

Caractérisation Phytochimique et Activité Larvicide d'extraits Bruts de Plantes Issues de la Pharmacopée Traditionnelle du Niger sur les Larves d'*Anopheles gambiae* S.L.

Issoufou Yolidjé,

Djibo Alfa Keita,

Idrissa Moussa,

Laboratoire des Substances Naturelles, Faculté des Sciences et Techniques,
Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

Abdoulaye Toumane,

Inoussa Maman Maarouhi,

Laboratoire Garba Mounkaila, Département de Biologie, Faculté des
Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

Karim Saley,

Université Dan Dicko Dan kolodo de Maradi, Niger

Jean-Luc Pirat,

Laboratoire de Chimie Organique (UMR 5076 du CNRS), Ecole Nationale
Supérieure de Chimie de Montpellier, Montpellier Cedex, France

Tilman Much,

Université de Bayreuth, Allemagne

Jean Maurille Ouamba,

Université Marien NGouabi, Congo Brazzaville

Doi: 10.19044/esj.2019.v15n12p30 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n12p30](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n12p30)

Résumé

Dans la lutte préventive contre le paludisme, les produits naturels sont considérés comme meilleurs car biodégradables et donc plus respectueux de l'environnement et de le écosystème. Dans le cadre de la recherche des nouvelles molécules insecticides, la présente étude concerne, le screening phytochimique et l'évaluation de l'activité larvicide des extraits (aqueux et méthanoliques) de 26 plantes sur les larves d'*Anophèles gambiae* s.l. Les tests larvicides ont été réalisés selon un protocole de l'OMS(1985). Le profil phytochimique des plantes a été déterminé suivant les méthodes standards de caractérisation (réactions colorées). Une forte activité larvicide vis-à-vis des larves d'*Anophèles gambiae* après 24h puis 48h d'exposition a été observée.

Crotalaria podocarpa, *Momordica balsamina*, *Xeromphis nilotica* et *Senna occidentalis* ont montré un taux de mortalité de 100% après 24h d'exposition. L'activité larvicide est beaucoup plus importante après 48h. Une mortalité de 100% a été observée avec *Senna occidentalis*, *Momordica balsamina*, *Ocimum basilicum*, *Citrus sinensis*, *Striga hermonthea*, *Xeromphis. nilotica*, *Crotalaria podocarpa*, *Diospyros mespiliformis*, *Cymbopogon citratus*, *Cleome viscosa* et *Combretum micrantum*. De faibles activités larvicides ont été constatées d'une part avec les extraits méthanoliques de *Crotalaria podocarpa* et *Aloe vera* et d'autre part avec les extraits aqueux de *Citrus sinensis*, *Ocimum basilicum* et *Aloe vera*. Le screening phytochimique a mis en évidence la présence de cinq (5) grands groupes de composés parmi lesquels les saponosides, les terpènes stérols, les flavonoïdes, les tanins et les alcaloïdes aussi bien présents dans les extraits aqueux et méthanoliques des différents échantillons des plantes. Ces groupes chimiques pourraient justifier l'utilisation traditionnelle de ces plantes.

Mots-clés : Extraits des plantes, activité larvicide, *Anophèles gambiae* s.l.

Phytochemical Characterization and Larvicidal Activity of Crude Extracts of Plants from the Traditional Pharmacopoeia of Niger on the Larvae of *Anopheles Gambiae* S.L.

Issoufou Yolidjé,

Djibo Alfa Keita,

Idrissa Moussa,

Laboratoire des Substances Naturelles, Faculté des Sciences et Techniques,
Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

Abdoulaye Toumane,

Inoussa Maman Maarouhi,

Laboratoire Garba Mounkaila, Département de Biologie, Faculté des
Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

Karim Saley,

Université Dan Dicko Dan kolodo de Maradi, Niger

Jean-Luc Pirat,

Laboratoire de Chimie Organique (UMR 5076 du CNRS), Ecole Nationale
Supérieure de Chimie de Montpellier, Montpellier Cedex, France

Tilman Much,

Université de Bayreuth, Allemagne

Jean Maurille Ouamba,

Université Marien NGouabi, Congo Brazzaville

Abstract

In the preventive fight against malaria, natural products are considered better because they are biodegradable and therefore more respectful of the environment and the ecosystem. In the framework of the research of new insecticidal molecules, the present study concerns, the phytochemical screening and the evaluation of the larvicidal activity of the extracts (aqueous and methanolic) of 26 plants on the larvae of *Anopheles gambiae* sl. been carried out according to a WHO protocol (1985). The phytochemical profile of the plants was determined according to the standard methods of characterization (color reactions). High larvicidal activity against *Anopheles gambiae* larvae after 24 h and then 48 h exposure was observed. *Crotalaria podocarpa*, *Momordica balsamina*, *Xeromphis nilotica* and *Senna*

occidentalis showed a 100% mortality rate after 24 hours of exposure. The larvicidal activity is much more important after 48 hours. A 100% mortality was observed with *Senna occidentalis*, *Momordica balsamina*, *Ocimum basilicum*, *Citrus sinensis*, *Striga hermontheca*, *Xeromphis nilotica*, *Crotalaria podocarpa*, *Diospyros mespiliformis*, *Cymbopogon citratus*, *Cleome viscosa* and *Combretum micranthum*. Poor larvicidal activity was observed on the one hand with the methanolic extracts of *Crotalaria podocarpa* and *Aloe vera* and on the other with the aqueous extracts of *Citrus sinensis*, *Ocimum basilicum* and *Aloe vera*. Phytochemical screening revealed the presence of five major groups of compounds, including saponosides, terpenes sterols, flavonoids, tannins and alkaloids, which are also present in the aqueous and methanolic extracts of the various plant samples. These chemical groups could justify the traditional use of these plants.

Keywords: Plant extracts, larvicidal activity, *Anopheles gambiae* s.l.

Introduction

La majorité des agents vecteurs des maladies parasitaires dont les moustiques sont en zone tropicale et subtropicale où se situe le continent africain. Les moustiques sont vecteurs de plusieurs maladies infectieuses dont la plus importante est le paludisme qui est une érythrocytopathie due à un hématozoaire de type *Plasmodium*, transmis par certains moustiques du genre *Anopheles* (Ginet et Roux, 1989). Le paludisme est l'une des maladies qui cause le plus de décès dans le monde. Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS, 2015), 214 millions de cas de paludisme ont été dénombrés avec 438 000 décès de personnes. Les enfants âgés de moins de 5 ans et les femmes enceintes sont les plus touchés par cette maladie (OMS, 2005).

Selon le programme national de lutte contre le paludisme (PNLP, 2015) au Niger en 2015, plus de 3817634 de cas de paludisme ont été enregistrés, avec 2222 décès. En dehors de l'arsenal thérapeutique existant pour combattre les parasites, la lutte contre les agents vecteurs est un moyen très important contre la transmission de la maladie. Elle consiste à la destruction des moustiques adultes, des œufs et des larves par l'utilisation de plusieurs types d'insecticides, généralement de synthèse (organophosphorés, organochlorés, etc.) (Ghislain, 2013; Mamadou, 2010).

Cependant ces insecticides de synthèse présentent des effets indésirables non seulement sur l'environnement mais aussi sur la santé humaine (Seye *et al.*, 2006). En dehors de ces effets indésirables, les moustiques ont développé une résistance vis-à-vis des insecticides couramment utilisés d'où la nécessité de trouver de nouvelles molécules beaucoup plus efficaces. En conséquence, le choix des pesticides naturels d'origine végétale est de nos jours considéré comme un meilleur moyen pour

une lutte antivectorielle, du fait qu'ils respectent l'environnement et l'écosystème (Ghislain, 2013). A cet effet, les propriétés biopesticides des extraits de plusieurs plantes ont été étudiées et ces plantes se sont avérées efficaces contre les moustiques (Seye *et al.*, 2006 ; Manimaran *et al.*, 2011 et Subramaniam *et al.*, 2012). Ainsi il est nécessaire de continuer la recherche surtout au niveau des plantes aromatiques dont les propriétés larvicides sont peu connues.

Au Niger, les études menées sur l'activité insecticide des extraits végétaux vis-à-vis des larves de moustiques sont très limitées. Ainsi, pour contribuer à la recherche de nouvelles molécules insecticides, notre étude portera sur le criblage phytochimique et l'évaluation de l'activité larvicide des extraits aqueux et méthanoliques de 26 plantes de la biodiversité du Niger sur les larves d'*Anopheles gambiae* s.l.

