

Effets de l'acide gibbérellique sur le développement et la longévité du criquet migrateur asiatique *Locusta migratoria migratoria* L. (Orthoptera, Acrididae)

Effects of gibberellic acid on development and longevity of Asian migratory locust *Locusta migratoria migratoria* L. (Orthoptera, Acrididae)

K. ABDELLAOUI, M. BEN HALIMA-KAMEL & M.H. BEN HAMOUDA

Département des Sciences Biologiques et de la Protection des Végétaux, UR 04 AGRO4: *Invertébrés, micro-organismes et malherbes nuisibles: méthodes de lutte alternative*, Institut Supérieur Agronomique de Chott, Mariem 4042, Sousse, Tunisie

Recibido el 10 de octubre de 2007. Aceptado el 10 de marzo de 2009.

ISSN: 1130-4251 (2009), vol. 20, 3-19

Mots clés: *L. m. migratoria*, acide gibbérellique, développement, longévité.

Key words: *L. m. migratoria*, gibberellic acid, development, longevity.

RESUME

L'ingestion de l'acide gibbérellique (GA3) à des concentrations de 25, 125, 625 et 3125 µg/ml provoque chez *Locusta migratoria migratoria* (Orthoptera, Acrididae) une diminution de la croissance pondérale des larves et des adultes, ainsi qu'une inhibition du développement en provoquant un ralentissement des processus de mue qui s'est traduit par un prolongement dans la durée des stades larvaires et par conséquent des émergences tardives chez les adultes. Par ailleurs, les individus traités présentent des difficultés d'exuviation entraînant la mortalité des larves du 5^{ème} stade et augmentant le pourcentage des malformations chez les adultes. Les bio-tests de toxicité révèlent que le GA3 est responsable d'une mortalité au stade jeune à la concentration de 3125 µg/ml et au 5^{ème} stade avec les concentrations de 125 et 625 µg/ml suite à des difficultés d'exuviation. Le GA3 aurait donc un effet intéressant sur le développement post-embryonnaire, quant à ses modalités d'action elles méritent d'être étudiés ultérieurement.

ABSTRACT

Experiments to assess the effect of the gibberellic acid (GA3) on the development and longevity of *Locusta migratoria migratoria* (Orthoptera, Acrididae) were conducted testing concentrations of 25, 125, 625 and 3125 µg/ml. Results showed that GA3 exerted inhibitory effects on the growth and development of larvae and adults of *L. m. migratoria*. Treatments with GA3 also prolonged the locust development. Moreover, GA3 induced molting difficulties at 5th instar, increasing larval mortality and the percentage of abnormal adults. The biotests of toxicity showed that GA3 caused mortality in first instar larvae at the highest concentration tested (3125 µg/ml), and in 5th instar larvae due to molting difficulties at concentrations of 125 and 625 µg/ml. Therefore, the GA3 provoked diverse effects on the post-embryonic development of *L. migratoria*, which would require further studies in the future to understand the mode of action of this phytohormone.

INTRODUCTION

Le règne végétal est soumis à une agression constante de la part des criquets migrants depuis des millénaires. La lutte chimique était la seule option pour contrecarrer les fléaux de ces dévastateurs. En effet, depuis l'avènement des insecticides organiques de synthèse, à la fin de la deuxième guerre mondiale, de nombreuses substances actives ont été utilisées dans la lutte contre ces ravageurs. Dans ce contexte, deux types d'insecticides ont reçu une application importante; l'HCH dont le principe actif est le Lindane et un cyclopentadiène chloré, la Dieldrine (Ramade, 1991). La longue persistance d'action de la dieldrine sur la végétation capable de tuer les larves plusieurs semaines après l'application, a permis la mise au point d'une méthode originale, efficace et peu coûteuse du fait que la superficie traitée ne pouvait être qu'une petite proportion de la zone à protéger. Les bandes larvaires, très mobiles, finissaient toujours par traverser la végétation traitée. Les interventions se déroulaient sur les foyers de grégarisation dans les zones grégarigènes selon la méthode de traitement Ultra Bas Volume (UBV) dite en «barrières». Cette méthode a rendu possible la stratégie de lutte préventive et a assuré le maintien du fléau en période de rémission pendant plusieurs années (Ould El Hadj *et al.*, 2002). Malgré ces qualités, la communauté internationale a jugé le produit trop dangereux pour l'homme et l'environnement et en a arrêté définitivement l'usage. Cette interdiction, en plus de l'absence d'un produit de substitution, est suivie par l'entrée en activité de nombreux foyers de grégarisation ce qui a contribué au développement des invasions des dernières années (Rachadi, 1991). Face à cette situation, la recherche de méthodes alternatives de lutte

est devenue une nécessité incontournable. Ce qui justifie l'orientation vers la recherche de molécules d'origine végétale qui pourront constituer des biopesticides efficaces. Dans ce concept, plusieurs plantes furent explorées dont les feuilles d'*Olea europea* (Chermiti et Tira, 1992; Barbouche *et al.*, 1994, 1995, 1996a, 1996b) et les feuilles de *Cestrum parquii* (Ammar *et al.*, 1995, 1997; Barbouche *et al.*, 2001, 2002) qui pourront constituer des sources d'extraction de biopesticides contre les locustes.

