

EFFETS BIOTOXIQUES DES EXTRAITS DE *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) SUR LE CRIQUET PELRIN *Schistocerca gregaria* (FORSKÅL, 1775) (ORTHOPTERA, ACRIDIDAE)

KEMASSI Abdellah^{1,2}, BOUAL Zakaria², HADJSEYD Abdelkader¹, BOUZIANE Nawal²,
HEROUINI Amel¹, MENSOURI Khaled¹, BOURAS Nouredine³,
OULD EL HADJ-KELIL Aminata² et OULD EL HADJ Mohamed Didi²

⁽¹⁾Mathematics and applied science laboratory, Ghardaïa University,
45000 Ghardaïa, 45000 Algeria

⁽²⁾Ecosystem Protection in Arid and Semi Arid Laboratory Kasdi Merbah University,
30000 Ouargla, Algeria

⁽³⁾Laboratoire de Biologie des Systèmes Microbiens (LBSM), ENS de Kouba, Algérie
E-mail: akemassi@yahoo.fr

(Received 28 November 2018 - Accepted 21 December 2018)

Résumé. - L'étude de la toxicité des extraits foliaires de *Cleome arabica* L. vis-à-vis des larves L₅ et des imagos du Criquet du désert, met en exergue le pouvoir biocide des extraits testés chez ce locuste. Un pourcentage de mortalité de 100% est noté chez les individus traités. Chez les individus nourris par des feuilles traitées de chou à l'extrait acétonique de *C. arabica*, un pourcentage de mortalité de 76,67% et 86,67% est noté chez les larves mâles et femelles respectivement, et il est de 100% au niveau des lots des imagos mâles et femelles traités. Les larves L₅ alimentées par des feuilles traitées de chou à l'extrait alcaloïdique de *C. arabica*, un taux de mortalité de 70% est noté pour les mâles et 63,33% pour les femelles. Des mortalités de 90% et 100%, sont observées respectivement chez les imagos mâles et femelles nourris par des feuilles traitées de chou à l'extrait alcaloïdique de *C. arabica*. Les valeurs du pourcentage de mortalité notées, sont enregistrées durant la période de suivi expérimental, bien que les individus survivants meurent quelques jours après la période de traitement. Des signes d'intoxication, dont la réduction de l'activité motrice, des défécations intenses, des pertes en eau inhabituelles sous forme de diarrhées, blocage et/ou des difficultés lors de la mue, sont observés chez les individus traités. Ces manifestations toxiques sont accompagnées par une réduction de la consommation des feuilles traitées de chou, des difficultés de digestion et de conversion digestive qui se traduisent par des pertes de poids. L'étude de l'histologie de tube digestive des individus traités, montre une réduction de la musculature circulaire, une hypertrophie de la muqueuse intestinale, l'épithélium mésentéral présente un aspect granuleux et des ulcérations sont observées.

Mots clés: *Cleome arabica*, Criquet pèlerin, extraits, mortalité, intoxication, histologie.

BIOTOXIC EFFECTS OF *Cleome arabica* L. (CAPPARIDACEAE) EXTRACT FROM THE DESERT LOCUST *Schistocerca gregaria* (FORSKÅL, 1775) (ORTHOPTERA: ACRIDIDAE)

Abstract. - The study of the toxicity of foliar extract from *Cleome arabica* L. with respect to the larvae L₅ and the imagoes of desert Locust puts forward the biocide power of the extracts tested; a percentage of mortality of 100% is noted at the treated individuals. At the individuals nourished by rags treated by the acetone extract of *C. arabica*, a percentage of mortality of 76.67% and 86.67% is noted in the male and female larvae respectively, although it is of 100% at the male and female imagoes. In the L₅ larvae supplied with rags treated by the alkaloid extract of *C. arabica*, a mortality rate of 70% is noted in the males and of 63.33% in the females. In the same way, a percentage of mortality of 90% and 100% brought back in respectively the male imagoes and females nourished by rags treated by the alkaloid extract of *C. arabica* respectively. It should be noted that the values of the percentage of mortality noted, are recorded during the period of experimental follow-up, although the surviving individuals die a few days after this period, following a delayed intoxication. Signs of intoxication are observed at the treated individuals, of which the reduction of the motor activity, intense defecation, water loss unusual in the form of the diarrhea, blocking

and/or of the difficulties during moulting. These toxicological demonstrations are accompanied by the reduction by consumption by treated rags, difficulties of digestion and digestive conversion which result in losses of the weight. The study of the digestive histology of tract of the treated individuals shows a reduction of the circular musculature, a hypertrophy of the intestinal mucous membrane, the mesenteral epithelium has a granular appearance and ulcerations are observed.

Key words: *Cleome arabica*, *desert locus*, *extracts*, *mortality*, *intoxication*, *histology*.

Introduction

La recherche et le développement de nouvelles méthodes de lutte contre les insectes ravageurs des cultures et peu nocives sur l'environnement demeurent une préoccupation majeure pour la collectivité internationale, étant donné des problèmes de l'environnement, de santé, et de phénomène de résistance associé à l'utilisation des insecticides chimiques. Cependant, les travaux munis dans ce sens, mettent en exergue les possibilités insecticides des métabolites secondaires végétaux. Ces composés sont avérés dotés de fort potentiels biocide, biodégradables et peu rémanents; de nombreuses préparations à base des plantes sont employées pour minimiser les dégâts causés par ces insectes, dont le neem, le melia, le pommier de Sodome, l'euphorbe de Guyane, le harmel, etc. [1-5].

En Afrique, le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) constitue une menace permanente pour l'agriculture; au cours des périodes d'invasion, les essaims détruisent les ressources vivrières de nombreux pays de l'Afrique et d'Asie. Les invasions du Criquet pèlerin peuvent se succéder à une fréquence élevée en l'absence de toute intervention de lutte. Les périodes de rémission sont généralement brèves. De 1860 à 2003, huit périodes d'invasions généralisées se sont succédées, certaines ont duré jusqu'à 22 années. Les recrudescences locales en 1992-1994 et en 1997-1998, ont relancés le débat sur l'importance économique de cette espèce [1,2].

Face à ce ravageur, la lutte chimique est le moyen le plus efficace, pendant des années, les produits choisis pour mener cette lutte sont les organochlorés qui ont été remplacés par la suite par les organophosphorés, les pyrèthrinoides et par les dérégulateurs de croissance ou les analogues d'hormones, quoique, l'usage de ces composés s'est révélé très toxique pour l'homme, les vertébrés dont les poissons, et les insectes utiles (coccinelles, trips, les abeilles, etc.) [3-12].

L'arsenal chimique utilisé dans la lutte antiacridienne, quoiqu'est très diversifié, n'a pas pu enrayer complètement le fléau acridien. En plus, il a alourdi le bilan environnemental par l'intoxication de l'homme et du bétail, la raréfaction et la destruction de la faune utile, la phytotoxicité et la pollution environnementale. Une prise au sérieux des problèmes d'environnement et d'écologie, a incité les organismes et les institutions de rechercher à s'orienter vers la lutte biologique sous ses diverses formes, l'une fait appel aux métabolites secondaires végétaux [13,14]. L'utilisation les substances secondaires des plantes contre les insectes nuisibles en général et contre le Criquet pèlerin en particulier s'est révélé promoteur, et a suscité beaucoup de travaux dont les plus récents sont ceux de ABBASSI *et al.* (2003, 2004, 2005) [15-17], OULD EL HADJ *et al.* (2006) [18], ZOUITEN *et al.* (2006) [19], IDRISSE et HERMAS (2008) [20], KEMASSI *et al.* (2010, 2012a; 2012b, 2013a, 2013b, 2013c) [21-26].

Dans ce contexte, le présent travail vise l'évaluation du pouvoir insecticide des extraits acétoniques et alcaloïdiques de feuilles d'une plante spontanée récoltée au Sahara

algérien (*Cleome arabica* L.) sur les larves du cinquième stade et les imagos du Criquet pèlerin. Les critères d'appréciation portent sur la mortalité, mais aussi sur la prise de nourriture, la digestion, la capacité de conversion digestive, le gain du poids et sur l'histologie du tube digestif.

1.- Matériel et Méthodes

Pour la présente étude, des adultes mâles et femelles du Criquet pèlerin sont capturés dans des périmètres céréaliers irrigués sous pivot dans la région d'Adrar (Sahara central Algérien), et sont maintenus en élevage de masse réalisé au niveau du laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi-arides de l'université de Ouargla (Algérie), dans des conditions de température de $34\pm 2^{\circ}\text{C}$, d'humidité de $55\pm 5\%$ et en photopériode 12:12 (L: W). Les individus de Criquet pèlerin sont alimentés par des feuilles d'orge, de feuilles de chou et du son de blé comme complément afin de leurs assurer les besoins en nutriments pour la croissance et la reproduction.

Le renouvellement de la nourriture, le nettoyage des cages et des récipients et le soin des pontes s'effectuent quotidiennement. Les œufs (oothèques) sont incubés dans une étuve de type Memmert réglée à température de $32\pm 1^{\circ}\text{C}$.

1.1.- *Cleome arabica* L.

