, hexane, acétate d'éthyle et méthanol final (Mf). Pour chaque extrait ou colonne nous avons cinq (5) histogrammes. Les trois premiers représentent les pourcentages d'œufs non éclos obtenus respectivement en C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub>. Les deux derniers diagrammes donnent les mortalités embryonnaires obtenus au niveau des témoins blanc et solvant de dilution.

L'analyse globale des résultats révèle que l'effet induit par les produits tests (extraits bruts et fractions d'extraits) de poudre de feuilles de *C. procera*, sur la survie des embryons de *C. serratus*, varie entre produits testés. De plus, si on considère le même type de produit biocide nous constatons également que le pourcentage d'œufs non éclos varie selon la concentration testée. En effet, les taux de mortalité embryonnaire obtenus, par application directe des différents extraits de *C. procera* sur des œufs de *C. serratus*, montrent que les cinq extraits tests réduisent significativement l'éclosion des œufs par rapport au témoin ( $13.54 \pm 1.47\%$  en moyenne). Ceci nous permet de dire que chez *C. procera* tous les extraits tests présentent un effet ovicide très remarquable qui varie en fonction de la concentration de l'extrait appliqué.

Pour l'extrait à l'éther de pétrole, la mortalité embryonnaire la plus élevée (81.25%) est obtenue avec la plus forte concentration (0.1g/ml). Les doses C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> provoquent des mortalités embryonnaires qui ne sont pas significativement différentes ( $p > 0.05$ ) avec respectivement 62.50 et 56.25%. Ce groupe statistiquement homogène se différencie de celui de C<sub>1</sub>.

Des mortalités larvaires de 22.22% et 11.11% ont été aussi respectivement notées avec les concentrations 0.1 et 0.01g/ml de l'extrait étheré alors que la dose 0.001g/ml plus faible n'a induit aucune mortalité sur les œufs rescapés (figure 25/ colonne éther de pétrole).

Les niveaux de mortalité embryonnaire (figure 24) et larvaire (figure 25) induit par l'extrait brut au méthanol de *C. procera* sont consignés dans la colonne méthanol de chaque figure.

Ces résultats montrent que, l'extrait au méthanol tue au moins 50% des œufs traités à toutes les doses usitées. Une mortalité embryonnaire de 64.58% est obtenue avec la concentration la plus forte 0.1g/ml. Les concentrations C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> induisent respectivement une activité ovicide de l'ordre de 52.08 et 50%, qui est statistiquement différente ( $p < 0.05$ ) de celle notée en C<sub>1</sub>.

L'action insecticide de l'extrait brut méthanolique de *C. procera* semble, au vu de ces résultats, dépendre également de la concentration du produit actif.

Des mortalités larvaires de 5.88 et 12.5% sont respectivement notées cette fois ci avec la forte et la faible concentrations alors que la dose intermédiaire ( $C_2$ ) n'a induit aucune mortalité larvaire sur les œufs parvenus à éclore (figure 25/colonne méthanol).

Le niveau de mortalité embryonnaire (figure 24) et larvaire (figure 25) induit par la fraction hexane de *C. procera* sont consignés dans la colonne hexane de chaque figure.

La fraction hexanique obtenue après reprise du résidu sec de l'extrait brut au méthanol dans de l'hexane provoque une mortalité de 62.50% des œufs en  $C_1$ . Les autres concentrations testées ( $C_2$  et  $C_3$ ) donnent des mortalités respectives de 56.25% et de 52.08%. Ce groupe statistiquement homogène se différencie de celui de  $C_1$ . Cependant lorsqu'on considère les mortalités totales corrigées c'est le groupe ( $C_1$  et  $C_2$ ) statistique homogène qui se différencie nettement de celui de  $C_3$ . Ceci conforte les résultats notés précédemment qui montrent que l'efficacité ovicide décroît au fur et à mesure que l'on diminue la dose d'application.

En ce qui concerne les larves mortes, contre toute attente, c'est au niveau de la concentration intermédiaire  $C_2$  de la fraction hexanique que l'on observe des mortalités larvaires de l'ordre de 9.52% (figure 25/colonne hexane).

Le niveau de mortalité embryonnaire (figure 24) et larvaire (figure 25) induit par la fraction acétate d'éthyle de *C. procera* sont consignés dans la colonne acétate d'éthyle de chaque figure.

La même tendance ovicide obtenue avec l'extrait à l'éther de pétrole, l'extrait au méthanol et la fraction hexane est observée avec la fraction acétate d'éthyle de *C. procera*. La dose qui provoque le maximum de mortalité au niveau des œufs (54.17%) se situe là aussi à 0.1 g/ml ( $C_1$ ). Les concentrations  $C_2$  et  $C_3$  provoquent une mortalité embryonnaire de 45.83% qui est significativement différent de celle notée en  $C_1$ .

Une mortalité larvaire de 3.85% est notée qu'en  $C_3$  (figure 25/colonne acétate d'éthyle). Les doses  $C_1$  et  $C_2$  n'ont induit aucune mortalité sur les larves.

Le niveau de mortalité embryonnaire (figure 24) et larvaire (figure 25) induit par la fraction méthanol de *C. procera* sont consignés dans la colonne méthanol partition de chaque figure.

La fraction méthanol de *C. procera* entraîne une mortalité embryonnaire moyenne de l'ordre de  $38.19 \pm 5.24\%$ . Ces taux de mortalités des œufs obtenus ne présentent pas de différence assez grande quelque soit la dose utilisée (figure 24).

16.67% et 25% de mortalité larvaire ont été aussi notés respectivement avec les faibles doses  $C_2$  et  $C_3$ . Nous pouvons supposer que c'est la fraction méthanol qui cause le plus de mortalité

larvaire mais aussi le moins de mortalité des œufs. Elle agirait donc plus tard en arrêtant le développement larvaire (figure 25/ colonne méthanol partition ou final).

L'ensemble de ces résultats montre que les fortes doses produisent les mortalités embryonnaires les plus élevées et que les doses faibles empêchent faiblement l'éclosion des œufs traités. Cependant, les mortalités larvaires les plus élevées ont été notées avec les plus faibles doses pour l'extrait au méthanol et la fraction méthanolique considérés comme les produits tests les plus polaires. C'est en cela que nous estimons fortement que l'activité biologique des extraits bruts et des fractions d'extraits de *C. procera* sur *C. serratus* est ressentie d'abord au niveau embryonnaire et se poursuit au niveau larvaire (œufs rescapés). L'activité larvicide la plus remarquable est notée avec les produits biocides polaires en C<sub>3</sub> (0.001 g/ml) considéré comme la concentration la plus petite.

Toutes ces hypothèses ont été confirmées, au moyen de logiciels XLSTAT et SPSS, par des tests de comparaisons multiples Fisher LSD et Newman-Keuls SNK. Pour la variable concentration, l'analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % nous a permis d'obtenir le classement et regroupements des groupes non significativement différents. Les données sont représentées dans les tableaux 4 et 5.

Tableau 4 : Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 %

Modalités	Moyenne	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
C1 ~ C3	15,000	2,670	0,063	0,013	Oui
C1 ~ C2	12,083	2,151	0,063	0,041	Oui
C2 ~ C3	2,917	0,519	0,063	0,608	Non

Tableau 5 : *C. procera*/ Effet entre concentrations ; classement et regroupements des groupes

Modalités	Moyenne	Regroupements	
C1	62,708	A	
C2	50,625		B
C3	47,708		B

Ces tests de comparaison multiple de moyennes pour la variable concentration font ressortir deux groupes homogènes. Les différences les plus remarquables concernent d'une part les mortalités notées en C<sub>1</sub> et celles induites par la dose faible C<sub>3</sub> et d'autre part les effets produits entre C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub>. Cependant, aucune différence n'est décelée entre C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> malgré l'écart constaté lorsqu'on prend les données en valeur absolue (tableau 4 et 5).

Une analyse comparative de la mortalité embryonnaire induite par les différents extraits de *C. procera* montre une plus grande efficacité des extraits éthers ( $p < 0.05$ ) quelque soit la dose de la solution usitée (figure 26). Des mortalités intermédiaires sont induites par l'extrait brut au méthanol et ses fractions apolaires (hexane et acétate d'éthyle). La fraction méthanolique considérée comme la fraction la plus polaire produit les mortalités embryonnaires les plus faibles. Cependant, elle provoque la mortalité larvaire la plus forte.

Lorsque nous considérons les deux sous ensembles extraits bruts (polaire et apolaire) d'une part et fractions de l'extrait brut au méthanol d'autre part, nous constatons que les produits biocides apolaires sont plus toxiques sur les œufs de *C. serratus* que ceux polaires. Ainsi nous pouvons supposer que l'effet ovicide dépendrait de la polarité des extraits appliqués comme elle l'est avec la dose usitée (figure 26). Ces résultats montrent aussi une action larvicide plus marquée avec les extraits polaires d'où la possibilité de penser à l'existence d'une corrélation positive entre efficacité de l'extrait appliquée et stade de développement. Hypothèse à confirmer ou à rejeter après analyse des résultats de l'effet adulticide.

La figure 26 représente pour une même concentration la mortalité comparée entre divers extraits tests de *C. procera*.

Pour une même concentration les diagrammes suivis de la même lettre alphabétique ne sont pas significativement différents à  $p \geq 0,05$ .

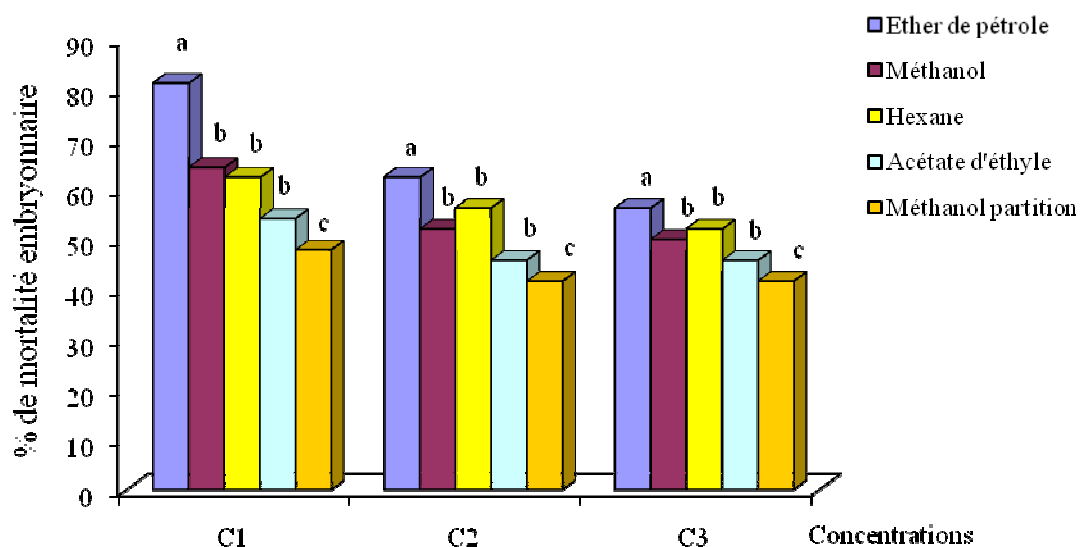


Figure 26 : Mortalité Comparée des œufs traités avec les différents extraits biocides de *Calotropis procera*

La comparaison des différentes doses testées en fonction des solvants d'extraction indique qu'au niveau de la concentration C<sub>1</sub>, les extraits obtenus à partir de l'éther de pétrole montrent une grande activité ovicide (81.25%) suivi respectivement et en valeur absolue de l'extrait

brut méthanolique, de la fraction hexane, de la fraction acétate d'éthyle et de la fraction méthanol. Les mortalités des œufs provoquées par l'extrait brut méthanolique (64.50%), la fraction hexanique (62.50%) et la fraction acétate d'éthyle (54.14%) ne sont pas significativement différentes ( $p > 0.05$ ). Ce groupe statistiquement homogène se différencie des deux autres groupes que sont l'extrait étheré et la fraction méthanol. Les fractions méthanoliques présentent globalement l'effet ovicide le plus faible avec 43.75% de mortalité. Cependant, sa toxicité en  $C_2$  et en  $C_3$  sur les œufs de *C. serratus* ne fait aucun doute par rapport aux individus non traités (12.50%). Les seules mortalités larvaires enregistrées en  $C_1$  sont induites par les extraits bruts (éther et méthanol).

Au niveau des concentrations  $C_2$  et  $C_3$ , l'activité biologique de *C. serratus* décroît en valeur absolue dans le sens éther, hexane, méthanol, acétate d'éthyle et méthanol final. Nous pouvons dire par là qu'en doses faibles  $C_2$  et  $C_3$ , la fraction hexane considérée comme la plus apolaire des autres fractions devient en valeur absolue plus efficace sur les œufs de *C. serratus* que son extrait brut méthanolique duquel elle provient directement par reprise. Alors qu'en  $C_1$  c'est l'extrait brut au méthanol qui présente un effet ovicide légèrement supérieur à sa fraction apolaire. Dès lors que le degré de polarité des solvants utilisés croit dans le sens éther de pétrole, hexane, acétate d'éthyle et méthanol, nous pouvons penser que c'est l'hexane qui a tendance à extraire le plus grand nombre de substances apolaires suivi de l'acétate d'éthyle. La fraction méthanolique ne retiendrait que les substances de forte polarité. Ces résultats nous permettent de dire que les extraits apolaires sont plus efficaces sur les œufs de *C. serratus* que les extraits polaires. Ces derniers n'agissent donc pas fortement sur l'éclosion des œufs mais interviennent plus tard en perturbant ou en arrêtant le développement larvaire. Ceci pourrait être expliqué par le fait que les mortalités larvaires les plus importantes soient causées par les extraits polaires que sont l'extrait au méthanol et la fraction méthanolique.

Par ailleurs, il faut noter aussi que pour ces extraits polaires, les taux de mortalité larvaire les plus élevés ont été obtenus avec la plus petite dose  $C_3$ . Des mortalités larvaires de 16.67 et 6.25% obtenues respectivement avec la fraction méthanol et l'extrait brut méthanolique. La fraction acétate d'éthyle considérée comme celle de polarité intermédiaire donne un taux de mortalité larvaire de 2.08%. Les concentrations  $C_3$  des extraits apolaires (éther et hexane) n'ont induit aucune mortalité des œufs rescapés. Il ressort de cette analyse que l'activité larvicide la plus remarquable est produite par la dose  $C_3$  des extraits polaires (figure 25).

Ces effets biocides fortement liés à la polarité de l'extrait appliqué sont nettement démontrés par l'usage de procédé de fractionnement qui nous a permis de séparer en fonction du degré

de polarité les composés bioactifs contenus dans les divers extraits tests. Cela nous permet aussi d'avoir une idée sur les interactions pouvant exister entre efficacité ou efficacité ovicide/larvicide et polarité des extraits tests. L'utilisation de techniques de fractionnement, mise en jeu par des procédés d'extraction utilisés au cours de l'étude, prouve leur importance quand à l'action cible des composés bioactifs présents dans les extraits tests sur les différentes phases de développement de l'insecte. Elles confortent également l'hypothèse stipulant que la dose optimale de la solution appliquée, qui provoquerait une mortalité embryonnaire, varie en fonction de la polarité des extraits mais également de la dose appliquée.

Tous ces résultats sont confirmés par des tests de comparaisons multiples Fisher et Newman-Keuls. Pour la variable « solvant », l'analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % nous a permis d'obtenir le classement et regroupements des groupes non significativement différents. Les données statistiques sont représentées dans les tableaux 6 et 7.

Tableau 6 : Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 %

Modalités	Moyenne	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
Ether de pétrole ~ Méthanol Partition	34,375	7,164	2,060	< 0,0001	Oui
Ether de pétrole ~ Acétate d'éthyle	20,139	4,197	2,060	0,000	Oui
Ether de pétrole ~ Méthanol	14,583	3,039	2,060	0,005	Oui
Ether de pétrole ~ Hexane	11,458	2,388	2,060	0,025	Oui
Hexane ~ Méthanol Partition	22,917	4,776	2,060	< 0,0001	Oui
Hexane ~ Acétate d'éthyle	8,681	1,809	2,060	0,082	Non
Hexane ~ Méthanol	3,125	0,651	2,060	0,521	Non
Méthanol ~ Méthanol Partition	19,792	4,125	2,060	0,000	Oui
Méthanol ~ Acétate d'éthyle	5,556	1,158	2,060	0,258	Non
Acétate d'éthyle ~ Méthanol Partition	14,236	2,967	2,060	0,007	Oui

Tableau 7 : *C. procer*/effet entre solvants ; classement et regroupements des groupes

Modalités	Moyenne	Regroupements		
Ether de pétrole	69,792	A		
Hexane	58,333		B	
Méthanol	55,208		B	
Acétate d'éthyle	49,653		B	
Méthanol final	35,417			C

Les différents tests de comparaison multiple des moyennes de mortalité embryonnaire pour la variable solvant fait ressortir trois groupes statistiquement bien distincts. Les différences s'observent entre l'extrait à l'éther de pétrole (plus apolaire) et tous les autres extraits ; la fraction méthanol de degré polaire plus élevé se singularise aussi par rapport à l'extrait au méthanol et aux fractions hexane et acétate d'éthyle. Cependant, aucune différence n'est décelée entre l'extrait au méthanol et ses fractions hexane et acétate d'éthyle (tableaux 6 et 7).

#### I.1.1.2. Extraits bruts et fractions d'extraits de *Senna occidentalis*

Les résultats obtenus par traitement des extraits et fractions d'extraits de *Senna occidentalis* sur les œufs de *C. serratus* sont représentés dans les figures 27 à 29.

Pour un même extrait les diagrammes suivis de la même lettre alphabétique ne sont pas significativement différents à  $p \geq 0.05$ .

La figure 27 récapitule le niveau de mortalité embryonnaire et la figure 28, la mortalité des œufs rescapés.

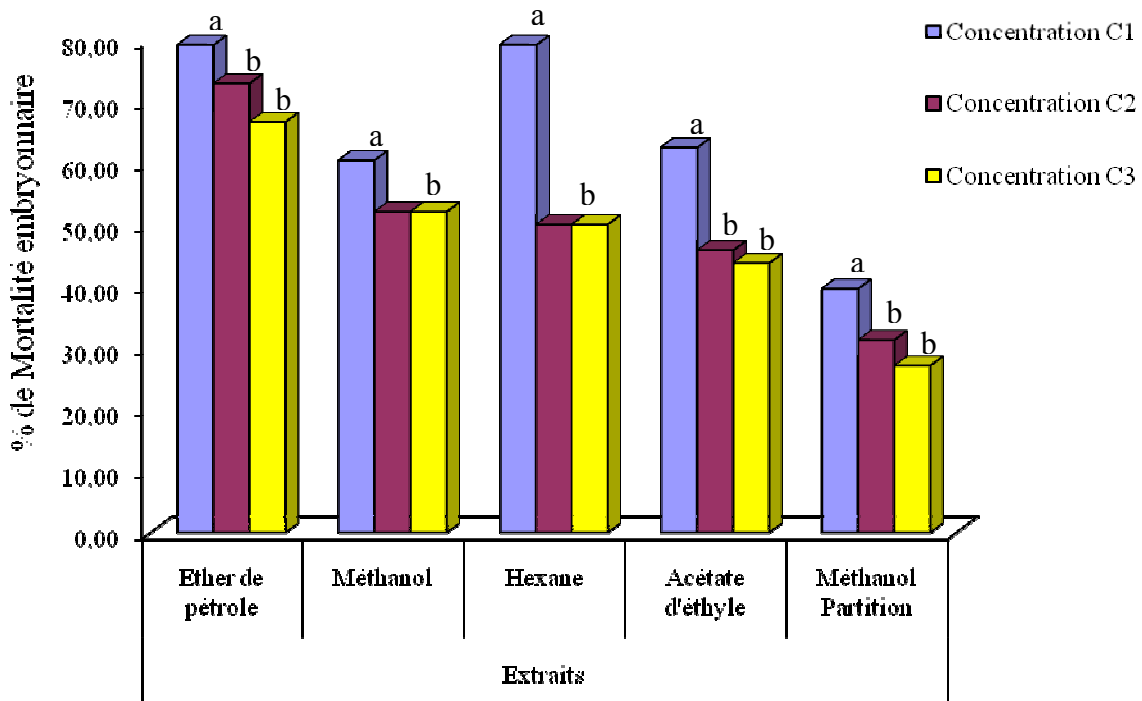


Figure 27 : Mortalité des œufs traités avec les produits biocides de *Senna occidentalis* à différentes concentrations



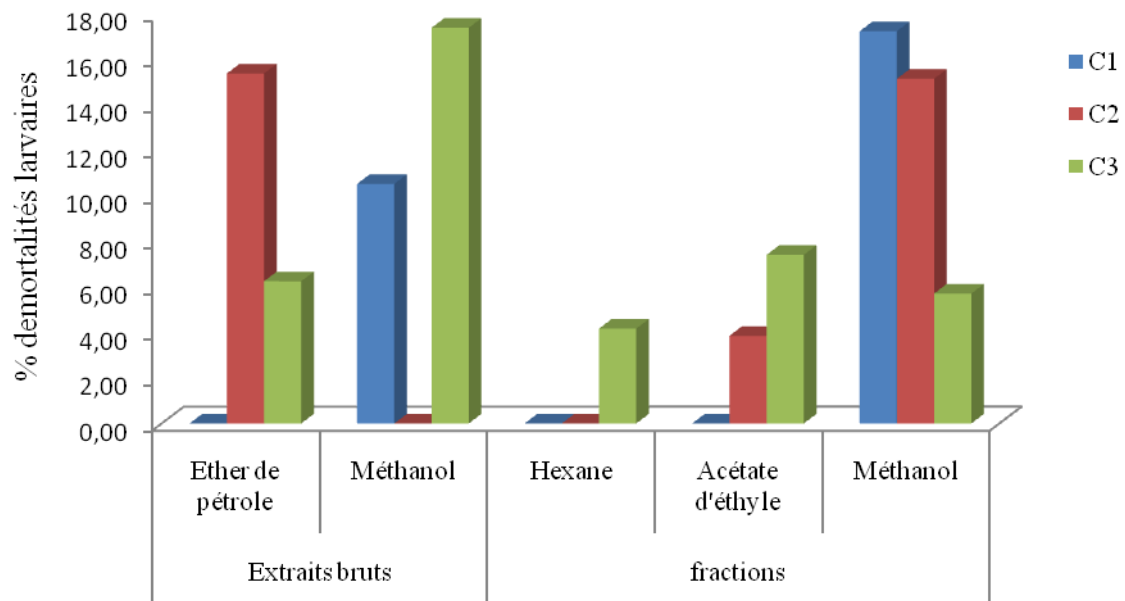


Figure 28 : Mortalités larvaires induites par les produits biocides de *Senna occidentalis* à différentes concentrations

La même tendance ovicide notée avec les extraits et fractions d'extraits de *C. procera* est observée avec les produits biocides tests de *S. occidentalis*. Les cinq extraits tests 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 par rapport aux témoins ( $13.54 \pm 1.47\%$  en moyenne).

Les extraits obtenus à partir de la poudre de feuilles de *S. occidentalis* avec l'éther de pétrole provoquent de fortes mortalités sur les œufs de *C. serratus*. Les pourcentages de mortalité embryonnaire obtenus après traitement sont de l'ordre de 79.17% en C<sub>1</sub> ; 72.92% en C<sub>2</sub> et 66.67% en C<sub>3</sub> (figure 27).

Si on considère les interactions effet ovicide et concentration appliquée, une comparaison multiple des moyennes obtenues par les tests de Newman-keuls et Fisher fait ressortir des différences significatives regroupées en deux groupes bien distincts. Les différences s'observent entre la concentration C<sub>1</sub> ( $0.1\text{g.ml}^{-1}$ ) et les deux autres concentrations. L'action ovicide de la forte dose révèle sur le plan statistique une différence significative ( $p \leq 0.05$ ) par rapport à celles induites par la dose intermédiaire C<sub>2</sub> et la dose faible C<sub>3</sub>. Cependant, aucune différence n'est décelée entre les deux doses  $0.01$  et  $0.001\text{g.ml}^{-1}$ . Bien que les taux de mortalités embryonnaires soient statistiquement homogènes pour les doses  $0.01$  et  $0.001\text{g/ml}$ . L'examen du graphique 27 montre en valeur relative que la concentration C<sub>2</sub> produit un taux

de mortalité d'œufs plus élevé que celui noté en C<sub>3</sub>. Ces résultats montrent donc qu'il existe bel et bien une corrélation positive entre la concentration appliquée et le taux de mortalité induit.

Des mortalités larvaires de l'ordre de 15.38 et 6.25% sont notées respectivement avec les concentrations 0.01 et 0.001g/ml. Par contre, la forte dose 0.1g.ml<sup>-1</sup> qui avait provoqué la plus grande action ovicide n'a induit aucune mortalité sur les œufs rescapés. D'après cela, nous pouvons supposer que l'effet concentration appliquée serait fonction de la nature du stade de développement de l'insecte tué et que les mortalités larvaires observées après le suivi des œufs rescapés sont peu être dues à une persistance de l'action des extraits testés.

Les niveaux de mortalité embryonnaire (figure 27) et larvaire (figure 28) induits par l'extrait au méthanol de *S. occidentalis* sont consignés dans la colonne méthanol de chacune des figures.

Les extraits obtenus avec le méthanol à partir de la poudre de feuilles de *S. occidentalis* tue plus de 50% des œufs traités à toutes les doses usitées. Une mortalité embryonnaire de 60.42% est notée avec la forte concentration 0.1g/ml. Les concentrations intermédiaire (0.01g.ml<sup>-1</sup>) et faible (0.001g.ml<sup>-1</sup>) induisent le même effet ovicide (52.08%) qui est statistiquement différent ( $p < 0.05$ ) de celui noté en C<sub>1</sub>. L'action insecticide de l'extrait brut méthanolique de *S. occidentalis* semble, au vu de ces résultats, dépendre elle aussi de la concentration du produit actif testé (figure 27).

Une mortalité larvaire est aussi notée cette fois ci avec 0.1g.ml<sup>-1</sup> et 0.001g.ml<sup>-1</sup> alors que la dose intermédiaire 0.01g.ml<sup>-1</sup> n'a induit aucune mortalité larvaire sur les œufs parvenus à éclore. Ces pourcentages de mortalité larvaire sont de l'ordre de 10.53 et 17.39% respectivement en C<sub>1</sub> et C<sub>3</sub> (figure 28).

Les niveaux de mortalité embryonnaire (figure 27) et larvaire (figure 28) induits par la fraction hexane de *S. occidentalis* sont consignés dans la colonne hexane.

Les fractions obtenues avec l'hexane à partir de l'extrait brut méthanolique de *S. occidentalis* ont provoqué une importante mortalité embryonnaire de 79.17% avec la plus grande concentration (0.1g/ml). Les concentrations C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> induisent une mortalité moyenne (50%) qui est significativement différente de celle notée en C<sub>1</sub>.

Une mortalité larvaire de 4.17% est notée uniquement avec la plus faible dose.

Les niveaux de mortalité embryonnaire (figure 27) et larvaire (figure 28) induits par la fraction d'acétate d'éthyle de *S. occidentalis* sont consignés dans la colonne acétate d'éthyle. La même tendance ovicide obtenue avec la fraction hexanique est observée avec la fraction d'acétate d'éthyle. C'est la forte dose qui provoque le maximum de mortalité au niveau des œufs (62.50%). Les concentrations C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> induisent respectivement une activité ovicide moyenne de 45.83 et 43.75%, qui est significativement différente de celle obtenue en C<sub>1</sub>. Des mortalités larvaires de 3.85 et 7.41% sont notées avec les doses 0.01 et 0.001g.ml<sup>-1</sup> respectives.

Les niveaux de mortalité embryonnaire (figure 27) et larvaire (figure 28) induits par la fraction méthanol de *S. occidentalis* sont consignés dans la colonne méthanol final de chaque figure.

Les fractions méthanoliques de *S. occidentalis* entraînent une mortalité embryonnaire moyenne de l'ordre de 32.63 ± 6.36%. Ces taux de mortalité des œufs induits par les différentes doses de la fraction méthanol sont de l'ordre 39.58% en C<sub>1</sub>, 31.25% en C<sub>2</sub> et 27.08% en C<sub>3</sub>. Les différences s'observent entre les concentrations ; C<sub>1</sub> (forte dose) se singularise par rapport à C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub>. Cependant, aucune différence n'est décelée entre les deux concentrations C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> (figure 27).

En ce qui concerne le suivi des œufs rescapés on remarque que seules les fractions méthanoliques de *S. occidentalis* ont provoqué une mortalité larvaire chez *C. serratus* à toutes les doses appliquées. Ce sont donc les fractions méthanoliques qui causent le plus de mortalité larvaire mais aussi le moindre de mortalité des œufs. Cette même tendance larvicide a été observée avec les produits de *C. procera*. Nous pouvons donc supposer qu'elles agiraient plus tard en perturbant ou en arrêtant le développement larvaire (figure 28).

Chez *S. occidentalis*, la comparaison des taux de mortalité embryonnaire provoqués par les deux extraits bruts (éther et méthanol) et les trois fractions obtenues par fractionnement de l'extrait brut méthanolique révèle que l'extrait étheré est plus efficace quelque soit la nature de concentration usitée (figure 29). Ces résultats confirment ceux obtenus avec les extraits tests de *C. procera* qui montrent une plus grande efficacité ovicide des produits apolaires (figure 26).

La figure 29 représente pour une même concentration la mortalité comparée entre divers extraits tests de *S. occidentalis*.

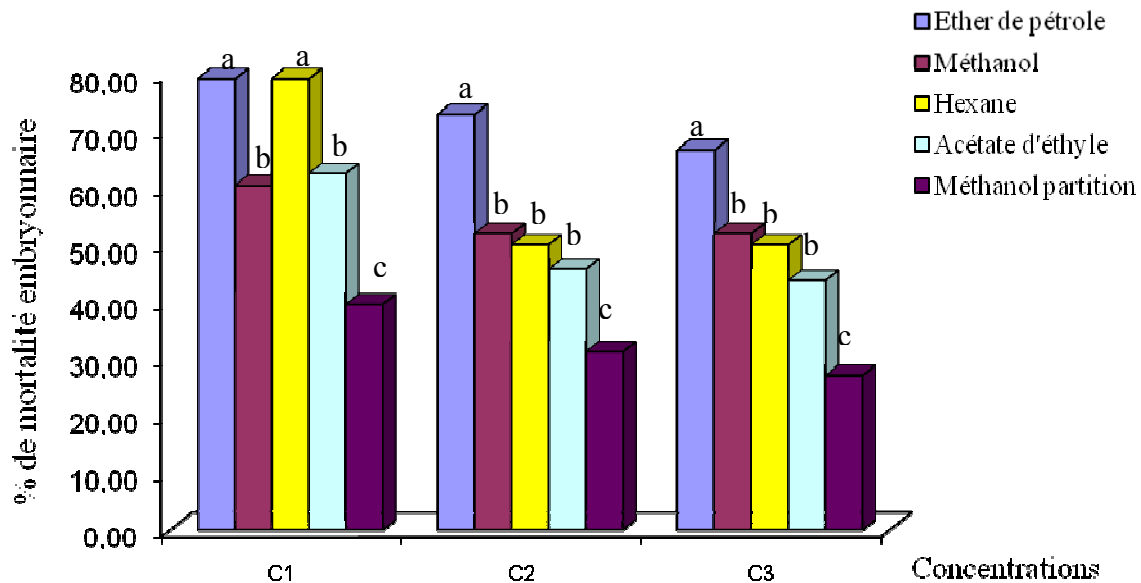


Figure 29 : Mortalité comparée entre différents produits biocides de *Senna occidentalis*

Lorsqu'on compare concentration par concentration l'action ovicide des extraits bruts (éther et méthanol) et celle des fractions d'extraits obtenues par partition de l'extrait brut au méthanol, des différences s'observent entre extraits apolaires et extraits polaires. Des tests de comparaison multiple font ressortir des différences significatives regroupées en trois lots bien distincts.

Pour la concentration C<sub>1</sub>, nous constatons que l'extrait étheré et la fraction hexanique considérés comme les produits tests les plus apolaires induisent le même taux de mortalité embryonnaire qui est de l'ordre de 79.17%. L'action ovicide prédominante de ce groupe homogène A se singularise par rapport aux deux autres groupes B et C. Le groupe B est représenté par l'extrait brut méthanolique et sa fraction acétate d'éthyle. Ces derniers provoquent des taux de mortalités embryonnaires statistiquement égaux qui sont de l'ordre de 60.42% pour l'extrait brut méthanolique et 62.50% pour la fraction acétate d'éthyle. Cependant, une légère différence est décelée entre l'extrait méthanolique et sa fraction acétate d'éthyle si on compare les résultats en valeur absolue. Le troisième groupe représenté par la fraction méthanol de partition provoque les taux de mortalités d'œufs les plus faibles à toutes les concentrations. Ceci nous permet de dire qu'il existe une corrélation positive entre polarité de l'extrait appliqué et efficacité ovicide.

La concentration C<sub>1</sub> des composés apolaires (extrait étheré, fraction hexane et fraction acétate d'éthyle) n'a induit aucune mortalité larvaire. Cependant, les extraits polaires (extrait méthanolique et fraction méthanol) ont produit en C<sub>1</sub> des mortalités larvaires de 10.42% pour

la fraction méthanol et de 8.33% pour l'extrait brut au méthanol. Nous pouvons donc supposer que la polarité de l'extrait influe sur le stade de développement tué. Hypothèse déjà émise avec les produits biocides tests de *C. procera*.

Au niveau des concentrations  $C_2$  et  $C_3$ , l'activité biologique croît dans le sens méthanol final, acétate d'éthyle, hexane, méthanol brut et éther de pétrole si les données comparées sont prise en valeurs relatives. Les mortalités embryonnaires obtenues pour la fraction méthanolique sont les plus petites avec 31.25% en  $C_2$  et 27.08% en  $C_3$ . Les fractions d'acétate d'éthyle induisent une mortalité moyenne de 45.83% en  $C_2$  et 43.75% en  $C_3$ ). L'extrait brut méthanolique et sa fraction hexanique peuvent être considérés comme un groupe statistiquement homogène qui se différencie des autres. Rappelons que les fractions testées proviennent d'une reprise successive du résidu sec de l'extrait brut méthanolique avec des solvants de polarité croissante que sont l'hexane, l'acétate d'éthyle et le méthanol. D'après Basséne (2001) qui affirme qu'un solvant polaire dissout mieux un soluté polaire qu'un solvant apolaire. Nous pouvons dire que l'hexane a tendance à extraire les substances les plus apolaires suivi de l'acétate d'éthyle. La fraction méthanolique retiendrait les substances polaires. De ce fait, nous pouvons supposer que les extraits apolaires provoquent plus mortalité embryonnaire que les extraits polaires. Ainsi on peut dire que la dose optimale de la solution appliquée, qui provoquerait une mortalité embryonnaire, varie en fonction de la polarité des extraits.

En ce qui concerne les mortalités larvaires, les doses  $C_1$  de l'extrait à l'éther de pétrole, de la fraction hexane et de la fraction acétate d'éthyle n'ont induit aucune mortalité des larves. Cependant, la dose  $C_3$  de tous les extraits tests de *S. occidentalis* a induit des mortalités larvaires.

D'une manière générale, les résultats obtenus avec les extraits bruts et fractions d'extraits de *C. procera* et de *S. occidentalis* ont montré qu'il existe une corrélation positive d'une part entre effet ovicide et dose d'application et d'autre part entre efficacité ovicide ou larvicide et polarité des produits testés. Ceci est fortement démontré par l'analyse des courbes d'interactions pour la variable mortalité des embryons. Ces graphiques sont obtenus au moyen du logiciel Statview.

Les relations de dépendance révélées sont récapitulées au niveau des figures 30a, 30b et 30c.

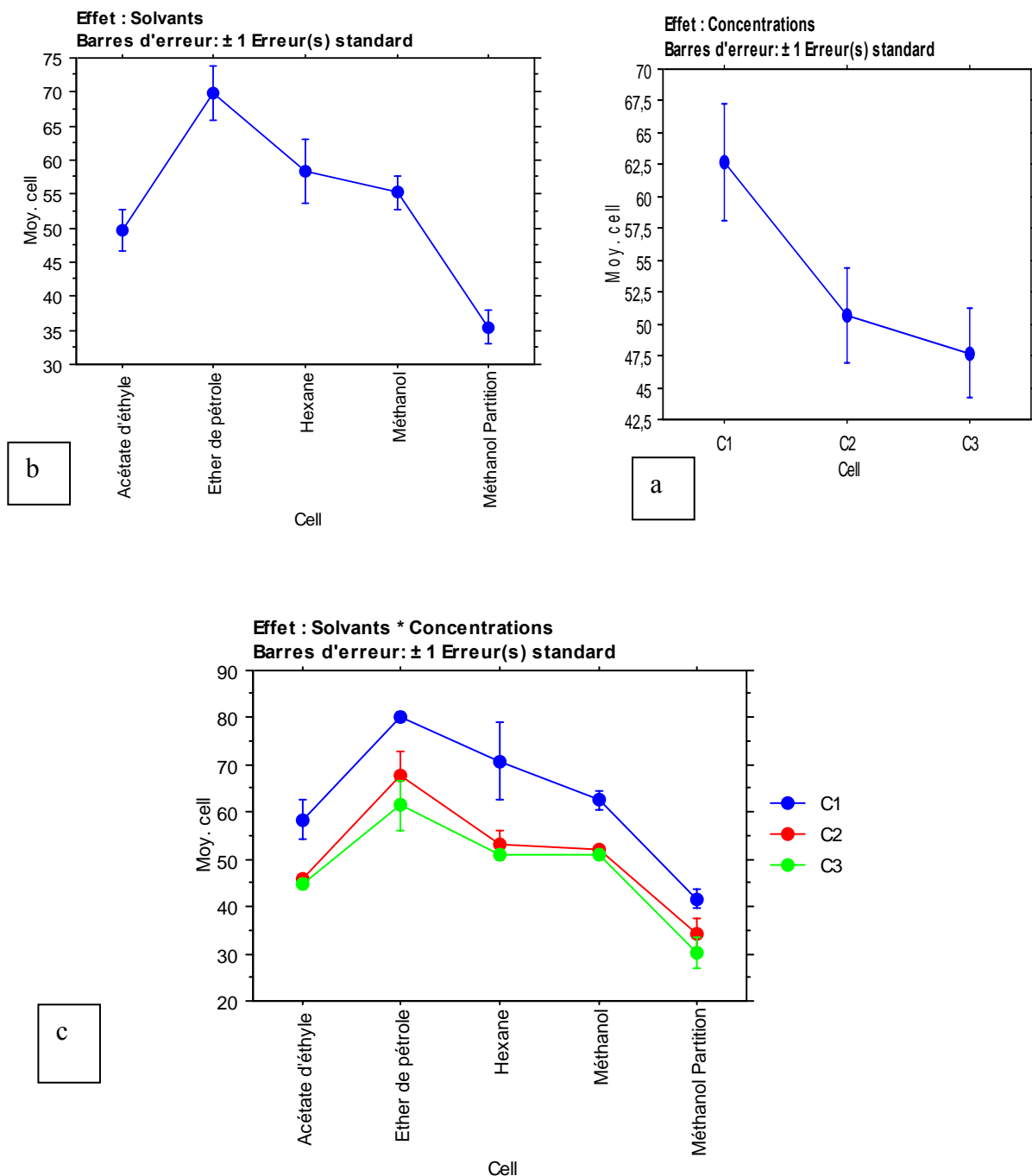


Figure 30 : Courbes des interactions pour la mortalité embryonnaire :  
a) Effet concentration - b) Effet solvant - c) Effet solvants & concentration

En comparant l'action ovicide des deux plantes, il ressort qu'elles présentent une activité insecticide qui n'est pas significativement différente globalement. Ceci a été démontré par les tests de comparaison multiples pour la variable plante, effectués au moyen de logiciels statistiques (tableaux 8 et 9).