Dans cet optique, nous avons tenté d'étudier les effets du GA3, hormone végétale de croissance, sur le développement et la longévité de *L. m. migratoria*. Les premiers résultats découlent de simples observations qui se résument en des constatations de réduction des pullulations de ravageurs sur les plantes traitées à l'acide gibbéréllique (Turner *et al.*, 1970; Henneberry *et al.*, 1982 *in* Barbouche, 1986). La majorité des auteurs attribuent ce phénomène à la physiologie de la plante traitée qui devient résistante aux attaques des ravageurs. De même, Barbouche (1986) a montré que cette phytohormone agit sur le développement et la physiologie de la reproduction de *Ceratitis capitata* Wiedemann (*Diptera, Trypetidae*). Kaur et Rup (2002, 2003), ont également montré que le GA3 inhibe la croissance et le développement de la mouche du melon, *Bactrocera cucurbitae* « Coquillett » (*Diptera, Tephritidae*) et entraîne une réduction significative de la longévité des adultes et de la fécondité des femelles. La présente étude visait à caractériser les effets du GA3 sur les larves et les adultes de *L. m. migratoria* en examinant plus particulièrement son impact sur l'accroissement pondéral, la durée du développement et la mortalité.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Matériel biologique

Les criquets proviennent d'un élevage en masse de *L. m. migratoria* maintenu à l'état grégaire à l'Institut Supérieur Agronomique de Chott-Mariem (ISA). Les insectes sont élevés dans des cages grillagées de 50 cm x 50 cm à raison d'une centaine d'individus par cage à une température de $30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ et une photopériode de 12/12 (L/D). Les insectes reçoivent quotidiennement une alimentation fraîche constituée de feuilles de sorgho fourrager *Sorghum vulgare* ou de touffes de *Pennisetum clandestinum*. Du son de blé est ajouté comme complément protéique.

Protocole expérimental

Les effets du GA3 sur les différents stades biologiques de *L. m. migratoria* sont étudiés suite à l'exposition des insectes au végétal, *S. vulgare*, traité à quatre concentrations 25, 125, 625 et 3125 µg/ml notées respectivement C1, C2, C3 et C4. Les solutions sont préparées dans l'eau distillée juste avant le traitement et additionnées à l'alimentation des larves et des adultes. Les insectes témoins (C0) reçoivent la même quantité d'eau distillée.

Les larves et les adultes, mâles et femelles, de *Locusta* issus de l'élevage en masse sont transférés individuellement dans des boîtes d'un litre dotées de supports pour permettre aux larves de muer. Les boîtes sont placées dans les mêmes conditions d'élevage.

Trois répétitions constituées chacune de 10 insectes aussi bien pour les larves que pour les adultes mâles et femelles ont été utilisées pour chacune des concentrations citées précédemment soit un total de 150 larves et 150 adultes mâles et femelles. Le suivi de l'accroissement pondéral a concerné les larves du 5^{ème} stade sur 10 jours et les adultes sur 16 jours. Le poids est noté au début puis à la fin de l'expérimentation.

Pour le suivi de la durée des stades larvaires, les larves du 1^{er} stade sont utilisées le jour même de l'éclosion des œufs qui sont mis en incubation à une température fixée à 32°C ± 1 °C. Les mues larvaires et la mortalité relative à chaque stade et cumulée sont notées journalièrement. L'insecte est jugé mort lorsqu'il ne répond à aucune excitation. Le taux de mortalité cumulée est obtenu en appliquant la formule suivante:

$$\text{Mortalité cumulée} = (EI - ESFS)$$

où EI = effectif initial et ESFE = effectif des survivants à la fin du stade.

Analyses statistiques

L'analyse de la variance (ANOVA) à un seul facteur a été utilisée pour l'analyse des résultats grâce au logiciel SPSS version 13.0. Les comparaisons des moyennes ont été effectuées à un degré de signification de 5 % en utilisant le test *S.N.K.* (Student-Newman-Keuls).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Action sur l'évolution pondérale

Les résultats consignés dans la figure 1 mettent en évidence une nette influence du GA3 sur l'accroissement pondéral des larves au 5^{ème} stade. Le gain le plus important est observé, dans les deux sexes, chez les insectes témoins. Cette action est bien marquée particulièrement avec les concentrations de 25, 125 et 625 $\mu\text{g/ml}$ (C1, C2 et C3) chez les larves mâles qui montrent respectivement des gains de 0.20 ± 0.02 , 0.09 ± 0.06 et 0.19 ± 0.07 g contre 0.53 ± 0.11 g pour les larves témoins. L'analyse de la variance avec la dose comme critère de classification montre une différence hautement significative ($F = 18.78$, $p < 0.001$, d.d.l. = 4) entre les différents traitements qui forment, selon le test *SNK*, des groupes hétérogènes présentés par différentes lettres dans la figure 1. En revanche, l'accroissement pondéral des L5 femelles montre que les insectes témoins et traités ont des gains comparables et aucune différence significative n'a été notée entre les différents traitements.

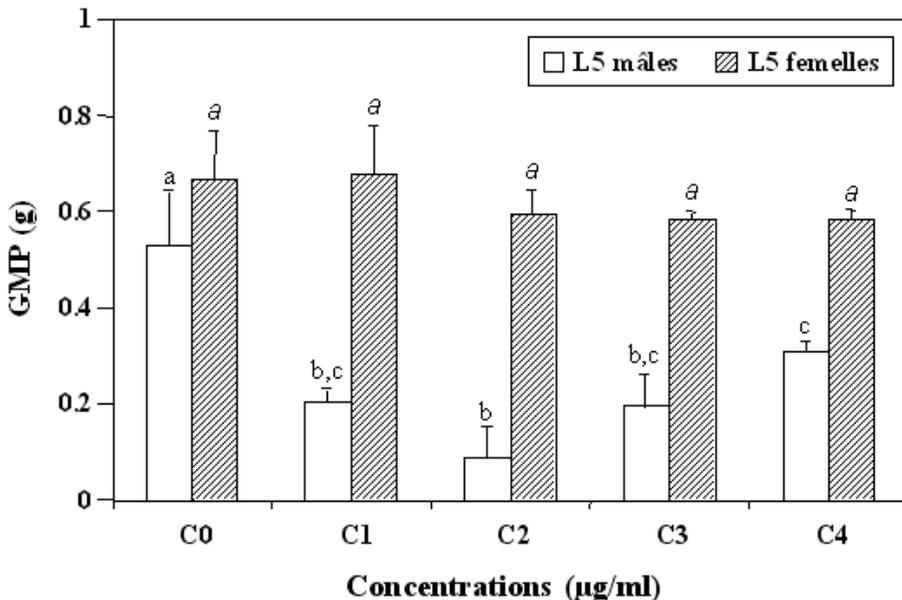


Fig. 1.—Effet de l'addition du GA3 à différentes concentrations à l'alimentation du 5^{ème} stade larvaire de *L. m. migratoria* sur le gain moyen du poids (GMP) après 10 jours. Les différentes lettres indiquent les moyennes significativement différentes.

