

# TOXICITÉ DU TÉFLUBENZURON SUR DES LARVES DE CINQUIÈME STADE DE *LOCUSTA MIGRATORIA CINERASCENS* (FABRICIUS, 1781) (ORTHOPTERA : ACRIDIDAE)

Fatma Acheuk et Bahia Doumandji-Mitiche<sup>1</sup>

Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université M'Hamed Bougara, Boumerdès,  
Algérie

<sup>1</sup> Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El-Harrach, Alger, Algérie  
fatma.acheuk@yahoo.fr

(Received 14 March 2011 - Accepted 9 November 2011)

## RÉSUMÉ

*L'activité larvicide du téflubenzuron (TFB benzoylphénylurée), a été évaluée sur les larves de cinquième stade (L5) de *Locusta migratoria cinerascens* nouvellement émergées. Le produit a été administré par ingestion aux doses de 2.5, 5, 10, 15, 20, et 25 µg/larve. Les résultats obtenus révèlent que ce produit présente une bonne activité larvicide, toutes les doses testées sont létales, la mort survient au moment de la mue.*

*L'activité du TFB sur les paramètres structuraux de la cuticule a mis en évidence une réduction significative de son contenu en chitine et une augmentation des protéines cuticulaires chez les séries traitées.*

*Ce produit peut jouer donc un rôle particulièrement important dans les zones de reproduction et d'invasion acridienne où les traitements en barrières sont très recommandés.*

**Mots-clés:** *Locusta migratoria cinerascens*, larve de cinquième stade, téflubenzuron, chitine, protéines, cuticule, activité larvicide

## ABSTRACT

*The larvicidal activity of teflebezuron (TFB benzoylphenylurea) was evaluated on the 5<sup>th</sup> instars larvae of *Locusta migratoria cinerascens*, newly emerged. This product was administered by ingestion at the following doses: 2.5, 5, 10, 15, 20 and 25 µg/larvae. Results obtained show that this product has good larvicidal activity. All tested doses were lethal, death occurs during the moult in the treated series.*

*The activity of TFB on the structural parameters of the cuticle showed a significant reduction in chitin content and an increase cuticular protein in treated series.*

*This product may therefore play a particularly important role in locust areas where barriers treatments are recommended.*

**Keywords:** *Locusta migratoria cinerascens*, 5<sup>th</sup> instars larvae, Teflubenzuron, chitin, proteins, cuticle, larvicidal activity

## INTRODUCTION

Le Criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linnaeus, 1758) est l'acridien qui a la plus grande plasticité écologique et la plus vaste extension géographique (Launois-Luong & Lecoq, 1993). Les dégâts et les ravages imputés à ce ravageur sont perpétrés aussi bien par les larves que par les adultes.

La lutte antiacridienne demeure l'une des préoccupations majeures dans les stratégies de protection des cultures des régions arides et semi-arides déjà soumises aux aléas du climat.

Pour minimiser les dégâts causés par les acridiens, plusieurs méthodes de lutte ont été utilisées. Parmi celles-ci, la lutte chimique a été la plus exploitée pendant plusieurs décennies.

Les insecticides utilisés en lutte antiacridienne sont généralement neurotoxiques, ils tuent les criquets en agissant sur leur système nerveux. Ces produits appartiennent aux groupes des organophosphorés, des pyréthrinoides, des carbamates, ou l'association de ces produits (FAO, 1997).

Les insecticides classiques utilisés se sont révélés très nocifs à l'environnement et à la santé de l'homme. On note par ailleurs, qu'ils éliminent sélectivement les insectes non ciblés associés à ces déprédateurs. À cause de ces problèmes toxicologiques et environnementaux et du développement de la résistance, la recherche de nouveaux produits ayant d'autres mécanismes d'action et agissant sur d'autres organes cibles que le système nerveux est devenue une nécessité.

Les criquets comme tous les arthropodes possèdent un exosquelette et se développent par mue. Toute perturbation interférant avec les mécanismes de croissance et de développement constitue un moyen efficace et spécifique de lutte. Depuis les années 1970, des nouveaux composés agissant au niveau physiologique ont été synthétisés. Ils sont désignés sous le terme de régulateurs de croissance d'insectes (Dhadialla *et al.*, 1998).