Les tableaux 8 et 9 récapitulent les résultats statistiques obtenus de l'analyse biométrique.

Tableau 8 : Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 %

Modalités	Moyenne	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
<i>Calotropis procera</i> ~ <i>Senna occidentalis</i>	-0,972	-0,190	2,048	0,851	Non

Tableau 9 : Effet entre plantes ; classement et regroupements des groupes

Classement et regroupements des groupes non significativement différents		
Modalités	Moyenne	Regroupements
<i>Calotropis procera</i>	53,194	A
<i>Senna occidentalis</i>	54,167	A

Des différences entre plante s'observent cependant, si on considère pour une même concentration les données en valeur relative (figure 31).

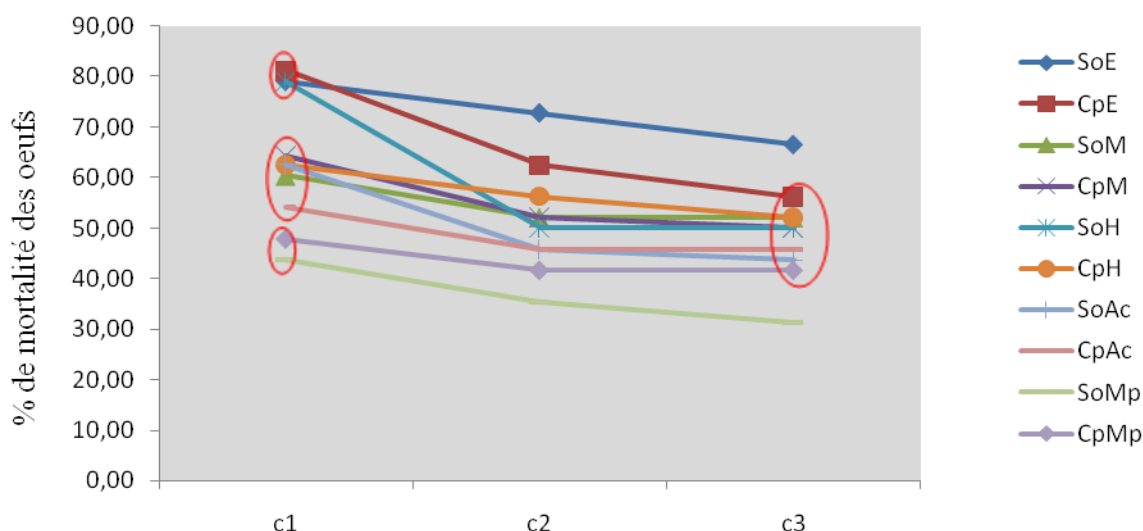


Figure 31 : Comparaison de la mortalité embryonnaire entre les différents produits biocides de *C. procera* et de *S. occidentalis*

Ainsi pour la forte dose  $0.1\text{g.ml}^{-1}$  nous notons trois groupes distincts. Le premier groupe induit le meilleur effet ovicide regroupe l'extrait étheré de *C. procera*, l'extrait étheré et la fraction hexane de *S. occidentalis*. Il est suivi du second groupe constitué par les extraits méthanoliques et les fractions acétate d'éthyle des deux plantes auxquels il faut ajouter la fraction hexane de *C. procera*. Enfin le troisième et dernier groupe qui regroupe les fractions méthanoliques des deux plantes. Pour la dose  $0.01\text{g.ml}^{-1}$ , les écarts entre effet ovicide induit par chaque extrait test de plantes se font nettement sentir. Cette différenciation devient encore plus visible avec la dose  $0.001\text{g.ml}^{-1}$  où nous notons également un classement de trois groupes de produits biocides présentant presque les mêmes effets ovicides. Le pourcentage d'œufs

morts le plus élevé est provoqué par l'extrait éthéré de *S. occidentalis* tandis la fraction méthanolique de *C. procera* produit l'effet ovicide le plus bas.

### I.1.2. Discussion

Dans les conditions d'étude, les extraits et les fractions obtenus par macération à froid de poudre de feuilles de *C. procera* et de *S. occidentalis*, affectent significativement la viabilité des œufs de *C. serratus*. Comme cela a été observé chez la même espèce, l'éclosion des œufs de la bruche de l'arachide a été significativement réduite par les extraits d'huile des feuilles de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn et d'huile des graines de *Azadirachta indica* A. Juss (El Atta & Ahmed, 2002). Gakuru & Foua (1996) ont observé aussi chez *Callosobruchus maculatus* l'effet insecticide du fruit de *Capsicum frutescens* L. (Solanaceae). Kellouche & 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. Les travaux de Bouchelta *et al.*, 2003 ont démontré l'efficacité insecticide des extraits de *Capsicum frutescens* sur *Bemisia tabaci* (Gennadius). Il a fallu attendre les résultats des travaux de Bouchelta *et al.* (2005) pour comprendre que, l'efficacité ovicide des extraits de fruits de *C. frutescens* sur *B. tabaci* était essentiellement due à l'action biologiques 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<sup>-1</sup> à 58% avec 20 g.l<sup>-1</sup>. 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. Ce résultat avec les flavonoïdes, qui se sont montrés sans ou à faibles effets sur l'éclosion des œufs, rappelle celui observé chez *Manduca sexta* avec la rutine (Barbosa *et al.*, 1991). Les méthyl-isothocyanates isolés à partir des feuilles de *Boscia senegalensis* ont révélé une activité ovicide élevée chez *C. maculatus* et son parasitoïde *Dinarinus basalis* (Hymenoptera : Pteromalidae) (Sanon *et al.*, 2002). Dès lors que les différents produits biocides de nos deux plantes ont révélé un meilleur effet ovicide et comme il n'y a jamais d'action sans molécule, on peut penser que ce pouvoir de toxicité de *C. procera* et de *S. occidentalis* à l'égard des œufs de *C. serratus* pourrait être dû à l'action de métabolites secondaires que renfermeraient leurs différents extraits et fractions. D'où la nécessité de



faire un screening chimique sur les extraits et les fractions d'extraits de nos deux plantes testées afin de mettre en évidence de tels métabolites secondaires.

Par ailleurs, nos résultats montrent qu'il existe un effet concentration dépendant ; le pourcentage des œufs non éclos augmente linéairement au fur et à mesure que la concentration s'accroît. En d'autres termes nous pouvons dire que l'efficacité ovicide de *C. procera* et de *S. occidentalis* atteint des valeurs maximales aux fortes concentrations. La mortalité embryonnaire la plus élevée est noté en C<sub>1</sub> quelque soit la nature du produit test.

De plus, les extraits bruts à l'éther de pétrole de *C. procera* et de *S. occidentalis* ainsi que la fraction hexanique de *S. occidentalis* se sont avérés plus efficaces que les autres produits biocides. Ces résultats montrent alors que l'activité ovicide de *C. procera* et de *S. occidentalis* varie en raison inverse de la polarité des extraits bruts et des fractions d'extraits usités. Pour chaque plante, nous constatons d'une manière générale, que les produits biocides les plus apolaires (extrait étheré et fraction hexanique) exercent une forte activité insecticide sur la forme œufs de *C. serratus* que les produits biocides polaires (extrait méthanol, fractions acétate d'éthyle et méthanol). Ces résultats sont conformes à ceux trouvés par Guèye (2004), Baldé (2005), mais ne sont pas conformes avec ceux obtenus par Mahgoud (1992), Gajmer *et al.* (2002). Gueye indique que l'extrait le moins polaire (étheré) a provoqué une mortalité de 91.17% des œufs avec *A. indica* et 94.08% avec *L. camara*. Baldé constate que les extraits méthanoliques de feuilles de neem ont induit une faible activité ovicide 15.30% avec la concentration C<sub>1</sub> (0.1g/ml). Mahgoud en utilisant des extraits méthanoliques de graines de neem obtient une totale inhibition du développement des œufs de *C. maculatus* (Fab.) à une concentration de 3%. Gajmer *et al.*, (2002) utilisant des extraits méthanoliques à partir des graines, ont observé que seul 12% des œufs de *Earus vitella* (Fab.) ont éclos avec la concentration 10% (poids/volume). Les résultats trouvés laissent supposer que les propriétés insecticides du neem varient et agissent en fonction des différentes parties de la plante (feuilles ou graines).

En plus, Mahgoud (1995) en utilisant des extraits apolaires étherés et chloroformique de neem a observé une inhibition totale de l'éclosion des œufs de *Callosobruchus maculatus* à une concentration 3%. Borges *et al.* (2003) quant à eux, ont montré chez *Melia azedarach* L., que ses extraits apolaires hexanique (100%) et chloroformique (98%) tuent plus larves de *Boophilus microplus* (C.) que son extrait polaire éthanolique (50%) après 168 h de traitement. Nos résultats corroborent également ceux de Kiendrebeogo *et al.* (2006) qui, en étudiant les activités insecticides de *Striga hermonthica* (Deh.) sur *Callosobruchus maculatus* (Fab.), ont montré un meilleur effet ovicide et larvicide des produits apolaires (fraction à l'éther de

pétrole et fraction triterpénique) que celui de l'extrait brut polaire à l'acétone. Ces mêmes auteurs, à la suite d'un screening phytochimique de la fraction éther de pétrole, ont mis en évidence des quinones (anthraquinones et/ou naphthoquinones) ainsi que des molécules triterpéniques ou stéroïdes. Ils pensent que l'activité ovicide des différents extraits testés serait donc le fait d'une au moins des deux molécules triterpéniques rencontrés dans la fraction. D'après Huignard *et al.* (2002) ce sont les composés terpéniques qui seraient toxiques vis-à-vis des œufs de *Callosobruchus maculatus*. Des études faites sur l'huile essentielle de *L. camara* ont montré qu'elle renferme beaucoup de composés terpéniques principalement des sesquiterpènes et des monoterpènes hydrocarbonés (Alitonou *et al.*, 2003). Regnault *et al.* (1995) ont testé plusieurs terpènes sur *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera : Bruchidae) et l'eugénol est cité parmi les plus toxiques. Les travaux de Obeng-Ofuri & Reichmuth (1997) considèrent ce composé terpénique comme potentiellement utilisable dans la protection des stocks de grains. Sur ce, nous pouvons aussi penser que l'activité ovicide des extraits et fractions d'extraits de *C. procera* et de *S. occidentalis* pourrait être le fait de la présence de ces genres de constituants phytochimiques dans nos produits testés.

Pour expliquer la mortalité des œufs causée par les extraits et fractions de *C. procera* et de *S. occidentalis*, on peut émettre l'hypothèse que les jeunes larves de 1<sup>er</sup> stade sont soit incapables de percer la cuticule de la graine avec leur ovirupteur soit noyés par le produit qui pénètre à travers la membrane du chorion lipophile. De ce point, cette inhibition forte de l'éclosion des œufs de *C. serratus* par nos différents produits biocides apolaires testés pourrait s'expliquer par leur saturation en composés lipidiques (huileux). En effet, selon Hall & Harman (1991) *in* (Cardet, 1996), la migration des lipides à travers le chorion est probablement attribuable à une attraction lipidique entre les lipides constitutifs du chorion et ceux des produits apolaires. Selon ces mêmes auteurs, seuls les acides gras saturés pénétreraient dans le chorion et protégeraient les graines en surface (action ovicide) ; les acides gras insaturés traverseraient les téguments et s'accumuleraient au niveau des cotylédons de la graine. Ils auraient donc une action insecticide sur les larves de premier stade lorsqu'elles pénètrent à l'intérieur de la graine. C'est cela qui explique la persistance de l'activité insecticide des extraits et fractions d'extraits de nos deux plantes. Persistance, qui se traduit par les mortalités larvaires constatées par la suite. L'effet ovicide constaté avec les substances biocides de *C. procera* et de *S. occidentalis* pourrait également être expliqué, soit par une diminution de l'adhésivité des œufs sur le tégument des graines, soit par son action sur l'embryon après pénétration dans le chorion.

## I.2. Suivi des œufs « rescapés »

Dans le but de déterminer l'efficacité biocide des extraits bruts et des fractions d'extraits de poudre de feuilles de *Calotropis procera* AIT. et de *Senna occidentalis* L. sur l'insecte *C. serratus*, un suivi des œufs traités a été mené au laboratoire. L'étude des paramètres du cycle de développement effectuée sur les œufs « rescapés » du ravageur a porté sur les durées moyennes ponte/éclosion, éclosion/tissage cocon, tissage cocon/éclosion et cycle de vie de l'adulte « rescapés ». Les différents résultats obtenus des expérimentations ont été répertoriés sous forme de tableaux.

### I.2.1. Résultats

#### I.2.1.1. Œufs traités avec *Calotropis procera*

Les résultats obtenus de l'étude de l'action biologique des extraits bruts et des fractions de l'extrait brut au méthanol de poudre de feuilles de *C. procera* sur les durées moyennes des différentes phases de développement des œufs « rescapés » de l'insecte *C. serratus* sont présentés dans les tableaux 10 à 15.

Le tableau suivant récapitule les résultats de l'effet induit par les trois concentrations C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> de l'extrait brut à l'éther de pétrole de *C. procera* sur la moyenne des durées ponte/éclosion, éclosion/tissage cocon, tissage/éclosion et ponte/mort de l'adulte « rescapé ».

Tableau 10 : Effet de l'extrait brut à l'éther de pétrole de *C. procera* sur les durées moyennes ( $\pm$  écart type) des différentes phases de développement des œufs « rescapés » de *C. serratus*.

Durée moyenne (Jour)	Concentrations (g.ml <sup>-1</sup> )			Témoin
	0.001	0.01	0.1	
Ponte/éclosion	8 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00	7 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00	7 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00	6.10 <sup>b</sup> $\pm$ 0.3
Éclosion/tissage cocon	26.95 <sup>a</sup> $\pm$ 3.88	29.06 <sup>a</sup> $\pm$ 4.81	33.13 <sup>a</sup> $\pm$ 5.06	34.27 <sup>a</sup> $\pm$ 5
Tissage/éclosion	32.71 <sup>a</sup> $\pm$ 16.63	28.63 <sup>a</sup> $\pm$ 4.64	27.57 <sup>a</sup> $\pm$ 12.97	19.10 <sup>b</sup> $\pm$ 8.67
Durée de vie	117.76 <sup>a</sup> $\pm$ 24.5	121.44 <sup>a</sup> $\pm$ 11.26	105.88 <sup>b</sup> $\pm$ 45.45	119.55 <sup>a</sup> $\pm$ 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 inférieur à 0.05).

L'étude des paramètres du cycle de développement de l'insecte *C. serratus* a donné au niveau du témoin des durées moyennes ponte/éclosion, éclosion/tissage du cocon, tissage du cocon/éclosion et cycle de vie de l'adulte, respectives de 6.1  $\pm$  0.3, 34.27  $\pm$  5, 19.1  $\pm$  8.67, 119.55  $\pm$  18.79 jours. Pour ce qui est de l'extrait éthéré, la durée moyenne ponte/éclosion est de 7.33  $\pm$  0.58 jours, avec une durée minimale de 7 jours pour les concentrations 0.1 et 0.01 g.ml<sup>-1</sup> et une durée maximale de 8 jours avec la plus faible dose 0.001g.ml<sup>-1</sup>. La durée

moyenne éclosion/tissage du cocon provoquée par cet extrait est de  $29.71 \pm 3.14$  jours, avec une durée minimale de  $26.95 \pm 3.88$  jours en  $C_3$  et maximale de  $33.13 \pm 5.06$  jours en  $C_1$ . La dose intermédiaire  $C_2$  induit une durée moyenne de développement larvaire de l'ordre de  $29.06 \pm 4.81$  jours. Pour ce qui est de la durée moyenne tissage/émergence, elle est de  $29.64 \pm 2.72$  jours, avec une durée maximale de  $32.71 \pm 16.63$  jours en  $C_3$  et minimale de  $27.57 \pm 12.97$  jours en  $C_1$ . Quant à la moyenne des durées de vie produit par l'extrait éthéré, elle est de l'ordre de  $115.02 \pm 8.13$  jours, avec une durée minimale de  $105.88 \pm 45.45$  jours en  $C_1$  et maximale de  $121.44 \pm 11.26$  jours en  $C_2$ .

Considérant les résultats obtenus avec les trois concentrations testées, les tests statistiques montrent d'une manière générale un effet concentration non déterminant. Néanmoins, si on compare ces résultats en valeur relative, l'effet concentration devient déterminant. En effet, nous remarquons que la durée éclosion/tissage du cocon, qui correspond au stade de développement larvaire, atteint des valeurs minimales aux faibles concentrations tandis que la durée tissage/émergence varie en sens inverse de l'élévation de la concentration de l'extrait appliqué. En d'autres termes les larves issues des œufs traités avec la faible dose  $0.001 \text{ g.ml}^{-1}$  de l'extrait éthéré de *C. procera* sont les premières à tisser leur cocon et les dernières à boucler leur développement nymphal. Cependant, c'est avec la forte dose  $0.1 \text{ g.ml}^{-1}$  que les phases larvaires ont été les plus longues et les nymphoses plus courtes. La dose intermédiaire  $0.01 \text{ g.ml}^{-1}$  de l'extrait éthéré induit les plus longues durées de vie des œufs traités c'est-à-dire de l'œuf jusqu'à la mort de l'adulte.

Par ailleurs, sauf pour le paramètre éclosion/tissage du cocon, l'analyse statistique révèle des différences significatives ( $p \geq 0.05$ ) entre les résultats du témoin et ceux de l'extrait éthéré de *C. procera*. Par conséquent, l'extrait éthéré pourrait provoquer un allongement du stade de développement embryonnaire et celui de la nymphose des œufs rescapés de *C. serratus*. Par contre en  $C_1$ , la durée de vie des œufs rescapés est réduite par rapport au témoin (tableau 10). L'action biologique induite par les trois concentrations ( $C_1$ ,  $C_2$  et  $C_3$ ) de l'extrait brut au méthanol de *C. procera* sur les moyennes des durées ponte/éclosion, éclosion/tissage, tissage/émergence et ponte/mort de l'adulte « rescapé » est consignée dans le tableau 11.

Tableau 11 : Effet de l'extrait brut au méthanol de *C. procera* sur les durées moyennes ( $\pm$  écart type) des différentes phases de développement des œufs « rescapés » de *C. serratus*.

Durée moyenne (Jour)	Concentrations (g.ml <sup>-1</sup> )			Témoin
	0.001	0.01	0.1	
Ponte/éclosion	10.62 <sup>a</sup> $\pm$ 1.02	11 <sup>a</sup> $\pm$ 0.0	10.64 <sup>a</sup> $\pm$ 0.79	5.1 <sup>b</sup> $\pm$ 1.05
Éclosion/tissage cocon	45.95 <sup>a</sup> $\pm$ 4.63	49.04 <sup>a</sup> $\pm$ 5.14	48.70 <sup>a</sup> $\pm$ 6.28	36.38 <sup>b</sup> $\pm$ 9.46
Tissage/émergence	22.33 <sup>a</sup> $\pm$ 2.27	20.96 <sup>ab</sup> $\pm$ 5.24	19.96 <sup>ab</sup> $\pm$ 4.64	17.11 <sup>b</sup> $\pm$ 7.23
Durée de vie	135.29 <sup>a</sup> $\pm$ 18.9	138 <sup>a</sup> $\pm$ 18.33	128.19 <sup>b</sup> $\pm$ 17.57	125.20 <sup>b</sup> $\pm$ 14.14

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 inférieur à 0.05).

Pour l'extrait brut au méthanol de *C. procera* nous avons obtenu une durée moyenne ponte/éclosion de  $10.75 \pm 0.21$  jours. Le témoin induit une période ponte/éclosion de  $5.1 \pm 1.05$  jours. La moyenne des durées éclosion/tissage produites par l'extrait méthanolique est de  $47.9 \pm 1.7$  jours, avec une durée minimale de  $45.95 \pm 4.63$  jours en C<sub>3</sub> et maximale de  $49.06 \pm 5.14$  jours en C<sub>2</sub>. La plus forte dose C<sub>1</sub> induit une durée moyenne de développement larvaire intermédiaire qui est de l'ordre de  $48.70 \pm 6.28$  jours. Ces périodes de développement larvaire sont statistiquement plus élevées que celles du groupe de contrôle ( $36.38 \pm 9.46$  jours). Pour ce qui est de la durée tissage/émergence, elle est de  $21.08 \pm 1.19$  jours en moyenne, avec une durée maximale de  $22.33 \pm 2.27$  jours en C<sub>3</sub> et minimale de  $19.96 \pm 4.64$  jours en C<sub>1</sub>. La durée moyenne de la nymphose des œufs non traités est de  $17.2 \pm 14.14$  jours.

Comparés aux témoins, l'examen statistique des résultats obtenus après traitement révèle que l'extrait brut au méthanol de *C. procera* affecte significativement les durées moyennes des différentes phases de développement de *C. serratus*. L'analyse comparative des effets entre concentrations ne montre d'une manière générale aucune différence sur le plan statistique. Pourtant, si l'on compare ces résultats en valeur relative, l'effet dose se fait nettement sentir. De fait, la durée du stade nymphal varie en sens inverse de l'élévation de la concentration de l'extrait appliqué. Les durées ponte/éclosion et éclosion/tissage augmente en fonction de l'élévation de la concentration.

Quant à la durée de vie totale produit par l'extrait méthanolique, elle avoisine  $136.65 \pm 1.92$  en C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub>. C<sub>1</sub> induit une durée de vie sensiblement identique sur le plan statistique que celle du témoin (tableau 11).

Le tableau ci contre présente les résultats de l'effet induit par les doses C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> de la fraction hexanique de *C. procera* sur la moyenne des durées ponte/éclosion, éclosion/tissage cocon, tissage/émergence et ponte/mort de l'adulte rescapé.

Tableau 12 : Effet de la fraction hexanique de *C. procera* sur les durées moyennes ( $\pm$  écart type) des différentes phases de développement des œufs « rescapés » de *C. serratus*.

Durée moyenne (Jour)	Concentration (g.ml <sup>-1</sup> )			Témoin
	0.001	0.01	0.1	
Ponte/éclosion	8 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00	8 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00	8 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00	6.46 <sup>b</sup> $\pm$ 1.35
Éclosion/tissage cocon	54.26 <sup>a</sup> $\pm$ 10.31	53.95 <sup>a</sup> $\pm$ 11.08	56.44 <sup>a</sup> $\pm$ 11.71	36.74 <sup>b</sup> $\pm$ 6.63
Tissage/émergence	28.96 <sup>a</sup> $\pm$ 4.88	33.89 <sup>a</sup> $\pm$ 9.59	29.67 <sup>a</sup> $\pm$ 3.01	21.17 <sup>b</sup> $\pm$ 4.87
Durée de vie	134.4 <sup>a</sup> $\pm$ 17.32	137.2 <sup>a</sup> $\pm$ 26.37	142.7 <sup>a</sup> $\pm$ 23.40	120.62 <sup>b</sup> $\pm$ 16.62

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 inférieur à 0.05).

Par rapport aux témoins, toutes les concentrations testées de la fraction hexane affectent significativement la durée de développement des stades suivis. Quelque soit le type de paramètre du cycle de développement étudié, les trois concentrations de la fraction hexanique induisent des durées de développement plus élevées que celles du témoin. Pour ce dernier, Les durées moyennes éclosion/tissage du cocon, tissage du cocon/émergence et cycle de vie de l'adulte sont respectivement de 36.74  $\pm$  6.63, 21.17  $\pm$  4.87, 120,62  $\pm$  16.62 jours.

En ce qui concerne le paramètre ponte/éclosion, la durée moyenne induit par les trois doses testées est de 8 jours contre 6.46  $\pm$  1.35 jours pour les œufs non traités. Nous pouvons donc supposer que la fraction hexanique pourrait entraîner un allongement du stade embryonnaire. Pour éclosion/tissage la durée est de 54.88  $\pm$  1.36 jours en moyenne, avec une durée minimale de 53.95  $\pm$  11.08 jours en C<sub>2</sub> et maximale de 56.44  $\pm$  11.71 jours en C<sub>1</sub>. La plus petite dose C<sub>3</sub> induit une durée intermédiaire de développement larvaire de l'ordre de 54.26  $\pm$  10.31 jours. Pour ce qui est de la durée tissage/émergence, elle est de 30.84  $\pm$  2.67 jours en moyenne, avec une durée minimale de 28.96  $\pm$  4.88 en C<sub>3</sub> et maximale de 33.89  $\pm$  9.59 en C<sub>2</sub>. Une durée nymphale intermédiaire de 29.67  $\pm$  3.01 est notée avec la forte concentration C<sub>1</sub>. Quant à la durée de vie totale, la fraction hexane révèle une moyenne de 138.01  $\pm$  8.13 jours, avec une durée minimale de 134.4  $\pm$  45.45 jours en C<sub>3</sub> et maximale de 142.7  $\pm$  11.26 jours en C<sub>1</sub>.

L'analyse statistique de ces résultats révèle que la relation entre durée des différents stades de développement des œufs rescapés et les concentrations testées n'est pas significativement corrélée. Il existerait néanmoins, une dose optimale avec laquelle on pourrait constater soit un fort allongement ou une forte diminution de la durée du stade de développement considéré. Par exemple la concentration C<sub>2</sub> de la fraction hexanique induit le plus grand allongement de la nymphose. La durée des stades larvaires et celle du cycle de vie de l'œuf rescapé les plus longues ont été notées en C<sub>1</sub> (tableau 12).

Le tableau suivant présente les résultats de l'effet induit par les trois concentrations C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> de la fraction acétate d'éthyle de *C. procera* sur la moyenne des durées ponte/éclosion, éclosion/tissage cocon, tissage/émergence et ponte/mort de l'adulte rescapé.

Tableau 13 : Effet de l'acétate d'éthyle de *C. procera* sur les durées moyennes ( $\pm$  écart type) des différentes phases de développement des œufs « rescapés » de *C. serratus*.

Durée moyenne (Jour)	Concentration (g.ml <sup>-1</sup> )			Témoin
	0.001	0.01	0.1	
Ponte/éclosion	6 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00	6 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00	6 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00	6.88 <sup>a</sup> $\pm$ 1.05
Éclosion/tissage cocon	51.88 <sup>a</sup> $\pm$ 6.86	55.92 <sup>a</sup> $\pm$ 7.65	64.23 <sup>a</sup> $\pm$ 12.23	35.08 <sup>b</sup> $\pm$ 10.37
Tissage/émergence	35.92 <sup>a</sup> $\pm$ 8.15	33.04 <sup>a</sup> $\pm$ 3.98	33.59 <sup>a</sup> $\pm$ 5.86	22.15 <sup>b</sup> $\pm$ 5.51
Durée de vie	131.56 <sup>a</sup> $\pm$ 13.71	136.50 <sup>a</sup> $\pm$ 13.24	138.55 <sup>a</sup> $\pm$ 11.6	121.87 <sup>b</sup> $\pm$ 16.7

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 inférieur à 0.05).

Les durées moyennes ponte/éclosion, éclosion/tissage cocon, tissage cocon/émergence et cycle de vie de l'adulte sont respectivement de 6.88  $\pm$  1.05, 35.08  $\pm$  10.37, 22.15  $\pm$  5.51, 121.87  $\pm$  16.76 jours pour le témoin. Pour *C. procera*, la fraction acétate d'éthyle provoque une durée moyenne ponte/éclosion de 6 jours à toutes les concentrations. Elle induit aussi une durée éclosion/tissage moyenne de 57.34  $\pm$  6.29 jours, avec une durée minimale de 51.88  $\pm$  6.86 jours en C<sub>3</sub> et maximale de 64.23  $\pm$  12.23 jours en C<sub>1</sub>. La dose intermédiaire C<sub>2</sub> induit une durée de développement larvaire intermédiaire de l'ordre de 55.92  $\pm$  7.65 jours. Pour ce qui est de la durée tissage/émergence, elle est de 34.18  $\pm$  1.53 jours en moyenne, avec une durée maximale de 35.92  $\pm$  8.15 en 0.001 g.ml<sup>-1</sup>. Quant à la durée de vie totale, cette fraction révèle une moyenne de 135.54  $\pm$  3.59 jours, avec une durée minimale de 131.56  $\pm$  13.71 jours en C<sub>3</sub> et maximale de 138.55  $\pm$  11.60 jours en C<sub>1</sub>. La dose intermédiaire C<sub>2</sub> induit un cycle de vie complet de l'ordre de 136.50  $\pm$  13.24 jours.

Comparés ces résultats à ceux des œufs non traités, nous constatons que les durées moyennes ponte/éclosion, éclosion/tissage du cocon, tissage du cocon/émergence et cycle de vie de l'adulte étudiées ont été toutes considérablement allongées. En effet, cet allongement de la durée du stade de développement larvaire et celui du cycle complet des œufs suivis est plus élevé avec la forte dose du produit testé. Ces résultats ont été confirmés par l'examen statistique qui permet de distinguer deux groupes statistiquement différents à savoir le témoin et la fraction acétate d'éthyle testée. L'analyse statistique révèle également que les trois concentrations testées induisent des effets significativement homogènes sur les œufs rescapés de *C. serratus*. Cependant, lorsqu'on compare les résultats en valeur relative, nous pouvons

supposer qu'il existe une corrélation positive entre durée de développement des différentes phases et les doses de la fraction acétate d'éthyle appliquée. La durée éclosion/tissage et la durée du cycle de vie des œufs de *C. serratus* traités avec la fraction acétate d'éthyle atteignent des valeurs minimales aux faibles concentrations. Ces durées augmentent donc avec l'élévation de la concentration de l'extrait. De plus, la durée tissage/émergence varie en sens inverse de l'élévation de la concentration du produit appliqué (tableau 13).

Le tableau qui suit récapitule les résultats de l'effet induit par les trois concentrations (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub>) de la fraction méthanolique de *C. procera* sur la moyenne des durées ponte/éclosion, éclosion/tissage cocon, tissage/émergence et ponte/mort de l'adulte rescapé.

Tableau 14 : Effet de la fraction méthanolique de *C. procera* sur les durées moyennes ( $\pm$  écart type) des différentes phases de développement des œufs « rescapés » de *C. serratus*.

Durée moyenne (Jour)	Concentration (g.ml <sup>-1</sup> )			Témoin
	0.001	0.01	0.1	
Ponte/éclosion	11 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00	11 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00	11 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00	7.02 <sup>b</sup> $\pm$ 1.35
Éclosion/tissage cocon	48.75 <sup>a</sup> $\pm$ 4.08	50.44 <sup>a</sup> $\pm$ 4.74	51.30 <sup>a</sup> $\pm$ 6.41	36.98 <sup>b</sup> $\pm$ 10.37
Tissage/émergence	23.71 <sup>a</sup> $\pm$ 10.67	19.48 <sup>a</sup> $\pm$ 4.23	23.04 <sup>a</sup> $\pm$ 7.26	18.62 <sup>a</sup> $\pm$ 4.93
Durée de vie	165.5 <sup>a</sup> $\pm$ 42.96	156.48 <sup>a</sup> $\pm$ 19.38	136.00 <sup>b</sup> $\pm$ 17.14	117.31 <sup>c</sup> $\pm$ 24.39

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 inférieur à 0.05).

La fraction méthanolique de *C. procera* induit une durée moyenne ponte/éclosion de 11 jours au niveau de toutes les concentrations usitées contre 7.02  $\pm$  1.35 jours. Elle provoque donc un allongement du stade de développement embryonnaire. Elle produit aussi une durée éclosion/tissage moyenne de 50.16  $\pm$  1.3 jours, avec une minimale en C<sub>3</sub> et une maximale en C<sub>1</sub> respectives de 48.75  $\pm$  4.08 et 51.30  $\pm$  6.41 jours. La dose C<sub>2</sub> induit une durée de développement larvaire de 50.44  $\pm$  4.74 jours. Pour ce qui est de la durée tissage/émergence, elle est de 22.08  $\pm$  2.27 jours en moyenne, avec une minimale en C<sub>2</sub> et une maximale en C<sub>3</sub> respectives de 19.48  $\pm$  4.23 et 23.71  $\pm$  10.67 jours. Quant à la durée de vie totale, la fraction méthanolique révèle une moyenne de 160.99  $\pm$  6.38 jours en C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub>. La forte dose C<sub>1</sub> induit une durée de vie complète la plus petite (117.31  $\pm$  24.39) jours.

Des durées moyennes, ponte/éclosion, éclosion/tissage du cocon, tissage du cocon/émergence et cycle de vie de l'adulte, respectives de 7.02  $\pm$  1.35, 36.98  $\pm$  10.37, 18.62  $\pm$  4.93, 117.31  $\pm$  24.39 jours sont notées avec le témoin

Par rapport aux témoins, l'analyse des résultats obtenus après traitement révèle que la fraction méthanolique de *C. procera* affecte significativement les durées moyennes des différentes



phases de développement de *C. serratus*. L'analyse comparative des effets entre concentrations ne montre d'une manière générale aucune différence sur le plan statistique.

Si on compare les résultats en valeur absolue, nous pouvons dire qu'il existe une corrélation positive entre durée de développement des différentes phases et dose de la fraction méthanol appliquée. La durée éclosion/tissage des œufs de *C. serratus* traités avec la fraction méthanolique atteint des valeurs minimales aux faibles concentrations. Elle augmente avec l'élévation de la concentration du produit. Cependant, la durée totale du cycle de vie varie en sens inverse de l'élévation de la concentration du produit appliqué (tableau 14).

#### I.2.1.2. Œufs traités avec *Senna occidentalis*

Les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux 15 à 19.

Le tableau suivant récapitule l'effet induit par l'extrait brut à l'éther de pétrole de *S. occidentalis* sur les durées moyennes des différents stades de développement de *C. serratus*.

Tableau 15 : Effet de l'extrait brut à l'éther de pétrole de *S. occidentalis* sur les durées moyennes ( $\pm$  écart type) des différentes phases de développement des œufs « rescapés » de *C. serratus*.

Durée moyenne (Jour)	Concentration (g.ml <sup>-1</sup> )			Témoin
	0.001	0.01	0.1	
Ponte/éclosion	8 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00	8 <sup>a</sup> $\pm$ 0.0	8.06 <sup>a</sup> $\pm$ 0.25	6.1 <sup>b</sup> $\pm$ 0.3
Éclosion/tissage cocon	30.5 <sup>a</sup> $\pm$ 3.54	32.1 <sup>a</sup> $\pm$ 3.51	28.63 <sup>a</sup> $\pm$ 3.76	34.27 <sup>a</sup> $\pm$ 5
Tissage/émergence	26.5 <sup>a</sup> $\pm$ 12.11	21.8 <sup>a</sup> $\pm$ 6.46	27.8 <sup>a</sup> $\pm$ 16.35	19.1 <sup>b</sup> $\pm$ 8.67
Durée de vie	128.3 <sup>a</sup> $\pm$ 11.81	113.6 <sup>b</sup> $\pm$ 18.96	117 <sup>b</sup> $\pm$ 17.91	119.55 <sup>b</sup> $\pm$ 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 inférieur à 0.05).

Nous remarquons d'une manière générale que les trois concentrations testées de l'extrait brut à l'éther de pétrole de *S. occidentalis*, affectent significativement la durée de développement embryonnaire et celle de la nymphose des œufs traités. Elles induisent en fait un allongement de la durée de développement de ces stades par rapport au témoin. Cependant, pour ce qui est de la durée totale de vie les fortes concentrations (C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub>) ne montrent aucune différence significative par rapport aux œufs non traités.

La durée moyenne ponte/éclosion induit par l'extrait éthéré de *S. occidentalis* est de 8.02  $\pm$  0.04 jours contre 6.1  $\pm$  0.3 jours pour le témoin. Il provoque une durée moyenne éclosion/tissage cocon de l'ordre de 30.41  $\pm$  1.74 jours, avec une durée minimale de 28.63  $\pm$  3.76 jours en C<sub>1</sub> et maximale de 32.1  $\pm$  3.51 jours en C<sub>2</sub>. C<sub>3</sub> donne une durée moyenne de développement larvaire intermédiaire de l'ordre de 30.5  $\pm$  3.54 jours. Pour ce qui est de la durée tissage/émergence, elle est de 25.37  $\pm$  3.16 jours en moyenne, avec une durée maximale

de  $27.80 \pm 16.35$  jours en  $C_1$  et minimale de  $21.80 \pm 6.46$  jours en  $C_2$ . Quant à la moyenne des durées de vie totale produit par l'extrait éthéré de *S. occidentalis*, elle est de l'ordre de  $115.3 \pm 4.6$  jours en  $C_2$  et  $C_2$ . Une durée maximale de  $128.3 \pm 11.81$  jours est notée en  $C_3$ . Pour le témoin, nous avons noté des durées moyennes éclosion/tissage du cocon, tissage du cocon/éclosion et cycle de vie de l'adulte, respectives de  $34.27 \pm 5$ ,  $19.1 \pm 8.67$ ,  $119.55 \pm 18.79$  jours (tableau 15).