Fig. 1.—Effect of different concentrations of GA3, added to the food of *L. m. migratoria* fifth instar, on the weight gained after 10 days. Different letters indicate significantly different mean values.

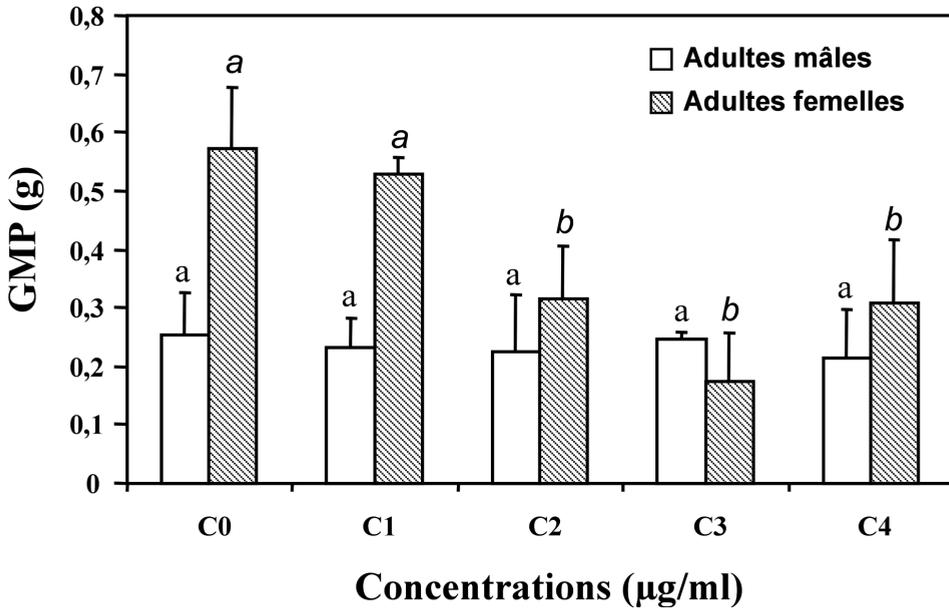


Fig. 2.—Effet de l'addition du GA3 à différentes concentrations à l'alimentation des adultes de *L. m. migratoria* sur le GMP après 16 jours. Les différentes lettres indiquent moyennes significativement différentes.

Fig. 2.—Effect of different concentrations of GA3, added to the food of *L. m. migratoria* male and female adults, on the weight gained after 16 days. Different letters indicate significantly different mean values.

Quant au gain pondéral des adultes (Fig. 2), nous avons pu remarquer une nette variation entre les différents traitements suite à l'ingestion du GA3 surtout pour les adultes femelles. L'analyse de la variance montre une différence hautement significative ($F = 11.06$, $p < 0.001$, d.d.l. = 4) entre le témoin et les concentrations C2, C3 et C4. En effet, après 16 jours, le gain moyen enregistré pour les témoins est de l'ordre de 0.57 ± 0.1 g contre 0.31 ± 0.08 , 0.17 ± 0.06 et 0.30 ± 0.1 g respectivement aux C2, C3 et C4. En revanche, la croissance pondérale des adultes mâles reste sensiblement la même pour les différents traitements qui forment statistiquement un groupe homogène, bien que les insectes traités montrent une légère réduction, visible mais insignifiante, comparativement aux individus témoins.

Ces observations permettent de déduire que le GA3 agit comme un inhibiteur de croissance en entraînant une régression du poids des criquets traités. Ces constatations vont dans le même sens que celles obtenues par Kaur et Rup (2003), qui ont montré que le GA3 inhibe la croissance de *B. cucurbitae*.

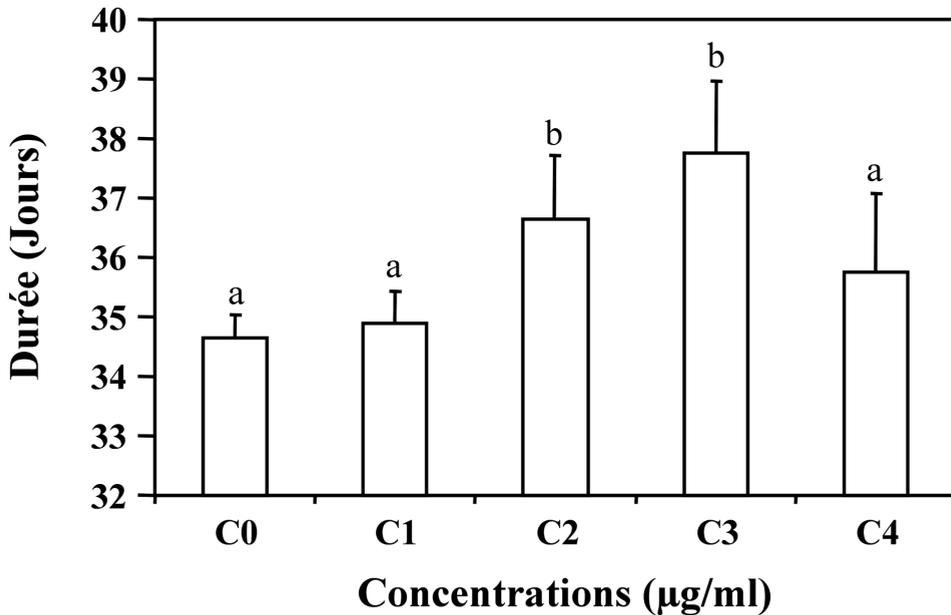


Fig. 3.—Effet de l'addition du GA3 à différentes concentrations à l'alimentation des larves de *L. m. migratoria* sur la durée moyenne de différents stades larvaires. Les différentes lettres indiquent moyennes significativement différentes.

Fig. 3.—Effect of different concentrations of GA3, added to the food of *L. m. migratoria* larvae, on the middle length of different larval stages. Different letters indicate significantly different mean values.