Les régulateurs de croissance d'insectes sont des composés qui altèrent le profil normal du développement chez les insectes et causent des erreurs métaboliques et un développement asynchrone ce qui provoque la mort de l'insecte. Ces composés regroupent les mimétiques de l'hormone juvénile, les agonistes et les antagonistes de l'ecdysone ainsi que les inhibiteurs de la synthèse de la chitine (Chui *et al.*, 1993).

Le téflubenzuron (TFB) inhibe la synthèse de la chitine chez les insectes. L'objectif du présent travail est d'évaluer l'activité insecticide de cette substance et d'évaluer son impact sur la teneur en chitine et en protéines cuticulaires chez les larves L5 du criquet migrateur *Locusta migratoria cinerascens*.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Elevage des insectes

Un élevage de masse de *L. migratoria cinerascens* a été réalisé au laboratoire à partir d'adultes récoltés dans la région d'Adrar (Algérie). Les oothèques du même jour sont récupérées et incubées à 30°C. Pour obtenir des larves d'un même âge, les larves synchronisées sont élevées dans des cages en bois de dimensions 45 x 50 x 50 cm à une température comprise entre 30 et 32°C., une humidité relative comprise entre 50 et 70 % et une photopériode de 12 h d'éclairage et de 12h d'obscurité. La nourriture distribuée est à base de graminées et un complément de son de blé.

### Insecticide et traitements

Le téflubenzuron (sous le nom commercial Nomolt) a été fourni par le service de la lutte antiacridienne de l'Institut National de la Protection des Végétaux (INPV), Alger.

### Traitement pour l'évaluation de l'efficacité larvicide du TFB

L'évaluation de l'activité larvicide du TFB a été faite sur des larves L5 nouvellement écloses et synchronisées. Le traitement est réalisé par ingestion forcée au niveau de l'œsophage aux doses suivantes : 2.5, 5, 10, 15, 20 et 25 µg/ larve. Pour chaque dose, 50 larves réparties en cinq lots comportant chacun 10 larves, ont été traitées. Parallèlement aux lots traités, un lot de larves traitées avec de l'éthanol a été présenté comme témoin.

L'étude de l'effet du TFB sur l'évolution des taux de chitine et des protéines cuticulaires a été faite sur un autre lot de larves L5 nouvellement écloses, synchronisées et traitées par ingestion à la dose de 5µg/ larve. L'étude a été faite comparativement à un lot témoin.

### Suivi de la toxicité

L'évaluation de l'efficacité du produit a été faite en calculant le pourcentage de mortalité observée, qui est corrigée par la formule d'Abbott (1925).

% de mortalité corrigée =  $M2-M1 \times 100 / 100 -M1$  avec,

M1 : % de mortalité dans le lot témoin.

M2 : % de mortalité dans le lot traité.

### Prélèvement de la cuticule et dosage des protéines et de la chitine cuticulaire

Les abdomens des larves témoins traitées à la dose de 5µg/larve ont été prélevés quotidiennement du premier jour après traitement jusqu'à la mue imaginale. Les téguments ont été isolés et débarrassés des masses musculaires et des tissus adipeux.

L'extraction de la chitine et des protéines cuticulaires a été faite selon le protocole de Vincent et Clarke (1985). Chaque échantillon a été lavé dans un mélange éther/chloroforme (V/V : 1/1) pendant 24h. Après rinçage à l'alcool à 96°, la cuticule est séchée à 60°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant (P1). La chitine a été estimée par une

hydrolyse dans une solution de NaOH 2N pendant 6h à 100°C. Le résidu obtenu correspondant à la chitine a été lavé à l'eau puis à l'alcool absolu puis à l'éther. Il a été ensuite séché jusqu'à obtention d'un poids constant (P2). La différence de poids entre P1 et P2 représente le contenu en protéines de l'échantillon.