Sauf pour la durée de vie complète de *C. serratus*, l'analyse statistique montre une absence totale de corrélation positive entre dose appliquée et effet produit. Les différentes doses prédéfinies induisent donc les mêmes effets sur le plan statistique. Pourtant, l'effet concentration devient plus sensible si nous comparons paramètre par paramètre les résultats obtenus en valeur relative. Sur ce, nous pouvons dire qu'il existerait une dose optimale qui, provoquerait soit un allongement, soit une réduction la durée du stade de développement considéré. Par exemple à une dose 0.1 g/ml, nous notons un allongement de la durée du stade de développement embryonnaire et celle du stade nymphal tandis que la durée de développement larvaire et celle du cycle de vie de l'insecte sont réduites (tableau 15).

Le tableau 16 récapitule les résultats de l'effet induit par l'extrait brut au méthanol de *S. occidentalis* sur les durées moyennes des différents stades de développement de *C. serratus*.

Tableau 16 : Effet de l'extrait brut au méthanol de *S. occidentalis* sur les durées moyennes ( $\pm$  écart type) des différentes phases de développement des œufs « rescapés » de *C. serratus*.

Durée moyenne (Jour)	Concentration (g.ml <sup>-1</sup> )			
	0.001	0.01	0.1	Témoin
Ponte/éclosion	10.42 <sup>a</sup> $\pm$ 0.93	10.83 <sup>a</sup> $\pm$ 0.58	10.58 <sup>a</sup> $\pm$ 0.84	5.1 <sup>b</sup> $\pm$ 1.05
Éclosion/tissage cocon	41.95 <sup>a</sup> $\pm$ 5.36	42.78 <sup>a</sup> $\pm$ 5.7	45.61 <sup>a</sup> $\pm$ 7.03	36.38 <sup>b</sup> $\pm$ 9.46
Tissage/éclosion	22.32 <sup>a</sup> $\pm$ 2.5	21.26 <sup>a</sup> $\pm$ 4.34	21.17 <sup>a</sup> $\pm$ 2.27	17.11 <sup>b</sup> $\pm$ 7.23
Durée de vie	120.75 <sup>a</sup> $\pm$ 17.44	126.87 <sup>a</sup> $\pm$ 12.47	131.28 <sup>b</sup> $\pm$ 12.77	125.2 <sup>a</sup> $\pm$ 14.14

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 inférieur à 0.05)

Les durées moyennes sur les paramètres ponte/éclosion, éclosion/tissage du cocon, tissage du cocon/éclosion et cycle de vie de l'adulte obtenues avec le groupe de contrôle sont respectivement de  $5.1 \pm 1.05$ ,  $36.38 \pm 9.46$ ,  $17.11 \pm 7.23$ ,  $125.2 \pm 14.14$  jours. Pour l'extrait brut au méthanol de *S. occidentalis* nous avons obtenu une durée moyenne ponte/éclosion de  $10.61 \pm 0.21$  jours. La moyenne des durées éclosion/tissage est de  $43.45 \pm 1.92$  jours, avec une durée minimale de  $41.95 \pm 5.36$  jours en  $C_3$  et maximale de  $45.61 \pm 7.03$  jours en  $C_1$ . La dose intermédiaire  $C_2$  de l'extrait méthanolique induit une durée moyenne de développement

larvaire de l'ordre de  $42.78 \pm 5.70$  jours. Pour ce qui est de la durée moyenne tissage/éclosion, elle est de  $21.58 \pm 0.64$  jours, avec une durée minimale de  $21.17 \pm 2.27$  jours en C<sub>1</sub> et maximale de  $22.32 \pm 2.50$  jours en C<sub>3</sub>. Quant à la moyenne du cycle total de vie de l'adulte, elle est de l'ordre de  $126.3 \pm 5.29$  jours pour l'extrait méthanolique, avec une durée minimale de  $120.75 \pm 17.44$  jours en C<sub>3</sub> et maximale de  $131.28 \pm 12.77$  jours en C<sub>1</sub>. Notons que l'effet concentration n'est pas déterminant puisque les actions qu'elles induisent ne diffèrent pas significativement. Néanmoins, de légères différences peuvent être observées si les données sont prises en valeur relative. A partir de ce moment précis, nous constatons que la durée éclosion/tissage ou larvaire et la durée de vie totale des œufs rescapés atteignent des valeurs maximales aux fortes concentrations tandis que la durée tissage/éclosion ou nymphose varie en sens inverse de l'élévation de la concentration de l'extrait appliqué. Par ailleurs, lorsqu'on compare ces résultats à ceux des témoins, nous pouvons dire d'une manière globale que toutes les concentrations de l'extrait brut au méthanol de *S. occidentalis* présentent une activité biologique sur la durée des différentes phases de développement des œufs traités de *C. serratus*. Cependant, les concentrations C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> ne montrent aucun effet par rapport aux témoins (tableau 16).

L'effet induit par la fraction hexane de *S. occidentalis* sur les durées moyennes des différents stades de développement de l'insecte *C. serratus* est consigné dans le tableau qui suit.

Tableau 17 : Effet de la fraction hexanique de *S. occidentalis* sur les durées moyennes ( $\pm$  écart type) des différentes phases de développement des œufs « rescapés » de *C. serratus*.

Durée moyenne (Jour)	Concentration (g.ml <sup>-1</sup> )			Témoin
	0.001	0.01	0.1	
Ponte/éclosion	8 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00	8 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00	8 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00	6.46 <sup>b</sup> $\pm$ 1.35
Éclosion/tissage cocon	52.74 <sup>a</sup> $\pm$ 8.25	54.29 <sup>a</sup> $\pm$ 11.85	61.45 <sup>a</sup> $\pm$ 11.62	36.74 <sup>b</sup> $\pm$ 6.63
Tissage/éclosion	30.7 <sup>a</sup> $\pm$ 3.88	30.88 <sup>a</sup> $\pm$ 5.6	30.64 <sup>a</sup> $\pm$ 8.89	21.17 <sup>b</sup> $\pm$ 4.87
Durée de vie	129.96 <sup>a</sup> $\pm$ 17.24	138.17 <sup>a</sup> $\pm$ 18.67	135.55 <sup>a</sup> $\pm$ 21.37	120.62 <sup>b</sup> $\pm$ 16.62

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 inférieur à 0.05).

Toutes les concentrations testées de la fraction hexanique de *S. occidentalis* induisent une durée moyenne ponte/éclosion de 8 jours contre  $6.46 \pm 1.35$  jours pour le témoin. De l'éclosion au tissage du cocon, la durée moyenne obtenue est de  $56.16 \pm 4.65$  jours contre  $36.74 \pm 6.63$  jours pour le témoin, avec une durée minimale de  $52.74 \pm 8.25$  jours en C<sub>3</sub> et maximale de  $61.45 \pm 11.62$  jours en C<sub>1</sub>. La dose intermédiaire C<sub>3</sub> induit une durée de développement larvaire de l'ordre de  $54.29 \pm 11.85$  jours. Pour ce qui est de la durée tissage/éclosion, elle avoisine  $30.74 \pm 0.12$  jours en moyenne contre  $21.17 \pm 4.87$  jours

pour le témoin. Quant à la durée de vie totale de l'adulte, la fraction hexane révèle une moyenne de  $134.56 \pm 4.19$  jours, avec une durée minimale de  $129.96 \pm 17.24$  jours en C<sub>3</sub> et maximale de  $138.17 \pm 18.67$  jours en C<sub>2</sub>. Le témoin donne par contre une durée de vie de  $120.62 \pm 16.62$  jours.

En somme, nous pouvons dire que toutes les concentrations de la fraction hexanique de *S. occidentalis*, affectent significativement la durée des phases de développement des œufs traités de *C. serratus* en l'allongeant ou en la réduisant. En ce qui concerne les paramètres ponte/éclosion, tissage/émergence et durée de vie de l'adulte ; l'analyse comparative des données prises en valeur relative, nous permet de dire qu'il n'existe pas de corrélation positive entre durée de développement des phases suivies et concentration de la fraction hexanique appliquée. Donc il existerait une dose optimale avec laquelle on pourrait constater soit un allongement, soit une diminution du stade de développement de l'insecte. Par contre, un effet concentration déterminant pourrait être noté avec le paramètre de développement larvaire. Nous remarquons que la durée éclosion/tissage du cocon atteint des valeurs maximales aux fortes concentrations donc elle évolue dans le même sens que l'élévation de la concentration de l'extrait appliqué (tableau 17).

Le tableau suivant récapitule l'effet induit par la fraction acétate d'éthyle de *S. occidentalis* sur les durées moyennes des différents stades de développement de l'insecte *C. serratus*.

Tableau 18 : Effet de la fraction d'acétate d'éthyle de *S. occidentalis* sur les durées moyennes ( $\pm$  écart type) des différentes phases de développement des œufs « rescapés » de *C. serratus*.

Durée moyenne (Jour)	Concentration (g.ml <sup>-1</sup> )			Témoin
	0.001	0.01	0.1	
Ponte/éclosion	6 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00	6 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00	6 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00	6.88 <sup>a</sup> $\pm$ 1.05
Éclosion/tissage cocon	50.52 <sup>a</sup> $\pm$ 8.67	54.68 <sup>a</sup> $\pm$ 8.57	62 <sup>a</sup> $\pm$ 10.93	35.08 <sup>b</sup> $\pm$ 10.37
Tissage/émergence	33 <sup>a</sup> $\pm$ 6.12	34.16 <sup>a</sup> $\pm$ 9.65	30.89 <sup>a</sup> $\pm$ 3.22	22.15 <sup>b</sup> $\pm$ 5.51
Durée de vie	126.4 <sup>ab</sup> $\pm$ 18.03	128.92 <sup>ab</sup> $\pm$ 19.06	136.7 <sup>a</sup> $\pm$ 15.18	121.87 <sup>b</sup> $\pm$ 16.76

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 inférieur à 0.05).

La même tendance observée précédemment avec la fraction hexane est notée avec la fraction acétate d'éthyle. Toutes les concentrations de la fraction acétate d'éthyle de *S. occidentalis*, affectent significativement la durée des phases de développement des œufs traités de *C. serratus* en l'allongeant ou en la réduisant. La fraction acétate d'éthyle de *S. occidentalis* provoque une durée moyenne ponte/éclosion de 6 jours à toutes les concentrations donc elle a tendance accélère le développement embryonnaire. Elle produit aussi une durée éclosion/tissage moyenne de  $55.73 \pm 5.81$  jours, avec une durée minimale de  $50.52 \pm 8.67$

jours en C<sub>3</sub> et maximale de 62.00 ± 10.93 jours en C<sub>1</sub>. La dose intermédiaire C<sub>2</sub> induit une durée de développement larvaire intermédiaire de l'ordre de 54.68 ± 8.57 jours. Pour ce qui est de la durée tissage/éclosion, elle est de 32.68 ± 1.66 jours en moyenne, avec une durée minimale de 30.89 ± 3.22 à 0.1g.ml<sup>-1</sup> et maximale de 34.16 ± 9.65 à 0.01 g.ml<sup>-1</sup>. La dose 0.001 g.ml<sup>-1</sup> a enregistré une durée moyenne de nymphose égale à 33.00 ± 6.12. Quant à la durée de vie totale, la fraction acétate d'éthyle révèle une moyenne de 130.68 ± 5.38 jours, avec une durée minimale de 126.40 ± 18.03 jours en C<sub>3</sub> et maximale de 136.72 ± 15.18 jours en C<sub>1</sub>. La dose intermédiaire C<sub>2</sub> induit un cycle de développement total intermédiaire de l'ordre de 128.92 ± 19.06 jours. Au niveau du témoin, les paramètres ponte/éclosion, éclosion/tissage du cocon, tissage du cocon/éclosion et cycle de vie de l'adulte donnent respectivement des durées moyennes de 6.88 ± 1.05, 35.08 ± 10.37, 22.15 ± 5.51, 121.87 ± 16.76 jours.

Les résultats montrent également qu'il n'existe pas de corrélation positive entre effet produit et concentration appliquée. Pour chaque paramètre étudié l'effet induit par les différentes doses ne sont pas significativement différents (p < 0.05). Par contre, lorsqu'on considère les données en valeur relative, nous constatons que la durée éclosion/tissage et la durée de vie totale de l'adulte atteignent des valeurs maximales aux fortes concentrations. Elle évolue par conséquent dans le même sens que l'élévation de la concentration de l'extrait appliqué. On peut dire donc que c'est la plus forte dose de la fraction acétate d'éthyle qui allonge le plus le stade larvaire et le cycle de vie complet. Par contre c'est cette même dose 0.1 g.ml<sup>-1</sup> qui réduit fortement la durée de la nymphose. La période de nymphose la plus longue est observée au niveau de la concentration intermédiaire 0.1 g.ml<sup>-1</sup> (tableau 18).

L'effet induit par la fraction méthanolique de *S. occidentalis* sur les durées moyennes des différents stades de développement de l'insecte *C. serratus* est consigné dans le tableau 19.

Tableau 19 : Effet de la fraction méthanol de *S. occidentalis* sur les durées moyennes (± écart type) des différentes phases de développement des œufs « rescapés » de *C. serratus*.

Durée moyenne (Jour)	Concentration (g.ml <sup>-1</sup> )			
	0.001	0.01	0.1	Témoin
Ponte/éclosion	11 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	7.02 <sup>b</sup> ± 1.35
Éclosion/tissage cocon	48.06 <sup>a</sup> ± 6.14	47.5 <sup>a</sup> ± 6.9	48.13 <sup>a</sup> ± 6.56	36.98 <sup>b</sup> ± 10.37
Tissage/éclosion	22.33 <sup>a</sup> ± 5.57	21.04 <sup>a</sup> ± 4.61	23.08 <sup>a</sup> ± 7.08	18.62 <sup>b</sup> ± 4.93
Durée de vie	126.97 <sup>a</sup> ± 16.65	129.86 <sup>a</sup> ± 16.29	130.79 <sup>a</sup> ± 14.73	117.31 <sup>b</sup> ± 24.39

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 inférieur à 0.05)

Au niveau des œufs non traités, nous avons noté des durées moyennes, ponte/éclosion, éclosion/tissage du cocon, tissage du cocon/émergence et cycle de vie de l'adulte, respectives de  $7.02 \pm 1.35$ ,  $36.98 \pm 10.37$ ,  $18.62 \pm 4.93$ ,  $117.31 \pm 24.39$  jours. La fraction méthanolique de *S. occidentalis* induit une durée moyenne ponte/éclosion de 11 jours au niveau de toutes les concentrations usitées. Elle provoque donc un allongement du stade de développement embryonnaire. Une durée éclosion/tissage moyenne de  $47.9 \pm 0.34$  jours a été enregistré pour cette fraction, avec une minimale en C<sub>2</sub>. Les concentrations extrêmes produisent presque les mêmes effets. Pour ce qui est de la durée tissage/émergence, elle avoisine  $22.15 \pm 1.04$  jours en moyenne. Quant à la durée de vie totale, la fraction méthanolique révèle une moyenne de  $129.21 \pm 1.99$  jours, avec une durée minimale de  $126.97 \pm 16.65$  jours en C<sub>3</sub> et maximale de  $130.79 \pm 14.73$  jours en C<sub>1</sub>. La dose intermédiaire C<sub>2</sub> induit un cycle de développement total intermédiaire de l'ordre de  $129.86 \pm 16.29$  jours. En somme seule la durée du cycle de vie augmente avec l'élévation de la concentration de la fraction méthanolique testée. Pour les autres paramètres nous notons une absence totale de corrélation entre effet induit et la dose appliquée de la fraction test (tableau 19).

Par conséquent, nous pouvons dire d'une manière générale que toutes les concentrations induisent des effets biologiques remarquables sur le développement des œufs traités par rapport au témoin et ceci quelque soit le type d'extrait ou de fraction d'extrait de *S. occidentalis*. De plus, aucune différence significative n'a été observée entre effet induit et concentration testée, que les données soient prises globalement ou concentration par concentration, Cette même tendance a été observée chez *C. procera*.

I.2.1.3. Analyse comparative des effets entre « Concentrations », entre « Solvants » et entre « Plantes ».

Pour l'ensemble des groupes de contrôle, les résultats obtenus globalement sur les durées moyennes ponte/éclosion, éclosion/tissage, tissage/émergence sont respectivement de l'ordre de  $6.31 \pm 0.77$  jours,  $36.49 \pm 2.19$  jours et  $19.63 \pm 2.02$  jours. Pour ce qui est de la durée de vie des adultes, les œufs non traités induisent une durée moyenne de  $120.91 \pm 2.92$  jours. Par rapport aux témoins, l'examen des résultats décrits précédemment dans les tableaux 10 à 19 indiquent d'une manière générale que toutes les concentrations des produits biocides des deux plantes induisent des effets remarquables sur les durées moyennes de développement des différentes phases des œufs « rescapés » de l'insecte *C. serratus* et ceci quelque soit la nature de la plante. De plus, l'activité biologique induite par chaque extrait ou fraction d'extrait de *C. procera* ou de *S. occidentalis* sur les paramètres étudiés, n'a pas varié suivant la dose usitée

dans les conditions de nos travaux. L'analyse statistique ne montre donc pas de différence significative au seuil  $\alpha = 0.05$  entre les durées moyennes de développement des œufs traités aux différentes doses 0.001, 0.01 et 0.1 g.ml<sup>-1</sup> (tableaux 20). Ceci nous a permis de pooler les données obtenues à la suite des essais biologiques afin d'établir les tableaux 21 et 22 qui nous permettent de comparer l'effet solvant.

Des tests de comparaisons multiples pour les variables « Concentrations, Solvants et Plantes » effectués au moyen du logiciel Xlstat, ont permis de confirmer ces résultats. L'analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % pour la variable « Concentration » nous a permis d'établir un classement et regroupements des groupes non significativement différents (tableaux 20).

Tableau 20 : Ponte/éclosion ; effet entre concentrations : Classement et regroupements des groupes

Modalités	Moyenne	Regroupements
C3	8.709	A
C1	9.022	A
C2	9.083	A

L'analyse comparative de l'effet des extraits bruts et des fractions de l'extrait brut au méthanol de *C. procera* et de *S. occidentalis* sur les durées moyennes des différentes phases de développement des œufs rescapés de *C. serratus* a donné les résultats qui suivent (tableaux 21 et 22).

Tableau 21 : Comparaison entre effets induits par les extraits bruts et les fractions d'extraits de *C. procera* sur les durées moyennes ( $\pm$  écart type) des différentes phases de développement des œufs traités de l'insecte ravageur *C. serratus*.

Durée moyenne (Jour)	Extraits bruts et Fractions d'extraits				
	Ether de pétrole	Méthanol	Fraction hexane	Fraction acétate d'éthyle	Fraction méthanol
Ponte/éclosion	7.33 <sup>b</sup> $\pm$ 0.58	10.75 <sup>a</sup> $\pm$ 0.21	8 <sup>b</sup> $\pm$ 0.00	6 <sup>c</sup> $\pm$ 0.00	11. <sup>a</sup> $\pm$ 0.00
Éclosion/tissage cocon	29.71 <sup>c</sup> $\pm$ 3.14	47.9 <sup>b</sup> $\pm$ 1.70	54.88 <sup>a</sup> $\pm$ 1.36	57.34 <sup>a</sup> $\pm$ 6.29	50.16 <sup>b</sup> $\pm$ 1.3
Tissage/émergence	29.64 <sup>a</sup> $\pm$ 2.72	21.08 <sup>b</sup> $\pm$ 1.19	30.84 <sup>a</sup> $\pm$ 2.67	34.18 <sup>a</sup> $\pm$ 1.53	22.08 <sup>b</sup> $\pm$ 2.27
Durée de vie	115.02 <sup>c</sup> $\pm$ 8.13	133.82 <sup>b</sup> $\pm$ 5,07	115.02 <sup>c</sup> $\pm$ 4.23	135.54 <sup>b</sup> $\pm$ 3.59	152.66 <sup>a</sup> $\pm$ 15.12

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 inférieur à 0.05).

Tableau 22 : Comparaison entre effets induits par les extraits bruts et les fractions d'extraits de *S. occidentalis* sur les durées moyennes ( $\pm$  écart type) des différentes phases de développement des œufs traités de l'insecte ravageur *C. serratus*.

Durée moyenne (Jour)	Extraits bruts et Fractions d'extraits				
	Ether de pétrole	Méthanol	Fraction hexane	Fraction acétate d'éthyle	Fraction méthanol
Ponte/éclosion	8.02 <sup>b</sup> $\pm$ 0.04	10.61 <sup>a</sup> $\pm$ 0.2	8 <sup>b</sup> $\pm$ 0.00	6 <sup>c</sup> $\pm$ 0.00	11 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00
Éclosion/tissage cocon	30.41 <sup>c</sup> $\pm$ 1.74	43.45 <sup>b</sup> $\pm$ 1.92	56.16 <sup>a</sup> $\pm$ 4.65	55.73 <sup>a</sup> $\pm$ 5.81	47.90 <sup>b</sup> $\pm$ 0.34
Tissage/émergence	25.37 <sup>c</sup> $\pm$ 3.16	21.58 <sup>d</sup> $\pm$ 0.64	30.74 <sup>b</sup> $\pm$ 0.12	32.68 <sup>a</sup> $\pm$ 1.66	22.15 <sup>d</sup> $\pm$ 1.04
Durée de vie	119.63 <sup>d</sup> $\pm$ 7.7	126.30 <sup>c</sup> $\pm$ 5.29	134.56 <sup>a</sup> $\pm$ 4.19	130.68 <sup>ab</sup> $\pm$ 5.38	129.21 <sup>b</sup> $\pm$ 1.99

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 inférieur à 0.05)

Pour ce qui est de la durée ponte/éclosion, le test de Student-Newman-Keuls révèle de très nettes différences. En fait, il se dégage trois groupes statistiquement homogènes (Acétate d'éthyle ; Hexane/Ether de pétrole et Méthanol/Méthanol final). Les œufs rescapés qui ont été traités avec la fraction acétate d'éthyle (AcE.) ont enregistré la plus petite durée de développement embryonnaire que les autres. Ils sont suivis par ceux traités avec la fraction hexane (H.) et l'extrait brut éthéré (E.). Enfin cette phase est plus longue chez les œufs traités avec l'extrait brut méthanol (M.) et sa fraction méthanolique (Mf.). Par conséquent, nous pourrions supposer l'existence d'une corrélation positive entre l'effet produit et la polarité du solvant usité pour extraire les produits biocides de *S. occidentalis* et de *C. procerus*. La modélisation de la variable ponte/éclosion donne un classement et regroupements des groupes non significativement différents (tableau 22).

Tableau 23 : Ponte/éclosion ; effet entre solvant : classement et regroupements des groupes

Modalités	Moyenne	Regroupements		
Acétate d'éthyle	6.00	A		
Hexane	8.00		B	
Ether de pétrole	9.01		B	
Méthanol	10.68			C
Méthanol final	11.00			C

En ce concerne la durée éclosion/tissage du cocon, trois groupes statistiques nets se forment. Le premier groupe est représenté par les larves L<sub>1</sub> issues des œufs traités avec l'extrait brut à l'éther de pétrole. Ces larves ont enregistré la plus brève durée de développement larvaire donc les premières à tisser leur cocon. C'est avec les fractions hexane et acétate d'éthyle que les phases larvaires ont été les plus longues. Ce second groupe statistiquement homogène se différencie des deux autres. L'extrait brut au méthanol et sa fraction méthanolique donnent



des durées intermédiaires et constituent donc le troisième homogène sur le plan statistique. L'étude de la modélisation de la variable éclosion/tissage révèle les résultats consignés dans le tableau qui suit.

Tableau 24 : Eclosion/tissage du cocon ; effet entre solvant : classement et regroupements des groupes

Modalités	Moyenne	Regroupements		
Acétate d'éthyle	56.538	A		
Hexane	55.523	A		
Méthanol final	49.029		B	
Méthanol	45.674		B	
Ether de pétrole	30.061			C

Du tissage à l'émergence, les disparités s'agrandissent par rapport aux paramètres précédents. Quatre groupes statistiquement distincts apparaissent, en l'occurrence l'extrait brut au méthanol et la fraction méthanolique, qui ont enregistré la plus courte durée entre le tissage et l'émergence de l'adulte rescapé et la fraction acétate d'éthyle où la nymphose est la plus longue. Entre ces deux extrêmes on peut noter également des différences entre l'extrait brut éthéré, la fraction hexane. En somme seul l'extrait au méthanol et la fraction méthanolique ne diffère pas statistiquement entre eux. Ceci a été confirmé par les tests de comparaisons multiples pour la variable Tissage cocon/ émergence du cocon et l'analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % nous a permis d'établir un classement et regroupements des groupes non significativement différents (tableaux 24).

Tableau 25 : Tissage cocon/émergence ; effet entre solvant : classement et regroupements des groupes

Modalités	Moyenne	Regroupements			
Acétate d'éthyle	33.433	A			
Hexane	30.787		B		
Ether de pétrole	27.502			C	
Méthanol final	22.114				D
Méthanol	21.333				D

De la ponte à la mort de l'adulte « rescapé », les disparités s'amortissent par rapport aux paramètres précédents. Deux groupes statistiquement distincts apparaissent, en l'occurrence l'extrait éthéré qui enregistre la plus courte durée entre la ponte et la mort de l'adulte, suivi par l'extrait au méthanol, et la fraction méthanol où celle-ci est la plus longue. Entre ces deux extrêmes on peut noter une absence de différences entre d'une part l'extrait brut au méthanol et ses fractions acétate d'éthyle, hexane et d'autre part les fractions acétate d'éthyle, hexane et

méthanol. En somme seules les extraits bruts (éther et méthanol) et la fraction la plus polaire (méthanol) ont montré des différences significatives.

Des tests de comparaisons multiples ont permis d'établir le classement et les regroupements des groupes non significativement différents (tableau 26).

Tableau 26 : Durée de vie ; effet entre solvant : classement et regroupements des groupes

Modalités	Moyenne	Regroupements		
Ether de pétrole	117.329	A		
Méthanol	130.061		B	
Acétate d'éthyle	133.108		B	C
Hexane	136.356		B	C
Méthanol final	140.933			C

### I.2.2. Discussion

Dans les conditions d'étude, nos résultats montrent que les extraits bruts et les fractions d'extraits de poudre de feuilles de *C. procera* et de *S. occidentalis* affectent significativement les durées moyennes des différents stades de développement des œufs traités de *C. serratus*. Chez *C. procera*, la durée ponte/éclosion moyenne varie de 6 à 11 jours, suivant la nature de l'extrait ou de la fraction appliquée. La fraction acétate d'éthyle induit la ponte/éclosion la plus brève tandis que les produits biocides les plus polaires (extrait brut et fraction méthanoliques) provoquent la durée de développement embryonnaire la plus longue (tableau 21 et 23). Cette même tendance a été observée chez *S. occidentalis* (tableau 22 et 23). En se fondant sur des données bibliographiques obtenues dans les études concernant la biologie du Coléoptère *C. serratus*, on note des différences dans nos études concernant les durées des différents stades de développement de l'insecte. Ndiaye (1981) rapporte que la période d'incubation dure 6 à 8 jours, et le temps de développement de l'œuf à l'adulte résultant est de 45 à 47 jours. Delobel (1989a) signale que, dans les conditions habituelles au Sénégal, l'œuf éclôt au bout d'une semaine environ et la larve néonate perfore la cosse de la gousse, traverse le péricarpe, perce le tégument et pénètre dans la graine qu'elle consomme. Il précise aussi que le développement larvaire dure un peu plus d'un mois ; au bout de ce temps, la larve tisse un cocon d'où sortira 15 jours plus tard un adulte. Cette même période de nymphose a été constatée par Robert (1984) en 35°C. Les travaux de Ndiaye (1991) et ceux de Delobel & Tran (1993) indiquent un développement des larves compris entre 40 et 58 jours en fonction des conditions de température et d'humidité relative. Gueye (2000) révèle, dans ses études, une durée de stade larvaire d'environ 45 jours en moyenne à 35° C. Par contre, nos résultats ont montré un développement larvaire qui varie de  $29.71 \pm 3.14$  à  $57.34 \pm 6.29$  jours selon le type de produits biocides de *C. procera*, avec une durée maximale pour les fractions hexane et

acétate d'éthyle et minimale pour l'extrait éthéré (tableau 21). *S. occidentalis* en induisant une durée de développement larvaire qui varie de  $30.41 \pm 1.74$  à  $56.16 \pm 4.65$  jours, présente le même effet solvant que *C. procera*. En ce qui concerne la nymphose, nos deux plantes induisent une période qui varie 21.33 et 33.43 jours selon la nature du solvant, avec une durée maximale pour la fraction acétate d'éthyle et minimale pour les produits polaires à savoir l'extrait et la fraction méthanoliques (tableau 25). De la ponte à la mort de l'adulte, les œufs traités montrent une durée qui varie de 117.33 à 140.93 jours (tableau 25). Ces résultats ne vont pas dans le même sens que ceux de Delobel (1989b) qui indique un développement complet de l'œuf d'environ deux mois. Dans notre étude, on constate un étalement très important des émergences, l'intervalle entre les premières et dernières sorties pouvant atteindre 4 mois. Cette différence pourrait s'agir d'un mécanisme de quiescence à l'intérieur du cocon, qui serait lié à l'effet de la persistance des produits biocides testés.

### I.3. Activité reproductrice des adultes « rescapés »

Les œufs préalablement traités avec les divers produits biocides de *C. procera* et de *S. occidentalis* et qui sont parvenus à atteindre leur stade adulte sont appelés adultes « rescapés ». Des couples ont été formés puis suivis individuellement afin d'évaluer l'effet des substances biocides sur l'activité reproductrice des femelles. L'étude des paramètres de reproduction effectuée sur les populations « rescapées » de *C. serratus* ont portés sur :

- la détermination du ratio sexuel,
- les périodes pré-oviposition, oviposition et post-oviposition des femelles rescapées,
- la fécondité des femelles rescapées de *C. serratus*.

Les résultats obtenus de ces expérimentations ont été répertoriés sous forme de tableaux et d'histogrammes.

#### I.3.1. Résultats

##### I.3.1.1. *Calotropis procera*

Les pourcentages d'insectes descendants issus des œufs préalablement testés avec les extraits bruts et les fractions d'extraits de *C. procera* et répartis en individus mâles et femelles nous ont permis de déterminer le ratio sexuel des rescapés. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau qui suit.

Tableau 27 : Comparaison des effets induits par les extraits bruts et les fractions d'extraits de *C. procera* sur le ratio-sexuel des descendants mâles et femelles issus des œufs traités.

Plantes	Paramètres étudiés	Ether de pétrole	Méthanol	Hexane	Acétate d'éthyle	Méthanol final	Témoins
<i>Calotropis procera</i>	Individus rescapés	30.55 <sup>d</sup> ± 14.78	41.67 <sup>c</sup> ± 7.51	41.67 <sup>c</sup> ± 5.51	50.69 <sup>b</sup> ± 4.34	52.78 <sup>b</sup> ± 3.18	82.64 <sup>a</sup> ± 2.41
	Individus Mâles	16.87 <sup>a</sup> ± 10.25	10.24 <sup>bc</sup> ± 2	10.11 <sup>bc</sup> ± 1.26	8.26 <sup>c</sup> ± 0.73	9.3 <sup>bc</sup> ± 2.78	10.09 <sup>bc</sup> ± 0.29
	Individus Femelles	83.13 <sup>b</sup> ± 10.25	89.76 <sup>a</sup> ± 2.00	89.89 <sup>a</sup> ± 1.26	91.74 <sup>a</sup> ± 0.73	90.70 <sup>a</sup> ± 2.78	89.91 <sup>a</sup> ± 0.29
	Sex-ratio	0.22 <sup>a</sup> ± 0.16	0.12 <sup>b</sup> ± 0.02	0.11 <sup>b</sup> ± 0.02	0.09 <sup>b</sup> ± 0.01	0.09 <sup>b</sup> ± 0.01	0,11 <sup>b</sup> ± 0,00

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 inférieur à 0.05)

Les résultats présentés dans le tableau 27 indiquent que les pourcentages d'individus rescapés mâles et ceux des femelles ont varié suivant le type d'extrait brut ou de fraction d'extrait appliqué. Pour chaque paramètre étudié, l'analyse statistique basée sur des tests de comparaisons multiples montre que les valeurs obtenues au niveau des divers produits biocides sont significativement différentes au seuil  $\alpha = 0.05$ . Par rapport aux témoins, les cinq produits testés réduisent significativement le nombre d'insectes descendants. Ils affectent donc la survie des stades suivis. Ceci affermit les effets observés au niveau des essais ovicides.

Pour les rescapés, la moyenne des pourcentages obtenus en C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> est de 82.64 ± 2.41 pour les témoins, 30.55 ± 14.78 pour l'extrait à l'éther de pétrole. Cette moyenne s'échelonne de 41.67 ± 7.51 à 52.78 ± 3.18 pour l'extrait brut au méthanol et ses fractions hexane, acétate d'éthyle et méthanol final. La répartition des individus rescapés selon le sexe donne chez les mâles, une moyenne de 16.87 ± 10.25 pour l'extrait étheré et 10.9 ± 0.29 pour le groupe de contrôle. L'extrait au méthanol et ses fractions induisent une moyenne qui s'échelonne de 8.26 ± 0.73 à 10.24 ± 2. Chez les femelles, l'extrait étheré provoque une moyenne de 83.13 ± 10.25 d'individus. Cette moyenne s'échelonne de 89.76 ± 2 à 9.74 ± 0.73 descendants rescapés femelles pour les autres produits biocides. En définitive, nos résultats révèlent sur le plan statistique deux groupes homogènes selon le sexe. Le premier groupe qui, représenté par l'extrait à l'éther de pétrole, induit des pourcentages individus mâles significativement différents que ceux du second groupe constitué par L'extrait brut au méthanol, la fraction hexane, la fraction acétate d'éthyle, la fraction méthanol. Ces produits biocides donnent des taux de descendants mâles et femelles statistiquement homogène. En effet, sur un total de 30.55% de rescapés issus des œufs traités, l'extrait étheré induit le plus grand pourcentage

d'individus mâles qui de l'ordre de 16.87%. C'est ce même extrait qui avait montré l'efficacité ovicide la plus considérable. Les autres extraits tests ont montré un taux moyen de mâles qui varie de  $10.24 \pm 2$  à  $8.26 \pm 0.73$ . Ce second groupe ne présente aucune différence sur le plan statistique avec celui du contrôle (tableau 27). Comparant les données en valeur relative chez les individus mâles, nous constatons une légère différence entre le taux de rescapés mâles obtenu avec la fraction acétate d'éthyle d'une part, et ceux notés d'autre part avec l'extrait brut au méthanol, la fraction hexane et la fraction méthanol.

Chez *C. procera*, les résultats montrent également que les proportions de mâles et de femelles évoluent aussi en fonction de la nature des extraits et des fractions de l'extrait brut méthanolique testés (tableau 27). Le sex-ratio varie entre  $0.09 \pm 0.01$  mâle pour 1 femelle à  $0.22 \pm 0.16$  mâle pour 1 femelle. Nous constatons que la fraction la plus polaire (fraction méthanolique) donne le ratio-sexuel le plus petit par rapport à la fraction hexanique apolaire. Cette même remarque est faite entre l'extrait brut méthanolique polaire et l'extrait brut éthéré apolaire. Sur ce, nous pouvons supposer que le ratio-sexuel atteint son maximum pour les produits apolaires et son minimum pour les produits polaires. En effet, pour l'extrait à l'éther de pétrole le nombre d'insectes mâles obtenus est largement supérieur à ceux notés au niveau des autres produits biocides polaires. Il présente donc une activité biocide qui inhiberait les possibilités d'avoir un nombre important de femelles dès l'émergence. L'extrait éthéré montre également un effet qui tend à accroître la probabilité d'obtenir des individus mâles sur les descendants rescapés. Cela peut nécessairement engendrer 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.

Par ailleurs les résultats obtenus sur la fécondité des femelles « rescapées » de *C. serratus* issues des œufs traités par les extraits bruts et les fractions d'extraits de *Calotropis procera* sont présentés dans la figure qui suit.

Pour un même extrait les diagrammes suivis de la même lettre alphabétique ne sont pas significativement différents à  $p \geq 0.05$ .

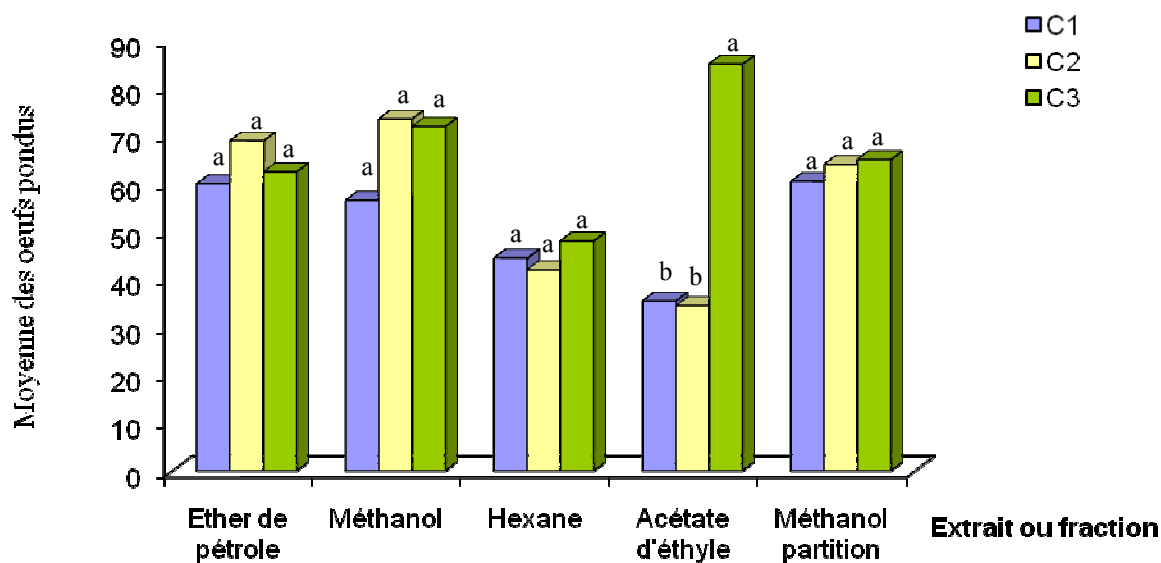


Figure 32 : Effets des extraits bruts ou fractions d'extrait de *Calotropis procera* sur la fécondité des femelles issues des œufs traités aux différentes concentrations

Les résultats du graphique indiquent d'une manière générale que la fécondité des femelles issues des œufs de *C. serratus* traités avec *C. procera* n'a pas varié suivant la concentration dans les conditions de nos travaux. Cependant, la fécondité produite par les concentrations de la fraction acétate d'éthyle a révélé deux groupes significativement différents. La faible dose C<sub>3</sub> constitue le premier groupe qui induit la fécondité la plus élevée ( $85 \pm 2.83$  œufs) pour une durée d'oviposition de d'environ 7 jours ; une ponte journalière maximale de  $50.5 \pm 2.12$  œufs, est observée entre 48 h et 72 h, ceci pour pratiquement toutes les femelles. Le second groupe est constitué par les doses fortes C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub> qui provoquent des pontes moyennes statistiquement homogènes de  $35.5 \pm 12.02$  et  $34.50 \pm 0.71$  œufs respectives pour la même durée d'oviposition. Par conséquent, la fraction acétate d'éthyle de *C. procera* induit la plus forte réduction de la ponte des femelles rescapées en ses doses fortes 0.1 et 0.01 g/ml tandis que sa faible dose 0.001 g/ml n'a aucune influence sur la fécondité des femelles « rescapées ». Quant aux autres produits biocides de *C. procera* à savoir l'extrait brut à l'éther de pétrole, l'extrait brut au méthanol et les fractions hexane et méthanol, l'analyse statistique ne montre aucune différence significative au seuil  $\alpha = 0.05$  entre les moyennes d'œufs pondus aux différentes doses 0.001, 0.01 et 0.1g/ml. Ceci nous a permis de pooler les données obtenues afin d'établir, pour chaque produit biocide, une fécondité moyenne en fonction de la durée d'exposition (tableau 28 et 31).

