

EVALUATION A ECHELLE REDUITE DE L'EFFICACITE D'INSECTICIDES  
REGULATEURS DE CROISSANCE SUR LES LARVES DU COMPLEXE  
*SIMULIUM DAMNOSUM* (DIPTERA: SIMULIIDÆ)

par

J.M.C. DOANNIO<sup>1</sup>, J. DOSSOU-YOVO<sup>1</sup>, J. DUVAL<sup>2</sup> & J.-M. HOUGARD<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institut Pierre Richet/O.C.C.G.E., 01 BP 1500, Bouaké 01, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Institut Pierre Richet/ORSTOM, 01 BP 1500, Bouaké 01, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>Centre Pasteur du Cameroun/ORSTOM, BP 1274, Yaoundé, Cameroun

**Résumé.** — L'efficacité de formulations de régulateurs de croissance des insectes a été testée à échelle réduite sur des larves du complexe *Simulium damnosum* en Côte d'Ivoire. Trois des composés testés appartiennent au groupe des benzoylphényl-urée substitués, inhibiteurs de synthèse de la chitine [OMS 2015 (triflumuron), OMS 3009 (téflubenzuron), OMS 3013 (chlorfluazuron)]. Deux autres appartiennent au groupe des analogues synthétiques de l'hormone juvénile (OMS 3007 et OMS 3019). Le dernier est un phénoxy-carbamate (OMS 3010).

Il ressort de cette étude que l'efficacité des trois premiers composés testés est faible, confirmant ainsi les résultats obtenus sur la même espèce par d'autres auteurs avec un composé du même groupe, le diflubenzuron. Les trois autres composés (OMS 3007 et OMS 3010, OMS 3019) ont par contre présenté une efficacité nettement supérieure et les deux derniers exercent de plus un effet larvicide important à des concentrations relativement faibles. L'étude de leur efficacité mériterait par conséquent d'être poursuivie, d'une part à échelle réduite, en étudiant plus particulièrement l'influence du stade larvaire et du temps de contact larve/insecticide, d'autre part en rivière afin de d'évaluer leurs potentialités réelles comme insecticides antisimuliens.

**KEYWORDS:** Insect Growth Regulators; *Simulium damnosum* Complex Larvae; Small Scale Assessment; Ivory Coast

### 1. Introduction

Le développement d'une résistance des larves de simuliés aux insecticides organophosphorés, notamment le téméphos (Abate®) a perturbé la poursuite des opérations de lutte antivectorielle dans la zone du programme OMS de lutte contre l'onchocercose humaine en Afrique de l'Ouest (1, 9, 16). Pour pallier cette situation, de nouveaux insecticides devaient être rapidement sélectionnés. Par ailleurs, la technique d'utilisation alternée de plusieurs produits a été adoptée, ce qui supposait la disponibilité d'une gamme d'insecticides à modes d'action différents. Outre les nouvelles molécules d'insecticides chimiques classiques, les recherches ont été orientées vers les agents de lutte biologique et les composés régulateurs de croissance des insectes. Les recherches sur le *Bacillus thuringiensis* H14, un agent de lutte biologique, ont très rapidement abouti à son utilisation opérationnelle (10, 11, 12) mais cet excellent larvicide antisimulidien ne représentait pas toutefois une alternative suffisante.

Des formulations de composés régulateurs de croissance des insectes ont été proposées par l'industrie. Cette nouvelle génération d'insecticides semble avoir fait ses preuves dans la lutte contre les moustiques et les simuliés néarctiques aux Etats-Unis d'Amérique et au Canada (2, 3, 21, 24,

ORSTOM Fonds Documentaire

197

PM102

N° : 37.403 ex 1

Cote : B

21 AVR. 1993

p 31

28). Leur utilisation dans la lutte contre les larves de simulies vectrices de l'onchocercose humaine en Afrique de l'Ouest semblait à priori possible, toutefois leur mode d'action et la bioécologie des insectes cibles rendaient difficile l'évaluation à échelle réduite de l'activité biologique de ces composés. Les essais en laboratoire étant difficilement réalisables, une méthodologie simple et adaptée aux conditions de terrain a été mise au point (7, 8, 12, 13).