### Analyse statistique

Les résultats sont représentés par les moyennes  $\pm$  écart type pour les n répétitions, le nombre d'animaux testés par série est donné avec les résultats. La comparaison des moyennes entre les différents groupes de valeurs a été faite par une ANOVA à 5% en utilisant le logiciel XLSTAT 7.5.2.

## RÉSULTATS

### Efficacité du TFB vis-à-vis des larves de cinquième stade de *L. migratoria cinerascens*

Les résultats de la toxicité du TFB présentés dans la Figure 1 montrent que les mortalités pour l'ensemble des doses testées débutent à l'approche de la mue. Aucune mortalité n'a été observée durant les huit premiers jours suivant le traitement. Les 100 % de mortalité ont été obtenus au 10<sup>ème</sup> jour pour les fortes doses D5 et D6 et au 11<sup>ème</sup> jour pour les doses D4 et D3. Toutefois, les faibles doses D1 et D2 ont retardé la mue imaginale en prolongeant le cycle de mue; les 100 % de mortalité pour ces dernières doses ont été obtenus tardivement au 12<sup>ème</sup> jour pour D2 et au 14<sup>ème</sup> jour pour D1 (Fig. 1).

La mort des larves pour l'ensemble des doses est survenue au moment de l'exuviation. En effet, le produit a perturbé le processus de mue. Les larves traitées semblent être incapables de rompre les lignes exuviales. Seules les élytres ont été écartées, le corps entier de l'insecte s'est retrouvé doublé par l'ancienne cuticule et les larves étaient mortes emprisonnées dans leur ancienne cuticule.

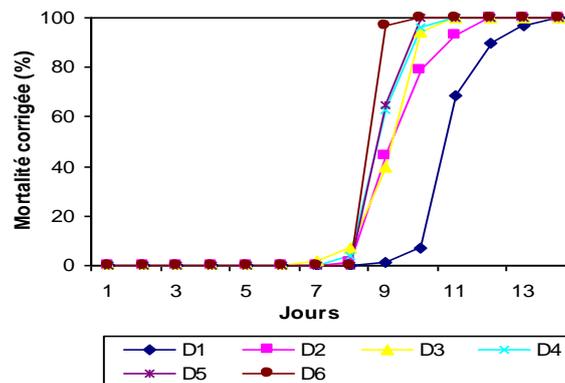
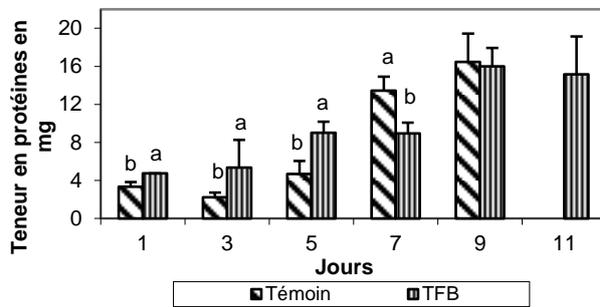


Figure 1. Cinétique de mortalité corrigée des larves de 5<sup>e</sup> stade de *L. migratoria cinerascens* traitées au TFB, n= 10/répétition. Différence significative  $p < 0,0001$  (Anova à 5 %). Te : témoin ; D1-D6 : différentes doses de TFB avec D1 : 2.5; D2 : 5; D3 : 10; D4 : 15; D5 : 20 et D6: 25  $\mu\text{g}$ / larve.

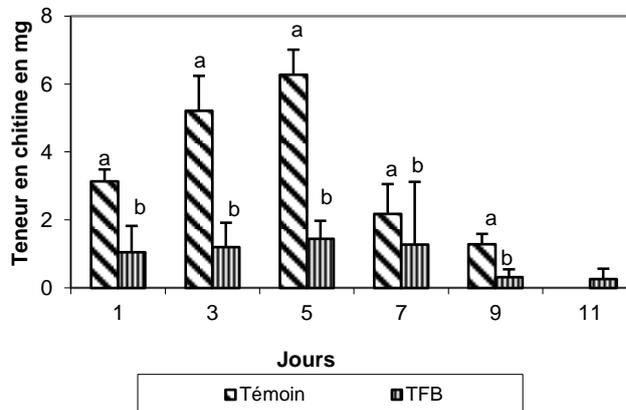
**Dosage de la chitine et des protéines cuticulaires**