En effet, l'extrait brut à l'éther de pétrole donne une moyenne d'œufs pondus de  $63.83 \pm 4.65$ , avec une ponte maximale de  $69 \pm 2.83$  œufs en C<sub>2</sub> pour une durée d'oviposition de 72 h et une ponte minimale de  $60 \pm 5.66$  œufs en C<sub>1</sub> pour une durée d'oviposition de 120 h. Une ponte journalière maximale de  $40.5 \pm 10.61$  en C<sub>1</sub>, de  $57 \pm 4.24$  en C<sub>2</sub> et de  $45.5 \pm 14.85$  est observée entre 24 h et 48 h ; ensuite, elle diminue progressivement. Pour l'extrait brut au méthanol, la fécondité est en moyenne  $67.33 \pm 9.41$  œufs, avec une ponte maximale de  $73.50 \pm 0.71$  œufs en C<sub>2</sub> et minimale de  $56.50 \pm 0.71$  œufs en C<sub>1</sub>. La fécondité moyenne chez les femelles de la fraction hexane est de  $44.83 \pm 3.01$  œufs, avec une ponte maximale en C<sub>3</sub> et minimale en C<sub>2</sub> respectives de  $48 \pm 1.41$  et  $42 \pm 2.83$  œufs. La concentration C<sub>1</sub> induit une fécondité moyenne de  $44.5 \pm 19.09$  œufs mais c'est avec cette forte dose que l'écart entre les périodes de ponte devienne de plus en plus grand. Par exemple sur l'intervalle 48 h et 120 h après le début de traitement, le nombre d'œufs émis est quasiment nul. Les pontes se sont produites au 2<sup>ème</sup> jour ( $34.5 \pm 17.68$  œufs) et au soir du 4<sup>ème</sup> jour de traitement  $10 \pm 1.41$  œufs. Quant à la fraction méthanolique, la fécondité a été de  $63.17 \pm 2.36$  œufs en moyenne, avec une ponte maximale de  $65 \pm 8.19$  œufs en C<sub>3</sub> et minimale de  $60.5 \pm 2.12$  en C<sub>1</sub>. En C<sub>2</sub>, la ponte des femelles rescapées est totalement inhibée 72 h après du début du traitement. L'émission des œufs s'est donc produite entre 0 et 48 h ( $53.5 \pm 3.54$  œufs) et entre 48 et 72 h ( $10.5 \pm 2.12$  œufs) après couplage.

Le tableau qui suit représente la fécondité moyenne des femelles issues œufs traités avec les produits biocides de *C. procera* en fonction de la durée.

Tableau 28 : Comparaison des effets induits par les extraits bruts et les fractions d'extraits de *C. procera* sur la fécondité moyenne des femelles issues des œufs traités en fonction de la durée.

Temps en heures	Extraits bruts		Fractions d'extraits		
	Ether de pétrole	Méthanol	Hexane	Acétate d'éthyle	Méthanol
48	$47.67 \pm 8.46$	$40.83 \pm 2.75$	$30.17 \pm 4.51$	$15 \pm 3.12$	$41.06 \pm 15.28$
72	$12.83 \pm 3.33$	$25.83 \pm 12.29$	$8.67 \pm 7.91$	$26.67 \pm 20.65$	$21.72 \pm 13.02$
96	0	0	0	0	0
120	$3.33 \pm 3.51$	$0.33 \pm 0.58$	$5.17 \pm 4.54$	$9.17 \pm 7.37$	$0.39 \pm 0.35$
Pus de 120	0	0	$0.83 \pm 1.44$	$0.83 \pm 0.29$	0
Total	$63.83 \pm 4.65$	$67.33 \pm 9.41$	$44.83 \pm 3.01$	$51.67 \pm 28.87$	$63.17 \pm 2.36$

Pour les témoins, nous avons constaté que la ponte n'est pas groupée, sauf parfois au niveau des crevasses où on peut avoir jusqu'à 7 œufs agglutinés. La ponte moyenne par femelle est de  $95.25 \pm 11.87$ , pour une durée d'oviposition de d'environ 11 jours ; la ponte journalière maximale, est observée entre 72 h et 120 h, ceci, pour pratiquement toutes les femelles ; ensuite, elle va en diminuant jusqu'à devenir pratiquement nulle après le 12<sup>ème</sup> jour. Par rapport aux témoins, nous pouvons donc dire d'une manière générale que les extraits bruts et les fractions d'extraits de *C. procera* réduisent tous significativement la fécondité des femelles issues des œufs traités. De plus, Les produits biocides de *C. procera* provoquent une absence totale de ponte au-delà de 120 h de traitement, sauf pour les femelles issues des œufs testés avec la fraction acétate d'éthyle qui ont poursuivi leur émission d'œufs jusqu'au 6<sup>ème</sup> jour de traitement.

### I.3.1.2. *Senna occidentalis*

Les taux d'insectes descendants issus des œufs préalablement testés avec les extraits bruts et les fractions d'extraits de *S. occidentalis* et répartis en individus mâles et femelles nous ont permis de déterminer le ratio sexuel des individus rescapés. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 29.

Tableau 29 : Comparaison des effets induits par les extraits bruts et les fractions d'extraits de *S. occidentalis* sur le ratio sexuel des descendants mâles et femelles issus des œufs traités.

Plantes	Paramètres étudiés	Ether de pétrole	Méthanol	Hexane	Acétate d'éthyle	Méthanol final	Témoins
<i>Senna occidentalis</i>	Individus rescapés	25 <sup>c</sup> ± 5.51	40.97 <sup>b</sup> ± 6.37	39.58 <sup>b</sup> ± 16.27	47.22 <sup>b</sup> ± 8.42	59.03 <sup>b</sup> ± 9.39	82.64 <sup>a</sup> ± 2.41
	Individus mâles	20.20 <sup>a</sup> ± 6.97	14.04 <sup>b</sup> ± 4.72	13.79 <sup>b</sup> ± 5.87	18.07 <sup>a</sup> ± 3.59	8.19 <sup>b</sup> ± 0.98	10.09 <sup>b</sup> ± 0.29
	Individus femelles	79.80 <sup>a</sup> ± 6.97	85.96 <sup>a</sup> ± 4.72	86.21 <sup>a</sup> ± 5.87	81.93 <sup>a</sup> ± 3.59	91.81 <sup>a</sup> ± 0.98	89.91 <sup>a</sup> ± 0.29
	Sex-ratio	0.26 <sup>a</sup> ± 0.11	0.17 <sup>b</sup> ± 0.06	0.16 <sup>b</sup> ± 0.08	0.22 <sup>a</sup> ± 0.06	0.09 <sup>b</sup> ± 0.01	0,11 <sup>b</sup> ± 0,00

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 inférieur à 0.05)

Le tableau indique que les pourcentages d'individus rescapés mâles ou femelles ont varié selon la nature des extraits bruts et des fractions d'extraits appliqués. La même tendance obtenue avec les extraits et les fractions d'extraits de *C. procera*, est observée avec ceux de *S.*



*occidentalis*. Pour chaque paramètre étudié, l'analyse statistique montre des différences significatives ( $p < 5\%$ ) entre effets biocides induits par chaque produit test de *S. occidentalis*. En plus des fortes mortalités embryonnaires constatées au niveau des tests ovicides, *S. occidentalis* affectent également la survie des stades suivis. Les tests de comparaison (Anova) révèlent sur l'ensemble des paramètres étudiés deux groupes statistiquement homogènes. Pour les rescapés, la moyenne des pourcentages obtenus en C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> est de  $82.64 \pm 2.41$  pour les témoins,  $25 \pm 5.51$  pour l'extrait brut à l'éther de pétrole. Cette moyenne de descendants rescapés s'échelonne de  $39.58 \pm 16.27$  à  $59.03 \pm 9.39$  pour l'extrait brut au méthanol et ses fractions hexane, acétate d'éthyle et méthanol final qui constitue un groupe homogène sur le plan statistique.

L'analyse des données montre aussi que les extraits et les fractions d'extraits de *S. occidentalis* présentent des effets biocides qui influeraient sur la répartition des descendants rescapés en individus mâles ou femelles. Chez les mâles, les résultats montrent deux groupes statistiquement homogènes. Le premier constitué par l'extrait étheré et la fraction acétate d'éthyle donne le plus grand nombre de mâles qui est respectivement de l'ordre de  $20.20 \pm 6.97$  et  $18.07 \pm 3.59$  en moyenne. L'autre regroupe, composé par l'extrait au méthanol, la fraction hexanique et celle méthanique, induit le plus petit nombre de descendants mâles. Ce groupe homogène ne diffère pas du témoin sur le plan statistique. La moyenne des taux individus mâles notés au niveau des trois doses (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub>) s'échelonne de  $8.19 \pm 0.98$  à  $14.04 \pm 4.72$  mâles. Chez les femelles, les résultats obtenus avec les divers produits biocides de *S. occidentalis* sont d'une manière générale significativement les mêmes. Cependant, lorsqu'on compare les données en valeur relative, on peut dire qu'il existe une légère différence entre taux de descendants femelles produit par l'extrait étheré ( $79.80 \pm 6.97$ ) et ceux des autres produits biocides (87.16%).

Chez *S. occidentalis*, les résultats du tableau montrent que les proportions de mâles et de femelles évoluent selon la nature des extraits et des fractions d'extraits. Le sex-ratio varie entre 0.09 ( $\pm 0.01$ ) mâle pour 1 femelle à 0.26 ( $\pm 0.11$ ) mâle pour 1 femelle. L'extrait étheré et la fraction acétate d'éthyle provoquent les ratio-sexuels les plus élevés. Tandis que les autres produits biocides de *S. occidentalis* induisent des rapports entre mâles et femelles sensiblement égaux que ceux des témoins. L'extrait étheré et la fraction acétate d'éthyle montrent donc un effet qui tend à accroître la probabilité d'obtenir aussi bien des 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 peut nécessairement engendrer 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'analyse montre également que c'est la substance biocide la plus polaire (fraction méthanolique) qui donne le ratio- sexuel le plus petit ( $0.09 \pm 0.01$  moyenne des trois doses). Nous pouvons alors dire que le ratio-sexuel atteint son maximum pour les produits apolaires et son minimum pour les produits polaires. L'extrait méthanolique et sa fraction hexanique donnent des valeurs sex-ratio intermédiaires qui sont de l'ordre de 0.17 et 0.16 respectives.

Les résultats obtenus sur la fécondité des femelles « rescapées » de *C. serratus* issues des œufs traités par les extraits bruts et les fractions d'extraits de *S. occidentalis* sont présentés dans la figure qui suit.

Pour un même extrait les diagrammes suivis de la même lettre alphabétique ne sont pas significativement différents à  $p \geq 0.05$ .

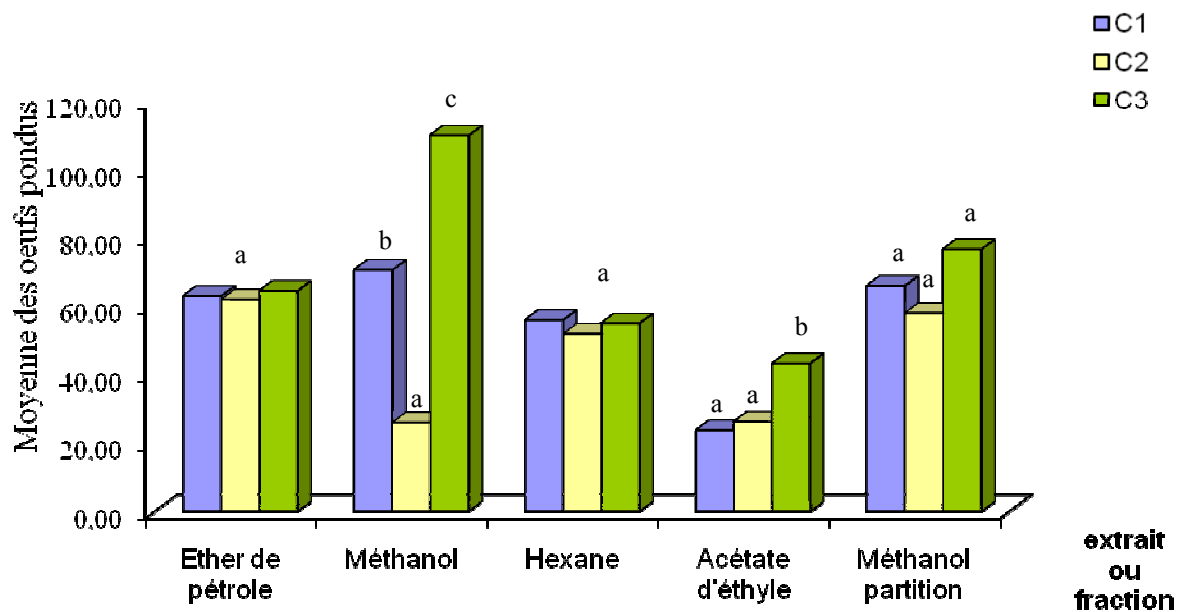


Figure 33 : Effets des extraits bruts ou fractions d'extrait de *Semia occidentalis* sur la fécondité des femelles issues des œufs traités aux différentes concentrations

Les lots témoins ont révélé une fécondité moyenne de  $94.75 \pm 7.97$  œufs, pour une durée d'oviposition de d'environ 14 jours ; la ponte journalière maximale, est observée entre le 5<sup>ème</sup> et le 6<sup>ème</sup> jour, ceci, pour pratiquement toutes les femelles ; ensuite, elle va en diminuant jusqu'à devenir pratiquement nulle après le 15<sup>ème</sup> jour. Par rapport aux témoins, nous pouvons dire d'une manière générale que les extraits bruts et les fractions d'extraits de *S. occidentalis* réduisent significativement la fécondité des femelles issues des œufs testés. Cependant, les femelles issues des œufs traités avec la dose C<sub>3</sub> de l'extrait brut au méthanol pondent de façon

importante pour la plupart : elles ont pondus en moyenne  $110 \pm 5.66$  œufs, pour une durée d'oviposition de d'environ 7 jours. Cette fécondité est même nettement supérieure à celle du lot témoin. Les concentrations  $C_1$  et  $C_2$  provoquent respectivement des moyennes de ponte de  $70.67 \pm 25.15$  pour une durée d'oviposition de d'environ 6 jours et  $26 \pm 2.83$  œufs pour une durée d'oviposition de d'environ 5 jours. La ponte journalière maximale notée en  $C_1$  et  $C_2$ , est observée entre le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>ème</sup> jour. Il se forme alors trois groupes significativement différents sur le plan statistique. La réduction de la fécondité et la diminution de la période de pontes, les plus importantes, ont été notées avec la concentration  $C_2$  de l'extrait brut au méthanol. Pour ce qui est de la fraction acétate d'éthyle, il se forme deux groupes statistiquement homogènes. 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 une durée d'oviposition de 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<sup>ème</sup> et le 4<sup>ème</sup> jour tandis qu'en  $C_1$ , elle se situe entre le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>ème</sup> jour. Quant aux autres produits biocides de *S. occidentalis* à savoir l'extrait brut à l'éther de pétrole, la fraction hexane et la fraction méthanol, l'analyse statistique ne montre aucun de différence significative au seuil  $\alpha = 0.05$  entre les moyennes d'œufs pondus par les femelles issues des œufs traités avec les différentes doses 0.001, 0.01 et 0.1 g.ml<sup>-1</sup>. Sur ce, nous avons poolé les données afin d'établir une fécondité moyenne pour les trois concentrations selon la durée (tableau 30 et 31).

Le tableau 30 permet de comparer selon la durée les effets entre produits biocides de *S. occidentalis* alors que le tableau 32 permet de comparer les effets entre plantes.

Tableau 30 : Comparaison des effets induits par les extraits bruts et les fractions d'extraits de *C. procera* sur la fécondité moyenne des femelles issues des œufs traités.

Temps en Heures	Extraits bruts		Fractions d'extraits		
	Ether de pétrole	Méthanol	Hexane	Acétate d'éthyle	Méthanol
48	$51.5 \pm 3.91$	$31.17 \pm 11.34$	$43.56 \pm 5.68$	$13.08 \pm 4.58$	$41.06 \pm 8.62$
72	$8 \pm 8$	$27.94 \pm 20.48$	$10.67 \pm 7.37$	$13.33 \pm 7.47$	$21.72 \pm 5$
96	0	0	0	0	0
120	$3.67 \pm 6.35$	$15.78 \pm 13.18$	$0.11 \pm 0.19$	$6.25 \pm 3.47$	0
Pus de 120	0	$3 \pm 2.65$	0	$0.75 \pm 0.75$	0
Total	$63.17^a \pm 1.26$	$68.89^a \pm 42.03$	$54.33^b \pm 2.08$	$31.08^a \pm 10.61$	$66.89^b \pm 9.37$

L'extrait brut à l'éther de pétrole donne une ponte moyenne d'œufs de  $63.17 \pm 1.26$  œufs. Un arrêt total de ponte après 72 h de traitement a été constaté chez les femelles de *C. serratus* issues des œufs traités avec des fortes doses ( $C_1$  et  $C_2$ ) de l'extrait étheré. Seules les femelles issues des œufs traités avec la faible dose émettent des œufs entre 96 h et 120 h après traitement. Pour la fraction hexane, la ponte moyenne produite est de  $54.33 \pm 2.08$  œufs, pour une durée d'oviposition d'environ 3 jours en  $C_1$  et en  $C_2$ .  $C_3$  provoque une période de ponte de 5 jours. La fraction hexanique induit une ponte journalière maximale qui se situe entre le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>ème</sup> jour. En ce qui concerne la fraction méthanolique, la fécondité moyenne est de  $66.89 \pm 9.37$  œufs. Nous notons également que l'essentielle des œufs émis ont été déposés sur le fond des boîtes de Pétri. La même tendance notée précédemment chez *C. procera*, en ce qui concerne son action sur le comportement de ponte normal des femelles rescapées de *C. serratus*, est observée avec les extraits bruts et fractions d'extraits de *S. occidentalis*. Au cours de cette étude, nous avons remarqué également une diminution de la survie des femelles rescapées par rapport à leurs partenaires mâles. Ceci pourrait entraîner une réduction de leur fécondité.

#### I.3.1.3. Analyse comparative des effets entre « Concentrations », entre « Solvants » et entre « Plantes »

L'analyse comparative de l'effet des extraits bruts et des fractions de l'extrait brut au méthanol de *C. procera* et de *S. occidentalis* sur le rapport sex-ratio des individus rescapés de *C. serratus* a montré les résultats qui suivent (figure 34).

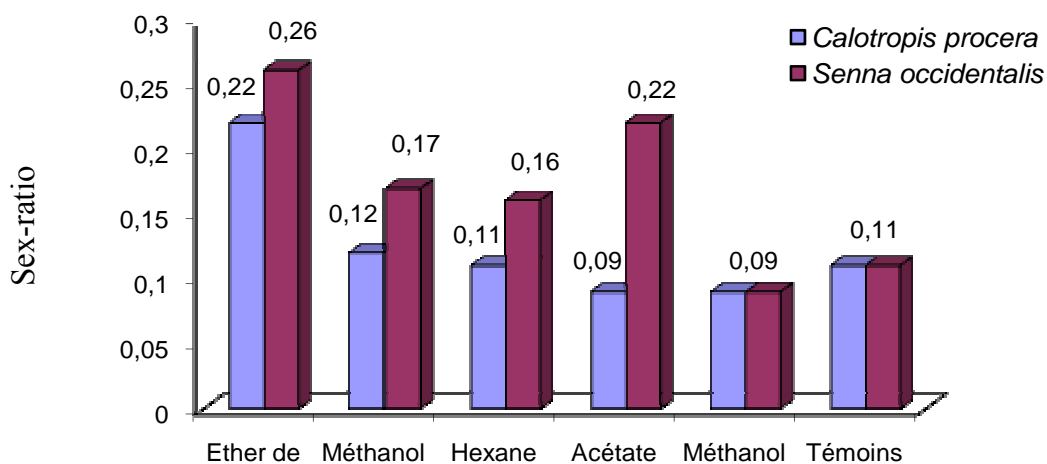


Figure 34 : Effets comparés des extraits bruts et fraction d'extrait de *C. procera* et de *S. occidentalis* sur le rapport sex-ratio des individus rescapés de *Caryedon serratus*.

L'analyse du sex-ratio montre que les proportions entre rescapés mâles et femelles de *C. serratus* varient en fonction de la nature de l'extrait et de la fraction d'extrait utilisée.

Nous constatons d'une manière générale que *S. occidentalis* a une action sur le sex-ratio plus importante que *C. procera* quelque soit l'extrait ou la fraction d'extrait utilisé, toute concentration confondue. Cette différence d'action biologique est plus remarquable avec la fraction acétate d'éthyle mais identique pour la fraction méthanolique.

L'analyse comparative de l'effet des extraits bruts et des fractions de l'extrait brut au méthanol de *C. procera* et de *S. occidentalis* sur les fécondités moyennes des femelles issues des œufs rescapés de *C. serratus* a montré les résultats qui suivent (tableaux 31).

Tableau 31 : Analyse comparative des effets induits par les extraits bruts et fractions d'extraits de *C. procera* et de *S. occidentalis* sur les fécondités moyennes ( $\pm$  écart type) des femelles issues des œufs « rescapés » de l'insecte ravageur *C. serratus*.

Plantes	Ether de pétrole	Méthanol	Hexane	Acétate d'éthyle	Méthanol final	Témoins
<i>Calotropis procera</i>	63.83 <sup>b</sup> $\pm$ 4.65	67.33 <sup>b</sup> $\pm$ 9.41	44.83 <sup>a</sup> $\pm$ 3.01	51.67 <sup>a</sup> $\pm$ 28.87	63.17 <sup>b</sup> $\pm$ 2.36	95.25 <sup>c</sup> $\pm$ 11.87
<i>Senna occidentalis</i>	63.17 <sup>b</sup> $\pm$ 1.26	68.89 <sup>b</sup> $\pm$ 42.03	54.33 <sup>b</sup> $\pm$ 2.08	31.08 <sup>a</sup> $\pm$ 10.61	66.89 <sup>b</sup> $\pm$ 9.37	94.75 <sup>c</sup> $\pm$ 7.97

Les valeurs sont des moyennes exprimées en oeufs et 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 inférieur à 0.05).

L'ensemble des données obtenues sur la fécondité des femelles rescapées issues de test ovicide avec les divers produits biocides de *C. procera* et de *S. occidentalis* a été traité sur le plan statistique aux moyens de logiciels Statview, Xlstat et Spss. Pour la variable « Plantes », des tests de comparaisons multiples ont montré que les résultats des effets induits par *C. procera* ne sont pas significativement différents que ceux obtenus avec *S. occidentalis*. La valeur de probabilité trouvée est supérieure à 0.894 et ceci quelque soit la concentration et la polarité du produit biocide (extrait ou fraction d'extrait) appliqué. La comparaison des moyennes au seuil de probabilité fixé à 5% donne le classement et les regroupements des groupes homogènes.

Tableau 32 : Fécondité/effet entre plantes : classement et regroupements des groupes

Modalités	Moyenne	Regroupements
<i>Senna occidentalis</i>	56,872	A
<i>Calotropis procera</i>	58,167	A

Pour ce qui est de la variable « Solvants », le test de Student-Newman-Keuls révèle de très nettes différences aussi bien chez *C. procera* que chez *S. occidentalis*. En fait, il se dégage chez ces deux plantes trois groupes statistiquement homogènes. Pour *C. procera*, le premier groupe est représenté par les fractions (hexane/acétate d'éthyle) qui induisent les moyennes de fécondité les plus faibles par rapport aux autres groupes. Il est suivi du second groupe qui provoque une moyenne de fécondité intermédiaire. Ce groupe homogène sur le plan statistique est formé par l'extrait brut à l'éther de pétrole, l'extrait brut au méthanol et la fraction méthanolique. Enfin le troisième et dernier groupe représente celui des témoins où les femelles ont montré des moyennes de fécondité les plus importantes (Tableau 31).

Chez *S. occidentalis*, le premier groupe est représenté par la fraction acétate d'éthyle qui induit les moyennes de fécondité les plus faibles par rapport aux autres groupes. Il est suivi du second groupe formé par les autres produits biocides à savoir l'extrait brut à l'éther de pétrole, l'extrait brut au méthanol, la fraction hexane et la fraction méthanolique. Ce groupe statistiquement homogène provoque une moyenne de fécondité intermédiaire mais plus faible que celle obtenue au niveau des groupes de contrôles (témoins). Les femelles issues de témoins ont montré donc les moyennes de fécondité les plus élevées (Tableau 31).

En ce concerne la variable « Concentrations », l'analyse Fisher (LSD) des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % a permis d'obtenir le classement et les regroupements des groupes non significativement différents. Les résultats sont consignés dans les tableaux 33 et 34.

Tableau 33 : *Calotropis procera* ; fécondité/effet entre concentrations : classement et regroupements des groupes non significativement différents

Modalités	Moyenne	Regroupements
C 1	51,400	A
C 2	56,600	A
C 3	66,500	A

Tableau 34 : *Senna occidentalis* ; fécondité/effet entre concentrations : classement et regroupements des groupes non significativement différents

Modalités	Moyenne	Regroupements
C 2	44,850	A
C 1	55,883	A
C 3	69,883	A

Par conséquent, nous pouvons donc dire que les produits biocides de *C. procera* et de *S. occidentalis* appliqués sur les œufs de *C. serratus* induisent des effets remarquables sur la fécondité des femelles rescapées. Non seulement ils tuent l'insecte *C. serratus* aux stades œufs et larves, ils réduisent encore la fécondité moyenne des femelles rescapées en diminuant surtout la durée d'oviposition, de même, ils induisent des effets sur le comportement de la ponte normal et sur le rythme de la ponte.

Dans les conditions de nos travaux, il nous a été très difficile de réaliser l'étude de la fertilité des femelles rescapées de *C. serratus* issues des œufs traités avec les divers produits biocides de *C. procera* et de *S. occidentalis* du fait de leur attitude. En effet, la presque totalité des œufs émis par ces femelles a été déposée soit sur le fond, soit sur les parois des boîtes de Pétri et non sur les graines d'arachide saines mises à leur disposition. De plus, les pontes ont été groupées par endroit, où on peut avoir jusqu'à plus de 10 œufs agglutinés. Ces contraintes ne favorisaient pas le suivi des œufs pondus nous avons abandonné l'étude de la fertilité.

### I.3.2. Discussion

La détermination du ratio-sexuel montre que les proportions entre rescapés mâles et rescapées femelles issues des œufs de *C. serratus* préalablement traités avec les différents produits biocides de *C. procera* et de *S. occidentalis*, ont été modifiées par rapport à celles du lot témoin et ceci en fonction de la nature de l'extrait et de la fraction d'extrait utilisée. Cette variation du sex-ratio pourrait forcément influencer l'activité reproductrice des descendances. La réduction du nombre de mâles entraînerait nécessairement l'émission d'œufs non fécondés du fait de la baisse des possibilités de copulation pour ces femelles. Par contre,

l'augmentation du nombre d'individus mâles par rapport aux femelles favoriserait une éventualité de compétition entre les mâles pour la recherche de partenaires sexuels. Ce point, à notre avis, ne peut pas être affirmé de façon catégorique, car dans nos expériences chaque femelle a été couplée avec un seul mâle dans une boîte où les femelles mouraient toujours avant les mâles. Ce problème ne peut être élucidé si ce n'est dans des conditions semi-contrôlées.

De nombreux résultats rapportent qu'en modifiant les conditions de leur milieu de développement, certains insectes et/ou leurs parasites voient le sex-ratio de leur progéniture subir un déséquilibre. Gauthier (1996) montre que le sex-ratio de *Dinarmus basalis* (Rondani) est influencé par l'âge de son hôte *C. maculatus*. Les jeunes larves de *C. maculatus* favorisent l'émergence d'insectes mâles (Nishimura 1993). Ces différentes possibilités ont poussé certains auteurs à orienter leur recherche en combiner deux méthodes de lutte (biologique et biocide végétal) afin d'agir à la fois sur l'insecte ravageur en le contrôlant et sur son parasite en créant un déséquilibre sex-ratio. 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). D'après la bibliographie, la fécondité moyenne de *C. serratus* à jeun varie de 20 à 115 œufs, suivant les conditions de température, et d'humidité. En présence de nourriture, elle augmente jusqu'à 650 œufs (Delobel, 1989a). En observant les résultats obtenus sur l'étude de la bioactivité des extraits bruts et des fractions d'extraits de *C. procera* et de *S. occidentalis* sur la fécondité, la durée d'oviposition et la fertilité de la bruche *C. serratus*, nous déduisons que ces substances biocides sont efficaces dans la protection des graines d'arachide contre les attaques de la bruche *C. serratus*. En effet, la durée moyenne d'oviposition des femelles rescapées issues des œufs traités, est réduite par rapport aux témoins, de même que la fécondité et la fertilité (tableau 32). Les effets induits par ces deux plantes sur l'oviposition de l'insecte sembleraient provoquer une rétention des œufs chez la femelle qui se traduit par une forte réduction voire absence totale de ponte au cours du traitement suivie inéluctablement de la mort des femelles rescapées. D'après nos observations personnelles, le facteur déterminant de cet effet, semble être la copulation.

Nos résultats vont dans le même sens que ceux des travaux de nombreux auteurs. Par exemple, Saxena (1989) signale que les femelles de *C. serratus* en contact avec des extraits de neem ont une fécondité et une ponte fortement réduite. Ce même extrait d'*Azadirachta indica* A. Juss. et celui de *Melia azadarach* L. contenant l'azadirachtine affectent la fécondité et la mortalité de *Bemisia tabaci* infestant les plants de tomates, *Lycopersicon esculentum* Mill.



var. Daniella (Coudriet *et al.*, 1985 ; Nardo *et al.*, 1997 ; De Souza & Vandramin, 2000). Selon Kellouche & Soltani (2004) sur les graines de pois chiche, les poudres des feuilles de quatre plantes riche en huiles essentielles (le figuier, l'olivier, le citronnier et l'eucalyptus) réduisent la fécondité des femelles de *Callosobruchus 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. Ils ont observé cette réduction dès la concentration faible avec un nombre moyen d'œufs pondus par femelle respectif de  $1.52 \pm 0.58$  (*M. quinquenervia*) et de  $2.01 \pm 0.51$  (*O. gratissimum*) contre  $52.9 \pm 0.8$  dans le bocal témoin, soit une réduction de respectivement de  $97.13 \pm 1.1 \%$  et  $96.18 \pm 0.97 \%$  par rapport au témoin. Des résultats similaires ont été rapportés par El-Nahal *et al.* (1994) et Kétoh *et al.* (2000). Pour ces auteurs, cette forte réduction de la ponte serait le fait de la mort précoce des adultes de *C. maculatus* due à l'effet direct des vapeurs d'huiles essentielles comme l'ont montré Schmidt *et al.* (1991) et Mazibur & Gerhard (1999) en étudiant l'effet de l'huile de *Acorus calamus* sur *Callosobruchus phaseoli*. Comparés ces résultats à ceux de nos travaux, nous pouvons dire que la bioefficacité des extraits et des fractions d'extraits de nos deux plantes sur l'importance de la ponte a été plus faible. Ceci pourrait être expliqué par le fait que nos produits biocides n'avaient pas été traités directement sur femelles rescapées mais sur les œufs de *C. serratus* dont elles proviennent.

A chaque dénombrement de la ponte, qui se faisait donc tous les jours ou les deux jours, on notait un nombre très important d'œufs détruits ou d'œufs vides avec le chorion déchiré. Il faut également signaler que les femelles rescapées évitaient parfois les graines d'arachide mises à leur disposition, et préféraient déposer le plus grand nombre d'œufs émis sur les parois ou sur le fond des boîtes de Pétri. Raisons qui nous poussent donc à émettre des interrogations sur le choix ou la préférence des sites de ponte pour ces femelles rescapées. De plus, nous avons remarqué que les œufs ne seraient pas collés au substrat, comme le sont les œufs provenant des femelles issues des témoins. Il suffisait de secouer les boîtes de Pétri pour constater le déplacement des œufs. De ce point de vue, nous pourrions penser que les produits biocides de *C. procera* entraîneraient un effet sur le comportement de ponte normal, c'est-à-dire avec fixation des œufs au substrat. Tous ces phénomènes constatés ne favorisent pas la fertilité des œufs émis par les femelles rescapées.

Les résultats de notre étude ont montré également que l'effet induit par les extraits *C. procera* et *S. occidentalis* sur l'importance de la ponte des femelles rescapées ont varié suivant la

nature de produits appliqués. Ces résultats vont dans le sens de ceux de Borges *et al.* (2003), qui révèle que les extraits les moins polaires (hexane et chloroforme) indiquent l'efficacité la 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%).

Les durées d'oviposition constatées dans notre étude ont varié entre 3 et 7 jours pour les deux plantes. Ces résultats ne corroborent pas avec ceux de Da Fonseca (1964) et de Ndiaye (1981) qui révèlent des périodes moyennes d'oviposition respectives de 9 à 13 jours et  $14.07 \pm 0.76$  jours. Cependant, ils confirment ceux des travaux de Nwanze *et al.* (1975) et Singh & Jackai (1985) qui signalent que *S. aromaticum* révèle une activité biologique intéressante à l'égard de *C. maculatus* dont les femelles pondent la plus grande partie des œufs au cours des trois premiers jours de leur état imaginal.

Nos résultats ont révélé aussi un effet sur le comportement de ponte normal, c'est-à-dire avec fixation des œufs au substrat. Ce comportement serait le fait de la diminution de l'adhésivité des œufs émis sur le tégument des graines qui peut être due à une insuffisance de la sécrétion de mucus par les femelles rescapées pendant leur ponte. De plus les femelles rescapées évitaient parfois à pondre ses œufs sur les graines d'arachides mises à leur disposition et préféraient pondre sur le fond des boîtes de Pétri. Or, il a été toujours démontré chez la bruche de l'arachide, sa capacité de sélectionner au mieux les lieux et les surfaces où elle dépose ses œufs afin d'assurer une plus grande survie de ceux-ci (Delobel *et al.*, 2000). Dans ce sens, Messina (1989) et Horng (1994) signalent que les femelles de *C. maculatus* distribuent habituellement leurs œufs (1 œuf/graine) de manière uniforme quand les substrats de ponte mis à leur disposition sont très abondants bien que le degré d'uniformité varie entre populations.

## I.4. Effet adulticide des substances biocides végétales

### I.4.1. Résultats

Les résultats obtenus des tests adulticides sont représentés sous formes d'histogrammes et de tableaux.

#### I.4.1.1. Extraits bruts et fractions d'extraits de *Calotropis procera*

Les résultats obtenus de l'activité adulticide des extraits bruts et fractions d'extraits de poudre de feuilles de *C. procera* sont présentés sous forme d'histogrammes. La figure 35 permet de comparer pour un même produit biocide les effets entre concentration tandis que la figure 36

permet de comparer pour une même concentration les effets adulticides entre différents produits tests.

Pour un même extrait brut ou fraction d'extrait les diagrammes suivis de la même lettre alphabétique ne sont pas significativement différents à  $p \geq 0.05$ .

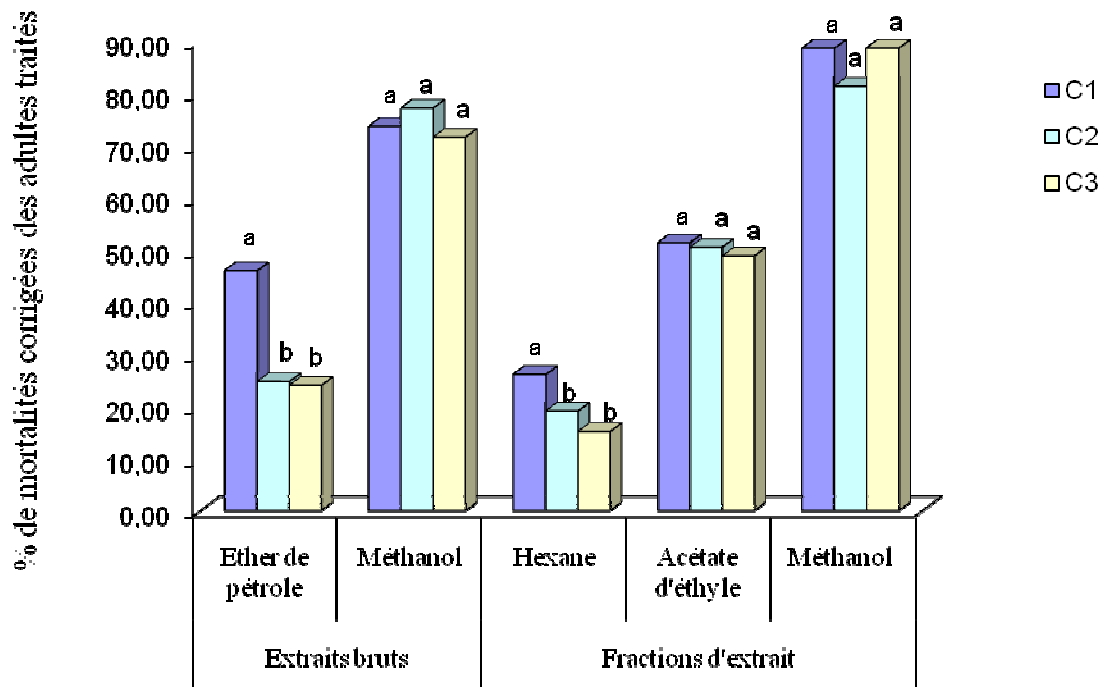


Figure 35 a : Mortalités des adultes de *C. serratus* traités avec les produits biocides de *Calotropis procera* à différentes concentrations

Dans le graphique ci-dessus, nous notons d'une manière générale que toutes les concentrations induisent de fortes mortalités des adultes de *C. serratus* par rapport aux témoins et ceci quelque soit l'extrait ou la fraction d'extrait appliqué. Pour l'extrait brut à l'éther de pétrole et de la fraction hexanique, la mortalité des adultes induite par la concentration C<sub>1</sub> est significativement plus élevée que celle des autres concentrations. Elle est de 45.95% pour l'extrait étheré et 26% pour la fraction hexanique. Les autres concentrations C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> provoquent des effets statistiquement homogènes. L'extrait étheré induit en C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> des mortalités respectives de 24.7% et 24.1%. Des pourcentages de mortalités de 19.06% et 15.13% sont notées respectivement en C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> de la fraction hexane.