Action du GA3 sur la durée des stades larvaires de *L. migratoria*

Le suivi de la durée du développement des stades larvaires de *L. migratoria* nourris dès le premier stade sur des feuilles de *S. vulgare* traitées avec le GA3, montre une lenteur du développement pendant les deux derniers stades (4^{ème} et 5^{ème} stades). D'ailleurs, la figure 3 montre que l'ingestion du GA3 n'a pas influencée la durée du premier, du deuxième et du troisième stade larvaire. Ceci a été prouvé par l'analyse de la variance qui ne montre aucune différence significative entre les différents traitements. Ce résultat semble être du à la durée brève de ces stades. Pour les deux derniers stades, nous avons pu mettre en évidence une différence significative ($F = 4.13$, $p < 0.03$, d.d.l. = 4) entre les larves témoins et traitées respectivement aux concentrations C2 et C3. En effet, les larves traitées à la concentration de 625 µg/ml (C3) ont été besoin d'une durée moyenne de 12.28 ± 1.22 jours pour accomplir le 5^{ème} stade et passer au stade biologique suivant. Au contraire, pour les larves témoins une durée moyenne de 9.89 ± 0.52 jours était suffisante pour l'achèvement de ce stade et l'émergence des imagos (Fig. 3).

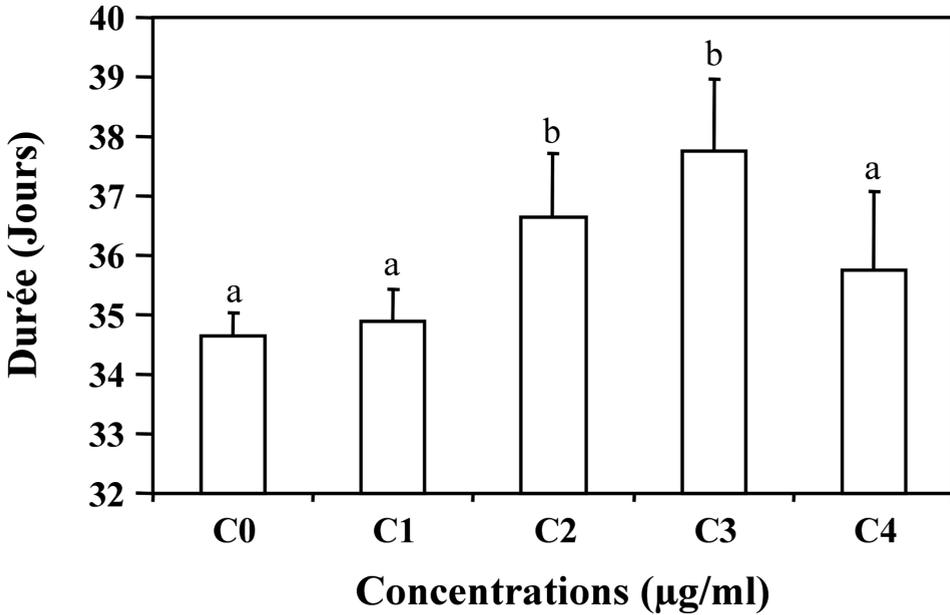


Fig. 4.—Effet de l'addition du GA3 à différentes concentrations à l'alimentation de *L. m. migratoria* sur la durée totale du développement. Les différentes lettres indiquent moyennes significativement différentes.

Fig. 4.—Effect of different concentrations of GA3, added to the food of *L. m. migratoria* larvae, on the total length of larval development. Different letters indicate significantly different mean values.

Les résultats obtenus (Fig. 3) sont confirmés par le suivi de la durée totale du développement larvaire (Fig. 4). Cette durée a été calculée en tenant compte des dates d'éclosion et d'émergence sans tenir compte des dates des mues larvaires. Nous remarquons que la durée totale du développement est significativement influencée ($F = 6.34$, $p < 0.01$, d.d.l. = 4) par l'ingestion du GA3 et que les effets les plus manifestes ont été notés avec les concentrations C2 et C3. En effet, les insectes témoins achèvent leur développement post-embryonnaire au bout de 34.6 ± 0.37 jours contre des durées moyennes de 36.6 ± 1.32 et 37.7 ± 1.95 jours respectivement pour C2 et C3 (Fig. 4).

Les résultats relatifs aux effets du GA3 sur la durée des stades larvaires de *L. migratoria* concordent remarquablement avec ceux obtenus par Kaur et Rup (2003), qui ont montré que les régulateurs de croissance des plantes tels que la coumarine, la kinétine, l'acide indol-3-acétique (AIA) et le GA3 en particulier, provoquent un prolongement de la période du développement et une réduction du pourcentage d'émergence chez *B. cucurbitae*. Le GA3 s'est comporté comme un inhibiteur de croissance en provoquant un ralentissement des processus de la mue qui s'est traduit par un prolongement

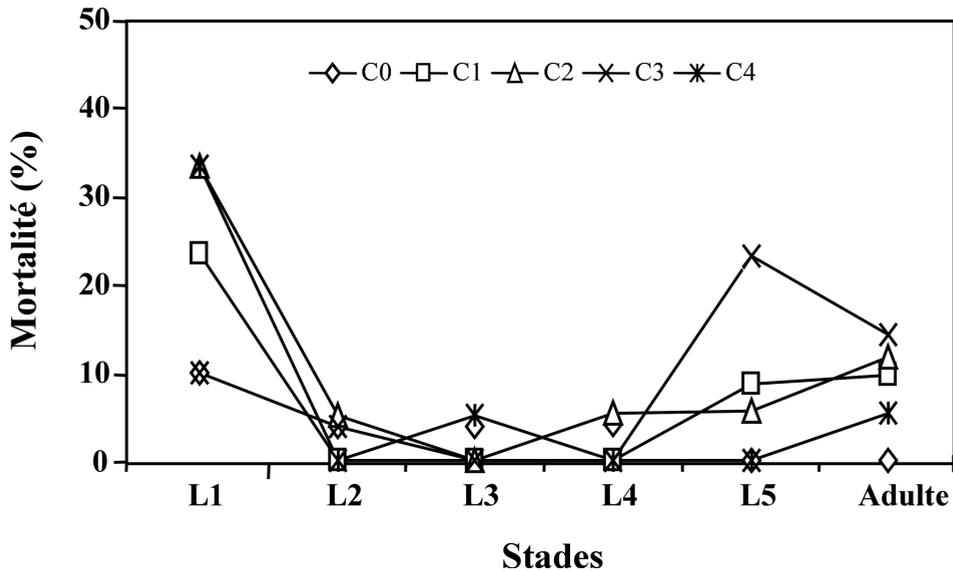


Fig. 5.—Taux de mortalité de différents stades du développement de *L. m. migratoria* alimentés sur du végétal traité avec le GA3.