Plusieurs formulations de composés régulateurs de croissance des insectes ont été testées par Guillet (12) sur des larves du complexe *Simulium damnosum* et notamment les plus connus, le diflubenzuron (Dimilin®) et le méthoprène (Altosid®). Ni l'un ni l'autre de ces composés n'a donné de résultats prometteurs, quels que soient la formulation, la concentration et le temps de contact. Cependant, la fiabilité de la méthodologie d'évaluation à échelle réduite de l'efficacité de ce type d'insecticide et la proposition de nouvelles molécules par l'industrie nous ont amenés à poursuivre le criblage de ces composés et à étudier les principaux paramètres susceptibles de conditionner leur efficacité.

## 2. Matériel et méthodes

Les essais ont été réalisés à une station expérimentale située en zone de forêt humide de Côte d'Ivoire sur des larves de *Simulium yahense*, espèce du complexe *S. damnosum* caractéristique des petites rivières de forêt.

Trois des composés testés appartiennent au groupe des benzoylphényl-urée substitués dont le plus connu est le diflubenzuron. Ils exerceraient un effet létal sur les larves de moustiques et de simulies au moment de la mue larvaire en inhibant la synthèse de la chitine, polysaccharide entrant dans la composition de la cuticule des insectes (17, 20, 22).

Les trois autres composés appartiennent au groupe des analogues synthétiques de l'hormone juvénile et aux carbamates. Ils agiraient sur les larves et les nymphes d'insectes, au moment de la nymphose en perturbant les mécanismes physiologiques de la métamorphose, inhibant ainsi l'éclosion des adultes ou induisant des aberrations morphologiques (23, 27).

Les composés testés sont les suivants :

- OMS 2015 (Triflumuron) — SIR 8514 — Alcystin® — Bayer  
Non chimique: 1-(4-Trifluorométhoxyphényl) - 3-2 chlorobenzoyl urea.  
Formulation: concentré émulsifiable à 6,5%.
- OMS 3009 (Téflubenzuron) — Celamerck GmbH and Co.  
Nom chimique: 1-(3,5-Dichloro-2,4, Difluorophényl)-3-(2,6-Difluorenbzoyl urea).  
Formulation: suspension concentrée à 150 g/l de matière active.
- OMS 3013 (Chlorfluazuron) — Imperial Chemical Industry.  
Nom chimique: fiche technique non parvenue.  
Formulation: concentré émulsifiable à 5%.
- OMS 3007: S-21149 — Sumitomo Chemical Company.  
Nom chimique: Propionaldéhyde oxime O-2-(4 phenoxy-phenoxy) ethyl ether.  
Formulation: concentré émulsifiable à 10%.

- OMS 3010 (Phenoxy carb) — MAAG Ro.  
Nom chimique: Ethyl-2-(P. phenoxy-phenoxy) ethyl carbamate.  
Formulation: concentré émulsifiable à 12,5%.
- OMS 3019: S-31183 — Sumitomo Chemical Company.  
Nom chimique: 2-1-méthyl-2-(4-phenoxy-phenoxy) ethoxy pyridine.  
Formulation: concentré émulsifiable à 10%.

La méthodologie utilisée est celle décrite par Doannio *et al.* (7). Elle consiste à exposer, à des temps de contact différents, de 100 à 300 larves de simulies à des concentrations croissantes de l'insecticide et à suivre leur développement dans un dispositif permettant de récupérer les adultes.

Pour chaque composé testé, trois essais ont été réalisés à raison de deux répliques par concentration. L'évaluation de l'efficacité des produits testés est basée sur le nombre des adultes de simulies viables obtenus pour chaque concentration testée et exprimée en pourcentage de réduction d'émergence. Cette valeur est calculée en comparant le nombre d'adultes viables obtenus au nombre de larves testées et en corrigeant ces valeurs en fonction du pourcentage naturel de réduction d'émergence chez une population non traitée (25). Ce calcul prend en considération la mortalité larvaire cumulée et la mortalité nymphale.