Pour ce qui est des autres produits tests à savoir l'extrait brut au méthanol, la fraction acétate d'éthyle et la fraction méthanol, les pourcentages de mortalités corrigées induites par les trois doses C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> ne montrent aucune différence sur le plan statistique ( $p \geq 0.05$ ). Les

moyennes des taux de mortalités d'adultes obtenues au niveau de ces trois concentrations sont de l'ordre de  $74.10 \pm 2.82\%$  pour l'extrait brut au méthanol,  $50.16 \pm 1.3\%$  pour la fraction acétate d'éthyle et  $86.14 \pm 4.21\%$  pour la fraction méthanol. Les adultes non traités présentent une mortalité de  $12.50\%$  qu'à partir du 10<sup>ème</sup> jour de traitement (figure 35a).

Lorsqu'on évalue le niveau de mortalités des adultes de *C. serratus* en fonction de la durée d'exposition (12h, 24h, 48h, 72h, 96h, 120h, 6 jours etc.), nous constatons que *C. procera* commence à induire des mortalités au bout de 12 heures qui précèdent le début du traitement. Ce traitement a été étalé sur un intervalle de 10 jours au-delà duquel aucun prélèvement d'individu mort n'a été fait. L'analyse révèle que pour une durée d'exposition située entre 0 à 6 jours du début de traitement, la dose C<sub>1</sub> de *C. procera* montre une activité adulticide plus marquée que celle produite par les doses C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub>, tandis que de 6 à 10 jours d'exposition c'est l'effet inverse qui est noté. Ce constat est plus net avec l'extrait au méthanol, la fraction acétate d'éthyle et la fraction méthanol. Par exemple, les concentrations C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> de la fraction hexane ne provoquent aucune mortalité avant le 6<sup>ème</sup> jour de traitement alors que les 26.6% d'adultes morts induits par C<sub>1</sub> ont été relevés entre 24 heures et le 7<sup>ème</sup> jour de traitement (figure 35b). Par conséquent, nous pouvons dire que les fortes doses agiraient plus efficacement que les faibles doses pour un temps d'exposition plus petit.

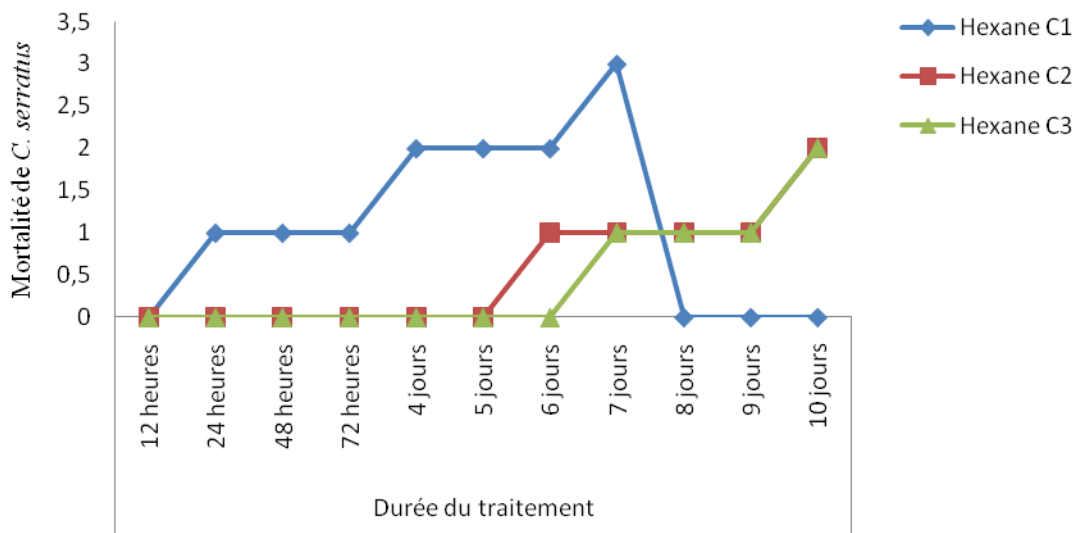


Figure 35 b : Mortalité en fonction du temps des adultes de *C. serratus* traités avec les trois concentrations de la fraction hexane de *C. procera*

L'analyse comparative de l'effet adulticide entre différents produits tests de *C. procera* révèle, pour une même concentration, les résultats récapitulés dans la figure 36.

Pour chaque concentration le niveau de mortalité des adultes induit par les différents produits biocides est résumé sous forme de diagramme. Les diagrammes suivis de la même lettre alphabétique ne sont pas significativement différents à  $p \geq 0,05$ .

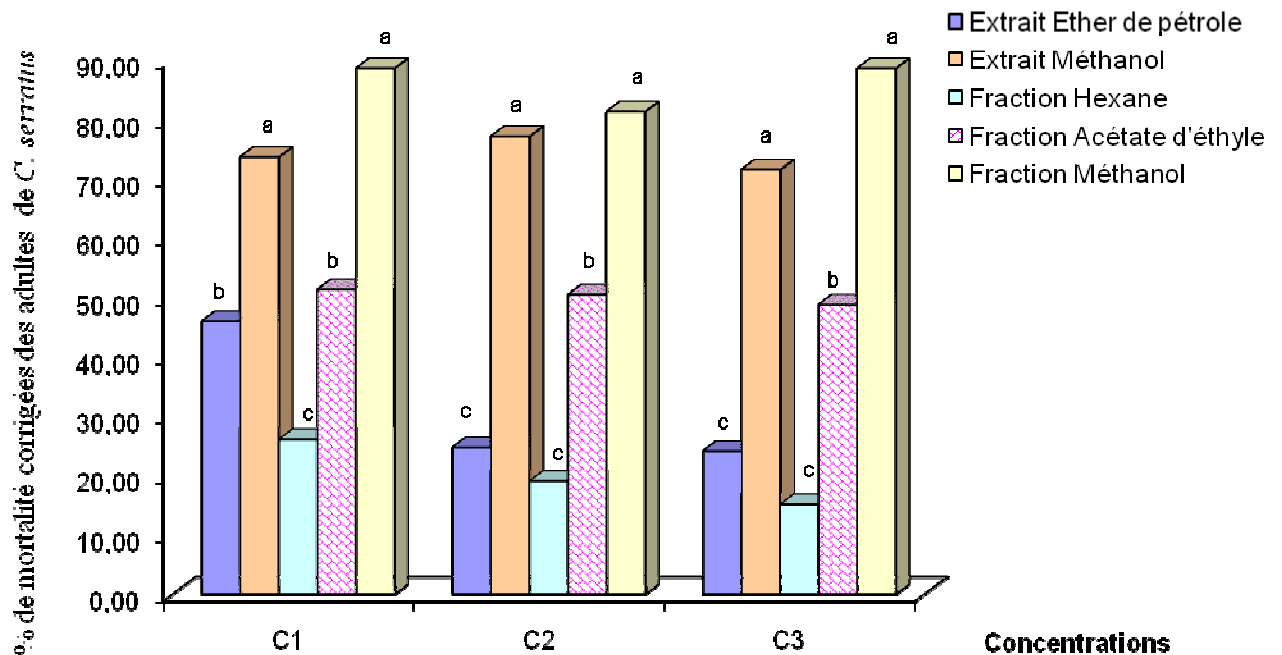


Figure 36 : Comparaison de la mortalité des adultes entre différents produits biocides de *Calotropis procera* en fonction de la concentration

Dans cette figure, nous constatons d'une manière générale que les taux de mortalité d'adultes induisent par les produits polaires (extrait au méthanol et la fraction méthanolique) sont significativement plus élevés que les autres quelque soit la concentration appliquée. Ce premier groupe homogène sur le plan statistique est suivi en C<sub>1</sub> du second groupe homogène constitué par l'extrait à l'éther de pétrole et la fraction acétate d'éthyle qui induisent respectivement des pourcentages de mortalité d'adulte de 45.95% et 51.30%. La fraction hexanique provoque le plus petit taux de mortalité de *C. serratus* au stade adulte quelque soit la dose (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> ou C<sub>3</sub>) usitée.

Considérant les autres concentrations (C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub>) qui induisent à peu près les mêmes effets pour chaque produit test, nous distinguons également trois groupes statistiquement différents. Les pourcentages de mortalités des adultes induits par l'extrait au méthanol (77.12% en C<sub>2</sub>; 71.54% en C<sub>3</sub>) et sa fraction méthanolique (81.28% en C<sub>2</sub>; 88.57% en C<sub>3</sub>) constituent le premier groupe statistiquement plus élevées que les autres. Il est suivi de la fraction acétate d'éthyle considérée comme le seul produit à polarité intermédiaire. Ce second groupe provoque des mortalités intermédiaires. Le troisième et dernier groupe homogène est ainsi

composé par les produits biocides les moins polaires c'est-à-dire l'extrait étheré et la fraction hexane. Ce groupe induit en C<sub>2</sub> et en C<sub>3</sub> les plus petits taux de mortalités d'adultes qui ne sont pas significativement différentes.

#### I.4.1.2. *Senna occidentalis*

##### I.4.1.2.1. Extraits bruts et fractions d'extraits

La même tendance adulticide des produits biocides de *C. procera* (figure 35a) est observée avec les extraits bruts et fractions d'extraits de *Senna occidentalis* (figure 37a). Le graphique qui suit récapitule le niveau de mortalité induit par les extraits et fractions d'extraits de *Senna occidentalis* sur l'insecte *C. serratus* au stade adulte.

Pour un même extrait les diagrammes suivis de la même lettre alphabétique ne sont pas significativement différents à  $p \geq 0.05$ .

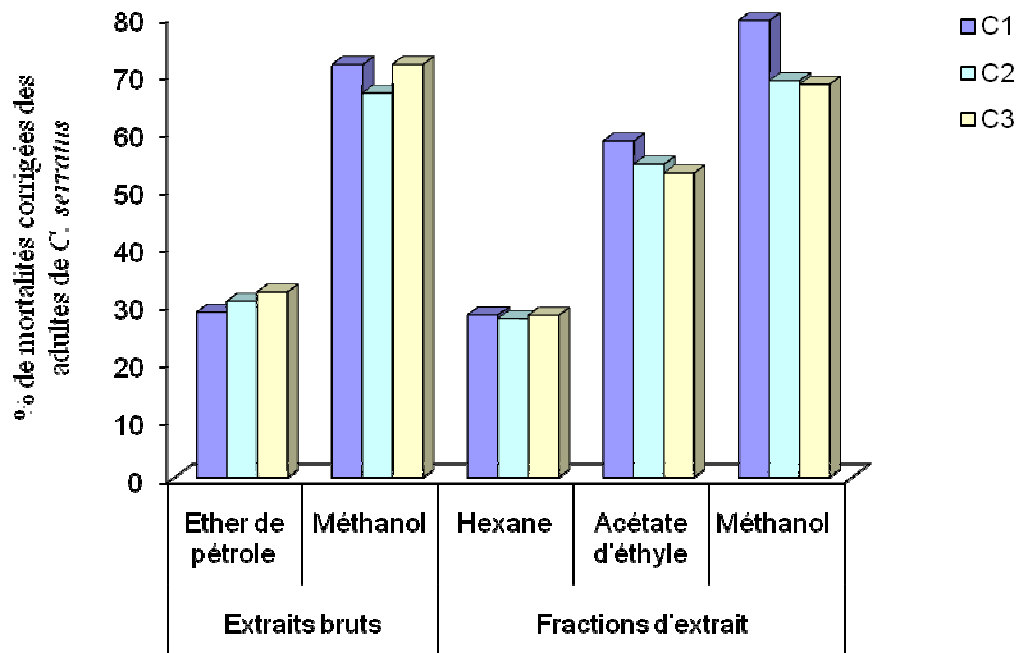


Figure 37 a : Mortalités des adultes de *Caryedon serratus* traités avec les produits biocides de *Senna occidentalis* à différentes concentrations

Comparés aux résultats du témoin, toutes les concentrations induisent au bout de 10 jours de traitement de fortes mortalités des adultes de *C. serratus* et ceci quelque soit le produit test usité. Cependant, il n'existe aucune différence significative ( $p > 0.05$ ) entre pourcentages de mortalité des adultes induits par les trois concentrations. On note alors une absence totale de corrélation entre effet concentration.

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. Ces produits biocides considérés comme les plus apolaires induisent des pourcentages de mortalité d'adultes les plus petits. Les mortalités d'adultes les plus élevées ont été provoquées par les biocides polaires à savoir l'extrait brut au méthanol et la fraction méthanolique qui tuent en moyenne  $69.92 \pm 2.87$  et  $72.01 \pm 6.21$  d'adultes respectives. La fraction acétate d'éthyle de polarité intermédiaire induit une mortalité intermédiaire de  $55.11 \pm 2.86$  en moyenne pour les trois doses.

Ces résultats permettent de dire que les extraits bruts et fraction d'extrait de *S. occidentalis* ont une efficacité adulticide sur *C. serratus* et que leur toxicité 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 des adultes montre qu'il existe une corrélation positive entre la concentration appliquée et le taux de mortalité. Cette même tendance a été observée précédemment avec les produits biocides de *C. procerca*.

Nous constatons d'une manière générale que la totalité des adultes morts en  $C_1$  ont été relevée entre 0 et 6 jours du début de traitement. De plus, hormis l'extrait brut à l'éther de pétrole, tous les autres produits biocides de *S. occidentalis* provoquent en  $C_1$  des mortalités de *C. serratus* en 12 heures de traitement. En ce qui concerne les concentrations  $C_2$  et  $C_3$ , le plus grand nombre d'adultes morts a été relevé entre le 6<sup>ème</sup> et le 10<sup>ème</sup> jour pour l'extrait étheré, le 3<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> jour pour l'extrait au méthanol, 5<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> jour pour la fraction méthanolique. La fraction hexanique ne provoque aucune mortalité en  $C_2$  et  $C_3$  respectivement en deçà de 5 jours et 6 jours de traitement (figure 37b).

La figure qui suit représente le niveau de mortalités cumulées des adultes de *C. serratus* traités avec les différentes concentrations de la fraction hexane de *S. occidentalis* en fonction de la durée du traitement.

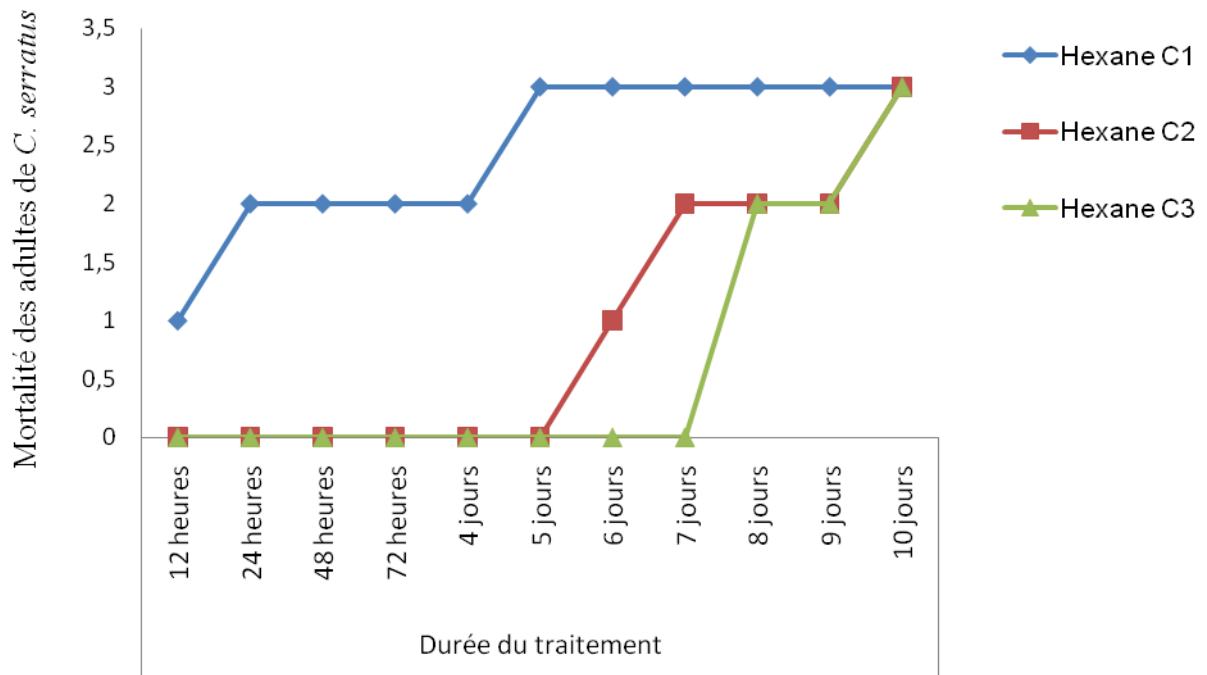


Figure 37 b : Mortalité en fonction du temps des adultes de *C. serratus* traités avec les trois concentrations de la fraction hexane de *S. occidentalis*

L'analyse comparative du niveau de mortalité des adultes de *C. serratus* induit par les différents produits biocides est résumée dans la figure qui suit.

Pour chaque concentration, les diagrammes suivis de la même lettre alphabétique ne sont pas significativement différents à  $p \geq 0.05$ .



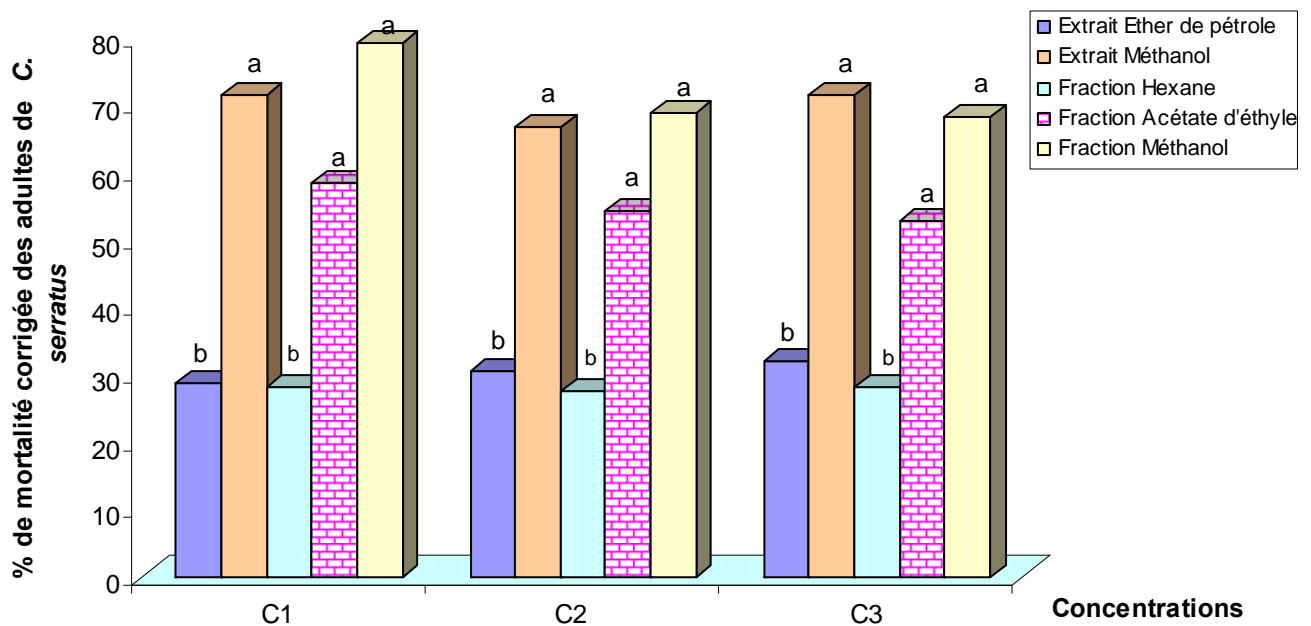


Figure 38 : Comparaison de la mortalité des adultes traités entre différents produits biocides de *Senna occidentalis* selon la concentration appliquée

L'analyse comparative de l'effet adulticide des extraits bruts et des fractions de l'extrait brut au méthanol de *S. occidentalis* permet de distinguer pour chaque concentration deux groupes statistiquement différents. Les mortalités induites par l'extrait brut au méthanol, la fraction acétate d'éthyle et la fraction méthanolique sont significativement plus élevées que les autres quelque soit la dose usitée. L'extrait brut à l'éther de pétrole et la fraction hexanique provoquent des effets statistiquement homogènes. Ceci conforte l'hypothèse émise précédemment avec *C. procera* et stipulant que l'effet adulticide est fonction de la polarité des produits tests.

#### I.4.1.2.2. Huile essentielle

Ces tests ne sont effectués que sur des adultes de *C. serratus*. Les œufs et les formes cachées ne sont pas pris en compte dans le test. L'efficacité des huiles essentielles de *Senna occidentalis* testées à la fois par fumigation et par contact se traduit par une importante agitation suivie inéluctablement de la mort d'adultes comme cela a été observé avec les extraits bruts et les fractions d'extraits.

Le niveau de mortalités non cumulée des adultes de *C. serratus* traités avec les huiles essentielles de *S. occidentalis* sont consignés dans le tableau 35.

Tableau 35 : Mortalité moyenne non cumulée ( $\pm$  écart type) des adultes (N=12 par concentration) de *C. serratus* dues aux huiles essentielles de feuilles fraîches de *Senna occidentalis*.

	<b>Moyennes de mortalités des adultes traités</b>									
<b>Traitement</b>	<b>3heures</b>	<b>6heures</b>	<b>12heures</b>	<b>1jour</b>	<b>2jours</b>	<b>3jours</b>	<b>4jours</b>	<b>5jours</b>	<b>6jours</b>	<b>7jours</b>
<b>1 ml/l</b>	--	--	--	1.33 $\pm 0.58$	1 $\pm$ 1	0.33 $\pm 0.58$	0.33 $\pm 0.58$	0.67 $\pm 0.58$	--	--
<b>1.5 ml/l</b>	--	--	--	1.33 $\pm 0.58$	1 $\pm$ 1	1.33 $\pm 0.58$	0.67 $\pm 0.58$	1 $\pm 0.0$	--	--
<b>2 ml/l</b>	--	--	1.67 $\pm 0.58$	1.33 $\pm 0.58$	1.33 $\pm 0.58$	1 $\pm$ 1	1 $\pm 0.0$	1.33 $\pm 0.58$	0.67 $\pm 0.58$	--
<b>2.5 ml/l</b>	1 $\pm$ 0.0	1.33 $\pm 0.58$	1 $\pm$ 1	1 $\pm 0.0$	1.33 $\pm 0.58$	2 $\pm$ 1	1 $\pm$ 1	1 $\pm 0.0$	--	--
<b>3 ml/l</b>	2 $\pm$ 1	1.33 $\pm 0.58$	1.67 $\pm 0.58$	1.67 $\pm 0.58$	1 $\pm$ 1	2.67 $\pm 0.58$	0.67 $\pm 0.58$	--	--	--
<b>Témoin</b>	--	--	--	--	--	--	--	--	0.67 $\pm 0.58$	0.67 $\pm 0.58$

Nous notons d'une manière générale que toutes les doses appliquées (volume/volume) induisent de fortes mortalités des adultes de *C. serratus* par rapport aux témoins. Les mortalités observées avec les concentrations 1 et 1.5 ml/l ont été notées 24 heures après le début du traitement. Cette mortalité se poursuit jusqu'au 5<sup>ème</sup> jour au-delà duquel aucune mortalité n'a été relevée. Cependant, pour les doses les plus fortes à savoir 2.5 ml/l et 3 ml/l, les premières mortalités ont été observées juste après trois (3) heures du début des tests. Les mortalités induites par la dose intermédiaire (2 ml/l) ont été constaté entre 12 heures et 6 jours de traitement.

L'analyse comparative des effets induits par les huiles essentielles de feuilles fraîches de *S. occidentalis* sur les mortalités moyennes cumulées ( $\pm$  écart type) des adultes de l'insecte ravageur *C. serratus* a montré les résultats qui suivent (figure 39)

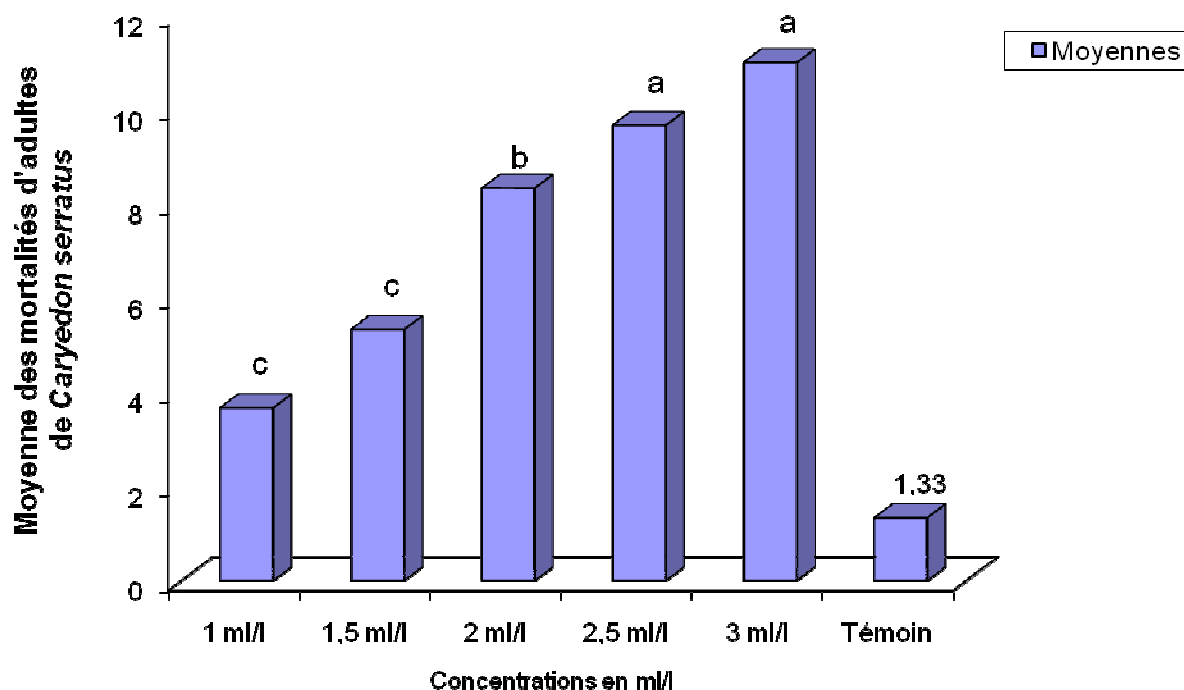


Figure 39 : Comparaison des moyennes de mortalités induites par l'huile essentielle de *Sema occidentalis* à différentes doses (volume/volume)

L'effet de l'huile essentielle de *S. occidentalis* sur la mortalité moyenne des adultes de *C. serratus* montre que l'action de l'huile est fonction croissante de la concentration pour une durée de traitement de 7 jours (figure 39 et 40). La figure 39 permet de distinguer trois groupes différents sur le plan statistique. En effet, les fortes concentrations 2.5 et 3 ml/l induisent respectivement des pourcentages de mortalité d'adultes de 80.56% et 91.67% pour une durée de cinq (5) jours de traitement. Ces mortalités sont significativement plus élevées que celles des autres concentrations. Ce premier groupe constitué par les doses 2.5 et 3 ml/l est suivi de celui de la dose intermédiaire 2 ml/l qui provoque un pourcentage de mortalité d'adultes de l'ordre de 69.44% pour une durée de traitement de 5 jours. Le troisième et dernier groupe homogène comporte les faibles concentrations 1 et 1.5 ml/l qui provoquent respectivement des taux de mortalités statistiquement homogènes de l'ordre de 30.56 % et 44.44% en 5 jours de traitement. Les adultes non traités présentent une mortalité de 11.5% qui s'est produit qu'après 6 jours de test (figure 39 et 40).

L'analyse globale révèle d'une manière générale que, pour une courte durée d'exposition, les fortes concentrations révèlent une activité adulticide plus marquée que celle produite par les concentrations faibles tandis que pour une longue durée d'exposition c'est l'effet inverse qui

est noté. Par conséquent, nous pouvons dire que les fortes doses agirait plus vite et de manière efficiente que les faibles doses pour un temps d'exposition plus petit. De plus toutes les mortalités se sont produites en cinq jours de traitement (figure 40).

La figure qui suit représente le niveau de mortalités cumulées des adultes de *C. serratus* traités avec les différentes concentrations d'huiles essentielles de *S. occidentalis* en fonction de la durée du traitement.

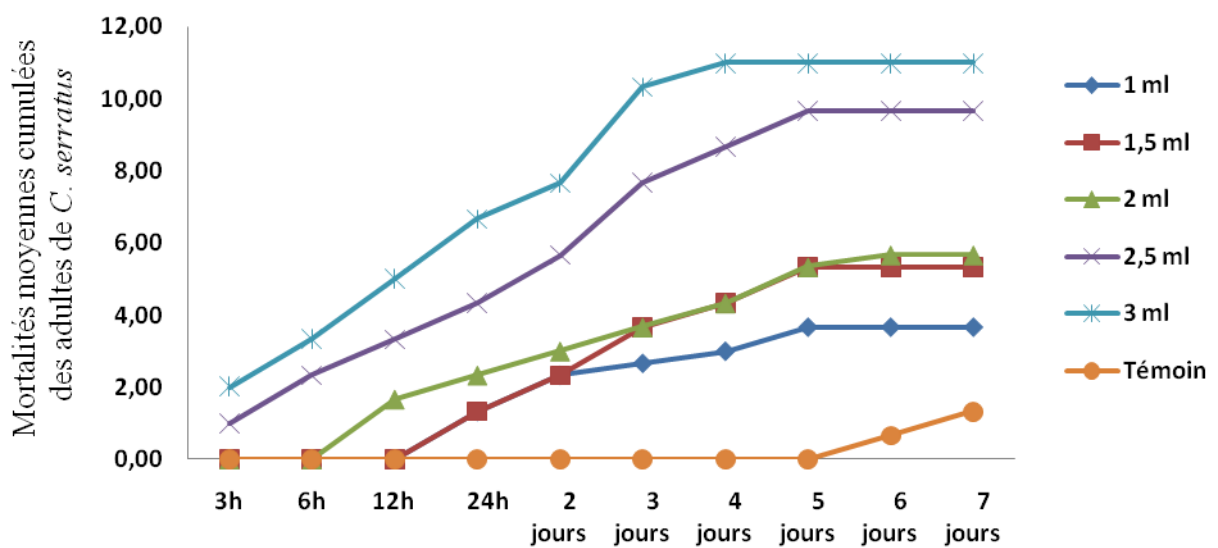


Figure 40 : Mortalité cumulée des adultes de *C. serratus* traités avec l'huile essentielle de *S. occidentalis* à différentes doses en fonction du temps

#### I.4.2. Discussion

Les études de laboratoires portant sur l'action adulticide de deux extraits bruts (éthéré, et méthanolique) et de trois fractions d'extraits (hexane, acétate d'éthyle et méthanol) de poudre de feuilles de deux plantes (*C. procera* et *S. occidentalis*) ainsi que de l'huile essentielle de *S. occidentalis* ont révélé des résultats intéressants.

Chez *C. procera*, l'extrait à l'éther de pétrole et la fraction hexane induisent les mortalités à *C. serratus* au stade adulte les plus petites qui varient respectivement entre 45.95 à 21.1% et 26 à 15.13% selon la concentration. Cette efficacité adulticide est fonction croissante de la dose appliquée pour ces deux produits biocides. Par contre, celle observée avec les autres produits tests, n'ont pas varié selon la concentration usitée. Les taux moyens de mortalités d'adultes de *C. serratus* notés en C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, et C<sub>3</sub> sont de 74.10 ± 2.82% avec l'extrait brut au méthanol, 50.16 ± 1.3% avec la fraction acétate d'éthyle et 86.14 ± 4.21% avec la fraction

méthanol. Cette même tendance adulticide est observée avec les produits biocides de *S. occidentalis*. Aucun effet concentration déterminant n'a été noté chez *S. occidentalis* quelque soit le produit usité. Il est clair cependant que lorsqu'on série les résultats de manière plus détaillée, on peut noter des spécificités quant aux taux de mortalité en fonction des concentrations et des plantes utilisés. Ces résultats sont conformes à ceux observés par de nombreux auteurs ayant testé l'action d'extraits de plantes, de composés soufrés ou de terpènes chez de nombreux Bruchidae. Bouchelta *et al.* (2003) ont pu mettre en évidence un effet négatif des composés étheré, éthanolique et aqueux extraits de *Capsicum frutescens*, sur la survie des adultes de *Bemisia tabaci*. Bouchelta *et al.* (2005), après avoir procédé à l'extraction et au criblage de trois groupes de composés présumés actifs présents dans les fruits du piment fort, ont montré que les alcaloïdes, les saponines et les flavonoïdes, extraits des fruits de *C. frutescens*, affectent la survie des adultes de *B. tabaci*. Comme cela a été 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 (El-Lakwah *et al.*, 1997 ; Tang *et al.*, 2000 ; Trematerra & Sciarretta, 2002).

Nos résultats ont montré également l'existence d'une corrélation positive entre l'effet adulticide observé et la polarité de du produit biocides testé et ceci quelque soit la plante utilisée ; l'effet adulticide décroît lorsque la polarité du produit testé diminue. Chez *S. occidentalis* par exemple, les produits biocides les moins polaires (étheré et hexanique) provoquent des taux de mortalités d'adultes les plus petits qui sont respectivement de  $30.41 \pm 1.74\%$  et  $27.9 \pm 0.34\%$  en moyenne. Les produits les plus polaires (l'extrait brut au méthanol et les fractions méthanol et acétate d'éthyle) provoquent les taux de mortalités d'adultes les plus élevés qui sont respectivement de l'ordre de  $69.92 \pm 2.87\%$ ,  $72.01 \pm 6.86\%$  et  $55.11 \pm 2.86\%$ . Cette différence d'activité adulticide liée à la polarité de nos divers produits biocides ne peut être due qu'à un écart quantitatif et/ou qualitatif des composés qui s'y présentent. D'après Bassène (2001), qui affirme qu'un solvant polaire dissout mieux un soluté polaire qu'un solvant apolaire, nous pouvons donc dire que l'action adulticide des produits biocides apolaires de *C. procera* et de *S. occidentalis* est comparable à celle des huiles végétales non volatiles qui ont été utilisées très tôt dans la lutte contre les insectes sous forme d'émulsions. Selon Gauvrit & Cabanne (2002), ce sont à la fois des insecticides de contact qui agissent par leur propriétés physiques et chimiques, des adjuvants pour les molécules liposolubles, et dans certain cas, des synergistes. Ces huiles végétales sont des esters d'acides gras à poids

moléculaire élevé. Elles recèlent, en leur sein, une hétérogénéité d'acides gras (saturés, insaturés ou esterifiés), à moyennes ou longues chaînes de carbone. Par conséquent, les produits biocides apolaires (éthéré et hexanique) de *C. procera* et de *S. occidentalis* développeraient surtout une toxicité de contact : au niveau superficiel, l'huile forme d'un film imperméable sur la cuticule et prive l'insecte d'air, provoquant son asphyxie. De plus, une pénétration en profondeur des acides gras peut se produire du fait de leur caractère amphibolique. Regnault-Roger & Caupin, 1994) signalent que certains de ces acides gras possèdent une activité insecticide propre : par exemple l'acide oléique C<sub>18</sub> ou l'acide undécylénique en C<sub>11</sub>. Ils pensent aussi que même si cette activité n'est pas très marquée, elle peut concourir, par synergie, à augmenter la toxicité d'autres composés. Weinzierl (1998) rapporte que la toxicité des acides gras s'exerce au niveau des membranes cellulaires, de la phosphorylation oxydative et de la cuticule des insectes. À côté d'une activité toxique, des effets répulsifs de certaines huiles végétales non volatiles sont aussi observés. Ainsi, une extraction d'huile de *Melinis minutiflora* par divers solvants organiques (chloroforme, hexane ou acétone), riche en éicosane, en acide linoléique sous forme méthyle ester et en acide hexadécanoïque, se révèle très efficace sur la tique du bétail *Boophilus microplus* (Castrejón *et al.*, 2004)

L'efficacité adulticide la plus remarquable est notée avec l'huile essentielle de *S. occidentalis*. En effet, l'action de cette dernière sur la mortalité de *C. serratus* est fonction croissante de la concentration. Les fortes doses provoquent les taux de mortalités cumulées les plus élevés (figure 39 et 40). L'effet adulticide de l'huile essentielle de *S. occidentalis* se produit en 3 heures de traitement contrairement aux autres produits biocides qui induisent une mortalité des adultes de *C. serratus* en 24 heures de traitement voire même le 5<sup>ème</sup> jour de traitement pour les doses faibles. Cette grande efficacité adulticide pourrait être due à l'action des composés terpéniques (mono et sesquiterpènes) majoritairement présents dans l'huile essentielle de *S. occidentalis*. Nous pouvons donc dire que l'action biologique de l'huile va dépendre de sa composition chimique qui est éminemment variable. Cette hypothèse a été également émise par Ketoh *et al.* (2000) pour expliquer l'efficacité de *Cymbopogon Schoenanthus* sur l'espèce *C. maculatus*. De même, les travaux de Seri-Kouassi *et al.* (2004) ont montré que l'efficacité insecticide de l'huile essentielle de *M. quiquenervia* (60.44 ± 3.35% en 6.66µl/l) serait induite par l'action des composés majeurs comme l'eucalyptol (52%) et le limonène (13%). Raja *et al.* (2001) signalent une réduction significative de la longévité des adultes de la bruche de *C. maculatus*, avec les huiles volatiles de *Mentha arvensis*, *M. spicata* (Lamiaceae) et *Symbopogon nardus* (Rutaceae).