C. arabica est une plante vivace de la famille des Capparidaceae, de 30cm de hauteur à tiges dressées et ramifiées qui portent des petites feuilles poilues trifoliées. Les fleurs ont des pétales de couleur qui vont du jaune au pourpre-foncé. Le fruit est une gousse de 2 à 5 cm de longueur (photo 1). C'est une plante à odeur fétide, toxique et présente des effets hallucinogènes. Elle est fréquente dans les savanes désertiques et les tamarisades de l'étage tropical, commune dans le Sahara septentrional, en Egypte et en Afrique tropicale [27-29]. En pharmacopée, certains autochtones du Sahara utilisent *C. arabica* comme diurétique et contre les rhumatismes [28]. Pour la présente étude, les feuilles de *C. arabica* sont récoltées d'Oued Metlili (40 km au sud de la ville de Ghardaïa Sahara septentrional est Algérien). Les feuilles de *C. arabica* récoltées sont séchées à l'air libre et à l'ombre et ensuite conservées dans des bocaux en verre hermétiquement fermés. Suite à des observations sur terrain lors de l'invasion acridienne de 2003-2004, où les essaims du Criquet pèlerin ont envahies le Sahara algérien, une liste des plantes non consommées ou épargnées par les individus du Criquet pèlerin était dressée, parmi les quelles *C. arabica*; une plante qui se caractérise par une forte odeur fétide.



Photo 1.- *Cleome arabica* L. au stade fructification (A: plant entier; B: fleur; C: fruit)

1.2.- Préparation des extraits

Pour cette étude, le pouvoir insecticide des extraits acétoniques et alcaloïdiques de feuilles de *C. arabica* est testé vis-à-vis des larves L₅ et les imagos de Criquet pèlerin.

1.2.1.- Extrait acétonique

La méthode d'extraction maintenue pour cette étude est selon le protocole proposé par ØYVIND *et al.* (2006) [30] et adopté par Ould El Hadj *et al.* (2006) [18]. Elle consiste à prendre 100 grammes de feuilles de plante préalablement séchée et les macérés dans 200 ml d'acétone pendant 24 heures. La filtration est ensuite effectuée sous vide à l'aide du papier et un entonnoir. Le résidu sec est jeté. Le filtrat est recueilli et soumis à une évaporation sous vide dans un rotor vapor de type IKA-WERKE GMBH et CO-KG Ref. D-79921 RV06-ML pour éliminer l'acétone. Il est ajouté 20 ml d'acétone au produit obtenu d'extraction. Le mélange ainsi obtenu, constitue l'extrait à tester

1.2.1.- Extrait alcaloïdique

Le protocole proposé par Robert *et al.* (1998) [31], est suivi pour l'extraction des alcaloïdes totaux à partir de feuilles de *C. arabica*. Les feuilles préalablement séchées sont broyées et tamisées par un tamis à maille de 1mm de diamètre. Selon Robert *et al.* (1998) [31], 100 g de la poudre végétale est dégraissée à l'aide de 300 ml d'éther du pétrole pendant 24 heures. Ensuite une filtration est réalisée. Le filtrat est jeté alors que le marc est récupéré et, est laissé sécher durant environ 30 mn à l'air libre pour éliminer le solvant organique. Le marc dégraissé subit une macération durant 24 heures dans 200 ml d'une solution chloroformique alcalinisée par l'ammoniaque jusqu'à pH = 9. Cette dernière opération est répétée trois fois. Le marc épuisé est jeté alors que les filtrats recueillis sont regroupés et concentrés partiellement à l'aide du rotor vapor. Le concentré récupéré va subir une extraction dans 200 ml de solution d'acide sulfurique (H₂SO₄) à 3%. La phase acide est ensuite alcalinisée par l'ammoniaque à pH = 9. Il est procédé à une extraction liquide-liquide, dans une ampoule à décantation, en agitant de haut en bas pendant quelques minutes. Après repos, deux phases sont observées, la phase aqueuse en dessus et la phase organique en dessous. La phase organique est récupérée puis concentrée jusqu'à élimination totale du chloroforme dans le Rota-vapor à 40°C. Le concentré ainsi obtenu, est une pâte brute d'alcaloïdes, auquel 20 ml d'acétone est rajouté. Le mélange constitue l'extrait à tester.

1.3.- Tests biologiques

Le test consiste à alimenter les insectes (larves L₅ et imagos) par des fragments de surfaces déterminées de feuilles de chou *Brassica oleracea* L. (Brassicaceae). Les fragments de chou sont trempés pendant quelques secondes dans la solution d'extrait végétal et laissés durant 15 à 20 mn à l'air libre pour faire évaporer l'acétone avant d'être présentés aux insectes. Par la suite, les fragments de feuilles de chou traités sont présentés aux individus expérimentés préalablement préparés. Chaque 24 heures, les bocalux sont nettoyés. Les fragments non ingérés sont récupérés afin de prendre leurs empreintes sur du papier millimétré, pour calculer la surface consommée. Les individus témoins sont nourris de la même manière mais, les fragments foliaires de chou sont trempés dans l'acétone (laissés à l'air libre pendant quelques minutes pour permettre l'évaporation de l'acétone). L'expérimentation est suivie pendant 15 jours pour les larves L₅ (durée maximale pour

muer) et 30 jours pour les imagos (temps pour vérifier l'efficacité du traitement). Pour la présente étude, 6 lots d'insectes à raison de 60 individus par lot sont constitués (30 mâles et 30 femelles), ce qui fait un total de 360 individus. Trois sont des larves L₅ dont un pour le témoin et deux lots pour le traitement et les trois autres lots sont constitués par des imagos dont l'un pour le témoin et deux pour le traitement.

1.4.- Étude de l'histologie du tube digestif

Pour étudier les effets de l'ingestion de feuilles de chou aspergées par les extraits foliaires de *C. arabica*, des coupes transversales échelonnées au long de l'intestin moyen (Mésontéron) sont réalisées. L'étude histologique est effectuée selon le protocole proposé par Martoja et Martoja-Pierson (1967) [32]. La méthode de coloration utilisée pour la présente étude est une coloration multiple proposée par Young *et al.* (2006) [33]. L'observation s'effectue à l'aide d'un microscope de type Krüss Optronic MB2100-SN1121110406, doté d'un dispositif de prise de photos type Krüss Topica TP1001-SN1410010050.

1.5.- Exploitation des résultats

1.5.1.- Pourcentage de la mortalité cumulée

La mortalité est le premier critère de jugement de l'efficacité d'un traitement chimique ou biologique. Le pourcentage de la mortalité observée au niveau des lots des larves du 5^{ème} stade et des imagos témoins et traités, est estimé en appliquant la formule suivante:

$$\text{Mortalité observée} = [\text{Nombre de morts}/\text{Nombre total des individus}] \times 100 \quad [18]$$

1.5.2.- Calcul du temps léthal (TL₅₀)

Le temps léthal 50 (TL₅₀) est calculé à partir de la droite de régression des probits correspondants au pourcentage de la mortalité corrigée en fonction des logarithmes du temps de traitement. Il est utilisé la formule de Schneider et la table des probits [34]. Formule de SCHNEIDER:

$$MC = [M_2 - M_1 / 100 - M_1] \times 100$$

- MC: % de mortalité corrigée;
- M₂: % de mortalité cumulée dans la population traitée;
- M₁: % de mortalité cumulée dans la population témoin.

1.5.3. Taux de consommation (%)

Le taux de consommation est estimé en calculant le rapport de la quantité ingérée (I) à la quantité de nourriture disponible ou donnée à un individu. Il est calculé en appliquant la formule suivante: TC (%) = (quantité Ingérée/ quantité donnée) x100 [35].

1.5.3.- Coefficient d'utilisation digestive apparent (CUD_a)

Au sens nutritionnel, il exprime généralement, la quantité des nutriments supposés absorbée par l'animal. Le coefficient d'utilisation digestive permet de quantifier la digestibilité. Il représente la quantité de nutriment ingérée, est différente de celle qui, une

fois digérée, va être absorbée au niveau de l'intestin de l'animal. Il est calculé selon l'équation de Waldbrauer (1968) [36]:

$$\text{CUDa}(\%) = \frac{\text{Quantité ingérée} - \text{Poids des fèces}}{\text{Quantité ingérée}} \times 100$$

1.5.4.- Efficience de conversion digestive (ECD)

D'après Waldbrauer (1968), le coefficient de conversion digestif correspond au rapport entre l'accroissement du poids de l'animal durant 24 heures et la quantité de la nourriture ingérée au cours de la même période [36]. Il est estimé par la formule suivante:

$$\text{CCD}(\%) = [(\text{Gain du poids vif})/(\text{Quantité de la nourriture ingérée})] \times 100$$

1.5.5.- Analyses statistiques (analyse de la variance "ANOVA")

Les résultats obtenus pour chaque paramètre seront interprétés statistiquement à l'aide du logiciel «MINITAB version 13.31.FR- copyright 2000». L'analyse de la variance ANOVA est utilisée pour l'analyse des résultats après le test de normalité. Il permet suivant le niveau de la signification, de déterminer l'influence des facteurs étudiés ou des interactions entre facteurs. La probabilité inférieure à 0,01 donne un effet hautement significatif, à 0,05 un effet significatif et pour une probabilité supérieure à 0,05, l'effet est considéré non significatif.