Matériel et Méthodes

Matériel végétal

Le matériel végétal est composé des échantillons des 26 plantes récoltées au Niger (Tableau I). Ces échantillons ont été identifiés au Laboratoire Garba Mounkaila du département de Biologie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, par comparaison aux échantillons disponibles dans leur herbier. Pour toutes les plantes, l'échantillon sec a été utilisé sauf *Aloe vera*. Les feuilles fraîches et sèches de *Aloe vera* sont utilisées.

Tableau I: Espèces végétales

| Espèces végétales | Familles | Date de récolte | Lieu de récolte | Partie utilisée |
|--|-----------------|-----------------|------------------|---------------------------|
| <i>Leptadenia hastata</i> (Pers.) Decne. | Asclepiadaceae | 01/12/15 | Say (Tillabéry) | Tiges Feuillées sèche |
| <i>Boscia senegalensis</i> (Pers.) Lam. Ex Poir. | Capparidaceae | 02/11/15 | Tagone (Doutchi) | Feuilles sèches |
| <i>Combretum micrantum</i> G.Don. | Combretaceae | 13/09/15 | Garbal(Aéroport) | Feuilles sèches |
| <i>Guiera senegalensis</i> J.G. Gmel. | Combretaceae | 13/09/15 | Garbal(Aéroport) | Feuilles sèches |
| <i>Momordica balsamina</i> L. | Cucurbitaceae | 17 /10/15 | Tagone(Doutchi) | Tiges Feuillées sèches |
| <i>Cyperus amobilis</i> Vahl. | Cyperaceae | 05 /10/15 | Say(Tillabéry) | Plante entière sèche |
| <i>Senna occidentalis</i> L. | Caesalpiniaceae | 25/10/15 | Garbal(Aéroport) | Tiges Feuillées sèches |
| <i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. ex. A. DC. | Ebenaceae | 01/12/15 | Say (Tillabéry) | Feuilles sèches |
| <i>Chrozophora brocchiana</i> Vis. | Euphorbiaceae | 10/10/15 | Tagone (Doutchi) | Tiges Feuillées sèches |
| <i>Stylosanthes erecta</i> P. B | Fabaceae | 18/03/17 | Marché Harobanda | Tiges feuillées sèches |

| | | | | |
|---|------------------|-----------|-------------------|-------------------------------|
| <i>Indigofera astragalina</i> DC. | Fabaceae | 17 /10/15 | Tagone(Doutchi) | Tiges Feuillées sèches |
| <i>Alysicarpus ovalifolius</i> (Schum. Et Thonn.) J. Léonard. | Fabaceae | 02 /10/15 | Garbal(Aéroport) | Plante entière sèche |
| <i>Crotalaria podocarpa</i> DC. | Fabaceae | 10/10/15 | Tagone (Doutchi) | Feuilles sèches |
| <i>Tephrosia lupinifolia</i> DC. | Fabaceae | 18/03/17 | Marché Harobanda | Plante entière sèche |
| <i>Tephrosia purpurea</i> (L.) Pers. | Fabaceae | 18/03/17 | Marché Harobanda | Tiges feuillées sèches |
| <i>Cymbopogon giganteus</i> Chiov. | Poaceae | 18/03/17 | Say(Tillabéry) | Tiges + inflorescences sèches |
| <i>Hyptis spicigera</i> Lam. | Lamiaceae | 18/03/17 | Marché Harobanda | Tiges + inflorescences sèches |
| <i>Ocimum basilicum</i> L. | Lamiaceae | 17/01/17 | Rizièrè Harobanda | Tiges feuillées sèches |
| <i>Ocimum americanum</i> L. | Lamiaceae | 25/10/15 | Garbal(Aéroport) | Partie aérienn sèche |
| <i>Aloe vera</i> (L.) Burm.f. | Liliaceae | 27/03/17 | UAM | feuillées fraîches et sèches |
| <i>Azadirachta indica</i> A. Juss. | Meliaceae | 27/03/17 | UAM | Feuilles sèches |
| <i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf. | Poaceae | 17/01/17 | Rizièrè Harobanda | Feuilles sèches |
| <i>Xeromphis nilotica</i> (Stapf.) Keay. | Rubiaceae | 04/04/17 | Marché Katakò | Racines sèches |
| <i>Citrus sinensis</i> L. | Rutaceae | 13/10/16 | Restaurant/UAM | Péricarpes des fruits secs |
| <i>Cleome viscosa</i> L. | Cleomaceae | 04 /09/15 | UAM(Niamey) | Tiges feuillées sèches |
| <i>Striga hermontheca</i> (Del.) Benth. | Scrophulariaceae | 17 /10/15 | Say(Tillaberi) | Plante entière sèche |

UAM: Université Abdou Moumouni

Méthodes d'étude

Préparation des extraits aqueux et méthanoliques

Le matériel végétal est réduit en poudre à l'aide d'un broyeur mécanique afin d'obtenir une granulométrie assez fine pour permettre une surface maximale de contact avec le solvant.

L'extrait aqueux a été préparé par décoction de 50 g de poudre de chaque plante par 500 ml d'eau distillée pendant une heure (1h). Après filtration sur coton, l'eau est évaporée à l'aide d'un bain de sable sans faire cramer le produit. Pour ces extraits aqueux, l'extraction est répétée trois fois sur le même marc jusqu'à l'épuisement. L'extrait méthanolique a été préparé par décoction de 50 g de poudre de chaque plante avec 500 ml du méthanol

pour chaque plante pendant deux heures (2h). Après filtration sur coton, le méthanol est évaporé à l'aide de l'évaporateur rotatif.

Screening phytochimique

Le criblage phytochimique a été réalisé sur les extraits aqueux et méthanoliques des plantes étudiées suivant les méthodes standards de caractérisation décrites par Harbone (1998). Ces tests de détection ont porté sur les familles de composés chimiques suivants: les terpènes stéroïdes, les saponosides, les flavonoïdes, les tannins et composés phénoliques et les alcaloïdes.

Matériel animal

Les larves d'*Anophèles gambiae* s.l. (Stade II et III) est le matériel animal utilisé dans la présente étude. Ces larves ont été collectées par tamisage au quartier Saguiya (Rive droite) à l'aide d'une passoire en plastique. Ces larves collectées ont été réintroduites dans un seau en plastique contenant de l'eau du gîte, puis transportées au laboratoire d'entomologie médicale du centre de recherche médicale et sanitaire (CERMES) pour l'identification et au laboratoire de biologie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey pour le test biologique où elles ont été rincées abondamment à l'eau de puits. Les larves ont été élevées pendant 24 heures (h), dans un seau plastique en les nourrissant avec des biscuits (aliment riche en glucide) avant leur utilisation pour les tests biologiques.

Etude de l'activité larvicide

Les tests biologiques ont été réalisés à l'aide d'un protocole de l'OMS (1985) sur les extraits aqueux et méthanoliques de chaque plante. La réalisation des plusieurs tests biologiques préliminaires a permis de retenir deux concentrations (1g/L et 2g/L) puis (2g/L et 3g/L) respectivement pour les extraits méthanoliques et aqueux. Vingt 20 larves d'*Anopheles gambiae* ont été introduites dans chaque boîte de pétri contenant la solution test puis laissées en incubation pendant 48h, à température ambiante. Le témoin est composé uniquement de l'eau du puits. Le comptage des larves mortes a été effectué après 24h et 48h d'exposition. Chaque concentration a fait l'objet de trois répétitions.

Pourcentage de mortalité

Le taux de mortalité des larves d'*Anophèles gambiae* a été calculé par la méthode d'Abbott (1925).

$$\% m = \frac{NLM - NLMT}{NTL - NLMT} \times 100$$

% m = pourcentage de mortalité

NLM = nombre de larves mortes dans la boîte de pétri test

NLMT = nombre de larves mortes dans le témoin

NLT = nombre total de larves

Analyse statistique

Les données normalisées ont fait l'objet d'une analyse de variance (ANOVA) suivie du test PLSD de Tukey au seuil de probabilité de 5% pour la séparation des moyennes statistiquement significatives. Ceux-ci pour déterminer s'il existe une différence significative entre les différentes doses d'insecticides utilisées, et si tel est le cas, quelle est la dose la plus efficace en termes de mortalité.

Résultats et commentaires

Rendement des extraits

Les rendements en extraits aqueux et méthanoliques obtenus par décoction des différents échantillons utilisés sont consignés dans le Tableau II.