Fig. 5.—Mortality rate recorded for the different developmental stages of *L. m. migratoria* larvae fed on GA3 treated diet.

dans la durée des stades larvaires et par conséquent des émergences tardives chez les adultes traités.

Action du GA3 sur la mortalité de *L. migratoria*

Mortalité par stade

Les biotests de toxicité révèlent une mortalité des larves au stade L1 suite à l'ingestion du GA3 surtout aux concentrations de 125 et 3125 $\mu\text{g}/\text{ml}$, soit 33.3 % des larves traitées contre 10 % chez le témoin (Fig. 5). Cette mortalité pourrait être liée soit à une toxicité provoquée par le GA3 soit à une insuffisance protéique suite à une diminution de la prise de nourriture, fait bien connu que les larves au premier stade sont très sensibles. Au cours du 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} stades nous remarquons que la mortalité devient très faible et ceci semble être dû à une adaptation des larves survivantes à la nourriture qui leur est offerte (Fig. 5). Cependant, le taux de mortalité au 5^{ème} stade, s'est élevé de nouveau et atteint 23.07 % avec la concentration C3 contre un taux nul chez le témoin et la concentration de 3125 $\mu\text{g}/\text{ml}$



Fig. 6.—Difficultés d'exuviation de *L. m. migratoria* à la mue imaginale suite à l'ingestion du GA3.

Fig. 6.—Exuviation difficulties for *L. m. migratoria* nymphs during the imaginal molt after ingestion of GA3.

(C4) (Fig. 5). Quant à la mortalité au stade adulte, elle a été suivie sur 16 jours après émergence et c'est la concentration C3 qui montre le taux le plus élevé soit 14.28 % contre un taux nul pour le témoin (Fig. 5). La mortalité des larves et des adultes est due à des difficultés d'exuviation constatées surtout à la mue imaginale. Les difficultés sont survenues au moment où l'insecte allait se dégager de son exuvie (Fig. 6a et b). De plus, il a été constaté au cours de ces expérimentations, que les traitements à l'acide gibbérellique entraînent l'apparition des nécroses abdominales et un noircissement de la face ventrale de l'insecte qui devient plus accentué quelques heures après la mort (Fig. 7a et b) et qui semble être due à une action toxique exercée par le GA3.

Mortalité cumulée

La figure 8 montre qu'au 5^{ème} stade larvaire, les taux de mortalité cumulée les plus élevés ont été obtenus avec les concentrations C2, C3 et C4, soit respectivement 50, 43.33 et 40 % contre 26.6 % chez le témoin. Nos résultats concernant la mortalité de *L. migratoria* suite à l'ingestion du GA3 s'accordent avec ceux de Kaur et Rup (2003), qui ont montré qu'aux plus fortes concentrations utilisées (125, 625 et 3125 µg/ml), le GA3 est responsable de 100 % de mortalité des larves du premier stade de *B. cucurbitae*. De même, (Kaur et Rup, 2002) ont montré que le GA3 peut affecter la longévité des adultes mâles et femelles de *B. cucurbitae*, qui passe de



Fig. 7.—Apparition des nécroses de couleur noire au niveau de l'abdomen des larves du 5^{ème} stade (a) et des adultes (b) de *L. migratoria* suite à l'ingestion du GA3.

Fig. 7.—Appearance of necroses in the abdomen of 5th instar larvae (a) and adults (b) of *L. m. migratoria* after GA3 ingestion.

91.5 ± 2.95 jours chez les témoins à 30.5 ± 10.68 jours pour les adultes mâles traités à la concentration 3125 µg/ml. Chez les femelles, la longévité des témoins était de 87.67 ± 2.36 jours contre 26.67 ± 13.31 jours chez les traités à la même concentration. Nos résultats révèlent également une similitude avec ceux obtenus par Barbouche (1986) qui a montré que l'acide gibbérellique manifeste une action toxique vis-à-vis des larves et des imagos de *C. capitata*. En effet, l'incorporation du GA3 au milieu nutritif des larves à des concentrations allant de 0.015 à 0.2 % affecte considérablement le développement larvaire. Les larves ayant reçu une alimentation contenant le GA3 voient leur taux de pupaison devenir très faible, voire même s'annuler. L'auteur ajoute que le nombre de pupe obtenu diminue à mesure que la concentration en gibbérelline augmente dans le milieu. C'est ainsi qu'il a pu mettre en évidence qu'avec la concentration la plus élevée soit 0.2 % (200 mg/100 g du milieu) aucune larve n'atteint le stade pupal. Par contre, le pourcentage de pupaison devient de 41.3 % avec la concentration

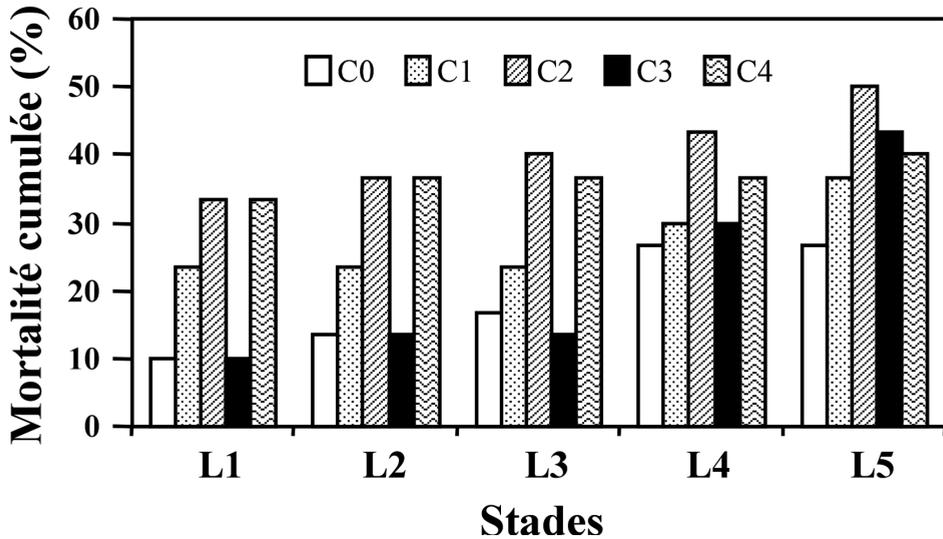


Fig. 8.—Mortalité cumulée par stade de *L. m. migratoria* suite à l'addition du GA3 à l'alimentation.