2.- Résultats et discussion

3.1. Effet sur la mortalité

Des manifestations toxicologiques sont observées au cours de l'expérimentation chez les individus de *S. gregaria* nourris par des feuilles traitées de chou aux extraits foliaires (acétoniques ou alcaloïdiques) de *C. arabica*. Il s'agit d'une réduction de l'activité motrice, des défécations intenses, des pertes en eau sous forme de fèces liquides, un retard dans la croissance et un blocage du phénomène d'exuviation (photo 2 a,b) ou bien un prolongement de la durée du 5^e stade larvaire. Ces manifestations d'intoxication sont dans la majorité des cas suivies par la mort des individus traités durant la période de suivi expérimental, ou bien après quelques jours suite à une intoxication retardée. Chez les individus nourris par des feuilles traitées de chou à l'extrait acétonique de *C. arabica*, un pourcentage de mortalité de 76,67% est noté chez les larves L₅ mâles et de 86,67% chez les larves L₅ femelles, et il est de 100% chez les imagos mâles et femelles (tab. 1). Il est à noter que les imagos survivants issus des larves L₅ nourries par des feuilles traitées de chou à l'extrait acétonique de *C. arabica*, meurent après 4±1,2 jours.

L'ingestion des feuilles traitées de chou à l'extrait alcaloïdique de *C. arabica* engendre des pourcentages de mortalités de l'ordre de 70,0% au niveau des lots des larves L₅ mâles et de 63,33% pour les larves L₅ femelles (fig. 1). Il est à noter que les imagos issus des larves L₅ des lots nourris par des feuilles traitées de chou par les extraits alcaloïdiques de *C. arabica* meurent quelques jours après leur mue imaginale et un noircissement de la face ventrale est observé. Ces symptômes ressemblent, à ceux observés au niveau des cadavres de criquets nourris par des feuilles traitées de chou par les extraits acétoniques de cette plante. Pour les imagos mâles nourris par des feuilles de chou aspergées à l'extrait alcaloïdique de *C. arabica*, un pourcentage de mortalité de 90,0% est noté pour les imagos mâles et de 100% pour les imagos femelles. Tandis que les imagos du

lot témoin, arrivent à se reproduire, et pondent. Chez les individus de *S. gregaria* nourris par des feuilles traitées de chou à l'extrait acétonique de *C. arabica*, les taux de mortalité notés chez les imagos sont supérieurs à ceux enregistrés chez les larves L₅. Il est à signaler la mort des imagos immergés quelques jours après leur mue imaginale. Des taux d'efficacité de 76,67% et 86,67%, sont enregistrés pour les larves L₅ mâles et femelles respectivement, ainsi que des temps létaux 50 de 6,58 jours pour larves L₅ mâles et de 8,31 jours pour larves L₅ femelles. Pour les imagos de *S. gregaria* nourris par des feuilles traitées de chou à l'extrait acétonique de *C. arabica*, un taux d'efficacité insecticide de 100%, est rapporté aussi bien pour les imagos mâles que chez les imagos femelles avec une rapidité d'action marquée sur les mâles comparativement aux femelles. Un temps léthal 50 de 8,92 jours, est estimé pour les imagos mâles et de 9,11 jours pour les imagos femelles. L'extrait alcaloïdique de *C. arabica* engendre des taux d'efficacité biocide de 90,0% chez les imagos mâles et de 100% chez les imagos femelles. Ils sont de l'ordre de 70,0% et 63,33% sur les larves L₅ mâles et les femelles respectivement. Les variations constatées dans les valeurs des pourcentages de mortalité, se traduisent par des temps létaux 50 variables. Le temps léthal noté est de 8,77 jours, estimé pour les larves L₅ mâle, suivi par celui noté pour les larves L₅ femelles avec 11,19 jours, puis 13,42 jours notés pour les imagos femelles. Pour les imagos mâles, il est de l'ordre de 17,58 jours.



A- Difficulté de mue observée chez les larves L₅ de *S. gregaria* alimentée par des feuilles traitées de chou à l'extrait acétonique de *C. arabica*

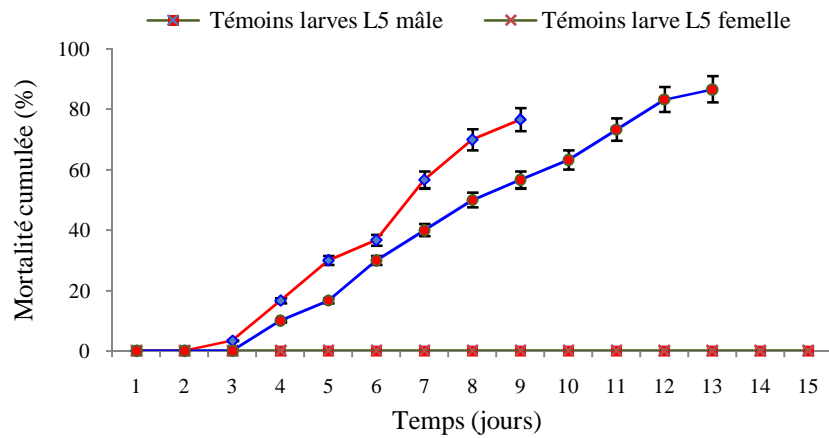


B- Anomalie lors de la mue observée chez les larves L₅ de *S. gregaria* alimentée par des feuilles traitées de chou à l'extrait alcaloïdique de *C. arabica*

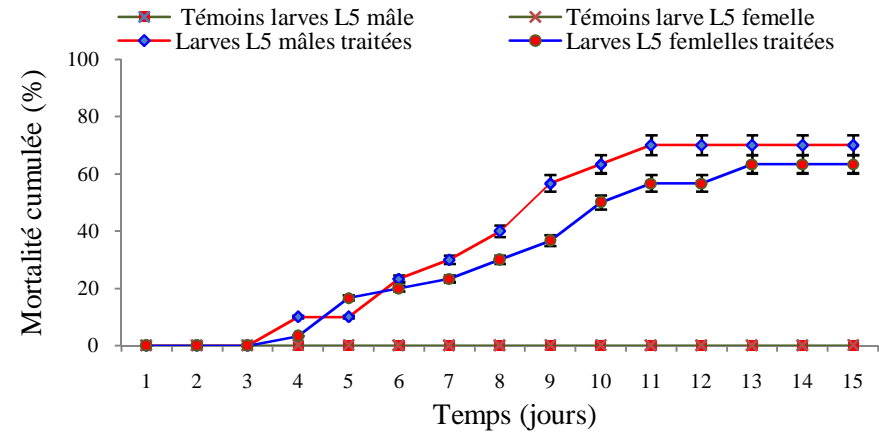
Photo 2_(A,B)- Malformations observées chez les larves L₅ de *S. gregaria* nourries par des feuilles de chou aspergées aux extraits foliaires de *C. arabica*

Tableau 1.- Taux d'efficacité et les temps létaux 50 évalués pour les larves L₅ et imagos de *S. gregaria* nourris par des feuilles traitées de chou aux extraits foliaires de *C. arabica*

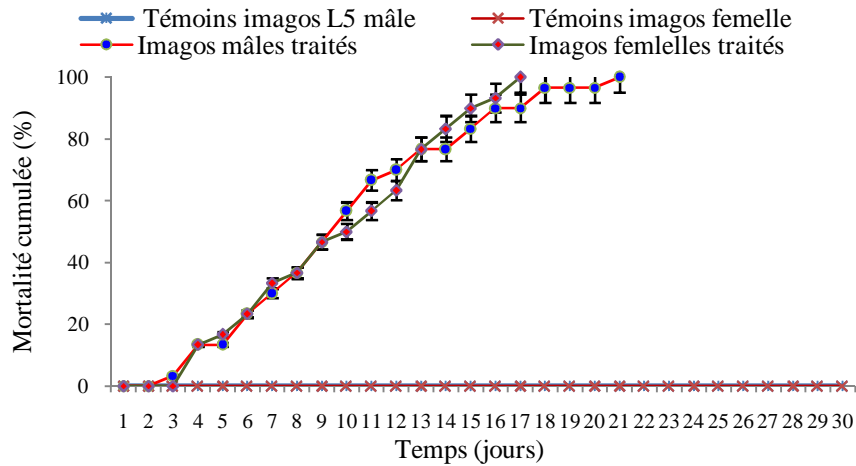
Extrait	Stade de développement	Sexe	Equation de régression	Coefficient de détermination	Temps léthal 50 (jours)	Taux d'efficacité (%)
Extrait acétonique	Larve L ₅	Mâle	$y = 6,769x - 0,540$	$R^2 = 0,919$	6,58	76,67
		Femelle	$y = 6,623x - 1,092$	$R^2 = 0,873$	8,31	86,67
	Imago	Mâle	$y = 5,466x - 0,194$	$R^2 = 0,947$	8,92	100
		Femelle	$y = 6,230x - 0,978$	$R^2 = 0,891$	9,11	100
Extrait alcaloïdique	Larve L ₅	Mâle	$y = 6,457x - 1,089$	$R^2 = 0,824$	8,77	70,0
		Femelle	$y = 5,435x - 0,7$	$R^2 = 0,862$	11,19	63,33
	Imago	Mâle	$y = 4,845x - 1,032$	$R^2 = 0,872$	17,58	90,0
		Femelle	$y = 5,556x - 1,265$	$R^2 = 0,854$	13,42	100