Tableau II : Rendement des extraits méthanoliques et aqueux

| Espèces végétales | Familles | Parties extraites | Rendement d'extraction (%) | |
|--|-----------------|-------------------|----------------------------|------------------------|
| | | | extraits aqueux | extraits méthanoliques |
| <i>L. hastata</i> (Pers.) Decne. | Asclepiadaceae | Tiges Feuillées | 18,52 | 11,2 |
| <i>B. senegalensis</i> (Pers.) Lam. Ex Poir. | Capparidaceae | Feuilles | 40,8 | 19,82 |
| <i>C. micranthum</i> G.Don. | Combretaceae | Feuilles | 14,78 | 22,46 |
| <i>G. senegalensis</i> J.G. Gmel. | Combretaceae | Feuilles | 25,4 | 12,08 |
| <i>M. balsamina</i> L. | Cucurbitaceae | Tiges Feuillées | 26,08 | 10,18 |
| <i>C. amabilis</i> Vahl. | Cyperaceae | Plante entière | 26,76 | 12,04 |
| <i>S. occidentalis</i> L. | Caesalpiniaceae | Tiges Feuillées | 15,24 | 6,68 |
| <i>D. mespiliformis</i> Hochst. ex. A. DC. | Ebenaceae | Feuilles | 33 ,26 | 20,16 |
| <i>C. brocchiana</i> Vis. | Euphorbiaceae | Tiges Feuillées | 45,8 | 12,4 |
| <i>S. erecta</i> P. B | Fabaceae | Tiges feuillées | 25,01 | 10,16 |
| <i>I. astragalina</i> DC. | Fabaceae | Tiges Feuillées | 25,28 | 11,82 |
| <i>A. ovalifolius</i> (Schum. Et Thonn.) J. Léonard. | Fabaceae | Plante entière | 15,44 | 10,72 |
| <i>C. podocarpa</i> DC. | Fabaceae | Feuilles | 27,6 | 19,78 |
| <i>T. lupinifolia</i> DC. | Fabaceae | Plante entière | 21,34 | 8,7 |
| <i>T. purpurea</i> (L.) Pers. | Fabaceae | Tiges feuillées | 18,52 | 11,34 |

| | | | | |
|------------------------------------|------------------|------------------------|-------|-------|
| <i>C. giganteus</i> Chiov. | Poaceae | Tiges + inflorescences | 27,96 | 5,92 |
| <i>H. spicigera</i> Lam. | Lamiaceae | Tiges + inflorescences | 23,7 | 9 |
| <i>O. basilicum</i> L. | Lamiaceae | Tiges feuillées | 34,3 | 11,12 |
| <i>O. americanum</i> L. | Lamiaceae | Partie aérienne | 16,62 | 7,56 |
| <i>Aloe vera</i> (L.) Burm.f. | Liliaceae | Feuillées fraîches | 4,06 | 1,18 |
| <i>Aloe vera</i> (L.) Burm.f. | Liliaceae | Feuillées sèches | 48,64 | 7,14 |
| <i>A. indica</i> A. Juss. | Meliaceae | Feuilles | 37,32 | 18,04 |
| <i>C. citratus</i> (DC.) | Poaceae | Feuilles | 13,78 | 13,67 |
| <i>X. nilotica</i> (Stapf.) | Rubiaceae | Racines | 28,42 | 15,86 |
| <i>C. sinensis</i> L. | Rutaceae | Péricarpes des fruits | 10,54 | 15,82 |
| <i>C. viscosa</i> L. | Cleomaceae | Tiges feuillées | 20,76 | 11,82 |
| <i>S. hermonthea</i> (Del.) Benth. | Scrophulariaceae | Plante entière | 17,18 | 12,44 |

Les rendements en extraits méthanoliques et aqueux obtenus par décoction sont résumés dans le Tableau II. Les meilleurs rendements ont été obtenus avec les extraits aqueux d'*Aloe vera* sec (48,64%), *Chrozophora brocchiana* (45,8%) et *Boscia senegalensis* (40,8%). Quant aux extraits méthanoliques, les meilleurs rendements ont été obtenus avec les échantillons de *Combretum micrantum* (22,46%), *Diospyros mespiliformis* (20,16%) et *Boscia senegalensis* (19,82%). Le faible rendement a été obtenu avec les feuilles fraîches d'*Aloe vera* 1,18% et 4,06% respectivement pour les extraits méthanoliques et aqueux.

Criblage phytochimique

Les résultats des tests phytochimiques effectués sur les différents échantillons des plantes sont regroupés dans le Tableau III.

Tableau III: Screening phytochimique des extraits aqueux et méthanoliques des différents échantillons de plante

| Espèces végétales | Saponosides | | Terpènes et stéroïdes | | Flavonoïdes | | Tanins | | Alcaloïdes | |
|---|-------------|----|-----------------------|----|-------------|----|--------|----|------------|----|
| | EA | EM | EA | EM | EA | EM | EA | EM | EA | EM |
| <i>L. hastata</i> (Pers.) Decne. | + | - | + | - | + | + | - | + | + | + |
| <i>B. senegalensis</i> (Pers.) Lam. Ex Poir. | + | + | - | - | - | - | - | - | + | + |
| <i>C. micrantum</i> G.Don. | + | + | + | + | + | + | + | - | + | + |
| <i>G. senegalensis</i> J.G. Gmel. | + | - | + | - | + | + | + | + | + | - |
| <i>M. balsamina</i> L. | + | + | + | + | - | - | - | - | + | + |
| <i>C. amabilis</i> Vahl. | - | + | + | + | + | + | + | + | + | - |
| <i>S. occidentalis</i> L. | + | + | - | + | - | + | + | - | + | + |

| | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <i>D. mespiliformis</i> Hochst. ex. A. DC. | + | + | - | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>C. brocchiana</i> Vis. | + | - | + | + | + | + | + | + | + | - |
| <i>S. erecta</i> P. B | + | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>I. astragalina</i> DC. | + | - | + | + | + | - | + | + | + | + |
| <i>A. ovalifolius</i> (Schum. Et Thonn.) J. Léonard. | + | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>C. podocarpa</i> DC. | + | + | + | - | + | + | + | + | + | + |
| <i>T. lupinifolia</i> DC. | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + |
| <i>T. purpurea</i> (L.) Pers. | + | - | - | - | + | + | + | + | - | + |
| <i>C. giganteus</i> Chiöv. | - | - | + | + | + | + | + | + | + | - |
| <i>H. spicigera</i> Lam. | - | - | + | + | + | - | + | + | + | + |
| <i>O. basilicum</i> L. | - | - | + | + | + | - | + | + | + | + |
| <i>O. americanum</i> L. | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>A. vera</i> (L.) Burm.f. | + | - | + | + | - | - | - | - | + | + |
| <i>A. indica</i> A. Juss. | + | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>C. citratus</i> (DC.) | - | - | + | + | + | + | + | + | + | - |
| <i>X. nilotica</i> (Stapf.) | + | + | + | + | - | - | + | - | + | + |
| <i>C. sinensis</i> L. | + | - | - | + | - | + | - | - | + | - |
| <i>C. viscosa</i> L. | + | + | + | + | + | + | - | - | + | + |
| <i>S. hermontheca</i> (Del.) Benth. | - | - | + | + | - | + | + | + | + | + |

+ : présence du groupe chimique - : absence du groupe chimique

EA: extrait aqueux et EM: extrait méthanolique

Les différentes familles chimiques mises en évidence dans les extraits aqueux et méthanoliques des différentes drogues sont présentés dans le Tableau III.

Il ressort de l'analyse de ce tableau que les saponosides, les terpènes stéroïdes, les flavonoïdes, les tanins et les alcaloïdes ont été caractérisés dans les extraits des 15 (quinze) espèces végétales. Il s'agit de *L. hastata* (Asclepiadaceae), *C. micranthum* (Combretaceae), *G. senegalensis* (Combretaceae), *A. ovalifolius* (Fabaceae), *I. astragalina* (Fabaceae), *S. erecta* (Fabaceae), *T. lupinifolia* (Fabaceae), *T. purpurea* (Fabaceae), *C. podocarpa* (Fabaceae), *C. amabilis* (Cyperaceae), *S. occidentalis* (Caesalpiniaceae), *D. mespiliformis* (Ebenaceae), *C. Brocchiana* (Euphorbiaceae), *O. americanum* (Lamiaceae) et *A. indica* (Meliaceae).

Les terpènes et stéroïdes, les flavonoïdes, les tanins et les alcaloïdes ont été révélés dans les échantillons de cinq(5) plantes à savoir, *H. spicigera* (Lamiaceae), *O. basilicum* (Lamiaceae), *S. hermontheca* (Scrophulariaceae), *C. giganteus* (Poaceae) et *C. citratus* (Poaceae). Ces derniers ne contiennent cependant pas des saponosides.