Fig. 8.—Cumulative mortality for the different stages of *L. m. migratoria* after GA3 addition to the diet.

de 0.015 % contre 73.3 % chez les insectes élevés sur le milieu témoin. De plus, Isman et Rodriguez (1983) ont montré que des phytorégulateurs naturels extraits de plante du genre *Parthenium* sont capables de réduire jusqu'à 88 % la population d'*Heliothis zea* nourris artificiellement par ces extraits à raison de 3 mM/kg de nourriture.

Réduction des performances de *L. migratoria* suite à des atteintes morphogénétiques

L'efficacité d'un produit ne se mesure pas uniquement en terme de mortalité chez les insectes traités. La réduction des performances des larves traitées ainsi que des imagos issus de ces larves revêt également une grande importance. En effet, les difficultés d'exuviation notées chez les larves à la mue imaginale causent des malformations au stade adulte de sévérité très variable. Ces malformations peuvent toucher le corps entier de l'insecte et provoquent par conséquent sa mort rapide, comme elles peuvent concerner uniquement une partie de l'individu et qui se manifeste par une malformation irréversible chez les adultes survivants (Fig. 9). Les insectes peuvent être handicapés de différentes façons: a) une mue intégrale n'est plus possible,

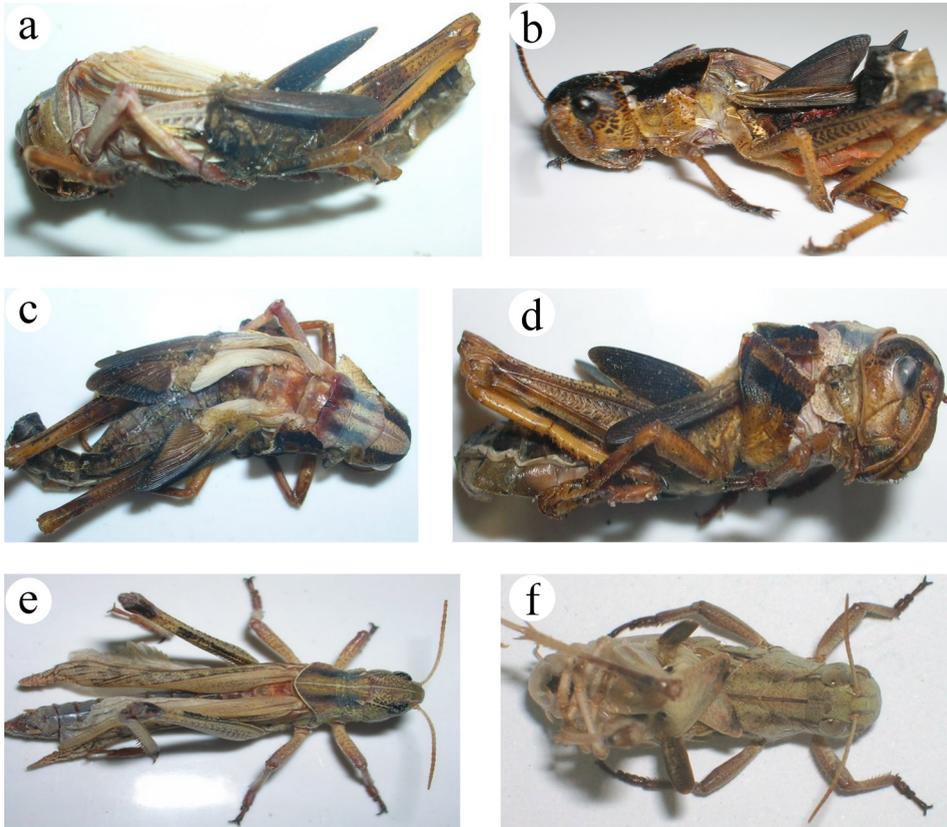


Fig. 9.—Différents types de malformations notées chez *L. m. migratoria* suite a des difficultés d'exuviation à la mue imaginale après traitement de la végétation à l'acide gibbérellique. a) et b) mue imaginale incomplète; c) malformation de l'extrémité abdominale; d) malformation des antennes et des yeux composés; e) adulte aux ailes déformées; f) malformation des ailes et des pattes postérieures.

Fig. 9.—Different types of malformations noted on *L. m. migratoria* after nymphal exuviation difficulties. a) and b) incomplete imaginal moulting; c) malformation of the end of abdomen; d) malformation of antennae and composed eyes; e) adult with deformed wings; f) malformation of wings and hind legs.

ce qui entraîne généralement tôt ou tard la mort des insectes (Fig. 9a et b); b) obstacles à la communication générale, notamment disparition de l'aptitude à la copulation (malformation des extrémités) (Fig. 9c) et perte du sens de l'orientation (malformation des antennes, déformation des yeux) (Fig. 9d); c) l'aptitude au vol est réduite, voire annihilée (déformation des ailes) (Fig. 9e); d) difficultés au niveau de la prise de nourriture (malformation ou disparition des pattes et des tarsi) (Fig. 9f).