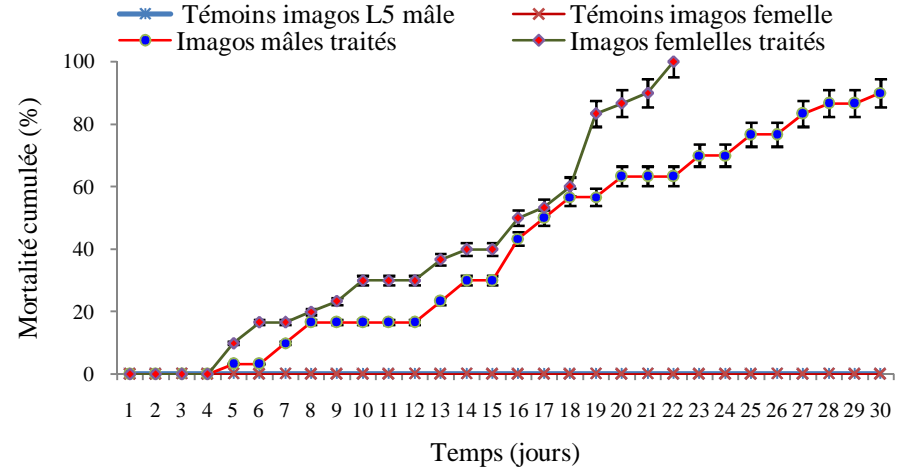
A- Larves L₅ nourries par des feuilles de chou témoins et traitées à l'extrait acétonique de *C. arabica*



B- Larves L₅ nourries par des feuilles de chou témoins et traitées à l'extrait alcaloïdique de *C. arabica*



C- Imagos nourries par des feuilles de chou témoins et traitées à l'extrait acétonique de *C. arabica*



D- Imagos nourries par des feuilles de chou témoins et traitées à l'extrait alcaloïdique de *C. arabica*

Figure 1(A,B,C,D).- Cinétique de mortalité observée au niveau des lots des larves L₅ et les imagos de *S. gregaria* nourris par des feuilles de chou témoins et traitées aux extraits de *C. arabica*

2.2. Effet sur la consommation

La figure 2 regroupe les valeurs moyennes des quantités quotidiennement ingérées par les larves du cinquième stade et par les imagos de *S. gregaria*. Il apparaît une différence très hautement significative dans la consommation des feuilles de chou entre les lots nourris par les feuilles de *Brassica oleracea* L. traitées aux extraits foliaires de *C. arabica* et les individus nourris par des feuilles de chou témoin. Sur les larves L₅, l'extrait alcaloïdique semble plus efficace, leur effet dissuasif est plus fort comparativement à l'extrait acétonique; la moyenne de la quantité ingérée étant de $0,62 \pm 0,12$ g/jour (F=154,0; P=0,000), et est de $0,94 \pm 0,2$ g/jour pour l'extrait acétonique (F=31,64; P=0,000).

Toutefois les imagos semblent plus sensibles à l'effet de l'extrait acétonique; la moyenne de consommation était de $0,59 \pm 0,27$ g/jour (F=220,75; P=0,000) et pour l'extrait alcaloïdique est de $0,92 \pm 0,19$ g/jour (F=122,41; P=0,000). Parallèlement, il apparaît une légère variation dans la consommation selon le sexe.

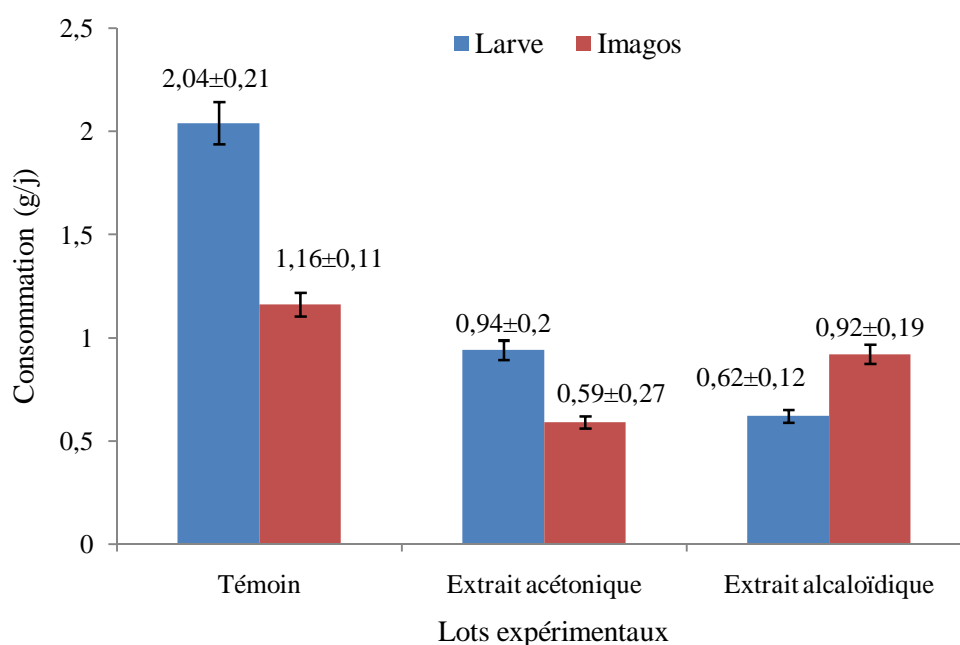


Figure 2.- Consommation journalière enregistrées pour les larves L₅ et les imagos de *S. gregaria* nourris par des feuilles de chou témoins et traitées aux extraits foliaires de *C. arabica*

L'ingestion des feuilles traitées de chou par les extraits de *C. arabica* engendre chez *S. gregaria* des manifestations inhabituelles, dont la réduction de l'activité motrice, des diarrhées et l'incapacité de la jointure tarsique et blocage de la mue.

Généralement, chez les insectes phytophages, les besoins nutritionnels changent au long de leur développement. Ces changements se reflètent par des variations dans la croissance et dans le développement [37;38]. Dans les conditions naturelles, les insectes phytophages doivent traiter de grandes quantités de nourriture parce qu'ils ne sont capables d'assimiler qu'une petite partie de toute l'énergie qui se trouve dans les parties du végétal consommées [39]. Il est admis communément que les plantes ont développés la capacité de synthétiser et d'accumuler diverses substances pour se protéger des attaques des phytophages tels que les alcaloïdes, les furano coumarines, les glycosides, les terpènes, etc. [40]. La présence de ces toxines, constitue un système de défense efficace vis-à-vis de

leurs agresseurs phytophages. Cette toxicité est cependant relative; elle dépend non seulement de la nature de la toxine, de la dose ingérée et de la durée d'exposition mais également de l'espèce animale considérée et de leur stade de développement [41,42]. Les travaux de Ould El Hadj *et al.* (2006) rapportent que les extraits acétoniques du neem *Azadirachta indica* (Meliaceae) et *Melia azerdarach* L. (Meliaceae), n'engendrent aucune prise de nourriture chez les larves L₅ et les adultes de *S. gregaria*. Cela est dû à l'effet anti-péristaltique du neem et du milia au niveau du canal alimentaire des criquets inhibant la consommation des surfaces foliaires traitées à l'extrait du neem et du milia [18]. Cependant Kemassi (2008), note que l'imbibition des feuilles de chou par de l'extrait acétonique d'*Ephedra alata* (Stapf.) (Ephedraceae), *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae), et de *Citrullus colocynthis* (Schard). (Cucurbitaceae), affectent efficacement la prise de nourriture chez les larves L₅ et les imagos du Criquet pèlerin [14]. BOUZIANE (2012) rapporte que pour des larves L₅ et des imagos de *S. gregaria* nourris par des feuilles traitées de chou à l'extrait alcaloïdique de *Peganum harmala*, la moyenne de consommation notée est de 1,27±0,37g/jour (larves L₅) et de 0,99±0,17g/jour (imagos) du Criquet pèlerin. Elle est de 1,90±1,65g/jour et de 0,75±0,36g/jour pour des larves L₅ et des adultes de *S. gregaria* nourris par des feuilles de chou aspergées par de l'extrait acétonique de *P. harmala* respectivement [43].

2.3. Effet sur la digestion

Les valeurs de CUDa et de ECD enregistrées montrent que les extraits testés affectent profondément la capacité de l'animal à digérer et à convertir l'aliment consommé en poids. Il est à noter également que chez les individus des lots nourris par des feuilles traitées de chou aux extraits foliaires, une prise de nourriture très faible qui s'accompagne par des fèces liquides. Ces manifestations se traduisent par des valeurs du coefficient d'utilisation digestif apparent très faibles comparativement aux valeurs rapportées pour les individus des lots témoins (tab. 3). L'extrait alcaloïdique semble exercer des actions nocives sur la digestion chez le Criquet pèlerin comparativement à l'extrait acétonique. Les valeurs de CUDa sont de l'ordre de 25,81±7,45% chez les larves L₅, alors que chez les imagos, elles sont de l'ordre de 32,41±7,87%. Quant aux individus nourris par des feuilles traitées de chou par les extraits acétoniques de *C. arabica*, les moyennes du CUDa, sont de 38,60±6,91% et 38,90±3,21% chez les larves L₅ et les imagos respectivement.