S'agissant des six (6) autres échantillons des plantes (*A. vera*, *M. balsamina*, *B. senegalensis*, *C. sinensis*, *C. viscosa* et *X. nilotica*), les résultats varient d'un échantillon à l'autre. Cependant il n'a été détecté que les saponosides, les terpènes et stéroïdes et les alcaloïdes dans *A. vera* (Liliaceae) et

M. balsamina (Cucurbitaceae). Seuls les saponosides et les alcaloïdes sont détectés dans *B. senegalensis* (Capparidaceae). Seuls les tanins n'ont pas été détectés dans *C. sinensis* (Rutaceae) et *C. viscosa* (Cleomaceae). *X. nilotica* (Rubiaceae) ne contient pas des flavonoïdes.

Activité larvicide

Les résultats de l'activité larvicide des différents extraits aqueux et méthanoliques des vingt-six (26) plantes testées sur les larves d'*Anophèles gambiae* s.l. sont présentés dans les tableaux IV, V, VI et VII.

Tableau IV: Taux de mortalité des larves d'*Anopheles gambiae* s.l. aux extraits méthanoliques à une concentration de 1g/L en 24h et 48h d'exposition

| Espèces végétales | Parties extraites | N | Mortalités(%) | |
|--|------------------------|---|---------------------------------|-------------------------------|
| | | | 24H | 48H |
| <i>L. hastata</i> (Pers.) Decne | Tiges Feuillées | 3 | 61,404 ± 3,039 ^{def} | 75,44 ± 3,04 ^{cdef} |
| <i>B. senegalensis</i> (Pers.) Lam. Ex Poir. | Feuilles | 3 | 24,561 ± 6,077 ^{ijk} | 45,61 ± 3,04 ^{ijk} |
| <i>C. micrantum</i> G.Don. | Feuilles | 3 | 47,368 ± 5,263 ^{fg} | 94,74 ± 5,26 ^{ab} |
| <i>G. senegalensis</i> J.G. Gmel. | Feuilles | 3 | 45,614 ± 3,039 ^g | 50,88 ± 3,04 ^{hijk} |
| <i>M. balsamina</i> L. | Tiges Feuillées | 3 | 84,211 ± 5,263 ^a | 100,00 ± 0,00 ^a |
| <i>C. amobilis</i> Vahl. | Plante entière | 3 | 40,351 ± 3,039 ^{gh} | 45,61 ± 3,04 ^{ijk} |
| <i>S. occidentalis</i> L. | Tiges Feuillées | 3 | 87,719 ± 3,039 ^a | 98,25 ± 3,04 ^{ab} |
| <i>D. mespiliformis</i> Hochst. ex. A. DC. | Feuilles | 3 | 8,772 ± 3,039 ^{lm} | 80,70 ± 10,96 ^{bcde} |
| <i>C. brocchiana</i> Vis. | Tiges Feuillées | 3 | 22,807 ± 10,956 ^{ijkl} | 36,84 ± 5,26 ^{klm} |
| <i>S. erecta</i> P. B | Tiges feuillées | 3 | 78,947 ± 0,000 ^{ab} | 91,23 ± 8,04 ^{abc} |
| <i>I. astragalina</i> DC. | Tiges Feuillées | 3 | 45,614 ± 8,040 ^g | 49,12 ± 10,96 ^{hijk} |
| <i>A. ovalifolius</i> (Schum. Et Thonn.) J. Léonard. | Plante entière | 3 | 45,614 ± 8,040 ^g | 64,91 ± 8,04 ^{efgh} |
| <i>C. podocarpa</i> DC. | Feuilles | 3 | 0,000 ± 0,000 ^m | 40,35 ± 3,04 ^{ijkl} |
| <i>T. lupinifolia</i> DC. | Plante entière | 3 | 77,193 ± 3,039 ^{abc} | 84,21 ± 9,12 ^{abcd} |
| <i>T. purpurea</i> (L.) Pers. | Tiges feuillées | 3 | 63,158 ± 5,263 ^{cde} | 71,93 ± 6,08 ^{defg} |
| <i>C. giganteus</i> Chiov. | Tiges + inflorescences | 3 | 14,035 ± 3,039 ^{klm} | 26,32 ± 9,12 ^{lmn} |
| <i>H. spicigera</i> Lam. | Tiges + inflorescences | 3 | 12,281 ± 3,039 ^{klm} | 19,30 ± 3,04 ^{mn} |
| <i>O. basilicum</i> L. | Tiges feuillées | 3 | 66,667 ± 3,039 ^{bcd} | 98,25 ± 3,04 ^{ab} |
| <i>O. americanum</i> L. | Partie aérienne | 3 | 22,807 ± 3,039 ^{ijkl} | 36,84 ± 10,53 ^{klm} |
| <i>A. vera</i> (L.) Burm.f. | Feuilles fraîches | 3 | 1,754 ± 3,039 ^m | 15,79 ± 0,00 ^{no} |
| <i>A. vera</i> (L.) Burm.f. | Feuilles sèches | 3 | 49,123 ± 3,039 ^{efg} | 59,65 ± 3,04 ^{fghi} |
| <i>A. indica</i> A. Juss. | Feuilles | 3 | 42,105 ± 5,263 ^{gh} | 89,47 ± 5,26 ^{abcd} |
| <i>C. citratus</i> (DC.) | Feuilles | 3 | 35,088 ± 6,077 ^{ghi} | 56,14 ± 3,04 ^{ghij} |

| | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------|---|-------------------------------|------------------------------|
| <i>X. nilotica</i> (Stapf.) | Racines | 3 | 85,965 ± 3,039 ^a | 100,00 ± 0,00 ^a |
| <i>C. sinensis</i> L. | Péricarpes des fruits | 3 | 28,070 ± 8,040 ^{hij} | 35,09 ± 3,04 ^{klm} |
| <i>C. viscosa</i> L. | Tiges feuillées | 3 | 12,281 ± 3,039 ^{klm} | 21,05 ± 0,00 ^{mn} |
| <i>S. hermontheca</i> (Del.) Benth. | Plante entière | 3 | 77,193 ± 3,039 ^{abc} | 87,72 ± 3,04 ^{abcd} |
| Control (eau du puits) | | 3 | 0,000 ± 0,000 ^m | 0,00 ± 0,00 ^o |

Les moyennes situées dans la même colonne et suivies de lettres identiques ne diffèrent pas statistiquement (Test PLSD de Tukey $p < 0.05$).

L'activité larvicide des extraits méthanoliques observée à une concentration de 1g/L après 24h d'exposition s'est maintenue à des proportions faibles (Tableau IV) pour toutes les espèces végétales. On constate aussi que l'activité larvicide pour tous les échantillons des plantes augmente avec le temps d'exposition. Les espèces végétales de la famille de Fabaceae (*A. ovalifolius*, *I. astragalina*, *S. erecta*, *T. lupinifolia*, *T. purpurea* *C. podocarpa*) l'une des familles les plus citées ont montré un effet moyen vis-à-vis des larves d'*Anopheles gambiae* après 48h d'exposition. Seuls *Momordica balsamina* (Cucurbitaceae) et *Xeromphis nilotica* (Rubiaceae) ont une efficacité de 100% après 48h d'exposition.

Tableau V : Taux de mortalité des larves d'*Anopheles gambiae* s.l. aux extraits méthanoliques à une concentration de 2g/L en 24h et 48h d'exposition