Durant les cinq premiers jours suivant le traitement des larves de 5<sup>ème</sup> stade nouvellement émergées, les teneurs en protéines cuticulaires obtenues chez les larves traitées au TFB étaient supérieures à celles des témoins (Fig. 2). Des teneurs variant entre  $4,8 \pm 3$  et  $9 \pm 1,10$  mg pour les larves traitées au TFB ont été enregistrées. Ces teneurs restent élevées jusqu'à la fin du cycle larvaire.

Chez les larves témoins, la quantité moyenne des protéines cuticulaires est restée faible durant les cinq premiers jours du stade larvaire comparativement aux larves traitées; cependant une augmentation a été observée vers la fin du cycle.



**Figure 2. Evolution de la quantité des protéines de la cuticule abdominale des larves de cinquième stade de *L. migratoria cinerascens* témoins et traitées au TFB (5 µg) (moyenne ± écart-type, n = 5 larves). a et b : moyennes significativement différentes (test de Tukey, p<0,05).**



**Figure 3. Evolution de la quantité de chitine de la cuticule abdominale des larves de cinquième stade de *L. migratoria cinerascens* témoins et traitées au TFB (5 µg) (moyenne ± écart-type, n = 5 larves). a et b : moyennes significativement différentes (test de Tukey, p<0,05).**

Contrairement aux protéines, la chitine des cuticules abdominales chez les larves témoins a connu une élévation progressive de sa teneur. Celle-ci atteint sa valeur maximale ( $6,28 \pm 0,72$  mg) au bout du 5<sup>ème</sup> jour. Elle diminue progressivement à partir du 6<sup>ème</sup> jour pour la préparation de la mue suivante (Fig. 3). Le traitement au TFB a réduit significativement les quantités moyennes de chitine cuticulaire durant tout le cycle larvaire chez les larves de 5<sup>ème</sup> stade et a inhibé le dépôt de chitine dans l'endocuticule nouvellement formée. Cette réduction est très marquée à la fin du stade larvaire.

## DISCUSSION

Il est admis que les régulateurs de croissance sont caractérisés par le fait qu'ils ne tuent pas directement l'insecte cible mais interfèrent avec certaines voies de son processus de croissance et de développement. Ils agissent sur d'autres organes cibles que le système nerveux (Graf, 1993). Cela apparaît clairement à travers les résultats des tests de toxicité du TFB qui ne montrent aucune mortalité durant la première semaine suivant le traitement. Les mortalités ont débuté à l'approche de la mue, les 100% de mortalité ont été obtenus au 10<sup>ème</sup> jour pour les fortes doses D5 et D6 et au 11<sup>ème</sup> jour pour les doses D4 et D3. La mort des larves est survenue au moment de l'exuviation.

Le diflubenzuron, un autre inhibiteur de croissance de la même famille chimique que le TFB perturbe le développement des pupes de *Tenebrio molitor* lorsqu'il est administré par injection, par trempage ou par application topique. La mort survenant avant ou au moment de l'exuviation ou durant les premiers jours après l'émergence suite à une exuviation anormale. L'efficacité de ce composé diminue avec l'augmentation de l'âge de la pupe, 90% de mortalité est enregistrée avec une concentration de 10 g de DFB/l (Soltani *et al.*, 1983).

Les résultats des essais réalisés par les benzoylphénylurées (BPUs) montrent que ces derniers peuvent remplacer les insecticides classiques pour le traitement par barrières en lutte contre les locustes à cause de leur effet rémanent suffisamment long. Les tests sous cages ont montré que l'efficacité du traitement par le diflubenzuron et le triflumuron dans le sud ouest de Madagascar sur parcelles après 0, 14 et 28 jours est respectivement 100, 70 et 80% (Scheren & Célestin, 1992).