Tableau 3.- Moyennes du Coefficient d'Utilisation Digestif Apparent (CUDa) et de l'Efficiéce de Conversion Digestive (ECD) estimées chez les larves L₅ et imagos de *S. gregaria* témoins et traités aux extraits foliaires de *C. arabica*

	Coefficient d'utilisation digestif (CUDa%)		Efficiéce de conversion digestive (ECD%)	
	Larve L ₅	Imago	Larve L ₅	Imago
Témoin	91,36±19,51	92,57±9,71	11,22±1,41	10,28±1,36
Extrait acétonique	38,60±6,91	38,90±3,21	<u>-6,14±1,21</u>	<u>-5,15±0,087</u>
Extrait alcaloïdique	25,81±7,45	32,41±7,87	<u>-15,17±±2,31</u>	<u>-07,71±1,91</u>

Les valeurs de ECD rapportées par les individus témoins sont supérieures comparativement à celles notées chez les individus des lots traités (tab. 3). Les résultats obtenus Ces résultats émanent de l'effet dissuasif des extraits sur le métabolisme chez le Criquet pèlerin. Il est noté des valeurs négatives du coefficient de conversion digestive (ECD). Les valeurs négatives enregistrées, sont dues aux pertes du poids constatées chez les larves L₅ et les imagos de *S. gregaria*. chez les individus du Criquet pèlerin alimentés par des feuilles traitées de chou par les extraits acétoniques

de *C. arabica*, les valeurs d'efficience de conversion digestif (ECD) enregistrées chez les individus nourris par des feuilles de chou traitée par les extraits acétoniques de *C. arabica* sont de $-6,14 \pm 1,21\%$ et de $-5,15 \pm 0,087\%$ chez les larves L_5 et les imagos de *S. gregaria* respectivement. L'extrait alcaloïdique est plus dissuasif et exerce un fort pouvoir perturbateur sur la digestion et sur la capacité de conversion digestive chez le Criquet pèlerin. La valeur de coefficient de conversion digestive (ECD) notée chez les individus nourris par des feuilles traitées de chou à l'extrait alcaloïdique de *C. arabica*, est de $-15,17 \pm 2,31\%$ chez les larves L_5 et de $-7,71 \pm 1,91\%$ chez les imagos.

Les aliments consommés par les insectes phytophages sont constitués essentiellement de polymères de nature soit glucidique comme l'amidon, de la cellulose et de l'hémicellulose; protéique comme les holo- et hétéroprotéines dont glycolipo- ou métalloprotéines. La quantité d'énergie et des substances utiles extraites de la plante consommée, dépendent des caractéristiques de la plante (présence de cellulose ou bien de substances gênants la digestion tels que les tanins, et de la capacité du système digestif du phytophage [44,45]. Pour PHILLOGEN (1991), les effets des métabolites des plantes sur les insectes peuvent prendre trois aspects. La présence de substances indigestes capables de réduire la possibilité d'assimilation ce qui engendre des carences en nutriments nécessaires à un développement normal. La contenance des composés capables d'affecter directement l'intégrité des cellules et par conséquent la fonction digestive intrinsèque et rompre le développement et la croissance. La présence des composés à action mimétique ou antihormonale, peut provoquer de profondes perturbations endocriniennes toute en affectant diverses fonctions élémentaires chez les insectes dont l'exuviation, le développement, la diapause et la reproduction [46]. OULD AHMEDOU *et al.* (2001) rapportent que chez les larves du 4^e stade (L_4) exposées à un régime alimentaire mono-spécifique à base de *Citrillus colocynthis* Schard. (Cucurbitaceae), des ECD de l'ordre de 6,30%, et il est de 36,30% chez les larves nourries par des feuilles de *Triticum* sp. (Poaceae). Ils sont notés une valeur négative chez celles alimentées par des feuilles fraîches de *Glinus lotoïdes* L. (Molluginaceae). La valeur négative est due à une perte du poids constatée chez les larves testées [47]. OULD AHMEDOU *et al.* (2001), dans leurs études sur le comportement alimentaire du Criquet pèlerin, rapporte que sur un régime alimentaire mono-spécifique à base de *Glinus lotoïdes* L. (Aizoaceae) et *Citrillus colocynthis* Schrad. (Cucurbitaceae) des larves L_4 présentent un coefficient d'utilisation digestif apparent de l'ordre de $40,13 \pm 6,14\%$ pour *G. lotoïdes* et de $67,21 \pm 6,28\%$ pour *C. colocynthis* [47]. KEMASSI (2008) note que l'extrait foliaire à l'acétone d'*Euphorbia guyoniana*, présente une action appréciable sur la digestibilité chez les larves L_5 et les adultes de *S. gregaria*. Les valeurs de CUD_a rapportées sont de $23,43 \pm 22,99$ et $45,86 \pm 03,66$ respectivement [14]. Pour les larves L_5 et les adultes du Criquet pèlerin nourris par des feuilles traitées de chou à l'extrait foliaires de *Citrullus colocynthis*, est de $55,48 \pm 16,05\%$ pour les larves L_5 et de $68,24 \pm 03,10$ pour les adultes.

3.4.- Effet sur la croissance pondérale

Les résultats de l'évolution pondérale montrent que l'exposition des insectes à un régime alimentaire à base des feuilles traitées de chou par les extraits de *C. arabica*, affecte négativement le métabolisme des insectes étudiés (tableau 3). Pour les variations du poids chez les individus de différents lots expérimentaux montrent une chute du poids constatée chez les larves L_5 et chez les imagos de *S. gregaria* nourris par des feuilles de chou aspergées des extraits foliaires (fig. 4). Il est à noter que, l'ingestion des feuilles traitées de chou par les extraits acétoniques de *C. arabica* engendre une faible amélioration du poids, elle est de $6,56 \pm 0,91\%$ chez les larves L_5 et de $4,49 \pm 1,01\%$ chez les imagos. Chez les imagos du Criquet pèlerin nourris par des feuilles traitées de chou à l'extrait alcaloïdique, cette amélioration du poids notée est de $4,40 \pm 0,81\%$, par contre chez les larves L_5 , une perte notable du poids est rapportée ($-8,59 \pm 1,96\%$). Néanmoins, chez les individus des lots témoins, une amélioration du poids qui oscille entre $23,54 \pm 3,76\%$ (imagos) et $40,08 \pm 7,12\%$ (larves L_5) est notée (fig. 3).

Les extraits de *C. arabica* présentent un pouvoir répulsif qui à provoquer une perte

apparente du poids chez les larves L₅ et les imagos, et il bloque la mue imaginale.

Il est admis que le gain de poids chez un individu est relatif à leur état physique, physiologique, à la nature d'aliment ingéré, à leur composition chimique et la capacité d'assimilation chez l'individu [49]. La sou- alimentation ou leur inanition totale entraîne chez les insectes des profondes altérations et perturbations physiologiques et biochimiques [50]. WILPS *et al.* (1992) [51] et TAIL (1998) [13] rapportent que les composés actifs contenus dans les extraits de *Milia volkensii* Gürke (Meliaceae), ralentissent la croissance et le développement de *S. gregaria* en affectant, la prise alimentaire, la digestion, la fertilité et la fécondité des criquets traités.

Tableau III.- Évolution pondérale (g) chez les larves L₅ et imagos de *S. gregaria* nourris par des feuilles de chou témoins et traitées aux extraits foliaires de *C. arabica*

Temps (jour)	Témoins (acétone)		Extrait acétonique		Extrait alcaloïdique	
	Larve L ₅	Imago	Larve L ₅	Imago	Larve L ₅	Imago
1	1,18	2,02	1,14	1,49	0,99	1,66
2	1,35	2,08	0,89	1,54	0,90	1,57
3	1,57	2,18	1,21	1,37	1,05	1,56
4	1,89	2,24	1,26	1,42	0,93	1,53
5	2,32	2,19	1,23	1,71	0,97	1,49
6	1,92	2,28	1,35	1,74	1,02	1,49
7	1,80	2,30	1,34	1,74	0,97	1,49
8	1,97	2,36	1,44	1,71	1,12	1,40
9	/	2,39	1,37	1,64	1,15	1,61
10	/	2,56	/	1,78	1,09	1,91
11	/	2,47	/	1,69	0,88	1,75
12	/	2,47	/	1,86	/	1,68
13	/	2,52	/	1,84	/	1,65
14	/	2,46	/	1,76	/	1,75
15	/	2,55	/	1,90	/	1,88
16	/	2,52	/	1,93	/	1,74
17	/	2,49	/	1,92	/	1,59
18	/	2,50	/	/	/	1,78
19	/	2,51	/	/	/	1,81
20	/	2,50	/	/	/	1,91
21	/	2,49	/	/	/	1,83
22	/	2,49	/	/	/	1,69
23	/	2,49	/	/	/	/
24	/	2,58	/	/	/	/
25	/	2,58	/	/	/	/
26	/	2,57	/	/	/	/
27	/	2,51	/	/	/	/
28	/	2,44	/	/	/	/
29	/	2,61	/	/	/	/
30	/	2,66	/	/	/	/