| Espèces végétales | Parties extraites | N | Mortalités(%) | |
|--|------------------------|---|-----------------------------|-------------------------------|
| | | | 24H | 48H |
| <i>L. hastata</i> (Pers.) Decne | Tiges Feuillées | 3 | 68,42 ± 5,26 ^{de} | 85,96 ± 3,04 ^{bcd} |
| <i>B. senegalensis</i> (Pers.) Lam. Ex Poir. | Feuilles | 3 | 68,42 ± 0,00 ^{de} | 77,19 ± 3,04 ^{de} |
| <i>C. micrantum</i> G.Don. | Feuilles | 3 | 59,65 ± 13,25 ^{ef} | 96,49 ± 3,04 ^{ab} |
| <i>G. senegalensis</i> J.G. Gmel. | Feuilles | 3 | 50,88 ± 3,04 ^f | 66,67 ± 3,04 ^{ef} |
| <i>M. balsamina</i> L. | Tiges Feuillées | 3 | 100,00 ± 0,00 ^a | 100,00 ± 0,00 ^a |
| <i>C. amobilis</i> Vahl. | Plante entière | 3 | 50,88 ± 6,08 ^f | 63,16 ± 0,00 ^{fg} |
| <i>S. occidentalis</i> L. | Tiges Feuillées | 3 | 100,00 ± 0,00 ^a | 100,00 ± 0,00 ^a |
| <i>D. mespiliformis</i> Hochst. ex. A. DC. | Feuilles | 3 | 17,54 ± 3,04 ^{hi} | 98,25 ± 3,04 ^{ab} |
| <i>C. brocchiana</i> Vis. | Tiges Feuillées | 3 | 59,65 ± 10,96 ^{ef} | 61,40 ± 3,04 ^{fgh} |
| <i>S. erecta</i> P. B | Tiges feuillées | 3 | 85,96 ± 6,08 ^{abc} | 96,49 ± 3,04 ^{ab} |
| <i>I. astragalina</i> DC. | Tiges Feuillées | 3 | 47,37 ± 0,00 ^{fg} | 54,39 ± 12,15 ^{fghi} |
| <i>A. ovalifolius</i> (Schum. Et Thonn.) J. Léonard. | Plante entière | 3 | 85,96 ± 6,08 ^{abc} | 92,98 ± 3,04 ^{abc} |
| <i>C. podocarpa</i> DC. | Feuilles | 3 | 0,00 ± 0,00 ^j | 49,12 ± 3,04 ^{hi} |
| <i>T. lupinifolia</i> DC. | Plante entière | 3 | 85,96 ± 6,08 ^{abc} | 89,47 ± 5,26 ^{abcd} |
| <i>T. purpurea</i> (L.) Pers. | Tiges feuillées | 3 | 80,70 ± 8,04 ^{bcd} | 89,47 ± 0,00 ^{abcd} |
| <i>C. giganteus</i> Chiov. | Tiges + inflorescences | 3 | 33,33 ± 3,04 ^{gh} | 43,86 ± 8,04 ^{ij} |

| | | | | |
|-------------------------------------|------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|
| <i>H. spicigera</i> Lam. | Tiges + inflorescences | 3 | 45,61 ± 3,04 ^{fg} | 77,19 ± 3,04 ^{de} |
| <i>O. basilicum</i> L. | Tiges feuillées | 3 | 100,00 ± 0,00 ^a | 100,00 ± 0,00 ^a |
| <i>O. americanum</i> L. | Partie aérienne | 3 | 33,33 ± 6,08 ^{gh} | 50,88 ± 8,04 ^{ghi} |
| <i>A. vera</i> (L.) Burm.f. | Feuilles fraîches | 3 | 22,81 ± 3,04 ^{hi} | 52,63 ± 0,00 ^{ghi} |
| <i>A. vera</i> (L.) Burm.f. | Feuilles seches | 3 | 70,18 ± 3,04 ^{de} | 82,46 ± 3,04 ^{cd} |
| <i>A. indica</i> A. Juss. | Feuilles | 3 | 71,93 ± 3,04 ^{cde} | 91,23 ± 6,08 ^{abc} |
| <i>C. citratus</i> (DC.) | Feuilles | 3 | 80,70 ± 3,04 ^{bcd} | 96,49 ± 3,04 ^{ab} |
| <i>X. nilotica</i> (Stapf.) | Racines | 3 | 94,74 ± 0,00 ^{ab} | 100,00 ± 0,00 ^a |
| <i>C. sinensis</i> L. | Péricarpes des fruits | 3 | 66,67 ± 6,08 ^{de} | 100,00 ± 0,00 ^a |
| <i>C. viscosa</i> L. | Tiges feuillées | 3 | 15,79 ± 0,00 ⁱ | 33,33 ± 3,04 ^j |
| <i>S. hermontheca</i> (Del.) Benth. | Plante entière | 3 | 94,74 ± 0,00 ^{ab} | 100,00 ± 0,00 ^a |
| Control (eau du puits) | | 3 | 0,00 ± 0,00 ^j | 0,00 ± 0,00 ^k |

Les moyennes situées dans la même colonne et suivies de lettres identiques ne diffèrent pas statistiquement (Test PLSD de Tukey $p < 0.05$).

Une forte activité larvicide a été observée après 24 h d'exposition des larves à la concentration de 2g/L des extraits méthanoliques des différents échantillons de plante (Tableau V). En moyenne, la mortalité observée est supérieure à 50%. Seuls *Senna occidentalis* (Caesalpiniaceae), *Momordica balsamina* (Cucurbitaceae) et *Ocimum basilicum* (Liliaceae) ont montré une mortalité de 100%. Cette activité larvicide est plus importante après 48h. Après 48h d'exposition, cinq espèces végétales ont montré une activité larvicide (100%) vis-à-vis des larves d'*Anopheles gambiae* s.l. il s'agit de *Senna occidentalis* (Caesalpiniaceae), *Momordica balsamina* (Cucurbitaceae), *Ocimum basilicum* (Lamiaceae), *Citrus sinensis* (Rutaceae), *Striga hermontheca* (Scrophulariaceae), et *Xeromphis nilotica* (Rubiaceae). Ces résultats montrent que l'activité larvicide des extraits méthanoliques augmente avec la concentration et le temps d'incubation.

Tableau VI : Taux de mortalité des larves d'*Anopheles gambiae* s.l. aux extraits aqueux à une concentration de 2g/L en 24h et 48h d'exposition

| Espèces végétales | Parties extraites | N | Mortalités(%) | |
|--|-------------------|---|-------------------------------|-----------------------------|
| | | | 24H | 48H |
| <i>L. hastata</i> (Pers.) Decne | Tiges Feuillées | 3 | 0,00 ± 0,00 ^j | 56,14 ± 3,04 ^{efg} |
| <i>B. senegalensis</i> (Pers.) Lam. Ex Poir. | Feuilles | 3 | 31,58 ± 0,00 ^{cde} | 56,14 ± 3,04 ^{efg} |
| <i>C. micranthum</i> G.Don. | Feuilles | 3 | 63,16 ± 0,00 ^b | 94,74 ± 0,00 ^{abc} |
| <i>G. senegalensis</i> J.G. Gmel. | Feuilles | 3 | 12,28 ± 3,04 ^{fghij} | 40,35 ± 3,04 ^{hij} |
| <i>M. balsamina</i> L. | Tiges Feuillées | 3 | 8,77 ± 3,04 ^{ghij} | 21,05 ± 0,00 ^{kl} |
| <i>C. amobilis</i> Vahl. | Plante entière | 3 | 40,35 ± 12,15 ^c | 84,21 ± 5,26 ^{bcd} |
| <i>S. occidentalis</i> L. | Tiges Feuillées | 3 | 35,09 ± 3,04 ^{cd} | 94,74 ± 5,26 ^{abc} |
| <i>D. mespiliformis</i> Hochst. ex. A. DC. | Feuilles | 3 | 10,53 ± 0,00 ^{ghij} | 96,49 ± 6,08 ^{ab} |

| | | | | |
|--|------------------------|---|------------------------------|------------------------------|
| <i>C. brocchiana</i> Vis. | Tiges Feuillées | 3 | 21,05 ± 5,26 ^{efg} | 45,61 ± 3,04 ^{ghi} |
| <i>S. erecta</i> P. B | Tiges feuillées | 3 | 24,56 ± 6,08 ^{def} | 98,25 ± 3,04 ^{ab} |
| <i>I. astragalina</i> DC. | Tiges Feuillées | 3 | 31,58 ± 9,12 ^{cde} | 56,14 ± 6,08 ^{efg} |
| <i>A. ovalifolius</i> (Schum. Et Thonn.) J. Léonard. | Plante entière | 3 | 3,33 ± 2,89 ^{hij} | 42,11 ± 5,26 ^{ghij} |
| <i>C. podocarpa</i> DC. | Feuilles | 3 | 91,23 ± 3,04 ^a | 100,00 ± 0,00 ^a |
| <i>T. lupinifolia</i> DC. | Plante entière | 3 | 15,79 ± 9,12 ^{fgh} | 80,70 ± 8,04 ^{cd} |
| <i>T. purpurea</i> (L.) Pers. | Tiges feuillées | 3 | 7,02 ± 3,04 ^{hij} | 10,53 ± 9,12 ^{lm} |
| <i>C. giganteus</i> Chiov. | Tiges + inflorescences | 3 | 21,05 ± 5,26 ^{efg} | 84,21 ± 5,26 ^{bcd} |
| <i>H. spicigera</i> Lam. | Tiges + inflorescences | 3 | 40,35 ± 3,04 ^c | 49,12 ± 3,04 ^{fgh} |
| <i>O. basilicum</i> L. | Tiges feuillées | 3 | 0,00 ± 0,00 ^j | 33,33 ± 8,04 ^{ijk} |
| <i>O. americanum</i> L. | Partie aérienne | 3 | 14,04 ± 3,04 ^{fghi} | 43,86 ± 6,08 ^{ghi} |
| <i>A. vera</i> (L.) Burm.f. | Feuilles fraîches | 3 | 1,75 ± 3,04 ^{ij} | 80,70 ± 3,04 ^{cd} |
| <i>A. vera</i> (L.) Burm.f. | Feuilles sèches | 3 | 0,00 ± 0,00 ^j | 28,07 ± 8,04 ^{jk} |
| <i>A. indica</i> A. Juss. | Feuilles | 3 | 29,82 ± 3,04 ^{cde} | 91,23 ± 3,04 ^{abc} |
| <i>C. citratus</i> (DC.) | Feuilles | 3 | 56,14 ± 3,04 ^b | 70,18 ± 3,04 ^{de} |
| <i>X. nilotica</i> (Stapf.) | Racines | 3 | 98,25 ± 3,04 ^a | 100,00 ± 0,00 ^a |
| <i>C. sinensis</i> L. | Péricarpes des fruits | 3 | 0,00 ± 0,00 ^j | 7,02 ± 3,04 ^{lm} |
| <i>C. viscosa</i> L. | Tiges feuillées | 3 | 66,67 ± 3,04 ^b | 94,74 ± 5,26 ^{abc} |
| <i>S. hermonthea</i> (Del.) Benth. | Plante entière | 3 | 33,33 ± 3,04 ^{cde} | 63,16 ± 5,26 ^{ef} |
| Control (eau du puits) | | 3 | 0,00 ± 0,00 ^j | 0,00 ± 0,00 ^m |