Les essais menés sur terrain par Dorn *et al.* (1997) en utilisant le Fenoxycarbe à très faibles doses ont montré un grand nombre d'altérations morphogéniques chez les bandes larvaires du dernier stade de *L. migratoria*, gênant le saut et le vol; les insectes traités étaient dans une très mauvaise forme physique et étaient devenus une proie facile pour de nombreux prédateurs.

Nasseh *et al.* (1992) ont démontré que le trifumuron et le TFB ont permis d'obtenir une mortalité de 100 % sur les populations du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* issues d'un élevage de laboratoire au bout de quatre jours de traitement.

En plus des locustes, le TFB s'est révélé très toxique vis-à-vis d'autres espèces d'insectes. En effet, les travaux de Chui *et al.* (1993 et 1995) ont montré que le TFB est très efficace contre les larves de *Culex quinquefasciatus*, *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus*. Il agit en inhibant le développement normal des larves de moustique à très faibles doses, de l'ordre de  $\mu\text{g/l}$ . Le produit a montré également une activité résiduelle de haut niveau.

La chitine est un polymère de la N acétyl- $\beta$ -glucosamine, elle est le composé majoritaire de la cuticule (Merzendorfer & Zimoch, 2003). Elle a une importance vitale dans le cycle de vie des arthropodes (Londershausen *et al.*, 1989), et représente jusqu'à 85% de la masse totale de la cuticule (Spindler & Spindler-Barth, 1996).

Nøhr et Anderson (1993) signalent que le poids sec des échantillons de cuticule : fémur et ailes des L5 de *L. migratoria* est maximal entre le 5<sup>ème</sup> et le 7<sup>ème</sup> jour après la mue. Il décroît après, suite à une dégradation des protéines et de la chitine en préparation pour la prochaine mue. Le milieu du stade larvaire est également la période où de grandes quantités de protéines sont extraites, ce qui indique que la grande partie des protéines endocuticulaires n'est pas stabilisée par des liaisons covalentes. Le profil des teneurs de chitine cuticulaire chez les larves L5 témoins de *L. migratoria cinerascens* est semblable à celui décrit par Nøhr et Anderson (1993). En effet, la chitine cuticulaire chez les larves témoins connaît une évolution progressive de sa teneur au cours des cinq premiers jours, où elle atteint un maximum de  $6,28 \pm 0,72$  mg. Une chute est observée par la suite vers la fin du stade.

La chitine est une cible idéale pour les pesticides à cause de son rôle critique à chaque stade de la morphogenèse. Tout excès ou déficit de chitine durant les cycles morphogénétiques peut produire des effets létaux (Kramer *et al.*, 1985).

Les benzoylphénylurées interfèrent avec le métabolisme de la chitine, et ces produits sont plus efficaces par ingestion que par contact ou application topique (Smagghe *et al.*, 1997). Le traitement des larves L5 au TFB a réduit significativement les quantités moyennes de chitine cuticulaire durant tout le cycle larvaire. Des effets similaires ont été notés par Vincent et Clarke (1985) sur les L5 de *L. migratoria* en utilisant le diflubenzuron et par Salokhe *et al.* (2006) sur *Tribolium castaneum* en utilisant le flufenoxuron. Ces auteurs signalent une réduction de la teneur en chitine cuticulaire durant tout le cycle larvaire, cette réduction étant très marquée à la fin du stade. Vincent et Clarke (1985) notent également une inhibition complète du dépôt de la chitine au niveau de la membrane intersegmentaire, avec une réduction du taux de chitine de même degré au niveau du fémur et du tergite.

Des études histologiques ont montré une diversité de changements structuraux après l'administration des benzoylphénylurées incluant l'incapacité de l'insecte d'incorporer le [<sup>3</sup>H] glucose dans l'endocuticule et l'absence du dépôt de l'endocuticule (Kramer *et al.*, 1985).