## 3. Résultats

### 3.1. Composés du groupe des benzoylphényl-urée substitués

L'efficacité des trois composés du groupe des benzoylphényl-urée substitués a été évaluée aux concentrations de 0,1, 0,33 et 1 mg/l et à des temps de contact de 10 et 60 minutes. L'ensemble de ces résultats figure dans le tableau 1.

TABLEAU 1  
Efficacité comparée de trois formulations de composés régulateurs de croissance du groupe des benzoylphényl-urée substitués sur les larves du complexe *Simulium damnosum* (stades 5, 6, 7). Les résultats sont exprimés en pourcentage corrigé de réduction d'émergence des adultes (entre parenthèses est indiqué le pourcentage corrigé cumulé de mortalité larvaire).

Dose en mg/l	Temps de contact en mn	Composés et formulations		
		OMS 2015 Triflumuron CE 65	OMS 3009 Teflubenzuron SC 150	OMS 3013 Chlorfluazuron CE 50
0,00	—	38,60 (08,80)	22,90 (05,06)	22,90 (05,06)
0,10	10	04,60 (04,80)	50,92 (09,10)	52,95 (27,73)
	60	28,30 (17,10)	56,38 (28,92)	65,90 (31,75)
0,33	10	41,80 (38,60)	50,16 (40,56)	47,40 (25,43)
	60	40,60 (21,70)	74,82 (20,74)	64,40 (28,27)
1,00	10	09,20 (15,10)	52,09 (25,82)	50,73 (19,56)
	60	64,90 (39,20)	81,29 (14,06)	81,73 (33,87)

CE: Concentré Emulsifiable; SC: Suspension Concentrée.

Les résultats enregistrés avec l'OMS 2015 (triflumuron) montrent clairement qu'il n'existe pas de corrélation entre les concentrations, le temps de contact et le pourcentage de réduction d'émergence qui, à la concentration la plus élevée, reste inférieur à 10% après 10 minutes de contact et 65% après 60 minutes. L'OMS 3009 (téflubenzuron) et l'OMS 3013 (chlorfluazuron) sont dans l'ensemble légèrement plus performants et la corrélation dose/temps de contact/efficacité semble à peu près respectée. Cependant, l'efficacité de ces deux composés n'a jamais dépassé les 82% de réduction d'émergence, même à la plus forte concentration et au temps de contact le plus élevé (1 mg/l/60 mn).

Quel que soit le composé testé, les pourcentages de mortalité larvaire n'excèdent jamais 40% et ne dépendent ni de la concentration ni du temps de contact.

### 3.2. Composés du groupe des analogues synthétiques de l'hormone juvénile

Par comparaison aux résultats précédents, l'efficacité des trois composés testés s'est avérée nettement supérieure avec des temps de contact de seulement 10 minutes. Aussi avons-nous volontairement omis de tester ces composés à des temps de contact plus longs car trop éloignés des conditions opérationnelles.

Les premiers résultats enregistrés avec l'OMS 3010 (phénoxy carb) ont permis une inhibition totale de l'émergence des adultes à la dose de 0,4 mg/l et près de 50% de réduction à une dose 40 fois plus faible. Les résultats obtenus avec l'OMS 3007 et l'OMS 3019 sont encore plus intéressants avec une inhibition totale des émergences à 0,33 mg/l et même à 0,1 mg/l pour l'OMS 3019 (tableau 2).

TABLEAU 2  
Efficacité comparée de trois formulations de composés régulateurs de croissance du groupe des analogues synthétiques de l'hormone juvénile sur les larves du complexe *Simulium damnosum* (stades 5, 6, 7). Les résultats sont exprimés en pourcentage corrigé de réduction d'émergence des adultes pour un temps de contact de 10 minutes (entre parenthèses est indiqué le pourcentage corrigé cumulé de mortalité larvaire).