L'activité biologique des huiles essentielles sur les insectes phytophages ou ravageurs de stocks pourrait s'exercer à plusieurs niveaux et limiter le renouvellement des générations. Ainsi il a été constaté que les huiles essentielles se révèlent insecticides ou/et inhibent le cycle de reproduction (Weaver *et al.*, 1991 ; Konstantopoulou *et al.*, 1992 ; Regnault-Roger *et al.*, 1993 ; Regnault-Roger & Hamraoui, 1994a). De plus des huiles se sont montrées antiappétentes (Regnault-Roger & Hamraoui, 1994b), ou répulsives (Taponjoui *et al.*, 2003), comme l'huile de thym (*Thymus vulgaris*) de romarin (*Rosmarinus officinalis*) ou d'eucalyptus (*Eucalyptus saligna*).

Par conséquent, il serait possible d'améliorer l'activité insecticide des nos produits biocides en tenant compte de plusieurs facteurs d'ordre génétiques, physiologiques, pédologiques, climatiques et analytiques qui peuvent influencer leurs profils phytochimiques.

## II. PHYTOCHIMIE DES EXTRAITS BRUTS ET DES FRACTIONS D'EXTRAITS

### II.1. Résultats

Les résultats du screening phytochimique de *Calotropis procera* et de *Senna occidentalis* sont récapitulés dans les tableaux 36 et 37.

#### II.1.1. Rendement d'extraction

Les rendements des extractions sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 36 : Rendements des extraits bruts et des fractions de l'extrait brut au méthanol de poudres de feuilles de *Calotropis procera* Ait. et de *Senna occidentalis* L.

Extraits bruts ou fractions	<i>Calotropis procera</i>	<i>Senna occidentalis</i>
Extrait brut à l'éther de pétrole	1.2%	1.4%
Extrait brut au méthanol	12.5%	15.7%
Fraction hexane	10.53%	13.92%
Fraction acétate d'éthyle	20%	19.62%
Fraction méthanolique	25.26%	58.86%

Les rendements à l'extraction par rapport au poids de la matière utilisée (poudre ou extrait brut) varient pour chacune des deux plantes étudiées. Pour chaque espèce végétale, nous avons obtenu le rendement le plus élevé avec les produits polaires. Sauf pour la fraction acétate d'éthyle, les rendements obtenus sont plus abondants chez *S. occidentalis* que chez *C. procera* et ceci quelque soit le type de l'extrait brut ou de la fraction d'extrait. Pour les

extraits bruts, *C. procera* donne 1.2% avec l'éther de pétrole et 12.5% avec le méthanol tandis que *S. occidentalis* produit 1.4 et 15.7% respectivement avec l'éther de pétrole et le méthanol. Pour ce qui est des fractions d'extraits nous avons noté, sur une masse de 9.5 g de résidu sec méthanolique de *C. procera* obtenus par macération à froid de 100 g de poudre dans 500 ml de méthanol, des rendements de 10.53% avec hexane, 20% avec acétate d'éthyle et 25.26% avec méthanol. Chez *S. occidentalis*, il a été noté, sur un poids de 15.8 g de résidu sec d'extrait brut au méthanol repris successivement avec de l'hexane, de l'acétate d'éthyle et du méthanol, des rendements de l'ordre de 13.92%, 19.62% et 58.86% respectifs.

### II.1.2. Groupes chimiques caractérisés

Les réactions de caractérisation ont permis de mettre en évidence plusieurs groupes chimiques dans la poudre, dans les extraits bruts et fractions d'extraits de poudre des feuilles de *Calotropis procera* et de *Senna occidentalis*.

Le tableau ci-après présente les résultats obtenus

Tableau 37 : Résultats des réactions de caractérisation des extraits bruts et des fractions d'extraits de poudre des feuilles de *Calotropis procera* Ait. et de *Senna occidentalis* L.

Constituants phytochimiques recherchés	Résultats des réactions	
	<i>Calotropis procera</i>	<i>Senna occidentalis</i>
Alcaloïdes	+++	+++
Flavonoïdes	+++	+++
Tanins	±	++
Dérivés anthracéniques	++	+++
Stérols et Terpènes	+++	+++
Saponosides	±	+++

Les résultats obtenus sont exprimés de la manière suivante :

- \* Résultat positif : +++
- \* Résultat moyen : ++
- \* Résultat louche : ±
- \* Test négatif : -

Pour les deux plantes, les réactions de caractérisation ont montré la présence d'un grand nombre de composés phytochimiques qui se traduit 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 terpènes, stérols et saponines. Les alcaloïdes, les flavonoïdes, les stérols et terpènes représentent les groupes de composés chimiques les plus abondants (+ + +) chez *C. procera* tandis que chez *S. occidentalis* nous notons la présence franchement positive d'alcaloïdes, de flavonoïdes, d'anthracénosides, de saponosides, de stérols et terpènes. L'indice de la mousse a donné 333.33 avec *S. occidentalis* alors que la hauteur de la mousse chez *C. procera* est inférieure à 1 cm dans tous les tubes. Donc *S. occidentalis* contiendrait plus de saponines que *C. procera*.

La réaction de caractérisation des dérivés anthracéniques est moyennement positive (+ +) chez *C. procera*. Ce qui suppose donc une présence de dérivés anthracéniques en quantité moyenne dans cette plante. Ce même résultat (+ +) est noté chez *S. occidentalis* en ce qui concerne les composés tanniques et. Il a été noté également chez *C. procera* des traces ( $\pm$ ) de tanins et de saponosides.

La présence de tel ou tel composé, révélés par des réactions de coloration ou de précipitation, varie selon la polarité du produit considéré. Les stérols, terpènes et saponines sont plus faciles à caractériser dans les extraits et fractions apolaires tandis que les alcaloïdes, flavonoïdes et tanins sont facilement caractérisables dans les produits polaires.

Par ailleurs, l'analyse faite par des techniques chromatographiques sur les extraits de *C. procera* et de *S. occidentalis*, conforte les résultats obtenus des réactions de caractérisation qui stipulent l'existence de groupes de substances bioactives responsables des effets ovicide et adulticide. Les quelques résultats de la chromatographie sur couche mince des extraits bruts et fractions d'extraits de *C. procera* et de *S. occidentalis* sont reportés en annexes. Les informations correspondant au facteur de rétention (Rf), à l'observation à la lumière UV (254 et 366 nm) serviront à l'avenir les premiers éléments d'une recherche phytochimique poussée visant à l'isolement des groupes de molécules présumés actifs, à l'identification et à la détermination du mode d'action des bio-molécules impliquées.

## II.2. Discussion

Notre thème de recherche a porté sur l'étude des propriétés insecticides des extraits bruts et des fractions d'extraits de poudre de feuilles de *C. procera* et de *S. occidentalis* du Sénégal. Il a consisté en la recherche des composés chimiques présumés actifs présents dans les produits biocides des deux plantes. L'étude phytochimique basée sur des réactions de caractérisation a révélé chez *C. procera* et *S. occidentalis* la présence d'alcaloïdes, de flavonoïdes, de tanins, de dérivés anthracéniques, de terpènes, de stérols et de saponines. Ces résultats vont dans le

même sens que ceux d'Al-Yahia (1986) qui rapporte que toutes les parties de *C. procera* contiendraient des cardénolides, des alcaloïdes, des saponines, des stérols et triterpènes, des coumarines, des tanins et des flavonoïdes des anthracènes. D'autres auteurs 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 & Ignacimuthus, 1999). Les dérivés anthracéniques et les flavonoïdes contenus dans les feuilles seraient responsables de cette activité (Anton & Duquenois, 1968).

Par conséquent, la richesse de nos deux plantes 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. Des résultats similaires ont été obtenus par plusieurs chercheurs, notamment l'activité toxique des graines de *Peganum harmala* riche en alcaloïdes et en quinones libres sur le développement ovarien du criquet pèlerin (Idrissi-Hassani *et al.*, 1998 ; Abbassi *et al.*, 2003). Copping (2001) estime que le principe actif des extraits de deux Liliacées (*Schoenocaulon officinale* et *Veratrum album*) est la vératrine qui, en fait, est un mélange d'alcaloïdes stéroïdiques de véracévine, cévadine, sabadine, 3-O-vanilloylvéracévine et vératidine. Parmi les plantes riches en terpènes et en composés phénoliques (flavonoïdes, tanins, et aglycone), El Allagui *et al.* (2006) citent *Acacia gummifera*, *Ononis natrix*, *Ceratonia siliqua* et *Tagete patula* qui ont montré envers *Meloidogyne Spp.* un effet nématocide élevé.

L'importance de chacun de ces groupes de composés a été évaluée par Harborne (1988). 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. L'étude de leur mode d'action a fait l'objet de nombreuses publications. Les alcaloïdes développent une activité neurotoxique en ralentissant la fermeture des canaux  $\text{Na}^+$  dépendant (comme le pyrèthre) et perturbent la dépolarisation membranaire. Ce sont des insecticides de contact et non systémique qui provoquent une paralysie avant la mort Copping (2001). Les catéchines, flavones, isoflavonoïdes ou tanins sont des substances répulsives, antiappétentes, inhibitrices de la digestion ou de la reproduction, c'est-à-dire en définitive sur la longévité, le développement et la fécondité des insectes. Ainsi, le puceron *Schizaphis graminum*, élevé en

présence de flavonoïdes présente une fécondité limitée, et sa progéniture est moins viable (Streblér, 1989). La lutéoline 7-glucoside (flavone) et l'acide rosmarinique (acide cinnamique) provoquent une perturbation du comportement du Coléoptère, *Acanthoscelides obtectus* : ils inhibent sa motricité avant de provoquer sa mort (Regnault-Roger *et al.*, 2004).

Les terpénoïdes et stéroïdes caractérisés par leur lipophilie, ne sont pas les seuls composés lipophiles qui possèdent des propriétés susceptibles de contrôler les insectes ravageurs ; certains acides gras manifestent cette activité. L'eugénol, abondant dans le clou de girofle (*Eugenia caryophyllata*), ou le cinnamaldéhyde dans la canelle (*Cinnamomum verum*), présentent des propriétés inhibitrices de la reproduction et exercent une toxicité sur la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* mais aussi sur la mouche méditerranéenne des fruits et légumes, *Ceratitis capitata*, ou les pucerons des céréales *Metopolophium dirrhodum* et *Rhopalosiphum padi* (Regnault-Roger & Hamraoui, 1995 ; Hamraoui & Regnault-Roger, 1997). Les monoterpènes réguliers abondants dans la plupart des huiles essentielles, dont celles des *Lamiaceae*, bien connues pour leur activités insecticides et inhibitrices de la reproduction des insectes (Regnault-Roger *et al.*, 1993 ; Regnault-Roger & Hamraoui, 1994a ; Regnault-Roger, 1997), mais aussi larvicides pour les nématodes (Djan-Caporalino *et al.*, 2002). Le gossypol par exemple, sesquiterpénoïdes constituant du feuillage du cotonnier, outre son action répulsive, a un effet inhibiteur important sur la croissance et le développement des principaux prédateurs *Heliothis zea* et *H. virescens*. Les saponines fréquentes chez les plantes, montrent dans certains cas des effets de défense contre les insectes : des saponines de graines de soja par exemple inhibent le développement larvaire de la bruche *Calosobruchus chinensis* en provoquant la lyse cellulaire. Les stérols par contre agissent sur la perméabilité de la cellule (Streblér, 1989). Des études plus approfondies menées dans des laboratoires mieux équipés nous permettront d'établir avec précision les structures chimiques et stériques de tous ces composés présumés actifs.

# CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

*Caryedon serratus*, espèce reconnue comme la plus nuisible des stocks et semences d'arachide en Afrique de l'Ouest, continue d'être contrôlée par une utilisation abusive des insecticides de synthèse. Pour préserver l'environnement ainsi que la santé humaine et animale, l'utilisation de substances biocides d'origine végétale est l'une des solutions alternatives et raisonnées pour aider les paysans agriculteurs à augmenter leur production, assurer les récoltes, conserver les stocks et les semences. Ce travail contribue à l'étude de plantes sénégalaises à effet insecticide (*C. procera* et *S. occidentalis*) dans le cadre de la lutte contre *Caryedon serratus* (Ol.) (Coléoptère : Bruchidae), ravageur des stocks d'arachide.

Deux procédés d'extraction simples et rapides à mettre en évidence permettent d'avoir les produits biotests : la macération à froid pour obtenir des extraits bruts et fractions d'extraits et l'hydrodistillation pour les huiles essentielles. Les solvants utilisés qui sont l'éther de pétrole, l'hexane, l'acétate d'éthyle et le méthanol sont appropriés et permettent de séparer les différents composés en trois groupes à savoir les composés apolaires, polaires et les éléments neutres. Leur efficacité est différente autant sur les œufs que sur les adultes. Le rendement à l'extraction varie en fonction de la nature de la plante et selon la polarité du solvant usité. En effet, Il est plus élevé pour *S. occidentalis* que pour *C. procera*. Ce rendement est également fonction croissante de la polarité du solvant utilisé pour une même espèce végétale.

La présente étude avait pour objet d'examiner dans un premier temps l'efficacité des extraits bruts et des fractions d'extraits de poudre de feuilles de *C. procera* et de *S. occidentalis* en relation avec la survie de *C. serratus* au stade œufs et adultes, la durée de développement des œufs rescapés, le sex-ratio à la première génération, la fécondité et la fertilité des femelles issues des œufs traités. La toxicité de l'huile essentielle de *S. occidentalis* a été dans un deuxième temps testée sur les adultes de la bruche de l'arachide.

Les résultats obtenus, révèlent que les produits biocides de *C. procera* et de *S. occidentalis* ont des effets ovicide et adulticide sur la bruche de l'arachide qui varient en fonction de la polarité du produit test. Les produits apolaires (extrait étheré et fraction hexane) obtenus à partir de *C. procera* et *S. occidentalis* montrent une grande activité ovicide tandis que leurs produits polaires (extrait au méthanol, fraction méthanolique et fraction acétate d'éthyle) révèlent une forte activité adulticide.

En ce qui concerne l'efficacité insecticides des deux plantes, *C. procera* et *S. occidentalis* présentent les mêmes effets ovicide et adulticide. Cette activité biologique sur la survie des œufs de *C. serratus* est fonction croissante non seulement de la polarité du produit test mais

aussi de la concentration appliquée. La forte concentration  $C_1$  induit une action ovicide plus marquée que les autres concentrations  $C_2$  et  $C_3$  quelque soit l'espèce végétale. Par contre au niveau des adultes, seuls l'extrait éthéré et la fraction hexane de *C. procera* ainsi que l'huile essentielle de *S. occidentalis* ont montré un effet concentration déterminant alors que les autres produits biocides de *C. procera* et ceux de *S. occidentalis* ont des effets adulticides qui ne varient pas selon la dose appliquée après 10 jours de traitement. Cependant, si on compare l'effet adulticide en fonction de la durée d'exposition, un effet dose sera noté.

En plus des effets ovicide et adulticide constatés, l'activité biocide des produits de *C. procera* et de *S. occidentalis* sur la physiologie et le comportement de l'insecte s'exprime aussi pour l'essentiel par un allongement ou une diminution de la durée des stades de développement des œufs traités, une fécondité réduite et une fertilité limitée des femelles rescapées. On note aussi de grandes différences dans la durée et le volume des pontes. La détermination du ratio-sexuel montre que les proportions entre rescapés mâles et femelles des œufs de *C. serratus* traités ont été modifiées par rapport à celles du lot témoin et ceci en fonction de la nature de l'extrait utilisé. Cette variation du sex-ratio pourrait forcément influencer l'activité reproductrice des descendants.

D'une part, il est à noter que nos tests n'ont pas été faits en conditions semi-contrôlées, or on sait que les substances diffusant dans les systèmes de stockage sont souvent absorbées par les gousses ou les graines des légumineuses stockées ; ce qui réduirait les taux de mortalités, ne serait-ce qu'au niveau des adultes. D'autres part, on connaît mal les quantités de substances pouvant être fixées par les graines et susceptibles d'être ingérées par les consommateurs (hommes, animaux...) ni leur toxicité. On ne peut donc se limiter à des bio-tests au laboratoire. Par conséquent, la confirmation de ces résultats en situation de stockage réel est indispensable ainsi que l'étude de l'innocuité de ces biocides sur les humains et les animaux pour mener à bien une lutte raisonnée contre ce ravageur. Des expériences complémentaires sont également nécessaires pour mieux préciser l'activité ovicide de l'huile essentielle de *S. occidentalis* et la relation entre la fécondité et la fertilité, et optimiser les doses appliquées des extraits et fractions d'extraits testés.

A l'issue des réactions de caractérisation faites *via* des techniques de coloration et de précipitation, il ressort de cette étude que les propriétés insecticide et/ou insectifuge de *C. procera* et de *S. occidentalis* seraient vraisemblablement liées à des composés présumés actifs tels que les alcaloïdes, les flavonoïdes, les tanins, les dérivés anthracéniques, les stérols, terpènes et saponines particulièrement solubles dans leurs différents extraits, fractions

d'extraits et huile essentielle. En effet, selon Bouchelta *et al.* (2005), les extraits de fruits de *Capsicum frutescens* contiennent essentiellement trois composés (alcaloïdes, flavonoïdes et saponines) qui révèlent des effets ovicide et adulticide remarquables sur *Bemisia tabaci*. De même, la toxicité des métabolites secondaires de *Cestrum parqui* L'hérit. (Solanaceae) sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk.) est mise en relation avec l'occurrence de saponines (Barbouche *et al.*, 2001). Les composés phénoliques (quinones, tannins et lignines) en plus de leurs incidences sur le comportement présentent un effet à large spectre, limitant la viabilité et le potentiel de reproduction des insectes (Streblor, 1989). Il serait donc intéressant de réaliser une étude économique des produits biocides de nos deux plantes très fréquentes au Sénégal, étant donné que leur utilisation peut représenter une solution alternative supplémentaire pour les populations locales dans la protection des récoltes d'arachide contre les attaques sévères de *C. serratus*, traitées habituellement avec les pesticides de synthèse.

En réalité toutes ces incidences, liées à l'effet des médiateurs chimiques d'origine alimentaire ou métabolique et agissant sur le comportement et la physiologie des insectes consommateurs sont souvent difficiles à isoler les unes des autres. Certaines espèces devenues spécialistes peuvent même utiliser les composés émanant de la plante comme signal lors de la recherche de substrat trophique ou du site de reproduction comme l'ont montré de nombreux travaux ; c'est ainsi que les composés soufrés caractéristiques du spectre volatil des Alliacées ou des Crucifères sont très toxiques pour de nombreuses espèces d'insectes (Seck *et al.*, 1993, 1996 ; Thibout & Auger, 1997). En revanche, ils sont utilisés comme signal par les femelles d'insectes permettant la localisation de la plante hôte sur laquelle sont déposés les œufs (Finch & Skinner, 1982). Il existe cependant de multiples exemples de plantes non exploitées (parce qu'elles contiennent des substances répulsives envers la femelle) alors qu'elles conviennent au développement larvaire des insectes (Bernays & Chapman, 1987) ou inversement de plantes toxiques dépourvues de substance répulsives (voir par exemple, Johnson *et al.*, 1996).

Même si les substances testées au cours de cette étude ont une activité insecticide intéressante, leur utilisation pose de nombreux problèmes qu'il est indispensable de résoudre avant de préconiser leur emploi systématique en protection des stocks. Il est évident qu'il faut poursuivre la séparation et l'identification des molécules agissantes pour rendre plus spécifiques leur activité insecticide. Il faut aussi prendre en compte l'ensemble de la chaîne trophique de *C. serratus* dont la singularité réside dans l'identité presque parfaite qui existe chez cette espèce entre spectre fondamental (l'ensemble des plantes sur lesquelles le

développement est supposé possible) et spectre réalisé. Ceci traduit une capacité particulièrement élevée des femelles de cette espèce à exploiter au mieux les ressources disponibles. C'est peut être la raison pour, laquelle, *C. serratus* est la seule espèce du genre *Caryedon* qui a pu s'attaquer à l'arachide.



# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **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). *J. of Orthoptera reserch.* **10** : 1043-1082.
2. **Adebayo T. A., Gbolade AA., 1994.** Protection of stored cowpea from *Callosobruchus maculatus* using plant product. *Insect. Sci. Application*, **15** (2), p. 185-189.
3. **Alitonou G., Avlessi F., Woote V. D., Ahoussi E., Dangou J., & D.C.K. Sohounhloué, 2003.** Composition chimique et activités biologiques des huiles essentielles de *Lantana camara* Linn et d' *Eucalyptus tereticornis* SM d'origine Beninoise. Réunion du comité d'édition du numéro commun, C.R. Acad. Sci.-J. Soc. Ouest-Afr. Chim., 176-184.
4. **Alonso E., Revilla E. & Estrella M.I., 1986.** Méthodologie pour l'étude des flavonols du vin, *Bulletin de Liaison Groupe Polyphénols*, **13** : 413-415.
5. **Al-Yahya. M.A., 1986.** Phytochemical studies of the plants used intraditional medicine of Saudi Arabia. *Fitoterapia*, 179-182.
6. **Alzouma I., 1995.** Connaissance et contrôle des coléoptères bruchidae ravageurs des légumineuses alimentaires au Sahel. Sahel Integrated Pest Management (I.P.M.)/Gestion phytosanitaire intégrée. *Revu Institut CILSS du Sahel*. N° 1, pp. 2-16.
7. **Anderson C.M., Hallberg A., & Hogberg T., 1996.** Advances in development of pharmaceutical antioxidants. *Adv. Drug. Res.* **28**, 65-180.
8. **Anonyme, 1982.** Caractéristiques des variétés d'arachides actuellement recommandées au Sénégal. Doc. Ronéo C.N.R.A. Bambey (I.S.R.A., Sénégal), 12 p.
9. **Anonyme., 1997.** Atelier de formation « Gestion d'une banque de gènes arachide » Icrisat, Niger, 14-20 décembre, pp.11-12.
10. **Anonyme, 2000.** Australian Plague Locust Commission, consultation 05/09/2000.
11. **Anonyme., 2001.** Atelier de formation-échange. CNERA de Bambey, Sénégal, 20-30 mars, pp 7-11.

12. **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.
13. **Arbonnier, 2002.** Arbres, Arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'ouest, CIRAD, 2ème édition, 160-165.
14. **Archier P., 1992.** Etude analytique et interprétation de la composition polyphénolique des produits de *vitis vinifera*. Thèse de doctorat ès sciences chimie organique ; Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille III-Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme. France.
15. **Ba, A., 1990.** La problématique de l'arachide au Sénégal .Arachide Infos **3** :8-11.
16. **Baldé H., 2005.** Etude de l'activité biocide des extraits éthers et méthanoliques d'*Azadirachta indica* Juss. sur *Caryedon serratus* (Ol.) ravageur des stocks d'arachide. Mémoire de Diplôme d'Ingénieur (IPR/IFRA). Agronomie, 43p.
17. **Barbosa P., Gross P. & Kemper J., 1991.** Influence of plant allelochemicals on tobacco hornworm and its parasitoid, *Cotesia congregata*. *Ecology* **72** (5), p. 1567-1575.
18. **Barbouche N., Hajjem B., Lognay G. & Ammar M., 2001.** Contribution à l'étude de l'activité biologique d'extrait de feuilles de *Cestrum parqui* L'Hérit. (Solanaceae) sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **5** (2), 85-90.
19. **Basha S. M. & Panchly S. K., 1986.** Modifications qualitatives et quantitatives de la composition des protéines de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) à la suite d'une infection des espèces d'*Aspergillus* différentes par leur production d'aflatoxine. *Journal of Agric. And food chemistry*, **34** (4) : 638-643.
20. **Bassène E., 2001.** Extraction et analyse en phytochimie. Document ronéo, pp.4-13.
21. **Bassène S., 1991.** Contribution à l'étude de la pharmacopée traditionnelle Diola. Ethnopharm. chez les Diolas Brin bandial. Th. Pharm. Dakar, n° **65**. p. 8-22.

- 22. Benkhaled A., 1984.** Contribution à la classification systématique des Caesalpinaceae du Sénégal. Thèse de Doct. Pharm. Univ. Dakar, n° 14.
- 23. Berhaut J. 1967.** Flore du Sénégal, 2<sup>ème</sup> édition *Clairafrique* Dakar, 485p.
- 24. Berhaut J., 1971.** Flore illustrée du Sénégal, Tome I, Dakar, 626p.
- 25. Berhaut J., 1975.** Flore illustrée du Sénégal (Tome IV). Dir. Eaux et Forêts de Dakar, pp 327-330.
- 26. Bernays E. & Chapman R., 1987.** The evolution of derrent responses in plant-feeding insects. *In : Perspectives in chemoreception and behavior* : R.F. Chapman, E.A. Bernays & J.G. Stoffolano (eds, New york : 159-173.
- 27. Bernays, E.A., Cooper Driver, G. & Bilgener, M., 1989.** Herbivores and plant tannins. *Advances in Ecological Research*, **19** : 263-302.
- 28. Biron D., Vincent C., Giroux M. & Maire A., 1996.** Lethal effects of microwave exposures on eggs and pupae of the cabbage maggot and cabbage plants. *J. Microwave Power & Electromagnetic Energy* **31**: 228- 237.
- 29. Bockelee-Morvan A., 1988.** Recherche agronomique sur l'arachide en Afrique. Défense des cultures et technologie *In* : Demarly Y. (eds), *Légumineuses à graines*. Communication présentée au séminaire organisé par la FIS, Madagascar, **22** (27) p.65-76.
- 30. Boiteau G., Vernon R., 2000.** Barrières physiques contre les insectes nuisibles. *In* Vincent C. Panneton B., Fleurat-Lessard F. La lutte physique en phytoprotection. INRA Editions, paris, 239-263.
- 31. Borges L. M. F., Ferri P. H., Silva W. J., Silva W. C., & Silva J.G., 2003.** In vitro efficacy of extracts of *Melia azedarach* against the tick *Boophilus microplus*. *Medical and Veterinary Entomology*, **17** : 228-231.
- 32. Bossokpi I.P.L., 2002.** Etude des activités biologiques de *Fagara xanthoxyloides* LAM (Rutaceae). Thèse de pharmacie, Bamako, 133 p.

- 33. Bouchelta A., Blenzar A., Beavogui AJP. & Lakhli T., 2003.** Etude de l'activité insecticide des extraits de *Capsicum frutescens* L. (Solanaceae) sur *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera : Aleyrodidae). *Rev. Med. Pharm. Afr.* **17**, p. 19-28.
- 34. Bouchelta A., Boughdad A. & Blenzar A., 2005.** Effets biocides des alcaloïdes, des saponines et des flavonoïdes extraits de *Capsicum frutescens* L. (Solanaceae) sur *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera : Aleyrodidae). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **9** (4), 259-269.
- 35. Camara M., 1997.** Recherche sur les nouvelles substances biocides végétales. Application au contrôle des bruches du niébé *Callosobuchus maculatu* F. et de l'arachide *Caryedon serratus*. Mémoire de diplôme d'ingénieur ENSA de Thiès, 63p.
- 36. Cancela Da Fonseca J. P., 1964.** Ovoposition and length of adult life in *Caryedon gonagra* (F.) (Coleoptera., Bruchidae). *Bull. Entomol. Res.*, **55** : 697-707.
- 37. Cardet C., 1996.** Etude de l'effet insecticide de substances naturelles contre trois *Caryedon* (Coléoptères, Bruchidae) ravageurs des semences de légumineuses ligneuses au Sénégal. *Mémoire de fin d'études D. A. A. Protection des plantes* ENSA Thiès, 30pp.
- 38. Carson R., 1962.** Printemps silencieux. Plon, Paris.
- 39. Castrejón F. J. M., Cruz-Vásquez C., Fernández- Ruvalcaba M. & Torres J. M., 2004.** Reppelent effect of *Melinis minutiflora* extract on *Boophilus microplus* tick larvae. *Vet Méx* **35**: 153-159.
- 40. Cavin A., 1999.** Investigations phytochimiques des trois plantes indonésiennes aux propriétés antioxydantes et antiradicalaires. *Tinospora crisp* (Menispermaceae), *Merremia emarginata* (Convolvulaceae) et *Orophea enneandra* (Annonaceae). Thèse, doctorat, Lausanne, 243 p.
- 41. Chevalier Aug., 1934.** Monographie de l'arachide. I. L'arachide en général. *Rev. Bot. Appl.*, **14** : 709-755.

42. **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), p. 1479-1484.
43. **CIRAD, 2000 :** La relance de l'arachide de bouche au Sénégal. [http : //www.cirad.fr/presentation/programmes/cult-alim.shtml](http://www.cirad.fr/presentation/programmes/cult-alim.shtml).
44. **Clouet J., 1875.** Sur les succédanés du café et en particulier sur le café nègre. *Bull. Soc. Industr. de Rouen*.
45. **Conway J. A., 1975.** Investigations into the origin, development and control of *Caryedon serratus* (Ol.), (Coleoptera : Bruchidae) attacking stored groundnut in the Gambia. *Proc. 1<sup>st</sup> Int. Work. Conf. Stored prod. Entomol.*, Savannah, Geogia, 554-556.
46. **Copping L.G., 2001.** *The Biopesticide Manual 2<sup>nd</sup> edition*. British Crop Protection Council, farnham.**Abott W.S., 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Ent.* **18** : 263-267.
47. **Coudriet LD., Prabhaker N., Meyerdik DE., 1985.** Sweetpotato whitefly (Homoptera : Aleyrodidae) : effects of neem seed extract on oviposition and immature stages. *Environ. Entomol.* **14** (6), p. 77-83.
48. **Cunningham D. C. & Walsh K. B., 2002.** Establishment of the peanut bruchid (*Caryedon serratus*) in Australia and two new host species, *Cassia brewsteri* and *C. Tomentella*. *Australian journal of Experimental*, **42**, pp 57-63.
49. **Dajoz R. (1969).** *Les insecticides*, Presses universitaire de France, Paris.
50. **De Luca Y., 1979.** Ingrédients naturels de la prévention des graines stockées dans les pays en voie de développement. *Journal Agri. Trad et Bota. Appl.*, **26** (1) : 29-52.
51. **De Souza AP., Vandramin JD., 2000.** Efeito de axtratos aquosos de Meliaceas sobre *Bemisia tabaci* biotipo B em tomateiro. *Bragantia* **59** (2), p. 173-179.
52. **DeBach P., 1974.** *Biological Control by natural enemies*. Cambridge University Press, Cambridge.

- 53. Decelle J., 1966.** *Bruchus serratus* Ol., 1790, espèce-type du genre *Caryedon* Schönherr. 1823. *Rev.Zool. Bot Afr.*, **74** (1,2) : 169-173.
- 54. Decelle J., 1987.** Les coléoptères Bruchidae nuisibles aux légumineuses alimentaires cultivées dans la région afrotropicale. In '*Les légumineuses alimentaires en Afrique*'. Ed. Aupelf, 188-200.
- 55. Delobel A., 1989a.** Influence des gousses d'arachides (*Arachis hypogaea*) et de l'alimentation imaginale sur l'ovgénèse, l'accouplement et ponte chez la bruche *Caryedon serratus*. *Entomologia Experiment. & Applicata*, **52** : 281-289.
- 56. Delobel A., 1989b.** *Uscana caryedoni* (Hym. Trichogrammatidae) : possibilités d'utilisation en lutte biologique contre la bruche de l'arachide *Caryedon serratus* (Col. Bruchidae). *Entomophaga*, **34** : 351-363.
- 57. Delobel A., 1992.** La bruche de l'arachide : un exemple contemporain de déplacement du spectre alimentaire. Rapport pour l'Antenne ORSTOM/Museum National d'histoire Naturelle, 14p.
- 58. Delobel A., 1995.** The shift of *Caryedon serratus* (Ol.) from wild Caesal piniceae to groundnuts took place in west Africa (Coleoptera : Bruchidae). *J. Stored Prod res.*, **31** : 101-102.
- 59. Delobel A., Delobel H., Tran M., Sembène M. & Han S.H., 1995.** Observations sur les relations trophiques entre les bruches du genre *Caryedon* (Coléoptères, Bruchidae) et leurs plantes hôtes sauvages au Sénégal. *Bulletin Inst. fond. Afr. noire Cheikh Anta Diop, Sér. A*, **48** :79-88.
- 60. Delobel A., Sembène M., Fédière G., & D. Roguiet, 2003.** Identity of the groundnut and tamarind seed-beetles (Coleoptera : Bruchidae : Pachymerinae), with the restoration of *Caryedon gonagra* (F.). *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, **39** (3), 197-207.
- 61. Delobel A. & Tran M., 1993.** Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. CTA et ORSTOM, 424 p.
- 62. Deshpande, S.S., Cheryan, M. & Salunkhe, D.K., 1986.** Tannin analysis of food products. CRC. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, pp. 401-449.

- 63. Dhadialla T.S., Carlson G.R., Le D.P., 1998.** New insecticides with ecdysteroidal and juvenile hormone activity. *Annu Rev Entomol*, **43** : 545-569.
- 64. Dieng A., 1993.** Contribution à l'étude de l'activité anti-inflammatoire du *Calotropis procera* Ait. (Asclépiadaceae). Th. Doc. d'Etat en Pharm. Dakar, n° **51**. 103p.
- 65. Dièye A. M. 1990.** Contribution a l'étude de l'activité antitussive du *Calotropis procera* : Thèse Pharmacie, UCAD, n° **41**, 86p.
- 66. Dieye A. M, Tidjani M.A, Diouf A, Bassene E, Faye B., 1993.** Pharmacopée sénégalaise : étude de la toxicité aiguë et de l'activité antitussive de *Calotropis procera* Ait. (Asclepediaceae). *Dakar médical* ; 69-72.
- 67. Djan-Caporalino C., Bougy G. & Cayrol J.-C., 2002.** Plantes nématicides et plantes résistantes aux nematodes In Regnault-Roger C., Philogène B.J.R., Vincent C., *Biopesticides d'origine végétale*. Lavoisier Tec & Doc. Paris, 187-242.
- 68. Ekesi S., Egwurube E.A., Akpa A.D. & Onu I., 2001.** Laboratory evaluation of entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* for the control of the groundnut bruchid, *Caryedon serratus* on groundnut. *Journal of Stored Products Research* **37**, 313-321.
- 69. El Allagui N., Bourijate M., Tahrouch S. & Hatini A., 2006.** Effet de cinq extraits végétaux sur *Meloidogyne spp* de la tomate. Biochimie, Substances Naturelles et Environnement. *Congré Internationale de Biochimie. Agadir*, 09-12 mai 2006.
- 70. El Atta H. A. & Ahmed A., 2002.** Comparative effects of some botanicals for the control of the seed weevil *Caryedon serratus* Oliver (Col., Bruchidae). *J. Appl. Ent.* **126** : 577-582.
- 71. El-Lakwah F., Khaled OM., Kattab MM. & Abdel Rahman TA., 1997.** Effectiveness of some plant extracts and powders against the lesser grain borer *Ryzopertha dominica* (F.). *Ann. Agric. Sci.* **35** (1), p. 567-578.
- 72. El-Nahal A.K.M., Schmidt G.H., Risha E.M., 1994.** Vapours of *Acorus calamus* oil. A space treatment for stored-product insects. *Pak. J. Entomol., Karachi* **9** (1) 21.
- 73. FAO, 2003** : [http://www. Museum\\_agropolis.fr/pages/savoirs/arachide](http://www.Museum_agropolis.fr/pages/savoirs/arachide).



- 74. FAO/PAM, 2002.** Système mondial d'information et d'alerte rapide sur l'alimentation et l'agriculture de la FAO Programme Alimentaire Mondial. Rapport spécial : Mission d'évaluation des récoltes et des approvisionnements alimentaires au Sénégal : 1-15 p
- 75. Ferron P., 1983.** Lutte biologique : fiction ou realite. *Argonaute (l')* **1**, 22-25 p.
- 76. Ferron P., 1999.** Lutte biologique : définition, concept et stratégie. In Fraval A. et Silvy C. (dir.), la lutte biologique II. *Dossiers de l'environnement de l'INRA Paris*, **19** : 7-17 p.
- 77. Finch S. & G. Skinner, 1982.** Trapping cabbage rootflies in traps baited with plant extracts and with natural and synthetic isothiocyanates. *Entomol. Experimentalis and applicata*, **31** : 133-139.
- 78. Firn R., 2003.** Strategies for the control of Pest and Deseases. M.730 lecture 4, University of York, <http://www.users.york.ac.uk/>.
- 79. Fortin D., Lo M., Maynard G., 1990.** Plantes médicinales du Sahel. CECI/ENDA
- 80. Freud, C., Freud, E.H., Richard, J. et Thevenin, P., 1997 :** La crise de l'arachide au Sénégal : un bilan-diagnostic (CIRAD), pp : 1-4.
- 81. Friendship R., 1974.** A preliminary investigation of field and secco infestation of gambian groundnut by *Caryedon serratus* (Ol.) *Trop. Prod. Inst.*, **38** : 1-14.
- 82. G.R.I.P.T., 2001.** Groupe de recherche et d'information sur la pharmacopée et l'environnement Tropical. Association Loi 1901: *Revue de Médecines et Pharmacopées Africaines*, Volume 15.
- 83. Gain B. S., Budhiraja R. D. & Kaul R. N., 1960.** Antibiotic activity of *Cassia occidentalis* L. *Indian. J. Pharm.*, **28** : 248-250 p.
- 84. Gajmer T., Singh R., Saini R.K., & S.B. Kalidhar, 2002.** Effect of methanolic extracts of neem (*Azadirachta indica* A.Juss) and bakain (*Melia azedarach* L.) seeds on oviposition and egg hatching of *Earias vittella* (Fab) (Lep., Noctuidae). *J. Appl. Ent.*, **126** : 238-243.