Chez les larves L6 de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, *Choristoneura fumiferana*, toute une séquence de changements ultra-structuraux est générée par l'ingestion d'une dose sublétales d'un composé benzoylphénylurée, le chlorfluazuron. La nouvelle endocuticule ne possède pas de lamelles, ce qui indique qu'il ne se forme pas de microfibrilles de chitine. Dans les régions où se trouvent normalement les fibrilles, il y a plutôt des zones fibreuses et vacuolées qui contiennent un matériau amorphe. Les cellules épidermiques portent des microvillosités à bouts enflés et arrondis et contiennent des vésicules ovales remplies de matériel amorphe granulaire. Il a été suggéré que ce composé inhibe la jonction entre le glucide aminé et la protéine qui forme les microfibrilles de chitine (Cunningham *et al.*, 1987).

Les travaux effectués par Fogal (1977) sur le [1-(4-chlorophényl)-3-(2,6 difluorobenzoyl)-urée], un autre composé de la famille des phényl-benzoylurées, montrent

qu'il entrave la mue chez *Diprion similis* en empêchant l'exuviation à une concentration de 1%.

Les microfibrilles de chitine sont incluses dans une matrice protéique (Reynolds, 1987). Cette structure complexe confère à l'exosquelette des propriétés de rigidité et de souplesse (Merzendorfer, 2006).

La teneur en protéines des cuticules varie selon les espèces, cette teneur s'élevant à 63,3% dans la cuticule des larves de *Tenebrio molitor* (Andersen, 2002). Hillerton et Purslow (1981) ont noté des teneurs en protéines de l'ordre de 72% et de 71,4% respectivement pour *Rhodnius prolixus* et *Triatoma phyllosoma*.

Chez les larves L5 témoins de *L. migratoria cinerascens*, la quantité moyenne des protéines cuticulaires est restée plus faible chez les témoins durant les cinq premiers jours, que chez les larves traitées, mais une augmentation vers la fin du cycle a été observée.

L'effet le plus apparent des benzoylphénylurées est naturellement d'empêcher l'accumulation de la chitine dans la cuticule (Vincent & Clarke, 1985; Reynolds, 1987). Les travaux consacrés aux protéines cuticulaires démontrent qu'elles ne sont pas affectées par le diflubenzuron ou ses analogues (Retnakaran *et al.*, 1985). Cependant un effet secondaire du diflubenzuron sur la teneur en protéines cuticulaires chez *L. migratoria* a été noté par Vincent et Clarke (1985). Ces auteurs précisent que ce produit affecte la quantité et la nature des protéines déposées.

Chez les larves traitées au TFB, la teneur en protéines cuticulaires est supérieure à celle des témoins durant les cinq premiers jours du cycle larvaire. Ce travail est similaire à celui trouvé par Tail (2009) qui signale une augmentation de la teneur en protéines cuticulaires chez les larves L4 et L5 de *Schistocera gregaria* traitées au diflubenzuron durant les 4 premiers jours de la vie larvaire. Salokhe *et al.* (2006) signalent également une augmentation du taux des protéines chez les larves de *Tribolium castaneum* traitées avec la DL 40 du flufenoxuron.

Le mode d'action des benzoylphénylurées (BPUs) n'est pas encore très clair, bien que la synthèse de la chitine et sa dégradation soient affectées chez les insectes par ces BPUs (Kramer *et al.*, 1985).

Les investigations faites pour élucider le mode d'action du diflubenzuron tendent à montrer qu'il est probable que ce produit agit au dernier stade de la biosynthèse de la chitine en inhibant peut-être la chitine synthase (CS) elle-même; cependant les résultats des études *in vitro* n'ont pas confirmé cette hypothèse. Il est possible que le diflubenzuron inhibe le transport transmembranaire des précurseurs de la chitine de leur site de production à leur site final de polysynchronisation (Reynolds, 1987). Kotze et Reynolds (1991) ont démontré pour un autre benzoylphénylurée, la cryomazine, qu'elle n'a aucun effet sur le taux d'incorporation de la N-acetyl-D-[1-<sup>14</sup>C]glucosamine] dans la chitine *in vivo* et *in vitro*.