MESBAHI (2011) note que chez les individus nourris par des feuilles traitées de chou à l'extrait acétonique de *Pergularia tomentosa* L. (Asclepiadaceae), un gain de poids de 17,017% est noté chez les larves L₅, alors que chez les adultes une perte de poids de l'ordre de -12,58% de leur poids initial [52]. Tail (1998), OULD AHMEDOU *et al.* (2001), ABBASSI *et al.* (2004) et OULD EL HADJ *et al.* (2006) rapportent que suite à l'exposition des larves L₅ et des adultes du Criquet

pèlerin à une plante nourricière aspergée d'extraits soit de *Milia azerdarach*, d'*Azeradarachta indica*, de *Nerium oleander* L. (Apocynaceae), d'*Inola viscosa*, d'*Eucalyptus occidentalis*, de *Calotropis procera*, et de *Glinus litoides* L. (Molluginaceae), une baisse progressive du poids est constatée [13,16,18,47]. Au cours de l'expérimentation, un retard de croissance et une absence totale de la mue est observée chez les larves nourris par des feuilles traitées de chou aux extraits foliaires acétoniques et alcaloïdiques de *C. arabica*. Chez les individus des lots traités, les variations de l'évolution pondérale constatées révèlent la faculté phago-répulsive et l'anti-appétence de ces extraits et leurs effets sur la digestion qui se traduisent par une croissance pondérale restreinte.

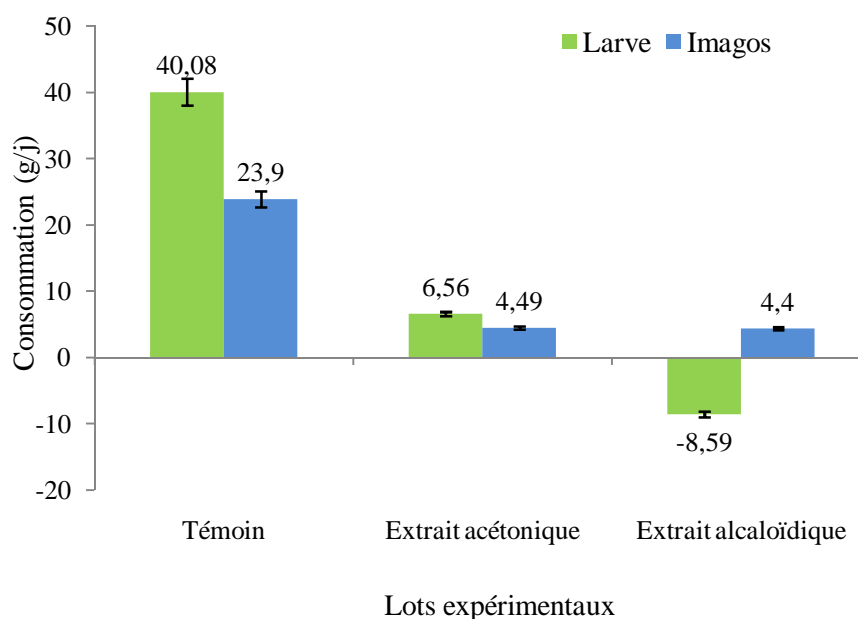


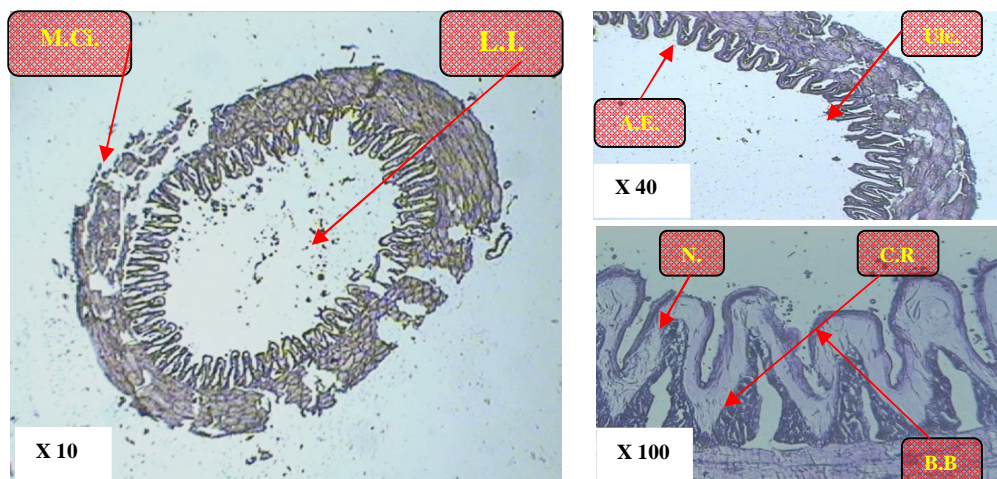
Figure 3.- Variation de poids par rapport au poids initial des larves L₅ et des imagos de *S. gregaria* nourris par des feuilles de chou témoins et traitées par les extraits alcaloïdiques des trois plantes acridifuges

3.5.- Effet sur le tube digestif

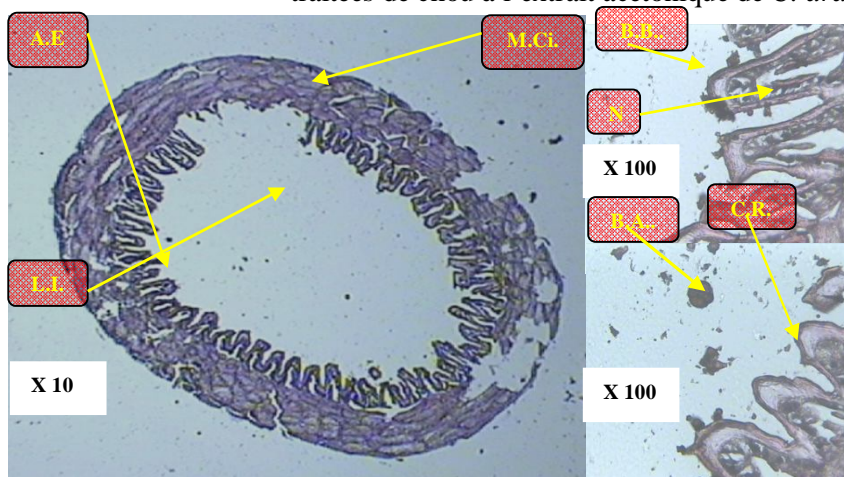
L'examen des sections du tube digestif prélevées des individus du Criquet pèlerin nourris par les feuilles de choux traitées aux extraits foliaires de *C. arabica* montre que les sections examinées ne contiennent guère de bols alimentaires. Il semble que c'est une conséquence d'un effet dissuasif entraînant l'inhibition de la prise de nourriture exercés par ces extraits vis-à-vis des larves L₅ et des imagos de *S. gregaria*. Il est noté que la membrane péritrophique est absente chez les individus nourris par les feuilles traitées de chou par ces extraits (photo 2). L'aspect général de l'intestin en particulier; son diamètre, chez les individus traités apparaît supérieur comparativement à celui noté chez les individus témoins. Cette modification du diamètre de l'intestin des individus traités, résulte probablement d'une atrophie et d'un relâchement des assises musculaires circulaires. Il est aussi observé une irrégularité des bordures de l'assise épithéliale et une réduction dans sa hauteur comparativement à celui observé chez les individus témoins. Des ulcérations au niveau de tissus épithélial sont observées, des cellules est d'aspect granuleux, les cellules basales de l'épithélium du mésentéron ont des gros noyaux et la chromatine est très visible, et se présente sous forme de granule très dense dans le nucléoplasme.