Les moyennes situées dans la même colonne et suivies de lettres identiques ne diffèrent pas Statistiquement (Test PLSD de Tukey $p < 0.05$).

Les extraits aqueux à une concentration de 2g/L présentent une activité larvicide après 24h d'exposition, qui se maintient en moyenne à des proportions très faibles (Tableau VI). Après 24h d'exposition seules trois (3) espèces végétales ont montré une activité supérieure à 50%, il s'agit de *Crotalaria podocarpa* (Fabaceae), *Xeromphis nilotica* (Rubiaceae) et *Cymbopogon citratus* (Poaceae). On constate que l'activité larvicide augmente avec le temps; cependant *Crotalaria podocarpa* (Fabaceae), et *Xeromphis nilotica* (Rubiaceae) ont une efficacité de 100% après 48h d'exposition.

Tableau VII : Taux de mortalité des larves d'*Anopheles gambiae* s.l. aux extraits aqueux à une concentration de 3g/L en 24h et 48h d'exposition

| Espèces végétales | Parties extraites | N | Mortalités(%) | |
|--|------------------------|---|------------------------------|-----------------------------|
| | | | 24H | 48H |
| <i>L. hastata</i> (Pers.) Decne | Tiges Feuillées | 3 | 14,04 ± 10,96 ^{lmn} | 68,42 ± 0,00 ^{ef} |
| <i>B. senegalensis</i> (Pers.) Lam. Ex Poir. | Feuilles | 3 | 57,89 ± 5,26 ^{cde} | 73,68 ± 5,26 ^{de} |
| <i>C. micrantum</i> G.Don. | Feuilles | 3 | 70,18 ± 3,04 ^{bc} | 100,00 ± 0,00 ^a |
| <i>G. senegalensis</i> J.G. Gmel. | Feuilles | 3 | 45,61 ± 3,04 ^{efgh} | 68,42 ± 9,12 ^{ef} |
| <i>M. balsamina</i> L. | Tiges Feuillées | 3 | 22,81 ± 3,04 ^{ijkl} | 49,12 ± 3,04 ^{gh} |
| <i>C. amobilis</i> Vahl. | Plante entière | 3 | 54,39 ± 3,04 ^{def} | 92,98 ± 6,08 ^{ab} |
| <i>S. occidentalis</i> L. | Tiges Feuillées | 3 | 45,61 ± 3,04 ^{efgh} | 98,25 ± 3,04 ^{ab} |
| <i>D. mespiliformis</i> Hochst. ex. A. DC. | Feuilles | 3 | 14,04 ± 3,04 ^{lmn} | 100,00 ± 0,00 ^a |
| <i>C. brocchiana</i> Vis. | Tiges Feuillées | 3 | 42,11 ± 5,26 ^{fghi} | 56,14 ± 8,04 ^{fg} |
| <i>S. erecta</i> P. B | Tiges feuillées | 3 | 29,82 ± 3,04 ^{ijk} | 100,00 ± 0,00 ^a |
| <i>I. astragalina</i> DC. | Tiges Feuillées | 3 | 33,33 ± 3,04 ^{hijk} | 78,95 ± 5,26 ^{cde} |
| <i>A. ovalifolius</i> (Schum. Et Thonn.) J. Léonard. | Plante entière | 3 | 8,77 ± 3,04 ^{lmn} | 68,42 ± 0,00 ^{ef} |
| <i>C. podocarpa</i> DC. | Feuilles | 3 | 100,00 ± 0,00 ^a | 100,00 ± 0,00 ^a |
| <i>T. lupinifolia</i> DC. | Plante entière | 3 | 36,84 ± 9,12 ^{ghij} | 87,72 ± 3,04 ^{abc} |
| <i>T. purpurea</i> (L.) Pers. | Tiges feuillées | 3 | 19,30 ± 6,08 ^{klm} | 33,33 ± 3,04 ⁱ |
| <i>C. giganteus</i> Chiov. | Tiges + inflorescences | 3 | 33,33 ± 3,04 ^{hijk} | 89,47 ± 5,26 ^{abc} |
| <i>H. spicigera</i> Lam. | Tiges + inflorescences | 3 | 45,61 ± 3,04 ^{efgh} | 70,18 ± 6,08 ^e |
| <i>O. basilicum</i> L. | Tiges feuillées | 3 | 0,00 ± 0,00 ^a | 42,11 ± 5,26 ^{hi} |
| <i>O. americanum</i> L. | Partie aérienne | 3 | 47,37 ± 0,00 ^{efgh} | 98,25 ± 3,04 ^{ab} |
| <i>A. vera</i> (L.) Burm.f. | Feuilles fraîches | 3 | 5,26 ± 5,26 ^{mn} | 100,00 ± 0,00 ^a |
| <i>A. vera</i> (L.) Burm.f. | Feuilles sèches | 3 | 1,75 ± 3,04 ^a | 42,11 ± 5,26 ^{hi} |
| <i>A. indica</i> A. Juss. | Feuilles | 3 | 42,11 ± 9,12 ^{fghi} | 96,49 ± 6,08 ^{ab} |
| <i>C. citratus</i> (DC.) | Feuilles | 3 | 63,16 ± 5,26 ^{bc} | 100,00 ± 0,00 ^a |
| <i>X. nilotica</i> (Stapf.) | Racines | 3 | 100,00 ± 0,00 ^a | 100,00 ± 0,00 ^a |
| <i>C. sinensis</i> L. | Péricarpes des fruits | 3 | 5,26 ± 0,00 ^{mn} | 85,96 ± 3,04 ^{bcd} |
| <i>C. viscosa</i> L. | Tiges feuillées | 3 | 78,95 ± 9,12 ^b | 100,00 ± 0,00 ^a |
| <i>S. hermonthea</i> (Del.) Benth. | Plante entière | 3 | 50,88 ± 3,04 ^{defg} | 100,00 ± 0,00 ^a |
| Control (eau du puits) | | 3 | 0,00 ± 0,00 ^a | 0,00 ± 0,00 ^j |

Les moyennes situées dans la même colonne et suivies de lettres identiques ne diffèrent pas statistiquement (Test PLSD de Tukey p<0.05).

Les extraits aqueux à une concentration de 3g/L ont présenté une importante activité larvicide après 48h d'exposition. Par ailleurs, après 24h d'exposition, une efficacité de 100% a été trouvée avec uniquement *Crotalaria podocarpa* (Fabaceae) et *Xeromphis nilotica* (Rubiaceae). Par contre, à 48h en moyenne tous les échantillons ont montré une efficacité supérieure à 50%. Seuls *Crotalaria podocarpa* (Fabaceae), *Xeromphis nilotica* (Rubiaceae), *Diospyros mespiliformis* (Ebenaceae), *Cymbopogon citratus* (Poaceae), *Cleome viscosa* (Cleomaceae) et *Combretum micrantum* (Combretaceae) ont montré une activité larvicide de 100% après 48h.