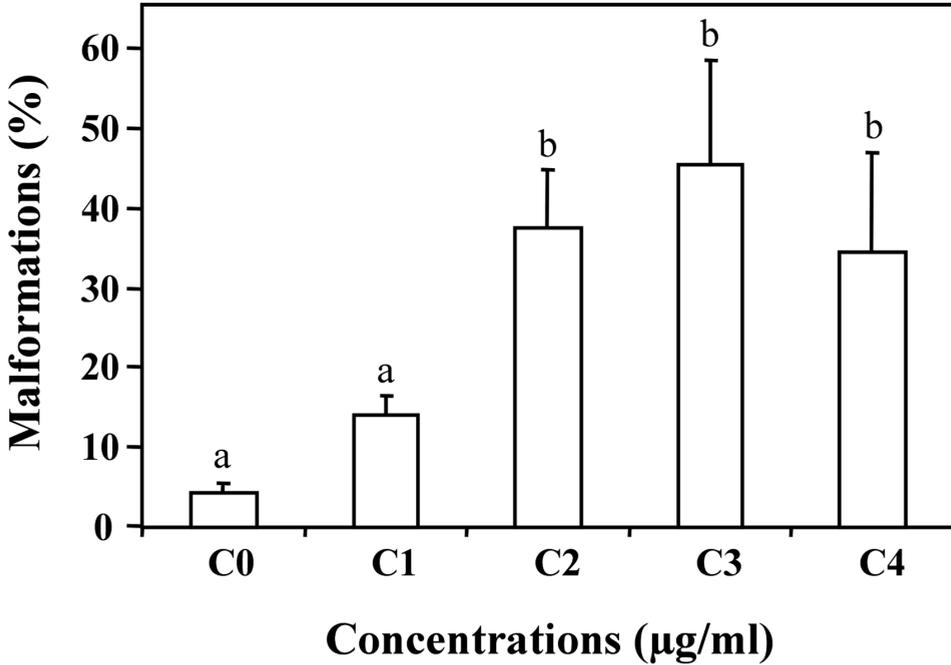


Fig. 10.—Pourcentages des insectes présentant de malformations et des difficultés d'exuviation suite à l'ingestion du GA3. Les différentes lettres indiquent moyennes significativement différentes.

Fig. 10.—Percentages of insects presenting malformations and molting problems after ingestion of GA3. Different letters indicate significantly different mean values.

Les atteintes morphogénétiques ont été observées chez une grande partie des imagos issus des larves traitées. Ces atteintes sont considérées dans leur ensemble, sans subdivision selon les différents types de déformations. Environ 96 % des insectes témoins ont atteint le stade adulte sans aucune malformation, seulement 4 % ont présenté des malformations qui se limitent dans la grande majorité des cas à la disparition d'une patte postérieure ou une légère déformation au niveau des élytres. Les taux des insectes montrant des atteintes morphogénétiques de sévérité variable après ingestion du GA3 sont significativement différents ($F = 11.42$, $p < 0.001$, d.d.l. = 4) et atteignent des pourcentages de 37.5 ± 7.16 , 45.3 ± 13.05 et 34.3 ± 12.6 % respectivement avec C2 et C3 et C4 (Fig. 10).

Ces résultats nous permettent de suggérer que le GA3 intervient dans le processus du développement et de croissance des insectes. Il nous paraît donc à peu près certain que cette substance va avoir un effet direct sur les titres hormonaux dont les différentes concentrations interagissent

pour déclencher et réguler les divers processus de croissance au cours du développement des insectes. Ce composé présente une analogie structurale avec les hormones des insectes, c'est-à-dire qu'il peut être accepté par les récepteurs hormonaux qui sont vitaux pour l'action d'une hormone. Ceci explique les résultats obtenus avec les biotests de toxicité qui montrent que la mortalité est liée surtout à des difficultés d'exuviation se manifestant en particulier au 5^{ème} stade larvaire. D'autant plus, nous pouvons penser à un phénomène de saturation hormonale puisque le GA3 peut avoir le même effet que l'ecdystérone sur la mue tel qu'il a été démontré par Carlisle *et al.*, (1963) chez le criquet.

En outre, nous avons pu mettre en évidence dans la présente étude que les concentrations C2 et C3 (125 et 625 µg/ml) provoquent les effets les plus probants vis-à-vis des larves et des adultes de *L. m. migratoria* et entraînent les perturbations les plus manifestes comparativement à la plus forte concentration testée, C4 (3125 µg/ml). Ces résultats pourraient être expliqués en se basant sur les observations de N. Visscher qui avait trouvé un effet de tout ou rien en testant les effets de l'acide gibbéréllique sur la mouche domestique *Musca domestica* (*Diptera, Muscidae*). Toutefois, l'auteur n'a pas publié ces travaux vu qu'il a eu un brevet sur ces résultats (communication verbale entre l'auteur et Pr. Ben Hamouda). Nos résultats concordent remarquablement également avec ceux obtenus par Kaur et Rup (2002) qui ont évalué les effets du GA3 sur *B. cucurbitae* à des concentrations de 125, 625 et 3125 µg/ml. En effet, des observations qui se rapprochent des nôtres ont été notées par ces auteurs. Ils ont montré que la concentration de 625 µg/ml donne les résultats les plus probants comparativement à la plus forte concentration testée. Nous avançons à titre d'exemple que ces auteurs ont noté une longévité moyenne de 21.33 ± 8.46 jours chez les adultes mâles traités par application topique à la concentration de 625 µg/ml contre 30.5 ± 10.68 chez les traités à la concentration de 3125 µg/ml. De même, ils ont trouvé que le GA3 affecte significativement le potentiel reproducteur de la mouche et c'est la concentration de 625 µg/ml qui donne l'effet le plus manifeste. En effet, ils ont pu compter en moyenne un nombre total de 412.5 ± 6.14 œufs par femelle témoin contre 60.17 ± 5.99 et 79.17 ± 4.56 œufs chez les traitées respectivement avec les concentrations de 625 et 3125 µg/ml. Ainsi, la fécondité passe de 100 % chez les femelles de la série témoin à 14.48 ± 1.23 et 19.13 ± 0.81 % respectivement chez les traitées avec ces concentrations.