## CONCLUSION

Le mode d'action des BPUs reste très discutable et un grand nombre d'hypothèses concernant leur mode d'action est avancé, incluant leurs interférences avec les membranes,

les enzymes chitinolytiques et les hormones de mue comme cibles possibles. Les liaisons préférentielles et non spécifiques des PBUs aux membranes indiquent que ces substances hautement lipophiles peuvent interférer avec un grand nombre de fonctions cellulaires rendant plus difficile d'élucider le mode d'action de ces PBUs, à savoir son effet sur la synthèse de la chitine (Londershausen *et al.*, 1989).

Les essais d'évaluation de l'efficacité du téflubenzuron menés au laboratoire sur les L5 de *Locusta migratoria* nouvellement émergées ont révélé que ce produit présente une bonne activité larvicide, toutes les doses testées étaient létales, la mort est survenue au moment de la mue.

L'activité du TFB sur les paramètres structuraux de la cuticule a mis en évidence une réduction significative de son contenu en chitine et une augmentation des teneurs en protéines cuticulaires chez les séries traitées.

Ce produit peut jouer donc un rôle particulièrement important dans les zones de reproduction et d'invasion acridienne où les traitements en barrières sont très recommandés.

#### REMERCIEMENTS

Les auteurs de l'article remercient le service de la lutte antiacridienne de l'Institut National de la Protection des Végétaux d'El-Harrach, Alger, pour la fourniture du Téflubenzuron.

#### RÉFÉRENCES

- Abbott, W.B. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18 : 265-267.
- Andersen, S.O. 2002. Characteristic properties of proteins from pre-ecdysial cuticle of larvae and pupae of mealworm *Tenebrio molitor*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 32: 1077-1087.
- Chui, V.W.D., Koo, C.W. et Lo, W.M. 1993. Laboratory evaluation of vectobac<sup>R</sup> – 12AS and teflubenzuron against *Culex* and *Aedes mosquito* larvae under different physical conditions. *Environment International*, 9: 193-202.
- Chui, V.W.D., Wong, K.W. et Tsoi, K.W. 1995. Control of mosquito larvae (Diptera: Culicidae) using BTI and teflubenzuron: laboratory evaluation and semi- field test. *Environment International*, 21: 433-440.
- Cunningham, J.-P., Nicholson, D. et Retnakaran, A. 1987. The effect of the ingested benzoylphenylurea on the ultrastructure of the cuticle deposited during the last larval instar of *Choristoneura fumiferana* Clem (Lepidoptera : Tortricidae). *Canadian Journal of Zoology*, 65: 2715-2723.
- Dhadialla, T.S., Carlson, G.R. et Le, D.P. 1998. New insecticide with ecdysteroidal and juvenile hormone activity. *Annual Review of Entomology*, 43: 545-569.
- Dorn, A., Scheider, M., Botens, F.F.W., Holtmann, M. et Petzak, I. 1997. *Field application of the juvenile hormone analogue fenoxycarb against hopper bands of Locusta migratoria capito in Madagascar*. In: Krall S., Peveling R. et Ba Dallio D., *New strategies in locust control*, éd. Birhauser Verlag Basel/ Switzerland, 522 p.