Discussion

L'étude phytochimique réalisée sur les extraits aqueux et méthanoliques de 26 plantes utilisées dans la présente étude, montre la présence des saponosides, terpènes stérols, flavonoïdes, tanins et alcaloïdes dans la majorité des échantillons. Ces résultats confirment plusieurs études antérieures. Parmi ces études, on peut citer celles de Thomas, 2012, Umaru *et al.*, 2018 qui ont montré la présence de saponosides, terpènes stérols, flavonoïdes, tanins et alcaloïdes dans l'échantillon de *L. hastata*.

Les études de Bréhima, (2008); Arima, (2005), ont mis en évidence la présence des alcaloïdes, saponosides, tanins et terpènes stérols dans l'échantillon de *M. balsamina*. Des études réalisées sur *S. occidentalis* ont montré la présence des saponosides, des terpènes stérols, des flavonoïdes, des tanins et alcaloïdes (Saganuwan et Gulumbe, 2006; Al-Snafi, 2015).

Adzu *et al.* (2008), rapportent la présence des alcaloïdes, flavonoïdes, saponosides et terpènes dans l'échantillon de *X. nilotica*. Des études réalisées par Wanjala et Majinda. (1999); Pilbeam *et al.* (1979); Gafar *et al.* (2010), montrent la présence des alcaloïdes, flavonoïdes dans l'échantillon de *C. podocarpa*. Toutes ces études corroborent les résultats des tests phytochimiques effectués dans cette présente étude.

Par ailleurs l'étude de l'activité larvicide a montré un effet dose dépendant des extraits aqueux et méthanoliques des différents échantillons des plantes vis-à-vis des larves d'*Anopheles gambiae*.

En effet les extraits aqueux, même après 24H d'exposition le taux de mortalité est faible en moyenne inférieur à 50% pour toutes les concentrations sauf chez *Crotalaria podocarpa* et *Xeromphis nilotica* où la mortalité a été de 100 %.

Les taux de mortalité des larves augmentent dans le même sens que la concentration des extraits et le temps d'exposition. Cependant après 48h d'exposition l'activité larvicide des extraits aqueux était plus importante, une mortalité de 100 % a été observée avec six espèces végétales à savoir *Crotalaria podocarpa*, *Xeromphis nilotica*, *Diospyros mespiliformis*, *Cymbopogon citratus*, *Cleome viscosa* et *Combretum micrantum*.

Les extraits méthanoliques ont montré un effet dose dépendant. Pour ces extraits méthanoliques une mortalité supérieure à 50% en moyenne a été observée après 24 H d'exposition. Une mortalité de 100% a été observé après 24h d'exposition à une concentration 2g/L avec *Senna occidentalis*, *Momordica balsamina* et *Ocimum basilicum*. Par contre aucun extrait méthanolique n'a montré une efficacité de 100% après 24h à une concentration de 1g/L. Après 48h d'exposition, les extraits méthanoliques de *Cassia occidentalis*, *Momordica balsamina*, *Ocimum basilicum*, *Citrus sinensis*, *Striga hermontheca*, et *Xeromphis nilotica* ont montré une mortalité de 100%.

Une faible activité larvicide a été observée d'une part avec les extraits méthanoliques de *Crotalaria podocarpa* et *Aloe vera* et d'autre part avec les extraits aqueux de *Citrus sinensis*, *Ocimum basilicum* et *Aloe vera*.

L'efficacité des extraits aqueux est en général faible comparativement à celle du méthanol comme l'attestent certaines études réalisées par plusieurs auteurs (Bréhima, 2008; Chansang *et al.*, 2005).

Des résultats similaires ont été rapportés par plusieurs auteurs. Cependant les extraits aqueux de *Azadirachta indica*, *Cymbopogon citratus* et *striga hermonthica* ont montré une mortalité moyenne vis-à-vis des larves d'*Anopheles gambiae* et *Culex quinquefasciatus* (Ebe *et al.*, 2015; Abdullahi *et al.*, 2011; Obomanu *et al.*, 2006). Au Soudan, les extraits aqueux des écorces de racine de *Xeromphis nilitica* ont montrés une activité larvicide sur les larves d'*Anopheles arabiensis* (Farid *et al.*, 2002). En Ethiopie, Karunamoorthi et Ilango (2010), rapportent l'effet larvicide d'extrait méthanolique de *Cymbopogon Citratus* sur *Anopheles arabiensis*.

L'activité larvicide observée avec les différents extraits des plantes pourrait être liée en leur teneur en métabolites secondaires détectés. En effet, l'activité insecticide des métabolites secondaires révélés dans les différents échantillons des plantes utilisées dans la présente étude ont été rapportées par plusieurs auteurs.

Les propriétés insecticides des terpènes stérols sont rapportées (Shalan *et al.*, 2006; Kovendan et Murugan, 2011; Bruneton, 1999, 2009; Ngamo et Hance, 2007 ; Raymond *et al.*, 2011; Konno, 2011; Fraga *et al.*, 2005; Muñoz *et al.*, 2013; Chen *et al.*, 2008; Pungitore *et al.*, 2005). Les alcaloïdes constituent une classe des métabolites secondaires doués des propriétés insecticides (Núñez *et al.*, 2004; Miller *et al.*, 1983; Kaga, 1998; Pelletier, 2001). L'effet insecticide de tanins un des groupes chimiques révélés dans la présente étude a été rapporté (Raymond *et al.*, 2011; Vandenborre *et al.*, 2011; Meric, 2005). Ces groupes chimiques pourraient justifier non seulement l'utilisation traditionnelle de ces plantes mais aussi l'importante activité larvicide observée après 48h d'exposition vis-à-vis des larves d'*Anopheles gambiae* s.l.

Conclusion

L'utilisation des insecticides de synthèse, pour la lutte préventive contre le paludisme, est à l'origine de nombreux cas de résistance chez les moustiques. Dans ce contexte, le recours à des molécules naturelles aux propriétés insecticides ou insectifuges biodégradables et donc plus respectueux de l'environnement et de l'écosystème, se révèle être une démarche alternative à l'emploi des insecticides de synthèse.

Dans la présente étude, l'activité larvicide des extraits aqueux et méthanoliques de vingt-six (26) plantes a été évalué sur les larves d'*Anopheles gambiae*. Il ressort de l'étude que, onze (11) plantes ont présenté une excellente activité larvicide vis-à-vis des larves d'*Anopheles gambiae* après 48h d'exposition.

Il s'agit de *Senna occidentalis*, *Momordica balsamina*, *Ocimum basilicum*, *Citrus sinensis*, *Striga hermontheca*, *Xeromphis nilotica*, *Crotalaria podocarpa*, *Diospyros mespiliformis*, *Cymbopogon citratus*, *Cleome viscosa* et *Combretum micrantum*. Parmi ces plantes, seules *Crotalaria podocarpa*, *Momordica balsamina*, *Senna occidentalis*, *Ocimum basilicum* et *Xeromphis nilotica* ont montré une mortalité totale (100%) après 24h d'exposition.

Ces résultats pourraient être utilisés dans la formulation de nouveaux biopesticides. En perspectives, nous comptons effectuer un fractionnement bio guidé sur les extraits des plantes les plus actives.

References:

1. Abbott, W. S.(1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*,.18(2), 265-267.
2. Abdullahi, K., Abubakar, M. G., Umar, R. A., Gwarzo, M. S., Muhammad, M., & Ibrahim, H. M. (2011). Studies on the larvicidal efficacy of aqueous extracts of *Striga hermonthica* (Delile) Benth and *Mitracarpus scaber* (Zucc) on *Culex quinquefasciatus* (culicidae) mosquito larvae. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(21), 5321-5323.
3. Adzu, B., Amizan, M. B., & Okhale, S. E. (2014). Evaluation of antinociceptive and anti-inflammatory activities of standardised root bark extract of *Xeromphis nilotica*. *Journal of ethnopharmacology*, 158, 271-275.
4. Al-Snafi, A. E. (2015). The therapeutic importance of *Senna occidentalis*-An overview. *Indian Journal of Pharmaceutical Science & Research*, 5(3), 158-171.
5. Arima O. M. (2005). Etude Phytochimique Et De L'activité Antipaludique *In Vivo* et *In Vitro* de *Momordica balsamina* Linn. (Cucurbitaceae). *Thèse de Pharmacie*. Université de Bamako. 129p