CONCLUSIONS

Au terme de cette étude, un certain nombre de données relatives à la possibilité d'envisager l'acide gibbéréllique dans des programmes de lutte contre les insectes nous paraissent acquises. Ce travail a pu mettre en évidence que l'ingestion du GA3 entraîne un ralentissement des processus de la mue au cours du 4^{ème} et 5^{ème} stades ainsi qu'une croissance pondérale plus faible chez les insectes traités. Les biotests de toxicité ont montré également que la mortalité est liée, en grande partie, à des difficultés d'exuviation qui se manifeste surtout au 5^{ème} stade larvaire. Ceci serait vraisemblablement dû à un phénomène de saturation hormonale chez les individus traités. En effet, Barbouche (1986) suppose que le GA3 agit soit en renforçant l'action des ecdystéroïdes dont le rôle est bien connu dans le développement et la reproduction chez les insectes ou en inhibant partiellement la synthèse de l'hormone juvénile puisque le GA3 et la JH ont un précurseur commun qui est l'acide mévalonique. A la lumière de ces résultats préliminaires, nous pouvons confirmer que le GA3 est capable de provoquer des perturbations sur le métabolisme général de l'insecte.

BIBLIOGRAPHIE

- AMMAR, M., BARBOUCHE, N. & BEN HAMOUDA, M.H. 1995. Action des extraits de composés de feuilles de *Cestrum parquii* et d'*Olea europea* sur la longévité et la croissance du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*. *Proceedings of the 47th International Symposium on Crop Protection*: 831-836. Gent.
- 1997. Cuticule altération and death of *Schistocerca gregaria* by difficulty in moulting under food effect of *Cestrum parquii* and *Olea europea*. En: KHOURY, W. & BAYAA, B. (Editors). *Proceedings Sixth Arab Congress of Plant Protection*: 110-121. Beirut.
- BARBOUCHE, N. 1986. *Action des gibbéréllines, hormones de croissance végétales, sur le développement et la physiologie de la reproduction de Ceratitis capitata (Diptera, Trypetidae)*. Thèse de Doctorat de Spécialité. Faculté des Sciences de Tunis.
- BARBOUCHE, N., AMMAR, M. & BEN HAMOUDA, M.H. 1994. Nouvelles approches de lutte anti-acridienne moyennant l'utilisation de substances naturelles: effets d'extraits de plantes sur la croissance, le développement et le reproduction du criquet pèlerin. *Actes des Journées Nationales sur les Récents Acquis de la Recherche Agronomique et Vétérinaire, Hammamet*: 443-447.
- BARBOUCHE, N., AMMAR, M., BEN HAMOUDA, M.H. & BEN SALAH, H., 1995. Incidences de l'alimentation à base de feuilles d'olivier (*Olea europea*) sur l'ovogenèse chez *Schistocerca gregaria* (Forsk.). *Annales de l'INAT*, 68: 31- 44.
- BARBOUCHE, N., DHOUIB, S., AMMAR, M. & BEN HAMOUDA, M.H., 1996a. Action de trois substrats alimentaires: Bersim, Faux poivrier et Olivier sur le développement et la structure de la cuticule chez le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*. *Annales de l'INAT*, 69: 131-146.
- BARBOUCHE, N., AMMAR, M., BEN HAMOUDA, M.H., COUILLAUD, F. & GIRARDIE, J. 1996b. *Ac-Zool. baetica*, 20: 3-19, 2009

- tion d'une alimentation à base de feuilles d'olivier (*Olea europea*) sur la biosynthèse *in vitro* de la JH III par les *corpora allata* chez *Schistocerca gregaria* au cours de la vitéllogénèse. *Archives del Institut Pasteur Tunis*, 73: 9-12.
- BARBOUCHE, N., AMMAR, M., HAJJEM, B. & LOGNAY, G., 2001. Contribution à l'étude de l'activité biologique d'extraits de feuilles de *Cestrum parquii* l'Herit (Solanacée) sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk). *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 5: 85-90.
- BARBOUCHE, N., BEN SALAH, R., MOUMÈNE, K., HAJJEM, B. & LOGNAY, G., 2002. Action des saponines présentes dans les feuilles de *Cestrum parquii* l'Herit sur la digestion du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk, 1775 (Orthoptera, Acrididae). *Revue de l'INAT*, 17: 185-197.
- CARLISLE, D.B., OSBORNE, D.J., ELLIS, P.E. & MOORHOUSE, J.E. 1963. Reciprocal effects of insect and plant-growth substances. *Nature*, 200: 1230.
- CHERMITI, B. & TIRA, R., 1992. Impact de divers substrats alimentaires sur le potentiel biotique de *Schistocerca gregaria* (Orthoptera: Acridoidea). *Proceedings of the 44th International Symposium on Crop Protection*: 679-687. Gent.
- ISMAN, M.B. & RODRIGUEZ, E., 1983. Feeding and growth of noctuid larvae on foliar material and extracts of guayule related species of *Parthenium* and F1 hybrids. *Environmental Entomology*, 13: 539-542.
- KAUR, R. & RUP, P.J., 2002. Evaluation of regulatory influence of four plant growth regulators on the reproductive potential and longevity of melon fruit fly (*Bactrocera cucurbitae*). *Phytoparasitica*, 30: 1-7.
- KAUR, R. & RUP, P.J., 2003. Influence of four plant growth regulators on development of melon fruit fly *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett). *Insect Science and its Application*, 23: 121-125.
- OULD EL HADJ, M.D., TANKARI DAN-BADJO, A. & HALOUANE, F. 2002. Etude comparative de la toxicité de trois substances de plantes acridifuges sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* Forsk. 1775 (Orthoptera, Cyrtanthacridinae). *Proceedings du IV^{ème} Journée d'Acridologie*: 37-52. INA El-Harrach. Alger.
- RACHADI, T. 1991. Promesses et limites de la lutte chimique dans la stratégie anti-acridienne. En: ESSAID, A. (Editor). *La lutte anti-acridienne*: 151-165. AUPELF-UREF, John Libbey, Eurotext. Paris.
- RAMADE, F., 1991. Caractères écotoxicologiques et impact environnemental potentiel des principaux insecticides utilisés dans la lutte anti-acridienne. En : ESSAID, A. (Editor). *La lutte anti-acridienne*: 179-191. AUPELF-UREF, John Libbey, Eurotext. Paris.