- FAO 1997. *Evaluation des données d'essais de terrain relatifs à l'efficacité des insecticides sur les criquets et sauteriaux*. Rapport FAO, groupe consultatif sur les pesticides, Rome, 10-12 décembre 1996, Ed. ONU pour l'alimentation et l'agriculture, 18 p.
- Fogal, W.-H. 1977. Effect of phenyl-benzoylurea [1-(4-chlorophenyl)-3-(2,6 difluoro benzoyl)-urea] on *Diprion similis* (Hymenoptera: Diprionidae). *The Canadian Entomologist*, 109: 981-986.
- Graf, J.F. 1993. The role of insect growth regulators in arthropod control. *Parasitology Today*, 9: 471-474.
- Hillerton, J.E. et Purslow, P.P. 1981. An investigation of some matrix protein components critical to the extensible properties of insect cuticle. *Journal of Materials Science*, 16: 1673-1679.
- Kotze, A.C. et Reynolds, S.E. 1991. An examination of cuticle chitin and protein in Cyromazine-affected *Manduca sexta* larvae. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 41: 14-20.
- Kramer, K.-J., Turner, C.-D. et Koga, D. 1985. *Chitin metabolism in insect*. In : Kerkut G.-A., Gilbert L.-I. *Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology*, Ed. Pergamon, Oxford, 3: 75-97.
- Launois-Luong, M.H. et Lecoq, M. 1993. *Manuel explicatif du code O.M.M. de transmission des informations sur les criquets ravageurs*. Ed. OMMISESCO, Genève, 30 p.
- Londershausen, M., Spindler-Barth, M. et Spindler, K.D. 1989. Influence of the insect growth regulator SIR 8514 on chitin synthesis, chitin degradation and ecdysteroid titer. *Elsevier Applied Science*, p. 233-242.
- Merzendorfer, H. 2006. Insect chitin synthases: a review. *Journal of Comparative Physiology B*, 176: 1-15.
- Merzendorfer, H. et Zimoch, L. 2003. Chitin metabolism in insects: structure, function and regulation of chitin synthases and chitinases. *The Journal of Experimental Biology*, 206: 4393-4412.
- Nasseh, H.S., Krall, H., Wilps, H. et Salissou, G.-B. 1992. Les effets des inhibiteurs de croissance et de biocides végétaux sur les larves de *Schistocerca gregaria* (Forsk.). *Bulletin de Information sur la Protection des Végétaux UCTR/PV*, 45: 5- 9.
- Nøhr, C. et Anderson, S.O. 1993. Cuticular proteins from fifth instar nymphs of the migratory locust *Locusta migratoria*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 23(4): 521-531.
- Retnakaran, A., Granett, J. et Ennis, T. 1985. *Insect growth regulators*. In : Kerkut G.L.G., *Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology*, Ed. Pergamon, Oxford, p. 529-601.
- Reynolds, S.E. 1987. The cuticle, growth and moulting in insects : the essential background to the action of acylurea insecticides. *Pesticides Science*, 20: 131-146.
- Salokhe, S., Sarkar, A., Kulkarni, A., Mukherjee, S. et Pal, J.K. 2006. Flufenoxuron, an acylurea insect growth regulator, alters development of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera : Tenebrionidae) by modulating levels of chitin, soluble protein content and HSP70 and p34cdc2 in the larval tissues. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 85: 84-90.
- Scheren, R. et Célestin, H. 1992. *Persistence of benzoylphenylureas in the control of the migratory locust *Locusta migratoria capito* (Sauss.) in Madagascar*. In : Krall S., Peveling R., Ba Dallio D., 1997, *New strategies in locust control*. Edition Birhauser Verlag Basel/ Switzerland, p. 129-136.

- Smagghe, G., Auda, M., Van Laecke, K.V. et Degheele, D. 1997. Significance of penetration and metabolism on topical toxicity of diflubenzuron in *Spodoptera littoralis* and *Spodoptera exigua*. *Entomologica Experimentalis et Applicata*, 82: 255-260.
- Soltani, N., Delbecq, J.P. et Delachambre, J. 1983. Penetration and insecticidal activity of diflubenzuron in *Tenebrio molitor* pupae. *Pesticide Science*, 14: 615-622.
- Spindler, K.D. et Spindler-Barth, M. 1996. *Chitin degradation and synthesis in arthropods*. In: Giraud-guile M.-M., Chitin in life science, éd. André J., Paris, p. 41-52.
- Tail, G. 2009. *Action de diflubenzuron sur la croissance, la reproduction et l'évolution des ecdystéroides hémolymphatiques, ovariens et embryonnaires chez le criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskål, 1775)*. Thèse de Doctorat en Sciences, Institut National Agronomique, El-Harrach, Alger, 115 p.
- Vincent, J.F.V. et Clarke, L. 1985. Effects of diflubenzuron on the stabilisation of protein within the cuticular matrix of the locust (Ensifera: Locustidae). *Entomologia Generalis*, 11(1/2): 15-24.