- 85. Gakura S., & Foua-Bi K., 1996.** Effet d'extraits de plantes sur la bruche du niébé (*Callosobruchus maculatus* Fab.) et le charançon du riz (*Sitophilus oryzae*). Aupelf-Uref. *Cahiers Agriculture* **5** (1), 39-42.
- 86. Gauthier, N., 1996.** Etude d'un ectoparasitoïde solitaire *Dinarmus basalis* (Rond.) Hyménoptère : Pteromalidae) en situation de compétition intra- et interspécifique : activité reproductrice et réponses comportementales. Thèse de doctorat de l'Université de Tour.
- 87. Gauvrit C. & Cabanne F., 2002.** Huiles et monoterpènes en formulation phytosanitaire *In* Regnault-Roger C, Philogène B.J.R., Vincent C., *Biopesticides d'origine végétale*. Lavoisier Tec & Doc, Paris, 285-300.
- 88. Gaye, M., 1994.** Le retour des opérateurs privés dans la collecte des arachides : situation après cinq années de réhabilitation des traitants. ISRA; Dakar, Études et Documents; Vol. **5** N°1.
- 89. Gaye, M., 1997.** Le phénomène du marché informel : le cas du Sénégal. *Ar. infos* **7** : 2-8.
- 90. George V., Patel J. R., 1992.** Mint, *Mentha spicata*- a promising botanical protectant for green gram against pulse beetle, *Callosobruchus analis* F. *Indian Journal of Plant Protection*, **20** : 66-69.
- 91. Ghesquier-Everaert, 1981 ;** Contribution à l'étude des espèces sénégalaises du genre *Cassia* : cadre écologique, étude botanique, intérêt et classification. Th. Pharm. Dakar. n° 65.
- 92. Gillier P. & Bockelee-Morvan A., 1979.** La protection des stocks d'arachide contre les insectes. *Oléagineux*, **34** (3) : 131-136 p.
- 93. Gillier, P. & Silvestre, P., 1969 :** L'arachide. Collection *Techniques agricoles et tropicales*. Ed. G.-P Maisonneuve & Larose, 292 pp.
- 94. Gomez S., Cubillo D., Mora GA., Hilje L., 1997.** Evaluacion de posibles repelentes de *Bemisia tabaci*. II. Extractos vegetales. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) **29**, p. 17-25.

- 95. Gueye M., 1994.** Approche Modélisée pour l'évolution de la campagne arachidière dans le bassin arachidier : Le model ARABHY. *Mémoire de diplôme d'ingénieur ENSA de Thiès*, 59 p.
- 96. Guéye S., 2004.** Effets ovicide et adulticide des extraits de d'*Azadirachta indica* Juss. et de *Lantana camara* L. sur *Caryedon serratus* (Ol.), ravageur des stocks d'arachides. Mémoire de DEA de Chimie et Biochimie de Produits Naturels, Dakar, 53 p.
- 97. Hamraoui A. & Regnault-Roger C., 1997.** Comparaison des activités insecticides des monoterpènes sur deux espèces d'insectes ravageurs des cultures *Ceratitidis capitata* *Rhopalosiphum padi*. *Acta Bot Gallica*, **144** : 413-417.
- 98. Hans-Dieter Neuwinger, 1990.** Poisons and Drugs: Chemistry-Pharmacology-Toxicology. *African Ethnobotany*, 2ème Edition, 224-235.
- 99. Harborne J. B., 1973.** Phytochemical methods. *Chapman and Hall ; London ; pp. 52-79*.
- 100. Harborne, J.B., 1982.** Introduction to Ecological biochemistry. *Academic Press*, London.
- 101. Harborne J.B., 1988.** *Introduction to Ecological Biochemistry*. Academic Press, London.
- 102. Heckel E. & Schlagenhauffen F., 1887.** Sur les m'bantamaré ou fedegosa (*Cassia occidentalis*) Arch. Med. Navale, pp. 241-257.
- 103. Horng S.B., 1994.** What is the oviposition decision rule by bean weevil, *Callosobruchus maculatus*? *Zoological Studies*. **33**, 278–286.
- 104. Huignard J., Dugravot S., Ketoh K. G., Thibout E. & A. I. Glitho., 2002.** Utilisation de composés secondaires des végétaux pour la protection des graines d'une légumineuse, le niébé. Conséquences sur les insectes ravageurs et leur parasitoïdes. In « *Biopesticides d'origine végétale* ». Lavoisier Tec & Doc, Paris, 285-300.
- 105. Idrissi-Hassani L.M., Ouled Ahmedou M.L., Chihrane J. & Bouaichi A., 1998.** Effet d'une alimentation en *P. harmala* sur la survie et le développement ovarien du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forskal (Orthoptera, Acrididae). *J. Ethnopharmacologia.*, **23** : 26-41.

- 106. Jonhson C. D. & Kister R. A., 1987.** Nutritional ecology of Bruchidae beetles. Off prints from nutritional ecology of insects, mites and spiders. Ed. Dr Frand Slandsky Jr and Dr. J. Rodriguez; pp. 259-282.
- 107. Jonhson C. D. & Slobodchikoff C.D., 1979.** Coevolution of (Leguminosae) and its seed beetle predators (Bruchidae). *Environ. Entomol.*, **8** (6) : 1059-1064.
- 108. Jonhson K. S., Scriber J. M. & Nair M., 1996.** Phenyprotenoid phenolics in sweetbay *Magnolia* as dertminants of host use in Saturniid silkmoths (*Callosamia*). *Journal of Chimical Ecology*, **22** : 1955-1969.
- 109. Jourdheuil P., Grison P. Fraval A., 1991.** La lutte biologique : un aperçu historique. *Le courrier de la cellule environnement* de l'INRA, **15** : 37-60.
- 110. Kao F., 1990.** Evaluation et évolution des pertes sur gousses, dues aux principaux ravageurs de l'arachide du champ aux stocks. Mém. d'Ingénieur Agronome ENSA de Thiès, 48p.
- 111. Kerharo J., 1974.** La pharmacopée sénégalaise traditionnelle. *Plantes médicinales et toxiques*. Ed. Vigot Frères, Paris, 406 p.
- 112. Ketoh K. G., Glitoh I. A., Koumaglo H.K & Garneau F. X., 2000.** Evaluation of essential oils fromis armotic plants in Togo for *Callosobruchus maculatus* Fab. *Pest control. Insect Sci. Applic.* **20** (1), 45-49.
- 113. Ketoh G. K., Koumaglo H. K. & Glitho I. A., 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.
- 114. Kiendrebeogo M., Ouedraogo A. P. & Nacoulma O. G., 2006.** Activités insecticides de *Striga hermonthica* (Del.) Benth (Scrophulariaceae) sur *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera : Bruchidae). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **10** (1), 17-23.

- 115. Kim, D.H. & Ahn, Y.J., 2001.** Contact and fumigant activities of constituents of *Foeniculum vulgare* fruit against three coleopteran stored-product insects. *Pest Management Science* **57**, 301–306.
- 116. Kim H.L., Camp B. J. & Grigs By R.D., 1971.** Isolation of N-Methyl morphine from the seed of *Cassia occidentalis* L. (coffea *Senna*). *J. Agric. Chem.* , 19 : 198-199.
- 117. Kingsolver J. M., 1992.** *Caryedon serratus* (Olivier) new continental United states (Coleoptera : Bruchidae). *Insecta Mundi*, **6** (1), 22p.
- 118. Konstantopoulou I., Vassipoulou L., Mauragani-Tsipidov P. & Scouras Z.G., 1992.** Insecticidal effects of essential oils. A study of the effects of essential oils extracted from eleven Greek aromatic plants on *Drosophila auraria*. *Experientia* **48** : 616-619.
- 119. Koyabay S., 1988.** Etudes des problèmes biologiques liés au stockage villageois des arachides. Mém. Inst. Sup. Dévelop. Rural, Mbaiki (RCA), 76 p.
- 120. Lacey J., Hill S. T. 1 Edwards M. A., 1980.** Micro-organismes in stored grains. Their enumeration and significance. *Trop. Stored Prod. Inform.*, **39**, 19-33.
- 121. Larew HG., Lock JC., 1990.** Repellency and toxicity of horticultural oil against whitefly on Chrysanthemum. *HortScience* **25** (11), p. 1406-1407.
- 122. Lavergne R. & Vera R., 1989.** Méd. trad. et pharm. Etude des plantes utilisées dans la pharmacopée trad. à la Réunion. ACCT, Paris, p. 75.
- 123. Mabberly D. J., 1993.** The Plant-Book. A portable dictionary of the higher plants. Cambridge university Press, 707 p.
- 124. Mahgoud S. M., 1992.** Neem seed extracts and powders as grain protectants to cowpea seeds against the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* Fab. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, **70** : 487-496.
- 125. Mahgoud S. M., 1995.** Effect of neem leaf extracts and powders against the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera, Bruchidae). *Egyptian journal of agricultural Research*, **73** : 1001-1007.

- 126. Mahgoud S. M., 1995.** Effet of neem leaf extracts and powders as again protectants to cowpea seeds againts the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* Fab. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, **70** : 1001-1007.
- 127. Masquelier J., 1992.** La vigne, plante medicinale Naissance et essor d'une therapeutique. *Bulletin de l'O.I.V.* 733-734, 177-196.
- 128. Matokot L., Mapangou-Divassa S., & A. Delobel, 1987.** Evolution des populations de *Caryedon serratus* (Ol.) dans les stocks d'arachide au Congo. *Agron. Trop.* **42** (1) : 69-74 p.
- 129. Mayeux. A. B. N., 2001.** Projet Germplas Arachide/Groundunt Gerplam Projet. ICRISAT- CIRAD-ISRA 43 p.
- 130. Mazibur M. R. & Gerhard H. S., 1999.** Effect of *Acorus calamus* (L.) (Araceae) essential oil vapours from various origins on *Callosobruchus phaseoli* (Gyllenhal) (Coleoptera : Bruchidae). *Journal of Stored Products Research.* **35** (3), 285-295.
- 131. Messina F.J., 1989.** Genetic basis of variable oviposition behavior in *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). *Annals of the Entomological Society of America.* **82**, 792-796.
- 132. Muzerki S. & Ramdas Menon M. G., 1957.** The taxonomic position of *Caryedon fuscus* (Goeze), *C. gonager* (Fabricius) and *C. languidus* (Gyllenhal) (Coloptera, Bruchidae) based on the genitalia. *Proc. R. Ent. Soc. Lond.*, **4** : 103-106.
- 133. Nacoulma née Ouédraogo G. O., 1996.** Plantes médicinales et pratiques médicinales traditionnelles au Burkina Faso. Cas du plateau central. Thèse de doctorat ès sciences naturelles. FA.S.T Ouagadougou. Tome I, 320 p. et Tome II, 261 p.
- 134. Nardo E. A. D., De Costa A. S., Lorencao A. L. (1997).** *Melia azadarach* extracts as an antifeedent to *Bemisia tabaci* ( homoptera :Aleyrodidae). *Florida Entomol.* **80** (1), p. 92-94.
- 135. Ndiaye A., 1981.** Contribution à l'étude de la biologie de la bruche de l'arachide (*Caryedon serratus* Ol.) ; effets des rayons X sur la femelle. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, Uni. Paris Sud, Orsay, n°29, 71p.

- 136. Ndiaye S., 1991.** La bruche de l'arachide dans un agrosystème du centre Ouest du Sénégal : Contribution à l'étude de la contamination en plein champ et dans les stocks de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) par *Caryedon serratus* (Ol.) (Coleoptère, Bruchidae) ; Rôle des légumineuses sauvages dans le cycle de cette bruche. Thèse Université de Pau et des pays de l'Adour, 96 p.
- 137. Nishimura, K., 1993.** Oviposition strategy of parasitic wasp *Dinarmus basalis* (Hymenoptera : Pteromalidae). *Evolutionary Ecology*, **7**, 199-206.
- 138. Nogueira Prista L., Correia Alves A. & Fatima Correia, 1959.** *Cassia occidentalis* L. Estudios dos sens compostos anthranocos. *Garcia de Orta, Lisboa*, **7** (4), pp. 752-772.
- 139. NRC, 2000.** The future role of pesticides in US agriculture. Committee on future role of pesticides in US agriculture. National Research Council, *National Academy Press*, Washington, D.C.
- 140. Nwanze K., Horber E. & Pitts C., 1975.** Evidence of oviposition preference of *Callosobruchus maculatus* for cowpea varieties. *Environ. Entomol.* **4**, 409-412.
- 141. Obeng-Ofuri D. & Reichmuth C. H., 1997.** Bioactivity of eugol, a major component of *Ocimum suave* (Wild.) against four species of stored-product Coleoptera. *Int. J. Pes. Manag.* **43**, 89-94.
- 142. Olivier A. G., 1790.** Encyclopédie méthodique. Histoire naturelle. Baudonia, Paris. *Insectes*, **5** : 195-202.
- 143. Pajni H. R. & B. K. Mann., 1979.** Some aspects of the biology of *Caryedon serratus* (Ol.). *Bull. Grain technol.*, **17**: 43-47.
- 144. Pandey N. K. & Singh S. C., 1995.** Effet of neem leaf powder on survival and mortality of pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* (L.) infesting black gram. *Uttar Pradesh Journal of Zoology*, **15** : 162-164.
- 145. Panneton, B., Vincent C. et Fleurat-Lessard F. (2000)a.** Place de la lutte physique en phytoprotection, pp. 1-25 in C. Vincent, B. Panneton et F. Fleurat-Lessard (Eds.) La lutte physique en phytoprotection, INRA Editions, Paris, 347 p.

- 146. Parvais M. P., 2000.** Etude ethnobotanique de plantes utilisées pour le traitement de la drépanocytose au Burkina Faso. Mém. Pharm. Bruxelles 73p.
- 147. Pharmacopée française, 1985.** 8<sup>e</sup> édition. Ministère de la Santé publique et de la population, Paris.
- 148. Philogène B. J. R., 1991.** L'utilisation des produits naturels dans la lutte contre les insectes : Problèmes et perspectives. *Ed. Aupelf\_ Uref, John Libbey Eurotext, Paris :* 269-276.
- 149. Pointel J. G. & Yaciuk G., 1979.** Infestation par *Caryedon serratus* (F.) de stocks expérimentaux d'arachides en coque au Sénégal et température observées. *Z. angew. Zool.* **66** : 185-198.
- 150. Pollet A., 1982.** Les insectes ravageurs des légumineuses à graines cultivées en Côte d'Ivoire (Soja, niébé, arachide). Premiers éléments de caractérisation pour les régions centrales. Doc. ronéo ORSTOM, Bouaké 83p.
- 151. Prevett P. F., 1965.** The genus *Caryedon* in Northern Nigeria, with descriptions of six new species. *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, **1** (3) : 523-547.
- 152. Prevett P. F., 1966b.** Observations on biology in the genus *Caryedon* Schoenherr in Northern Nigeria, with a list of associated parasitic Hymenoptera. *Proc. Res. Entomol. Soc. London*, **41** : 9-16.
- 153. Prevett P. F., 1967.** The field occurrence of *Caryedon serratus* (Ol.), the groundnut seed beetle, in Uganda. *J. Stored Prod. Res.* **30** : 267-268.
- 154. Raja N., Albert S., Ignacimuthu S. & Dorn S., 2001.** Effet of plant volatile oils in protecting stored cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walpers against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae) infestation. *J. Stored Prod. Res.* **37**, 127-132.
- 155. Ramlaoui N. M., 1983.** Activités protéasiques des latex de quelques phanérogames tropicales. Etude préliminaire de *Calotropis procera* Ait. Mémoire de DEA, UCAD.
- 156. Rapport National du Sénégal., 2003.** Rencontre régionale sur le suivi de la situation agricole et alimentaire au Sahel au titre de la campagne 2002/2003, 1-15 p.



- 157. Regnault-Roger C., 1997.** The potential of botanical essential oils for insect pest control. *Integr Pest manage Rev.*, **2**: 1-10.
- 158. Regnault-Roger C. & Caupin H.-J., 1994.** Compositions insecticides à base d'undécylénate de methyl, Brevet FR 94.07237 du 14.06.94.
- 159. Regnault-Roger C. & Hamraoui A., 1994a.** reproductive inhibition of *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera), bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by aromatic essential oils. *Crop Prot*, **13** : 624-628.
- 160. Regnault-Roger C. & Hamraoui A., 1994b.** Antifeedant effect of essential oils from Mediterranean plant essential oils upon *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera), bruchid of kidney bean, *Phaseolus vulgaris* L. In Highley E., Wright E.J., Banks H.J., Champ B.R., *Stored Product Protection* (volume 2), CAB International, Wallingford (U.K.), 837.
- 161. Regnault-Roger C. & Hamraoui A., 1995.** Fumigant toxic activity and reproductive induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say), a bruchid of kidney bean, *Phaseolus vulgaris* (L.). *J. Stored Prod. Res.* **38**, 129-138.
- 162. Regnault-Roger C., Hamraoui A., Holman M., Théron E. & Pinel R., 1993.** Insecticidal effects of essential oils from mediterranean plants upon *A. obtectus* Say (Coleoptera, Bruchidae), a pest of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Chem. Ecol*, **19** : 1231-1242.
- 163. Regnault-Roger C., Ribodeau M., Hamraoui A., Bateau I., Blanchard P., Gil M.I. & Tomas Barberan F., 2004.** Disturbance of *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera : Bruchidae) behavior by polyphenolic compounds identified in insecticidal Labiatae botanicals. *J. Stored Prod Res*, **40** : 395-408.
- 164. Riba G., Marcandier S., Richard G. & Larget I., 1983.** Sensibilité de la pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*) [Lep.: Pyralidae] aux hyphomycetes entomopathogenes. *BioControl*, **28** (1) 55-64.
- 165. Rice W.C. & Cogburn R. R., 1999.** Activity of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina : Hyphomycetes) against 3 coleopteran pests of stored grain. *Journal of Economic Entomology* **92**, 691-694.

- 166. Robert P., 1984.** Contribution à l'étude de l'écologie de la bruche de l'arachide : *Caryedon serratus* Ol. (Coléoptère, Bruchidae), sur ses différentes plantes hôtes. *Thèse Doctorat Spécialité*, Université François Rebelais de Tours, 123 p.
- 167. Roubaud E., 1916.** Les insectes et la dégénérescence des arachides au Sénégal. *Mém. Comité Etudes. A Hist. Scient.O.F*, 363-438.
- 168. Rouzière, A., Sarr, E., et Ba, A., 1997 :** Extraction artisanale d'huile d'arachide au Sénégal : visite d'un atelier de fabrication. *Arachide infos* 7 : 2-8.
- 169. Samba N. A. S., Gaye A., Fall S. T., Diouf M. & Diallo I., 2003.** Le baobab: Nouvelle plante maraîchère du Sahel. *Fiche technique*.
- 170. Samy R.P. & Ignacimuthus S., 1999.** Antibacterial activity of some folklore medicinal plants used by tribals in Western Ghats of India. *Journal of ethnopharmacol*, **66**, 355-361.
- 171. Sanchis V., Chaufaux J. & Lereclus D., 1999.** Amélioration biothenologique de *Bacillus thuringiensis* : les enjeux et risques. *Les dossiers de l'environnement de l'INRA*, **19** : 71-86.
- 172. Sanon A., Garba M., Auger J. & Hignard J., 2002.** Analysis of insecticidal activity of methylisothiocyanate on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae) and its parasitoid *Dinarmus basilis* (Rondani) (Hymenoptera : Pteromalidae). *J. Stored Prod. Res.* **38**, 129-138.
- 173. Saxena R. C., 1989.** Insecticides from neem. In "insecticides of plant origin". *Ed. J.T. Arnasson, B.J.R. Philogène, P. Morand, American Chemical Society, Washington*, 150-163.
- 174. Schilling, R., 2001 :** Données agronomiques de base sur la culture arachidière. *Oléagineux Corps gras Lipides* **8** (3) : 230-236.
- 175. Schilling, R., 2002.** Le marché de l'arachide: perspectives générales. *Projet Germplasm Arachide. Bulletin d'information*, 24 pp.
- 176. Schilling R., 2003.** L'arachide : Situation et perspectives. *Résumé de la conférence donnée à Agrooolis Museum, Mars 2003*.

- 177. Schilling R. & P. Dimanche, P. Crambade, J. Gautreau., 1996.** L'arachide en Afrique tropicale. Maison- neuve & Larose, CTA, pp 31-35.
- 178. Schmidt G.H., Risha E.M., El-Nahal A.K.M., 1991.** Reduction of progeny of some stored-products Coleoptera by vapours of *Acorus calamus* oil. *J. Stored Prod. Res.* **27** (2), 121-127.
- 179. Seck D., 1994.** Développement des méthodes alternatives de contrôle des principaux insectes ravageurs des denrées emmagasinés au Sénégal par l'utilisation des plantes indigènes. Thèse de Doctorat, Fac. des Sciences Agron. de Gembloux, 192 p.
- 180. Seck D. & Gaspar C., 1992.** Efficacité des stocks de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) walp) en fûts métalliques hermétiques comme méthode alternative de contrôle de *Callosobruchus maculatus* (Fab.) Coléoptère bruchidae) en Afrique sahélienne. International Symposium on Crop Protection. Med. Fac. Landbonw ; *Univ. Gent.* **57** : 751-758.
- 181. Seck D., Sidibe B., Haubruge E. & Gaspar C., 1991.** La protection des stocks de niébé (*Vigna unguiculata* L.) en milieu rural : utilisation des différentes formulations à base de neem (*Azadirachta indica* a. Juss.) provenant du Sénégal. Medlingen an der faculteit Landbouwkundige Universitiet gent, pp. 1217-1224.
- 182. Seck D., Lognay G, Haubruge E., Marlier M., Wathelet J. P., Gaspar C. & Severin M., 1993.** Recherches sur les plantes insecticides du Sénégal. Identification des principes actifs. *RES-UREF*, Brazaville (Congo), pp 15-39.
- 183. Seck D., Lognay G, Haubruge E., Marlier M., Wathelet J. P., Gaspar C. & Severin M., 1993.** Biological activity of the shrub *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. Ex Poir. (Capparaceae) on stored grain insects. *J. Chem. Ecology*, **19**, (2), 377-390.
- 184. Seck D., Lognay G., Hanbrudge E., Marlier M. & C. Gaspar, 1996.** Alternative protection of cowpea seeds against *Callosobruchus maculatus* using hermetic storage alone or in combination with *Boscia senegalensis*. *J. Stored Product Res.*, **32**: 39-44.

- 185. Seck F. J., 1991.** Contribution à l'étude de l'activité antidiabétique d'une plante de la pharmacopée traditionnelle sénégalaise : *Cassia occidentalis* L., Caesalpinaceae. Thèse Doct. Pharm. ; Univ. Dakar, n°25, 104p.
- 186. Sembène M., 1997.** Modalités d'infestation de l'arachide par la bruche *Caryedon serratus* (Olivier) en zone soudano-sahélienne : identification morphométrique et génétique de populations sauvages et adaptées. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, Université de Dakar, 128 p.
- 187. Sembène M., 2000.** Variabilité de l'espaceur interne transcrit (ITS1) de l'ADN ribosomique et polymorphisme des locus microsatellites chez la bruche *Caryedon serratus* (Olivier) : Différenciation en race d'hôtes et infestation de l'arachide au Sénégal. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Dakar, 128 p.
- 188. Sembène M. & Delobel A., 1996.** Identification morphométrique de populations soudano-sahéliennes de bruche de l'arachide, *Caryedon serratus* (Olivier) (Coleoptera, Bruchidae). *Journal of African Zoology*, **110** : 357-366.
- 189. Sembène M. & Delobel A., 1998.** Genetic differentiation of groundnut seed-beetle population in Senegal. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **87** : 171-180.
- 190. Sembène M., & Delobel A., 2004.** Mythe ou réalité ? Le « principe de Hopkins » dans le cas de la Bruche de l'arachide *Caryedon serratus* (Coleoptera, Bruchidae). *Bulletin de la Société entomologie de France*, **109** (1), 61-66.
- 191. Seri-Kouassi B. P., Kanko C., Aboua L. R. N., Bekon K. A., Glitho A. I., Koukoua G., N'Guessan Y. T., 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.
- 192. Singh S. R. et Jackai L. E. N., 1985.** Insect pests of cowpeas in Africa : their life cycle, economic importance and potential for control. *In Cowpea Research Production and Utilization*. John Wiley and Sons, New York. pp. 217-231.
- 193. Southgate B. J., 1983** : Manuel de lutte contre les insectes parasites d'acacias. FAO, Rome, 34pp.

- 194. Southgate B. J. & Pope R. D., 1957.** The groundnut seed beetle, a study of its identity and taxonomic position. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, **12** : 669-672.
- 195. Strebler G., 1989.** *Les médiateurs chimiques*. Lavoisier Tec & Doc, Paris
- 196. Sukprakarn C. & Taughtong P., 1981.** Stored product insect research in Thaïlande. *Biotrop Sec. Publ.*, **9** : 77- 86 p.
- 197. Swain, T., 1979.** Tannins and lignins, *In* (G.A. Rosenthal and D.H. Janzen, eds.) *Herbivores*. Academic Press, New York, pp.657-682.
- 198. Tang D., Wang C., Luo L. & Qin J., 2000.** Comparative study on the responses of maxillary sensilla styloconica of cotton bollworm *Helicoverpa armigera* and oriental tobacco budworm *H. assulta* larvae to phytochemicals. *Science China (Series C)* **43** (6), p. 606-612.
- 199. Tapondjou L.A., Adler C., Hamilton B. & Fontem D.A., 2003.** Bioefficacité des poudres et des huiles essentielles de feuilles *Chenopodium ambrosioides* *Eucalyptus saligna* à l'égard de la bruche du nièbé, *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera, Bruchidae). *Cahiers d'études et de recherché francophones!Agricultures*, **12** : 401-407.
- 200. Thibout E. & J. Auger, 1997.** Composés soufrés des *Allium* et lutte contre les insectes. *Acta Botanica Gallica*, **144** : 419-426.
- 201. Tilna Ingsala P., 1991.** A propos de 54 plantes du « Jardin des plantes utiles (J.P.U) » de la faculté de Médecine et Pharmacie : caractère botanique remarquable ; utilisation alimentaire, utilisation médicales, utilisation ornementales, divers. Thèse de Doct. Pharm., Univ. Dakar, n°7, 107 pages.
- 202. Trematerra & Sciarretta, 2002.** Activity of chilli, *Capsicum annum* L. var. *acuminatum*, on stored product insects *Oryaephilus surinamensis* (L.), *Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst). *IOBC!wprs Bull.* **25** (3), p. 177-182.
- 203. Valerie H. & Gimeno F. N., 1952.** Investigation peliminaires fitiquimicas, toxicologicos de la Semilla de *Cassia occidentalis* (Brusca). *Rev. Med. Vet. y para*, **11** (3-4), pp 121-155.

- 204. Vincent, C., & Coderre D., 1992.** La lutte biologique. Gaëtan Morin Editeur (Montréal) et Lavoisier Tech Doc (Paris), 671 p.
- 205. Vincent C. & Panneton B., 2001.** Les méthodes de lutte physique comme alternatives aux pesticides. *Revue en sciences de l'environnement*, **2** (2) : 1-6.
- 206. Ware G.W., 1999.** *An introduction to insecticides*, Radcliffe national IPM textbook, <http://ipm-worl.umn.edu/chapters/ware.html>.
- 207. Weaver D.K. Dubkel F.V., Netzububanza L., Jackson L.L. & Stock D.T., 1991.** The efficacy of linalool, a major component of freshly milled *Ocimum canum* Sim (Lamiaceae) for protection against post-harvest damage by certain stored Coleoptera, *J. Stored Prod. Res.*, **27** : 213-270.
- 208. Weinzierl R. 1998.** Botanicals insecticides, soaps and oils. In Rechcigl J.E. Rechcigl N.A., *Biological, biotechnological control of insect pest*. Lewis Publ., Boca Raton, Florida, 101-121.
- 209. Williams C.M., 1967.** Third generation insecticides. *Sci Amer* **217** : 13-17.
- 210. Williams J. O., 1980.** Note on Bruchidae associated with stored products in Nigeria. *Tropical Grain Legume Bulletin*, **21** : 5-10.

# ANNEXES

## Annexe 1 : Résultats de l'analyse statistique pour la variable mortalité larvaire

XLSTAT 6.1.9 - ANOVA - le 16/09/2008 à 22:00:24

Variable(s) dépendante(s) classeur = 0.xls / feuille = Feuill2 / plage = \$E\$2:\$E\$31 / 30 lignes et 1 colonne

Pondération uniforme (par défaut)

Variables qualitatives : classeur = 0.xls / feuille = Feuill2 / plage = \$A\$2:\$C\$31 / 30 lignes et 3 colonnes

Aucune donnée manquante détectée

Contraintes : a1 = 0

Les interactions sont prises en compte pour les deux premiers facteurs

Effectuer des tests de comparaisons multiples

Intervalle de confiance (%) : 95,00

Modélisation de la variable Mortalité larvaire :

Résumé pour la variable dépendante :

Variable	Nbr. de valeurs total	Nbr. de valeurs utilisées	Nbr. de valeurs ignorées	Somme des poids	Moyenne	Ecart-type
Mortalité larvaire	30	30	0	30	6,994	7,620

Résumé pour les variables qualitatives :

Variable	Nombre de modalités	Modalités	Fréquences
Plantes	2	Calotropis procera ~ Senna occidentalis	15 ~ 15
		Ether de pétrole ~ Méthanol ~ Hexane ~ Acétate d'éthyle ~ Méthanol Partition	6 ~ 6 ~ 6 ~ 6 ~ 6
Solvants	5		6
Concentrations	3	C1 ~ C2 ~ C3	10 ~ 10 ~ 10

Coefficients d'ajustement :

R (coefficient de corrélation)	0,603
R <sup>2</sup> (coefficient de détermination)	0,364
R <sup>2</sup> aj. (coefficient de détermination ajusté)	-0,025
SCR	1071,789

Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables (H0 = Y=Moy(Y)) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	11	612,281	55,662	0,935	0,531
Résidus	18	1071,789	59,544		
Total	29	1684,069			

Paramètres du modèle :

Paramètre	Valeur	Ecart-type	t de Student	Pr > t	Borne inférieure 95 %	Borne supérieure 95 %
Constante	9,703	4,880	1,988	0,062	-0,551	19,956
Plantes - Calotropis procera	0,000	-	-	-	-	-
Plantes - Senna occidentalis	-3,900	6,300	-0,619	0,544	-17,137	9,337
Solvants - Ether de pétrole	0,000	-	-	-	-	-
Solvants - Méthanol	-4,983	6,300	-0,791	0,439	-18,220	8,253
Solvants - Hexane	-7,937	6,300	-1,260	0,224	-21,173	5,300
Solvants - Acétate d'éthyle	-9,827	6,300	-1,560	0,136	-23,063	3,410
Solvants - Méthanol Partition	2,780	6,300	0,441	0,664	-10,457	16,017
Concentrations - C1	0,000	-	-	-	-	-
Concentrations - C2	1,581	3,451	0,458	0,652	-5,669	8,831
Concentrations - C3	2,641	3,451	0,765	0,454	-4,609	9,891
Plantes-Calotropis procera*Solvants-Ether de pétrole	0,000	-	-	-	-	-
Plantes-Calotropis	0,000	-	-	-	-	-

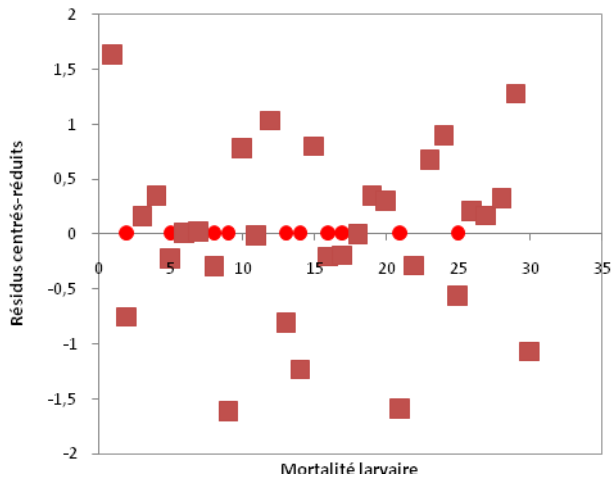
CHEIKH THIAW

THESE DE DOCTORAT DE 3<sup>ème</sup> CYCLE

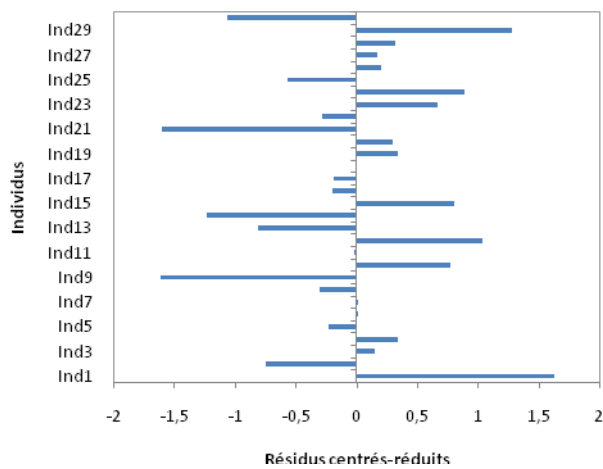


procera*Solvants-Méthanol						
Plantes-Calotropis						
procera*Solvants-Hexane	0,000	-	-	-	-	-
Plantes-Calotropis						
procera*Solvants-Acétate d'éthyle	0,000	-	-	-	-	-
Plantes-Calotropis						
procera*Solvants-Méthanol						
Partition	0,000	-	-	-	-	-
Plantes-Senna						
occidentalis*Solvants-Ether de pétrole	0,000	-	-	-	-	-
Plantes-Senna						
occidentalis*Solvants-Méthanol	7,080	8,910	0,795	0,437	-11,640	25,800
Plantes-Senna						
occidentalis*Solvants-Hexane	2,117	8,910	0,238	0,815	-16,603	20,836
Plantes-Senna						
occidentalis*Solvants-Acétate d'éthyle	6,370	8,910	0,715	0,484	-12,350	25,090
Plantes-Senna						
occidentalis*Solvants-Méthanol						
Partition	2,710	8,910	0,304	0,765	-16,010	21,430

Mortalité larvaire / Résidus centrés-réduits



Résidus centrés-réduits



## Annexe 2 : Résultats de l'analyse statistique pour le paramètre Fécondité

XLSTAT 6.1.9 - ANOVA - le 06/12/2007 à 13:28:07

Variable(s) dépendante(s) classeur = 0.xls / feuille = Feuil2 / plage = \$N\$271:\$N\$285 / 15 lignes et 1 colonne

Pondération uniforme (par défaut)

Variables qualitatives : classeur = 0.xls / feuille = Feuil2 / plage = \$M\$271:\$M\$285 / 15 lignes et 1 colonne

Aucune donnée manquante détectée

Contraintes : a1 = 0

Effectuer des tests de comparaisons multiples

Intervalle de confiance (%) : 95,00

Modélisation de la variable Fécondité :

Résumé pour la variable dépendante :

Variable	Nbr. de valeurs total	Nbr. de valeurs utilisées	Nbr. de valeurs ignorées	Somme des poids	Moyenne	Ecart-type
Fécondité	15	15	0	15	56,872	

Résumé pour les variables qualitatives :

Variable	Nombre de modalités	Modalités	Fréquences
Concentrations	3	C 1 ~ C 2 ~ C 3	5 ~ 5 ~ 5

Coefficients d'ajustement :

R (coefficient de corrélation)	0,481
R <sup>2</sup> (coefficient de détermination)	0,231
R <sup>2</sup> aj. (coefficient de détermination ajusté)	0,103
SCR	5238,744

Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables (H0 = Y=Moy(Y)) :

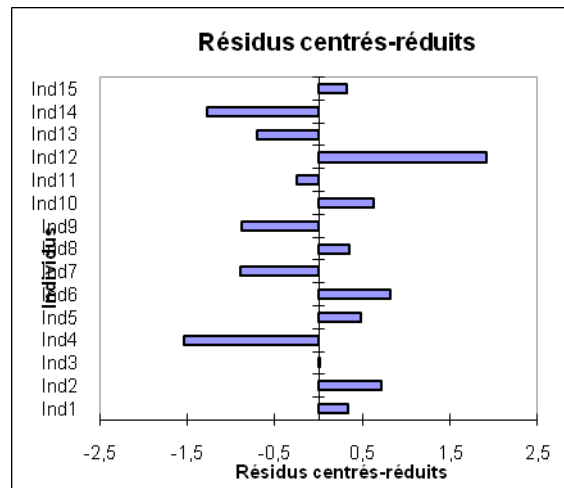
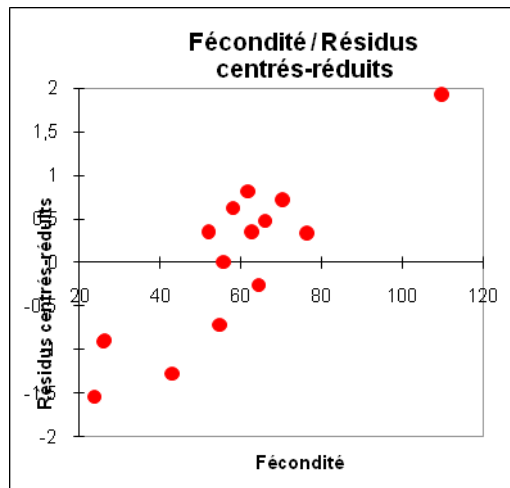
Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	2	1574,004	787,002	1,803	0,207
Résidus	12	5238,744	436,562		
Total	14	6812,748			

Paramètres du modèle :

Paramètre	Valeur	Ecart-type	t de Student	Pr > t	Borne <95 %	Borne supérieure
Constante	55,883	9,344	5,981	< 0,0001	35,524	90,242
Concentrations - C 1	0,000	-	-	-	-	-
Concentrations - C 2	-11,033	13,215	-0,835	0,420	-39,825	17,759
Concentrations - C 3	14,000	13,215	1,059	0,310	-14,792	42,792

Prédictions, résidus, et intervalles de confiance :