Pour IDRISSE-HASSANI et HERMAS (2008), l'ingestion de feuilles fraîches de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) par les larves L₄ et les imagos de Criquet pèlerin, engendre des

modifications profondes dans la structure de l'intestin moyen chez cet acridien; avec soit une augmentation dans le diamètre de l'intestin résultant ainsi du relâchement des assises musculaires externes, une atrophie et une distension de l'assise musculaire circulaire, un aspect granuleux et une hauteur réduite de l'épithélium mésentéral. La bordure en brosse est irrégulière ou bien dégradée et l'espace intercellulaire est anormalement important. En outre, les cellules épithéliales sont fortement vacuolisées et leurs noyaux s'hypertrophient. La chromatine est désorganisée et se condense en granules très visibles dans le nucléoplasme [20]. Ces symptômes sont typiques des dégénérescences cellulaires. Ils témoignent des dégénérescences cellulaires. Il est souvent observé des ulcérations chez les individus nourris par des feuilles de *P. harmala*. PREMEELA et MURALEEDHARAN (1995) rapportent que les extraits méthanoliques de feuilles de *Vitex negundo* L. (Asteraceae) et d'*Eupatorium odoratum* L. (Verbenaceae) engendrent des lésions profondes au niveau de l'épithélium intestinal de *Dysdercus cingulatus* Fabr. (Heteroptera-Pyrrhocridae) [54]. Dans leur étude sur la toxicité de suneem 1%; un insecticide larvicide à base de feuilles de Neem *Azadirachta indica* Juss. (Meliaceae) sur des larves de deux espèces de moustique, *Culex quinquefasciatus* L. et *Anopheles gambiae* M. (Diptera- Culicidae), Demba NDIONE *et al.* (2013), signalent des altérations au niveau du tube digestif des larves traitées. La membrane basale est altérée, la membrane péritrophique est démolie [55]. L'épithélium



a.- Coupes transversales de l'intestin moyen d'un imago de *S. gregaria* alimenté par des feuilles traitées de chou à l'extrait acétonique de *C. arabica*



b.- Coupes transversales de l'intestin moyen d'un imago de *S. gregaria* alimenté par des feuilles traitées de chou à l'extrait alcaloïdique de *C. arabica*

Photo 2(a,b).- Coupes transversales dans l'intestin moyen des individus de *S. gregaria* alimentés par des feuilles traitées de chou aux extraits foliaires de *C. arabica*

(A.E.: assise épithéliale, L.I.: lumière intestinale, M.C.I.: Muscle circulaire interne, N.: gros noyau, B.B.: bordure en brosse, C.R.: cellule de régénération, Ulc: ulcération)

intestinal est irrégulier et des nécroses cellulaires. Les cellules de l'épithéliales sont fortement vacuolisées. De même, l'extrait des polyphénols totaux extraits de feuilles d'olivier *Olea europea* L. (Oleaceae), chez le Criquet migrateur *Locusta migratoria*, engendre des lésions de l'épithélium intestinal au niveau de mésentéron [56]. Des modifications histopathologiques sont observées au niveau du canal alimentaire des larves L₅ et les imagos d'*Heteracris littoralis* Ram. (Orthoptera-Acrididae) alimentés par un substrat alimentaire de synthèse aspergées par les hiles essentielles de trois plantes dont *Allium sativum* L. (Liliaceae), *Eucalyptus globulus* Lab. (Myrtaceae) et *Mintha pipreta* L. (Lamiaceae); soit une désorganisation des cellules épithéliales du mésentéron, avec élargissement de la lumière centrale, une membrane péritrophique lysée, une destruction de la vacuolisation des cellules et une rupture de la paroi cellulaire, déformation des cellules basales et l'observation des nécroses cellulaires [57].

Conclusion

L'étude de la toxicité des extraits foliaires de *C. arabica* L. montre que la prise de nourriture est fortement affectée. L'effet inhibiteur de la prise de nourriture enregistré s'accompagne d'une inhibition du phénomène d'exuviation. L'ingestion des feuilles de chou traitées par ces extraits végétaux provoque de profondes perturbations digestives; elles se traduisent par de coefficients d'utilisation digestive apparents et de coefficients de conversion digestive faibles. Des signes d'intoxications (réduction de l'activité motrice, défécation intense, des pertes en eau importante sous forme des diarrhées) sont observés. L'ingestion des feuilles de choux traitées engendre des modifications dans l'anatomie du tube digestif de cet acridien, dont l'altération de la membrane péritrophique, l'épithélium de l'intestin moyen présente une hauteur faible, des hypertrophies et des ulcérations. Ces syndromes d'intoxication se traduisent par la mortalité des individus où des pourcentages de mortalité de 100% sont enregistrés chez les larves L₅ et chez les imagos de *S. gregaria*.

Références bibliographiques

- [1].- Symmons P. M. et Cressman K., 2001.- Directive sur le Criquet pèlerin 1. Biologie et comportement. Ed. FAO, Rome, 43 p.
- [2].- Lecoq M., 2004.- Vers une solution durable au problème du Criquet pèlerin. Sécheresse, vol. 15 (3): 217-224.
- [3].- Ramade F., 1991.- Caractères écotoxicologiques et impact environnemental potentiel des principaux insecticides utilisés dans la lutte anti-acridienne. La lutte antiacridienne. Ed. AUPEL-UREF, Paris, Pp 179-191.
- [4].- Thiam, 1991.- Problématique de l'utilisation des insecticides chimiques dans la lutte anti-acridienne au Sahel. Lu lutte antiacridienne. Ed. AUPEL-UREF, John Libbey Eurotext, Paris Pp 193-206.
- [5].- Moumen K., 1995.- Méthodes et techniques des luttés contre les acridiens. Stage de formation en lutte antiacridienne. Ed. INPV/ OADA, Alger, Pp 137-148.
- [6].- Launois-Luong M. H., Launois M. and Rachidi T., 1988.- La lutte chimique contre le criquet du sahel. Collection Acridologie Opérationnelle, n°3, CIRAD/PRIFAS Montpellier, 43 p.

- [7].- Brader L. H. Djibo H., Faye F. G, Ghaout S., Lazar M., Luzietoso P. N. et Ould Babah M. A., 2006.- Evaluation multilatérale de la campagne 2003-2005 contre le Criquet pèlerin. Ed. FAO, Rome, 101 p.
- [8].- De Visscher M. N., 1991.- L'environnement de la lutte antiacridienne: les perspectives et les contraintes de la recherche. La lutte antiacridienne. Ed. AUPELUREF, John Libbey Eurotext, Paris, Pp 219-227.
- [9].- Abouzaïd H., Bouchich L. et Foutlane A., 1991. - Effet des insecticides utilisés pour la lutte antiacridienne au Maroc sur les eaux utilisées pour l'alimentation en eau potable. La lutte antiacridienne. Ed. Aupel-Uref, John Libbey Eurotext, Paris: 229-238. Barton Browne et Raubenheimer, 2003)
- [10].- SAIZONOU N. J. 2000.- Lubilosa et la lutte contre les acridiens. Mini. Agriculture HS. n° 1, Paris, Pp 3-17.
- [11].- Peveling R., 2000.- Suivi environnemental des activités de la lutte antiacridienne à Malaimbandy, Madagascar. Projet d'appui à la gestion de l'environnement. International Ressources Group, n°839, Washington, 38 p.
- [12].- Mamadou A., Mazih A. et Inezdane A., 2005.- L'impact des pesticides utilisés en lutte contre le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae) sur deux espèces de *Pimelia* (Coleoptera, Tenebrionidae). La revue en sciences de l'environnement, vol. 6 (3): 1-8.
- [13].- Tail G., 1998.- Action de quelques substrats alimentaires sur quelques paramètres biologiques de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775), (Orthoptera-Acrididae) Efficacité entomologique de *Pseudomonas fluorescens* (*Pseudomonadales*) sur quelques aspects physiologiques du criquet pèlerin. Thèse Mag., INA, El Harrach, Alger, 190 p.
- [14].- Kemassi A., 2008.- Toxicité comparée des extraits de quelques plantes acridifuges du Sahara septentrional Est algérien sur les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Mémoire de Magister en Agronomie Saharienne, Université Kasdi Merbah-Ouargla, 168 p.
- [15].- Abbassi K., Atay-Kadiri Z. and Ghaout S., 2003a. - Biological effects of alkaloids extracted from three plants of Moroccan arid areas on the desert locust. The Royal Entomological Society, Physiological Entomology, vol. 28: 232-236.
- [16].- Abbassi K., Atay-Kadiri Z et Ghaout S., 2004.- Activité biologique des feuilles de *Calotropis procera* (AIT.R.BR) sur le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Zool. Baetica, vol. 15: 153-166.
- [17].- Abbassi K., Mergaoui L., Atay-Kadiri Z., Ghaout S. et Stambouli A., 2005.- Activités biologiques des feuilles de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) en floraison sur la mortalité et l'activité génésique chez le criquet pèlerin. Zool. Baetica, vol. 16: 31-46.
- [18].- Ould El Hadj M. D., Tankari Dan-Badjo A., Halouane F. and Doumandji S., 2006.- Toxicité comparée des extraits de trois plantes acridifuges sur les larves du

- cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Cyrtacanthacridinae). Sécheresse, vol. 17(3): 407-414.
- [19].- Zouiten, H., K. Abbassi, Z. Atay-Kadiri, M. Mzari, M. El Mahi and Essassi E. M., 2006.- Insecticidal activity of *Solanum sodomaeum* (Solonaceae) extracts on *Schistocerca gregaria* (Forskål) larvae. J. Orthop. Res., vol. 15 (2):171-173.
- [20].- Idrissi Hassani L. M., et Hermas J., 2008. -Effet de l'alimentation en *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur le tube digestif du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. (Orthoptera, Acrididae). Zool. Baetica, vol. 19: 71-84.
- [21].- Kemassi, A., Z. Boual, A. Ould El Hadj-Khelil, M. Dadi Bouhoun et Ould El Hadj M. D., 2010.- Activité biologique de l'extrait d'*Euphorbia guyoniana* (Boiss. et & Reut.) (Euphorbiaceae) chez le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididae). Ann. de Sci.et Technol., Uni. Kasdi Merbah-Ouargla, vol. 2 (1): 60-71.
- [22].- Kemassi A., Ould El Hadj-Khelil A., Boual Z., Hamid Oudjana A. et Ould El Hadj M. D., 2012a.- Activités biologiques des huiles essentielles brutes foliaires de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Cyrtacanthacridinae). PhytoChem & BioSub Journal, vol. 6 (2): 71-77.
- [23].- Kemassi, A., Z. Boual, A. Lebbouz I., Dadi Bouhoun M., Sakeur M. L., Ould El Hadj-Khelil A., and Ould El Hadj M.D., 2012b.- Étude de l'activité biologique des extraits foliaires de *C. arabica* L. (Capparidaceae). Lebanese Science Journal, vol. 13 (2): 81-97.
- [24].- Kemassi A., Boual Z., Bouziane N., Ould El Hadj-Khelil A. and Ould El Hadj M.D., 2013a. - Biological activity of essential oils leaves from one Sahara plant: *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) on the desert locust. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, vol. 2(8): 389-395.
- [25].- Kemassi A., Bouziane N., Boual Z., Mesbahi Z., Ghenabzia M., Kafï M., Benbrahim F., Hadjseyd A., Gharib T., Ould El Hadj-Khelil A. et Ould El Hadj M. D., 2013b.- Étude de la toxicité des extraits foliaires d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. Et Reut. (Euphorbiaceae) chez *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididea). PhytoChem & BioSub Journal, vol. 7 (1): 2-13.
- [26].- Kemassi A., Hellali N., Boual Z., Ould El Hadj-Khelil A., Hadjmahammed M. et Ould El Hadj M. D., 2013c.- Toxicité comparée des huiles essentielles foliaires de trois plantes spontanées récoltées au Sahara algérien sur les larves et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera- Cyrtacanthacridinae). Algerian journal of arid environment, vol. 2 (2): 34-42.
- [27].- Gubb A. S., 1913.- La flore Saharienne: Un aperçu photographique. Ed. Adolphe, Jourdan, Alger, 129 p.
- [28].- Maire R., 1933.- Études sur la flore et la végétation du Sahara central. Mémoire de la société d'histoire naturelle de l'Afrique du nord. Mission du Hoggar II, Alger, 361

p.

- [29].- Ozenda P., 1991.- Flore et végétation du Sahara. Ed. CNRS, 3^{ème} édition augmentée, Paris, Pp 662 p.
- [30].- Øyvind M. A. and Kenneth R. M., 2006.- Flavonoids. Chemistry, Biochemistry and Applications. Ed. CRC Press, Taylor Francis Group- USA, 1212 p.
- [31].- Roberts M. F. and Wink M., 1998. - Alkaloids: Biochemistry, Ecology and Medicinal Applications. Plenum Press, New York and London, 486 p.
- [32].- Martoja R. et Martoja-Pierson M., 1967.- Initiation aux techniques de l'histologie animale. Ed. Masson et Cie éditeurs, Paris, 329 p.
- [33].- Young B., Lowe Js., Stevens A. and Heath JW., 2006.- Atlas d'histologie fonctionnelle de Weather. Ed. De Boeck- UK, United Kingdom, 28p.
- [34].- Bocquene G. et Miossec L., 1987.- Effets létaux et sublétaux à long terme d'un nonylphénol polyéthoxyle, le NP 5 sur la civelle. Rapport scientifique. Direction de l'Environnement et des Recherches Oceaniques. ARCHIMER. Ifermers' Institutional Repository- France, 53p.
- [35].- Ricklefs R. E., Schwarzbach A. E., and Renner S. S., 2006. - Rate of lineage origin explains the diversity anomaly in the world's mangrove vegetation. *American Naturalist*, vol. 168 (4): 805–810.
- [36].- Walbauer G.P., 1968. - The utilization and consumption of food by insects. *Journal of Insect physiology*, vol. 5: 229-288.
- [37].- Barton Browne L. et Raubenheimer D., 2003.- Ontogenetic changes in the rate of ingestion and estimates of food consumption in fourth and fifth instar *Helicoverpa armigera* caterpillars. *Journal of Insect Physiology*, vol. 49: 63-71.
- [38].- Simpson S. J., 1982. - Changes in the efficiency of utilisation of food throughout the fifth instar nymphs of *Locusta migratoria*. *Entomologia Experimentalis et applicata*, vol. 31: 265-275.
- [39].- Hemming J. D. C. and R. L. Lindroth. 1995. - Intraspecific variation in aspen phytochemistry: effects on performance of gypsy moths and forest tent caterpillars. *Oecologia*, vol. 103: 79-88.
- [40].- Harborne J. B., 1993. - Introduction to chemical ecology. Ed. Academic press London, 317 p.
- [41].- Haubruge E. et Amichot M., 1998.- Les mécanismes responsables de la résistance aux insecticides chez les insectes et les acariens. *Revue Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* Vol. 2 (3): 161–174.
- [42].- Colasurdoa N., Dussutoura A. and Desplanda E., 2007. - Do food protein and carbohydrate content influence the pattern of feeding and the tendency to explore of

forest tent caterpillars? *Journal of Insect Physiology*, vol. 47: 63–71.

- [43].- Bouziane N., 2012.- Toxicité comparée des extraits d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. (Euphorbiaceae) et de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) récoltés au Sahara Septentrional Est algérien sur les larves et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Mémoire de Magister en Sciences Agronomiques-Protection des Végétaux, Université Kasdi Merbah-Ouargla, 74 p.
- [44].- Legal P., 1989.- Le choix des plantes nourricières et la spécialisation trophique chez les Acridoidea (Orthoptères). *Bull. Ecol. Ento.*, T. 20 (3): 245-261.
- [45].- Louis S., 2004.- Diversité structurale et d'activité biologique des albumines entomotoxiques de type 1b des graines des Légumineuses. Thèse de Doctorat, Institut national des sciences appliquées de Lyon, 260 p.
- [46].- Philogene B. J. R., 1991.- L'utilisation des produits naturels dans la lutte contre les insectes: problèmes et perspectives. La lutte antiacridienne. Ed. AUPEL-UREF, Paris, Pp 269-278.
- [47].- Ould Ahmedou M. L., Bouaichi A. and Idrissi-Hassani L. M., 2001.- Mise en évidence du pouvoir répulsif et toxique de *Glinus lotoides* (Aizoacées) sur les larves du criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* Forskål (Orthoptera, Acrididae). *Zool. Baetica*, vol. 12: 109-117.
- [48].- Moreteau B., 1991.- Etude de certains aspects de la physio-toxicologie d'insecticides de synthèse chez le Criquet migrateur *Locusta migratoria* (R. et F.). La lutte antiacridienne. Ed. AUPEL-UREF, Paris, Pp 167-178.
- [49].- Brennière J. Jover H. et De Malmann R., 1949.- Sur la nutrition de quelques Orthoptères. *Revue de pathologie végétale et d'entomologie agricole de France*, vol. 28 (3): 134-141.
- [50].- Chauvin R., 1956.- Physiologie des insectes. Le comportement, les grandes fonctions, écophysiologie. Ed. INRA., Paris, 917 p.
- [51].- Wilps H. Nasseh O. Krall S. et Salissou G. B., 1992.- Les effets inhibiteurs de croissance et de biocides végétaux sur les larves de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). *Rev. Sahel, PV. Info*, n° 45: 5-19.
- [52].- Mesbahi Z., 2011.- Bioactivité des extraits foliaires de *Pergularia tomentosa* L. (Asclepiadaceae) sur les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididae). Mémoire d'ingénieur en protection des végétaux, Université Kasdi Merbah-Ouargla, 105 p.
- [53].- Le Berre R., 1967.- Les membranes péritrophiques chez les arthropodes leur rôle dans la digestion et leur intervention dans l'évolution d'organismes parasites. *Cah. O.R.S.T.O.i, sér. Ent. Méd.*, vol. V (3): 149-204.
- [54].- Premeela M. et Muraleedharan D., 1995.- Inhibition of food digestion by certain phytochemicals in red cotton bug *Dysdercus cingulatus* Fabr. (Heteroptera-

Pyrrhocridae). Proc. Indian natn. Sci. Acad., vol. 61 (5): 389:394.

- [55].- Demba Ndione r., Ndiaye M., Faye O., Marie Afoutou J. et Dieye A., 2013.- Larvicidal and cytopathologic effects of Suneem 1% (neem: *Azadirachta indica*, A. Juss, Meliaceae) on mosquitoes vectors of diseases. Topclass Journal of Herbal Medicine, vol. 2(3): 43-58.
- [56].- Bendou, R. 2001.- Contribution à l'étude anatomique et histophysiologique de l'appareil digestif de *Locusta migratoria* (Linné, 1758). Action histopathologique des extraits de polyphénols totaux de feuilles d'olivier *Olea europea* sur le tractus digest du criquet migrateur. Mém. Magister Sci. Agro., Inst. Nati. Agro., El Harrach-Alger Algérie, 163p.
- [57].- Sharaby A., Montasser S., Mahmoud Y. et Ibrahim S., 2012.-Natural Plant Essential Oils for Controlling the Grasshopper (*Heteracris littoralis*) and their Pathological Effects on the Alimentary Canal. Ecologia Balkanica, vol. 4(1): 39-52.