6. Bréhima, D. (2008). La susceptibilité des larves d'*Anopheles gambiae s.l.* a des extraits de plantes médicinales du mali. Thèse de doctorat d'Etat. Université de Bamako, 132p.
7. Bruneton J., (1999). *Pharmiognosie , phytochimie* Plantes médicinales, 2eme éd.: Éditions médicales internationales, Tec et Doc Lavoisier, Paris, 1120 p.
8. Bruneton J. (2009). *Pharmacognosie- Phytochimie, Plantes Médicinales* (4e éd., revue et augmentée). Tec & Doc: Paris; 1288 p.
9. Chansang, U., Zahiri, N. S., Bansiddhi, J., Boonruad, T., Thongsrirak, P., Mingmuang, J. & Mulla, M. S. (2005). Mosquito larvicidal activity of aqueous extracts of long pepper (*Piper retrofractum* Vahl) from Thailand. *Journal of Vector Ecology.*, 30(2), 195.
10. Chen, I. H., Du, Y. C., Lu, M. C., Lin, A. S., Hsieh, P. W., Wu, C. C. & Wu, Y. C. (2008). Lupane-type triterpenoids from *Microtropis fokienensis* and *Perrottetia arisanensis* and the apoptotic effect of 28-hydroxy-3-oxo-lup-20 (29)-en-30-al. *Journal of natural products*, 71(8), 1352-1357.
11. Ebe, T. E, Ifeyinwa M., Roselyn F. N., Chinedu I., and Onuoha E. (2015). Larvicidal Effect of *Cymbopogon Citratus* Root and Leaf on the First Instar Larval Stage of *Anopheles Gambiae* , *Culex Quinquefasciatus* and *Aedes Eagypti.*, *Journal of Environmental Toxicology and Public Health*, 1 (1): 41–43.
12. Farid, H. A., Kunert, O., Haslinger, E., & Seger, C. (2002). Isolation and structure elucidation of iridoide and coumarin derivatives from *Xeromphis nilotica* (Rubiaceae). *Monatshefte für Chemie/Chemical Monthly*, 133(11), 1453-1458.
13. Fraga, B. M., Díaz, C. E., Guadaño, A., & González-Coloma, A. (2005). Diterpenes from *Salvia broussonetii* transformed roots and their insecticidal activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(13), 5200-5206.
14. Ginet, R., Roux A .L. (1989). Les plans d'organisation du règne animal - 3e édition, Paris 6: éditions Doin, 247 p.
15. Gafar, M. K., Hassan, L. G., Dangoggo, S. M., & Itodo, A. U. (2010). Amino acid estimation and phytochemical screening of *Indigofera astragolina* leaves. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2(5), 277-285.
16. Ghislain, K. (2013). Caractérisation chimique et utilisation des bio-pesticides d'origine végétale dans la lutte contre le paludisme. Master ès Sciences et techniques, Université Marien Nguouabi, Faculté des sciences et techniques, 40p.
17. Harborne, J. B. (1998). A guide to modern techniques of plant analysis. Springer, 3rd Edn, India (New Delhi), 5-32p.

18. Kaga, A., & Ishimoto, M. (1998). Genetic localization of a bruchid resistance gene and its relationship to insecticidal cyclopeptide alkaloids, the vignatic acids, in mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *Molecular and General Genetics MGG*, 258(4), 378-384.
19. Karunamoorthi, K., & Ilango, K. (2010). Larvicidal activity of *Cymbopogon citratus*. *European review for medical and pharmacological sciences*, 14, 57-62.
20. Konno K. (2011). Plant latex and other exudates as plant defense systems: Roles of various defense chemicals and proteins contained therein. *Phytochemistry*, 72(13): 1510– 1530.
21. Kovendan, K., & Murugan, K. (2011). Effect of medicinal plants on the mosquito vectors from the different agroclimatic regions of Tamil Nadu, India. *Advances in Environmental Biology*, 335-345.
22. Mamadou M. B. (2010). Utilisation du *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) dans le cadre du contrôle des vecteurs du paludisme en milieu rural de Banambani et de N'Gabakoro droit au MALI. Thèse de doctorat d'Etat. Université de Bamako, 89p.
23. Manimaran, A., Cruz, M. M. J. J., Muthu, C., Vincent, S., & Ignacimuthu, S. (2012). Larvicidal and knockdown effects of some essential oils against *Culex quinquefasciatus* Say, *Aedes aegypti* (L.) and *Anopheles stephensi* (Liston). *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 3(07), 855.
24. Meric K. (2005). Études sur les composés polyphénoliques en relation avec l'alimentation de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)). Thèse de Doctorat, Sciences Forestières, Univ. Laval.
25. Miller, J. S., & Feeny, P. (1983). Effects of benzyloquinoline alkaloids on the larvae of *polyphagous Lepidoptera*. *oecologia journal*, 58(3), 332-339.
26. Muñoz, E., Escalona, D., Salazar, J. R., Alarcon, J., & Céspedes, C. L. (2013). Insect growth regulatory effects by diterpenes from *Calceolaria talcana* Grau & Ehrhart (Calceolariaceae: Scrophulariaceae) against *Spodoptera frugiperda* and *Drosophila melanogaster*. *Industrial crops and products*, 45, 283-292.
27. Ngamo, L. S. T., Hance, T. (2007). Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. *Tropicultura*, 25(4): 215-220.
28. Núñez, M. J., Guadaño, A., Jiménez, I. A., Ravelo, A. G., González-Coloma, A., & Bazzocchi, I. L. (2004). Insecticidal Sesquiterpene Pyridine Alkaloids from *Maytenus chiapensis*. *Journal of Natural Products*, 67(1), 14-18.

29. Obomanu, F., Ogbalu, O. K., Gabriel, U. U., Fekarurhobo, G. K., & Adediran, B. I., (2006). Larvicidal properties of *Lepidagathis alopecuroides* and *Azadirachta indica* on *Anopheles gambiae* and *Culex quinquefasciatus*. *African Journal of Biotechnology*, 5(9). 761–65.
30. OMS. (1985). Bioassay method for the titration of *Bacillus sphaericus*: consultation on the developpement of *Bacillus sphaericus* as a microbial larvicide. *World Health Organ.* 3, 85-95.
31. OMS. (2005). Aide-mémoire N094, Paludisme et grossesse, 78p.
32. OMS. (2015). Rapport sur le paludisme dans le monde 2015. 38p.
33. Pelletier, S. W. (2001). Alkaloids: *Chemical and Biological Perspectives*. University of Georgia: USA; 656p.
34. Pilbeam, D. J., Polhill, R. M., & Bell, E. A. (1979). Free amino acids and alkaloids of South American, Asian and Australian *Crotalaria* species. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 79(3), 259-266.
35. PNLP. (2015). Plan stratégique de lutte contre le paludisme au Niger. 81p.
36. Pungitore, C. R., García, M., Gianello, J. C., Sosa, M. E., & Tonn, C. E. (2005). Insecticidal and antifeedant effects of *Junellia aspera* (Verbenaceae) triterpenes and derivatives on *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 41(4), 433-443.
37. Raymond V, Barbehenn C, Constabel P. (2011). Tannins in plant–herbivore interactions. *Phytochemistry*, 72: 1551–1565.
38. Saganuwan, A. S., & Gulumbe, M. L. (2006). Evaluation of in vitro antimicrobial activities and phytochemical constituents of *Senna occidentalis*. *Animal Research International*, 3(3), 566-569.
39. Seye, F., Ndione, R. D., & Ndiaye, M. (2006). Etude comparative de deux produits de neem (huile et poudre) sur les stades préimaginaux du moustique *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Afrique Science*, 2(2), 212-225.
40. Shaalan, E. A. S., Canyon, D. V., Bowden, B., Younes, M. W. F., Abdel-Wahab, H., & Mansour, A. H. (2006). Efficacy of botanical extracts from *Callitris glaucophylla* against *Aedes aegypti* and *Culex annulirostris* mosquitoes. *Tropical biomédecine*, 23, 180-185.
41. Subramaniam, J., Murugan, K., & Kovendan, K. (2012). Larvicidal and pupicidal efficacy of *Momordica charantia* leaf extract and bacterial insecticide, *Bacillus thuringiensis* against malarial vector, *Anopheles stephensi* Liston. (Diptera: Culicidae). *Journal of Biopesticides*, 5, 163.

42. Thomas, S. D. (2012). *Leptadenia hastata*: A Review of its Traditional uses and its Pharmacological Activity. *Journal of Medicinal Chemistry*, 2(7), 148-150.
43. Umaru, I. J., Badruddin, F. A., & Umaru, H. A. (2018). Phytochemical, antifungal and antibacterial potential of *Leptadenia hastata* stem-bark extract. *Journal of Toxicology*, 4(4), 263-268.
44. Vandenborre, G., Smagghe, G., Van, D. J.M. (2011). Plant lectins as defense proteins against phytophagous insects. *Phytochemistry*, 72: 1538–1550.
45. Wanjala, C. C., & Majinda, R. R. (1999). Flavonoid glycosides from *Crotalaria podocarpa*. *Phytochemistry*, 51(5), 705-707.