Individus	Poids	Fécondité	Fécondité (Modèle)	Résidus	centrés-réduits	F de Fisher
Ind1	1	63,000	55,883	7,117	0,341	
Ind2	1	70,667	55,883	14,783	0,708	
Ind3	1	56,000	55,883	0,117	0,006	
Ind4	1	23,750	55,883	-32,133	-1,538	
Ind5	1	66,000	55,883	10,117	0,484	
Ind6	1	62,000	44,850	17,150	0,821	
Ind7	1	26,000	44,850	-18,850	-0,902	
Ind8	1	52,000	44,850	7,150	0,342	
Ind9	1	26,250	44,850	-18,600	-0,890	
Ind10	1	58,000	44,850	13,150	0,629	
Ind11	1	64,500	69,883	-5,383	-0,258	
Ind12	1	110,000	69,883	40,117	1,920	
Ind13	1	55,000	69,883	-14,883	-0,712	
Ind14	1	43,250	69,883	-26,633	-1,275	
Ind15	1	76,667	69,883	6,783	0,325	



Tests de comparaisons multiples pour la variable Concentrations :

Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
C 2 ~ C 3	-25,033	-1,894	2,668	0,183	Non
C 2 ~ C 1	-11,033	-0,835	2,668	0,689	Non
C 1 ~ C 3	-14,000	-1,059	2,668	0,556	Non

Valeur critique du d de Tukey : 3,773

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
C 2	44,850	A
C 1	55,883	A
C 3	69,883	A

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Moyenne	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
C 2 ~ C 3	-25,033	-1,894	2,179	0,083	Non
C 2 ~ C 1	-11,033	-0,835	2,179	0,420	Non
C 1 ~ C 3	-14,000	-1,059	2,179	0,310	Non

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
C 2	44,850	A
C 1	55,883	A
C 3	69,883	A

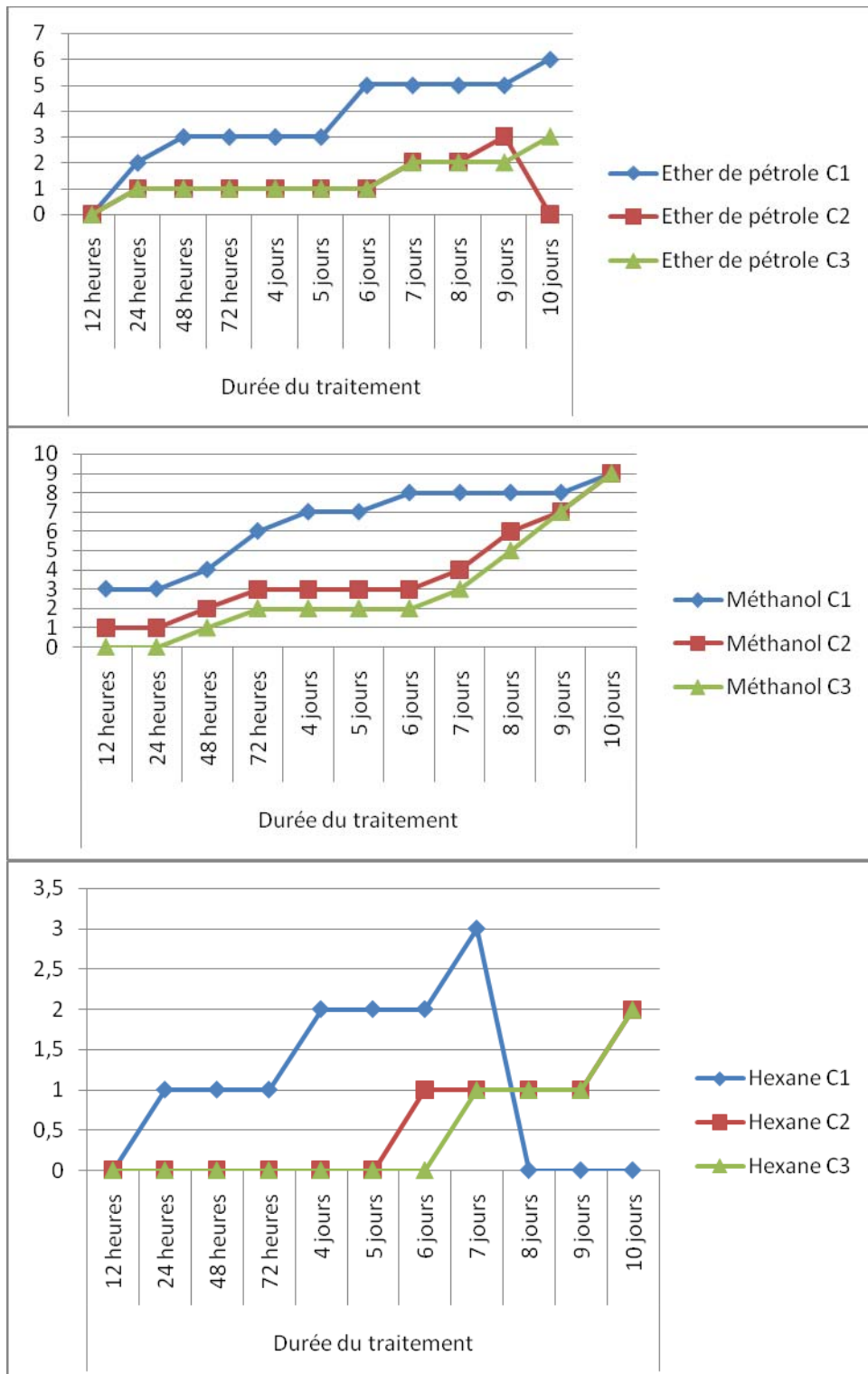
Newman-Keuls (SNK) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

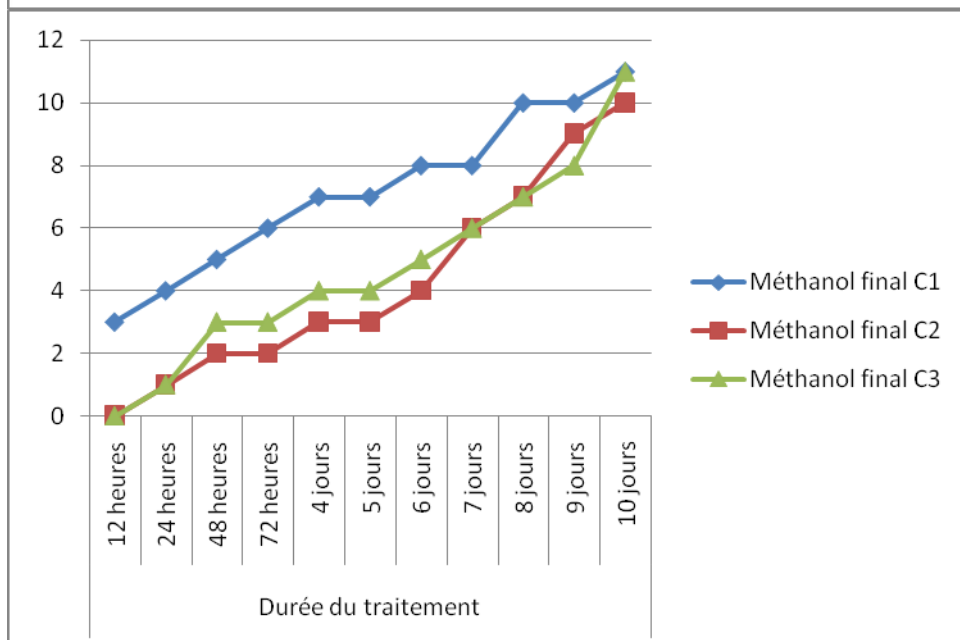
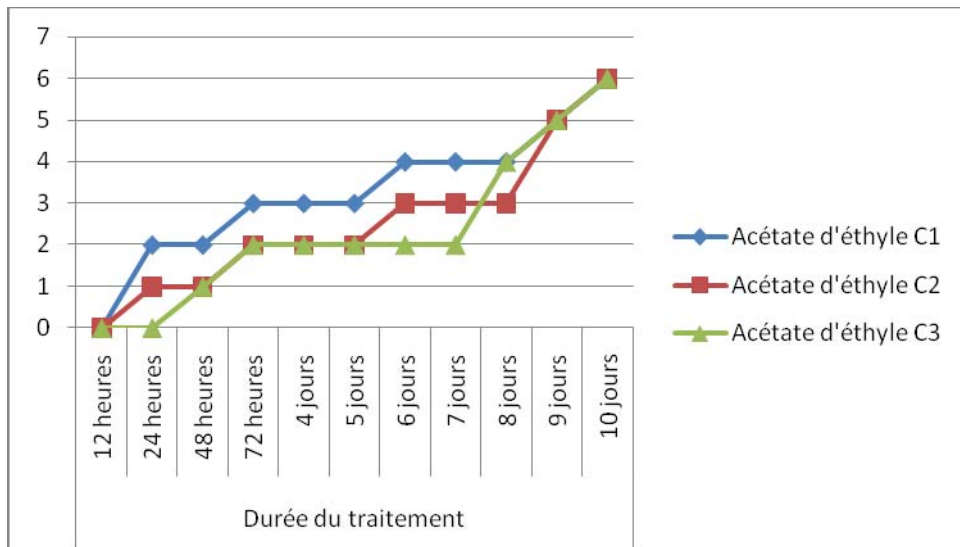
Modalités	Moyenne	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
C 2 ~ C 3	-25,033	-1,894	2,281	0,401	Non
C 2 ~ C 1	-11,033	-0,835			Non
C 1 ~ C 3	-14,000	-1,059	2,179	0,468	Non

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

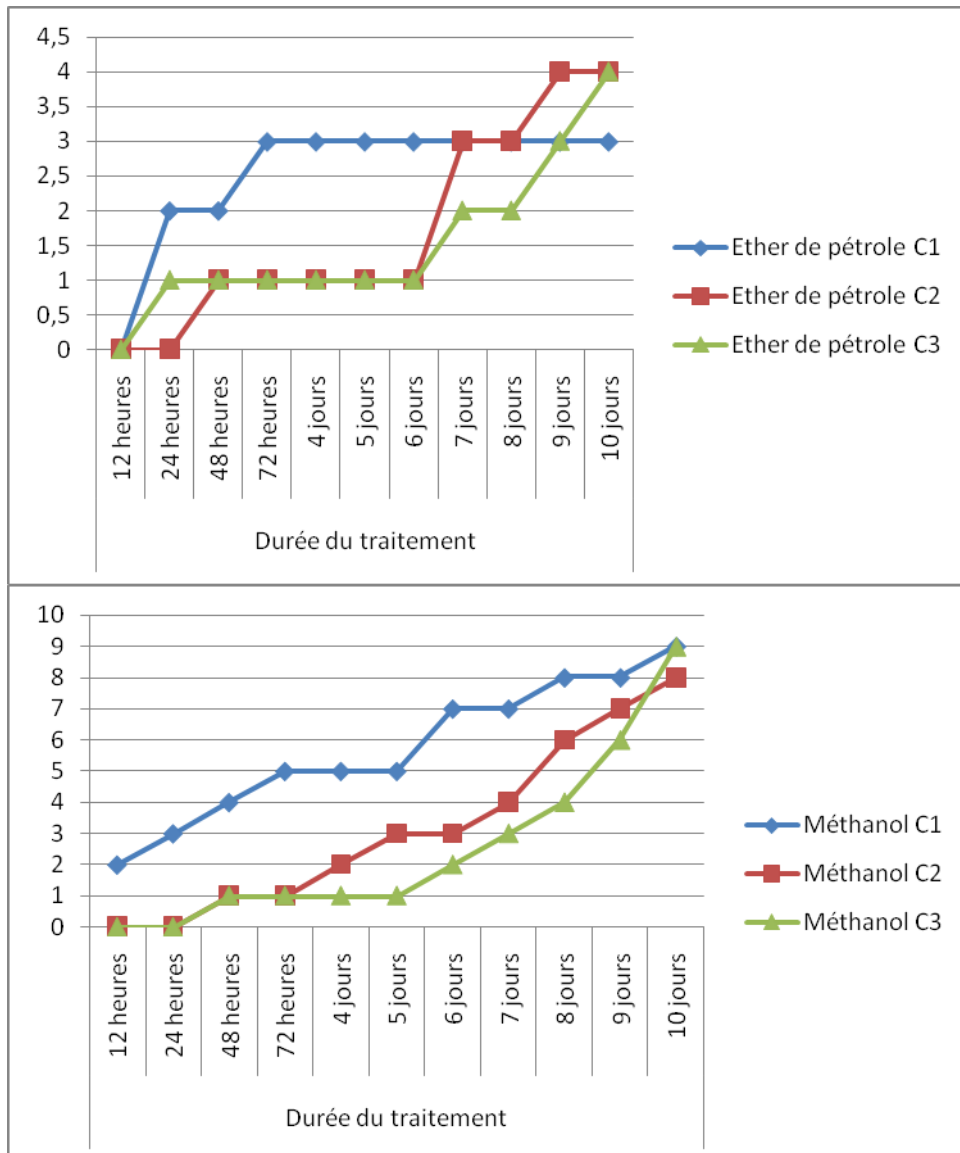
Modalités	Moyenne	Regroupements
C 2	44,850	A
C 1	55,883	A
C 3	69,883	A

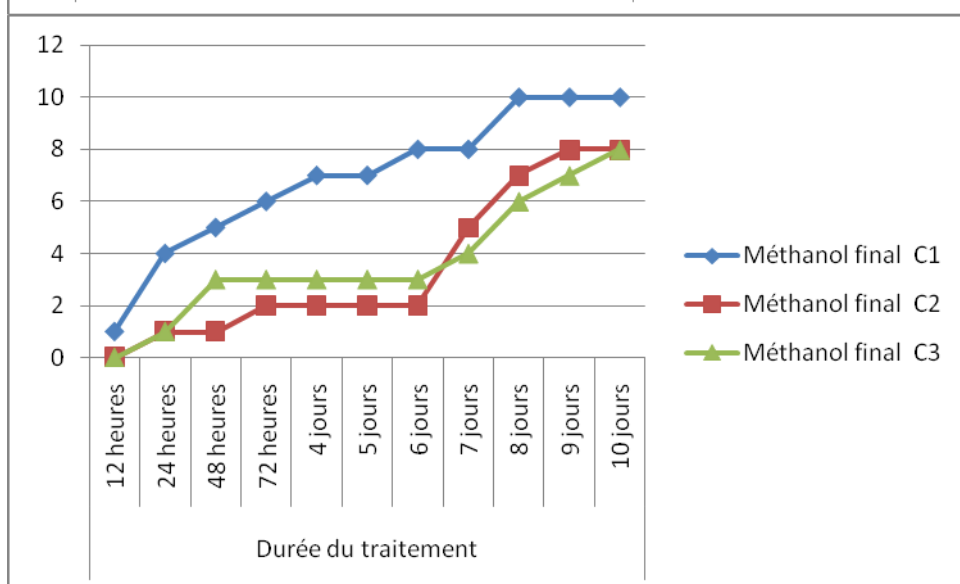
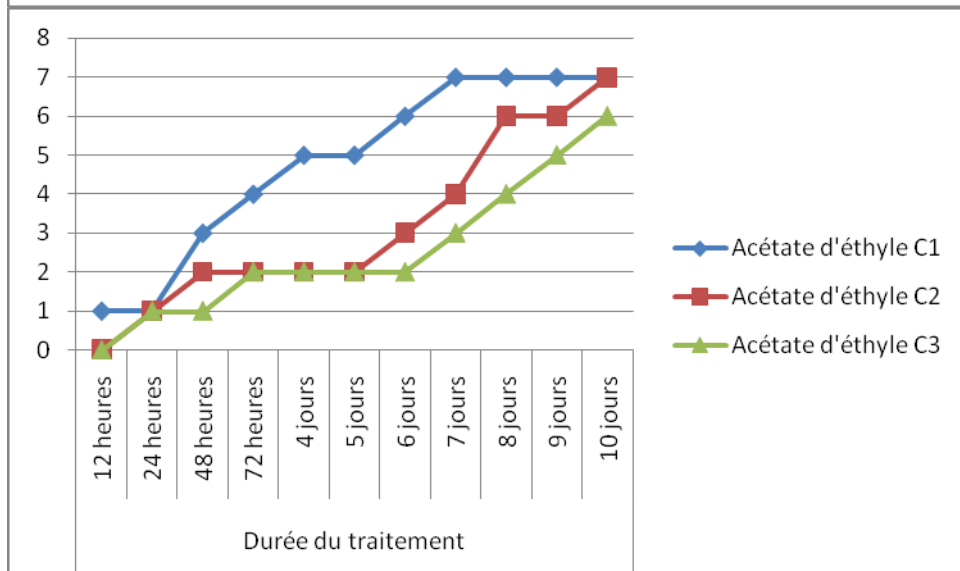
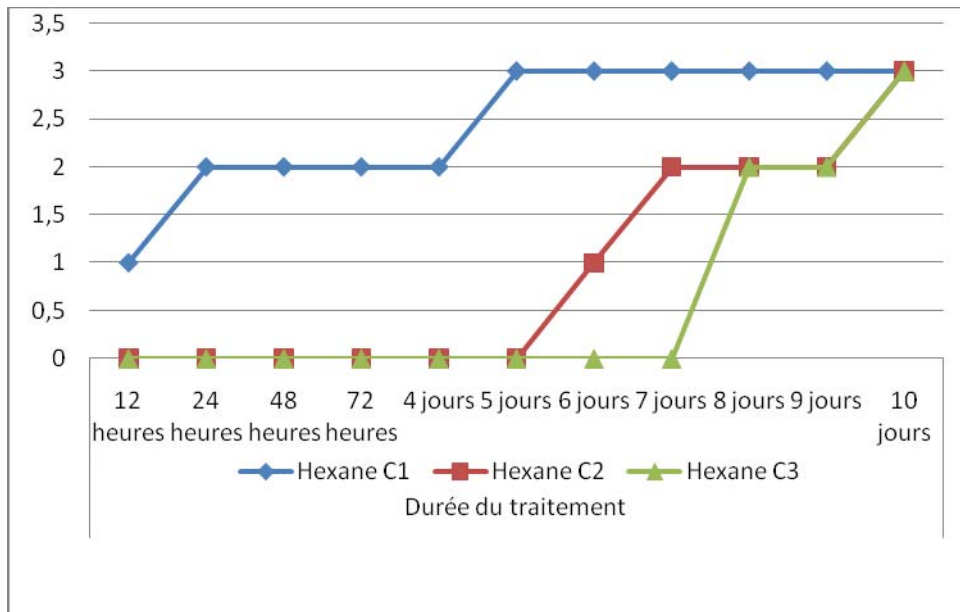
Annexe 3 : *Calotropis procera* : Mortalité des adultes de *C. serratus* traités avec les trois concentrations en fonction du temps



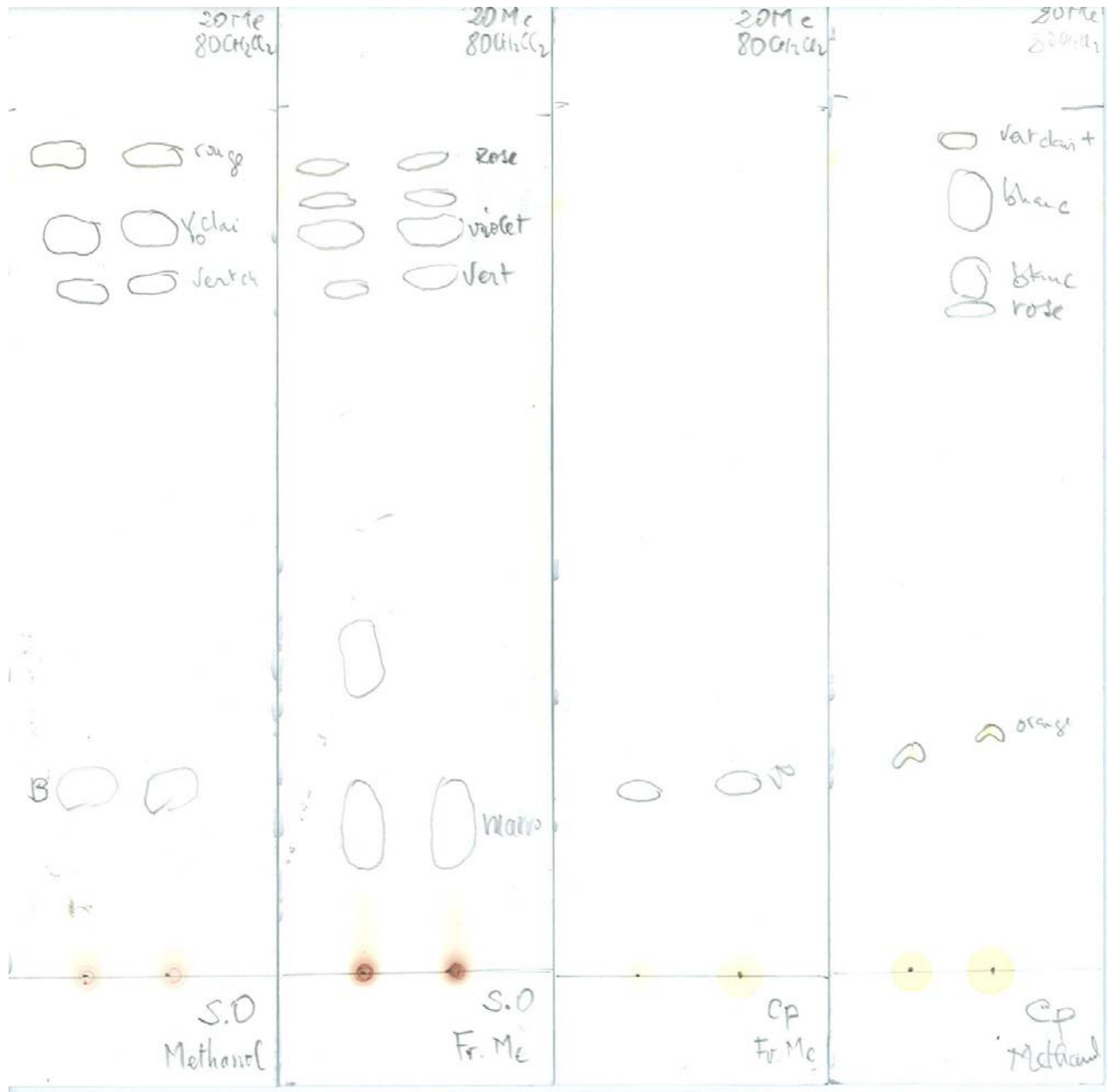


Annexe 4 : *Senna occidentalis* : Mortalité des adultes de *C. serratus* traités avec les trois concentrations en fonction du temps



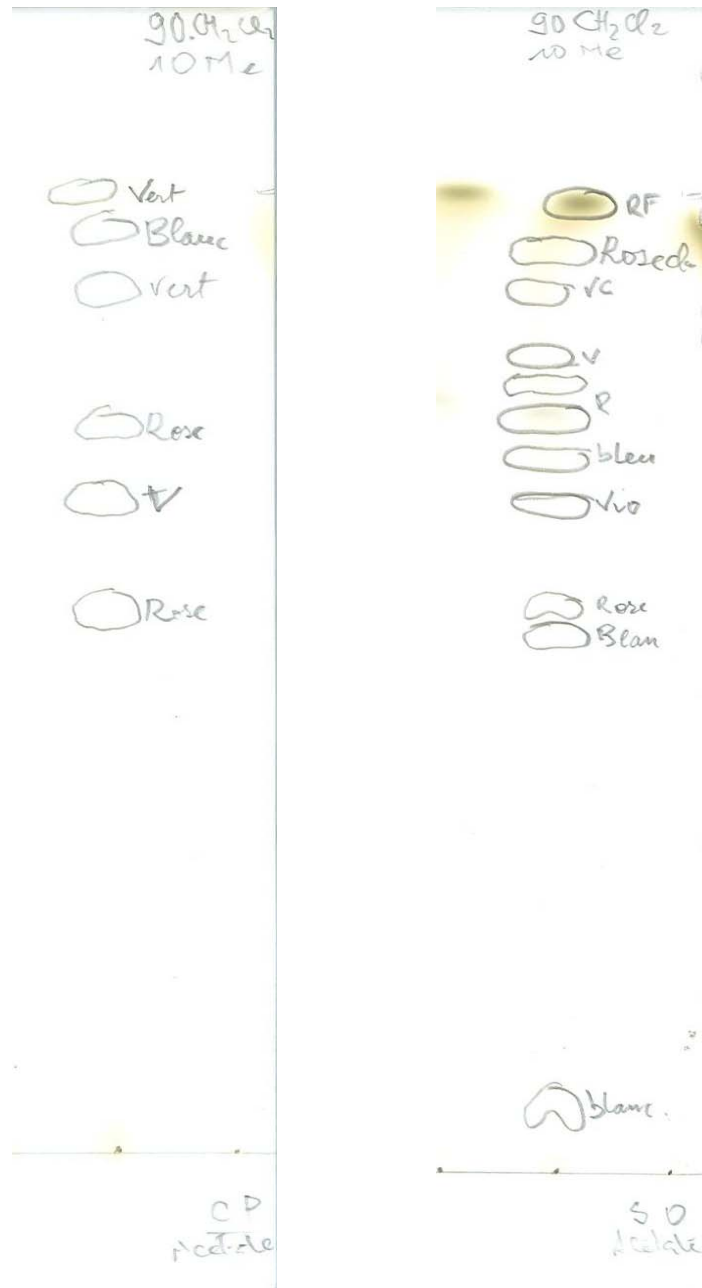


Annexe 5 : Les résultats de la chromatographie sur couche mince des extraits bruts et fractions d'extraits de *C. procera* et de *S. occidentalis*, reportés dans les différents chromatogrammes selon le système d'éluant ; les informations correspondent au facteur de rétention (Rf), à l'observation à la lumière UV ( 254 et 366 nm).

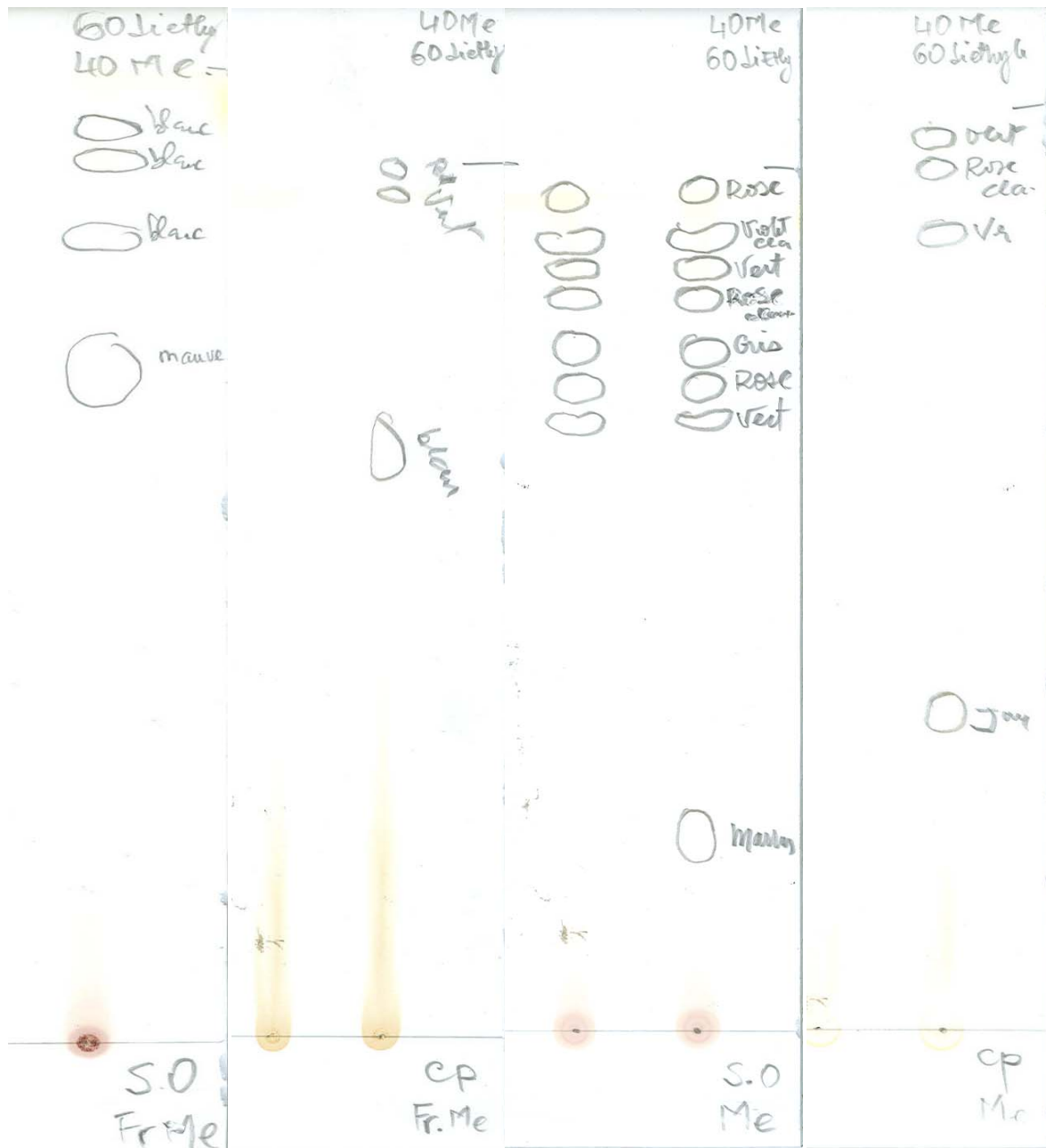


Extraits bruts au méthanol et fractions méthanoliques (Fr Me) de *Calotropis procera* et de *Senna occidentalis* : Dichlorométhane-Méthanol (80/20)

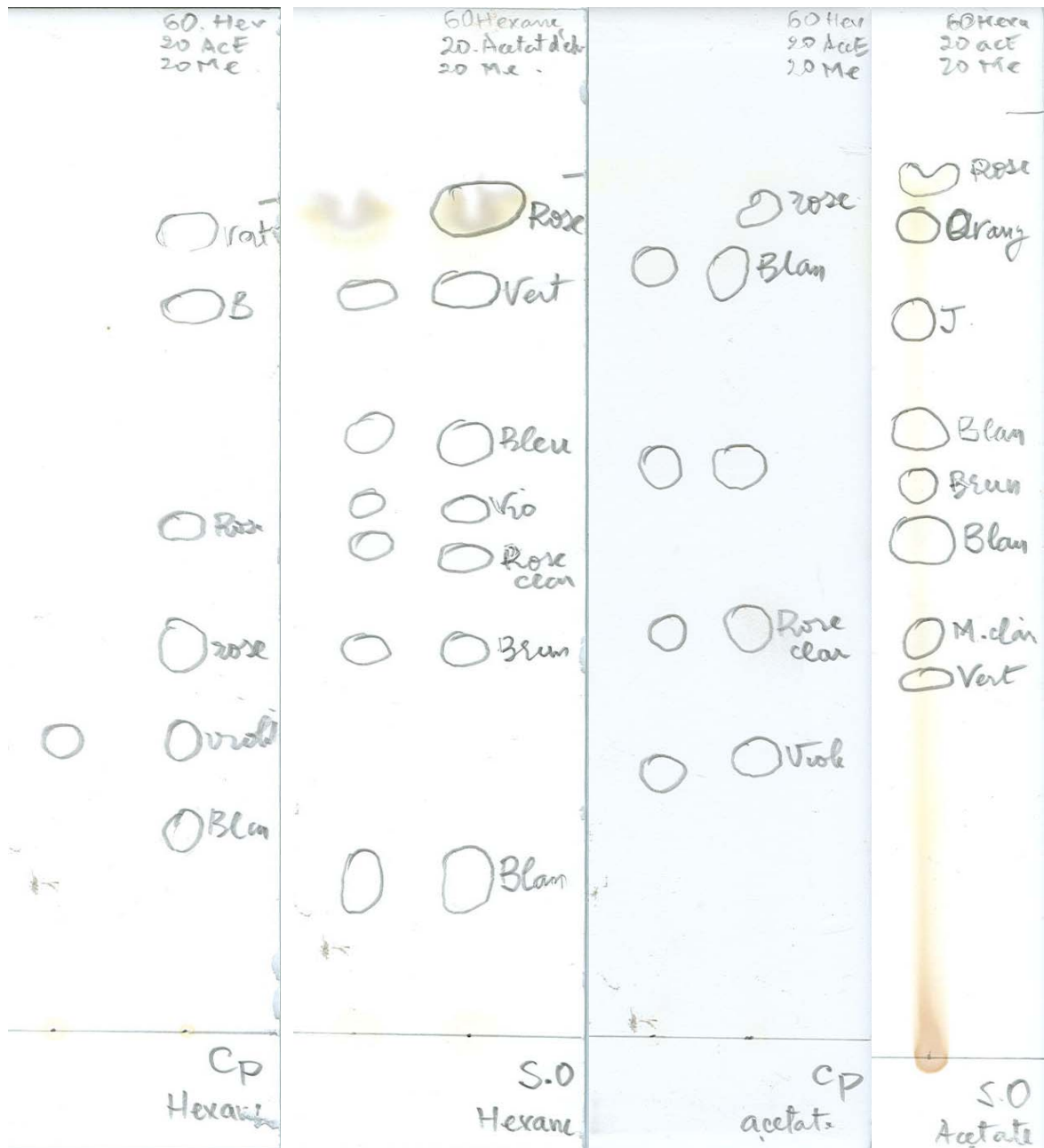




Fractions d'acétate de *Calotropis procera* et de *Senna occidentalis* : Dichlorométhane-Méthanol (90/10)



Extraits bruts au méthanol et fractions méthanoliques de *Calotropis procera* et de *Senna occidentalis* : Diéthyléther-Méthanol (60/40)



Fractions hexane et acétate de *Calotropis procera* et de *Senna occidentalis* : Hexane-Acétate-Méthanol (60/20/20)

**Titre :** 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.

Nom du candidat : **Mr Cheikh Thiaw**

Nature de la thèse : Doctorat de 3<sup>ème</sup> Cycle en Chimie et Biochimie des Produits Naturels

Date et lieu de soutenance : 29 octobre 2008-Faculté des Sciences et Techniques (UCAD)

Jury :	Président :	Pr Abdoulaye Samb	Professeur	FST/UCAD
	Membres :	Mr Saliou Djiba	Chargé de Recherche ISRA/CRA de DJIBELOR	
		Dr Ngor Faye	Maître de Conférences	FST/UCAD
		Dr Absa Gueye/Ndiaye	Maître Assistante	FST/UCAD
		Dr Mbacké Sembène	Maître de Conférences	FST/UCAD

### Résumé :

Dans la perspective de mise en place d'une stratégie de gestion intégrée des ravageurs associés aux produits post-récoltes au Sénégal, la bioactivité des extraits de *Calotropis procera* Ait. et de *Senna occidentalis* L. sur la survie des œufs et adultes de *Caryedon serratus* (Ol.) ravageur de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.), a été étudiée en conditions contrôlées. Les résidus secs d'extraits bruts (éthéré et méthanolique) et de fractions d'extraits (hexane, acétate d'éthyle et méthanol) obtenus par macération à froid ont été dissous dans des solvants appropriés puis appliqués par contact sur *C. serratus* à des concentrations C<sub>1</sub> (0.1g/ml), C<sub>2</sub> (0.01g/ml) et C<sub>3</sub> (0.001g/ml). Un dispositif de suivi individuel des œufs traités a été réalisé pour évaluer un certain nombre de paramètres biologiques tels que les taux de mortalités embryonnaire et larvaire, les durées moyennes des différentes phases de développement des œufs rescapés et le sex-ratio des descendants de la première génération. L'étude de l'activité reproductrice a porté sur la fécondité, la fertilité, le comportement de ponte et la durée d'oviposition des femelles rescapées. L'évaluation de la toxicité de l'huile essentielle de feuilles fraîches de *Senna occidentalis* obtenue par hydrodistillation a fait également l'objet de test adulticide de contact et de fumigation. Des analyses statistiques nous ont permis de comparer les effets entre concentrations, entre extraits biocides et entre plante. Les principaux résultats révèlent que les extraits tests de chacune des deux plantes affectent significativement la survie des stades traités, selon la concentration appliquée et la polarité du produit test. Chez *Calotropis procera*, toutes les concentrations induisent de fortes mortalités de *C. serratus* au stade œufs et adultes quelque soit l'extrait usité. Cependant, la dose C<sub>1</sub> provoque des taux de mortalité embryonnaire qui sont significativement plus élevés que les autres, avec un maximum de 81.25% pour l'extrait à l'éther de pétrole et un minimum de  $38.19 \pm 5.24\%$  en moyenne pour la fraction méthanolique. L'action adulticide de *C. procera* la plus importante ( $86.14 \pm 4.21\%$ ) est notée en 10 jours de traitement avec l'extrait brut méthanolique. Les mêmes tendances ovicide et adulticide ont été observées chez *Senna occidentalis* ; l'extrait éthéré et la fraction hexane provoquent le pourcentage de mortalité embryonnaire le plus élevé (79.17% en C<sub>1</sub>) tandis que la fraction méthanolique induit le plus petit taux ( $32.63 \pm 6.36\%$ ). Au niveau des adultes, les extraits les plus polaires (l'extrait brut au méthanol et la fraction méthanol) provoquent les taux de mortalités d'adultes les plus élevés qui sont respectivement de l'ordre de  $69.92 \pm 2.87\%$  et  $72.01 \pm 6.86\%$ . L'activité adulticide de l'huile essentielle de *S. occidentalis* est fonction croissante de la concentration appliquée pour une durée de traitement de 7 jours. Les mortalités d'adultes obtenues sont de 91.67% en 3 ml/l et 30.56 % en 1 ml/l. La bioactivité des extraits de *C. procera* et de *S. occidentalis* sur l'insecte s'exprime aussi par un déséquilibre du sex-ratio, un allongement ou une diminution de la durée des phases de développement, une fécondité réduite et une fertilité limitée. A l'issue de réactions de caractérisation, il ressort de cette étude que la bioactivité des extraits de *C. procera* et de *S. occidentalis* serait vraisemblablement liée à des composés présumés actifs (alcaloïdes, flavonoïdes, tanins, dérivés anthracéniques, stérols et terpènes, saponines...) particulièrement solubles dans leurs extraits bruts, fractions d'extraits et huile essentielle.

**Mots clés :** *Caryedon serratus*, arachide, *Calotropis procera*, *Senna occidentalis*, plantes biocides, extraction, éther, méthanol, hexane, acétate d'éthyle.