Dose en mg/l	Composés et formulations		
	OMS 3010 Phénoxy carb CE 125	OMS 3007 CE 100	OMS 3019 CE 100
0,00	12,60 (02,20)	18,19 (0,90)	38,70 (08,65)
0,01	49,00 (01,00)	96,34 (15,18)	36,73 (10,16)
0,10	93,25 (05,05)	98,50 (29,62)	100,00 (54,10)
0,33	96,60 (03,00)	100,00 (42,85)	100,00 (61,62)
0,40	100,00 (16,00)	—	—

CE: Concentré Emulsifiable.

La mortalité larvaire est très faible avec l'OMS 3010 (phénoxy carb) et plus forte avec l'OMS 3007 et l'OMS 3019. Pour ces deux derniers composés, le pourcentage de mortalité augmente avec la concentration pour atteindre entre 40% et 55% à la concentration qui provoque 100% de réduction des émergences.

## 4. Discussion

Parmi les composés du groupe des benzoylphényl-urée substitués, le diflubenzuron a été le plus étudié sur les larves de simuliés. Contrairement aux résultats obtenus par Lacey et Mulla (17) sur *Simulium vittatum*, les essais réalisés à échelle réduite avec le diflubenzuron ont montré que l'activité biologique de ce composé vis-à-vis des larves de simuliés du complexe *S. damnosum* était en général très faible, très variable d'un essai à l'autre, et qu'il ne pouvait être raisonnablement envisagé comme larvicide antisimulidien (12). Les composés testés, qui diffèrent seulement du diflubenzuron par les substituants, ne sont pas plus actifs sur les larves de simuliés, contrairement aux résultats enregistrés sur les larves de moustiques avec certains d'entre eux (4,5). Les faibles mortalités larvaires enregistrées sont surprenantes si l'on considère le mode d'action de ces composés supposés être des inhibiteurs des mues larvaires.

Les composés du groupe des analogues synthétiques de l'hormone juvénile (OMS 3007, OMS 3010, OMS 3019) ont donné des résultats plus prometteurs, confirmant ainsi les résultats encourageants obtenus avec certaines formulations de ce groupe tant sur moustiques (4, 6, 14, 15, 18, 25, 26, 27) que sur simuliés (12, 19, 28). L'OMS 3010, bien qu'appartenant à la famille des carbamates, ne présente qu'une très faible toxicité larvaire et agirait plutôt comme un analogue synthétique de l'hormone juvénile. En revanche, la mortalité larvaire enregistrée avec l'OMS 3007 et l'OMS 3019 atteint, malgré leur mode d'action, un pourcentage relativement élevé aux concentrations qui provoquent l'inhibition totale des émergences.

## 5. Conclusion

Seuls les composés du groupe des analogues synthétiques de l'hormone juvénile ont véritablement présenté une efficacité acceptable sur les larves du complexe *S. damnosum*. Deux d'entre eux, l'OMS 3007 et 3019, exercent de plus un effet larvicide qui peut atteindre plus de 50% à des concentrations relativement faibles. Des essais en rivière réalisés à petite échelle au Cameroun avec l'OMS 3010 (phénoxy carb) (Lochouarn, comm. pers.) et par notre équipe en Côte d'Ivoire, avec l'OMS 3019, ont confirmé ces résultats, montrant par ailleurs que le protocole et la méthodologie utilisés étaient fiables.

L'étude de leur efficacité mérite par conséquent d'être poursuivie, particulièrement l'influence du stade larvaire mais aussi du temps de contact larve/insecticide. En effet, les simuliés ont une bioécologie larvaire particulière (espèces rhéophiles) qui, contrairement aux moustiques, ne permet pas d'obtenir en rivière un temps de contact très important entre l'insecte cible

et le produit larvicide. Ce n'est par conséquent qu'après avoir étudié l'influence de ces différents paramètres que nous serons en mesure de savoir si l'utilisation opérationnelle des composés régulateurs de croissance dans la lutte contre les larves du complexe *S. damnosum* est véritablement envisageable.

Remerciements. — A Messieurs les Docteurs G. Quelennec de l'OMS/VBC et B. Philippon de l'ORSTOM pour l'intérêt qu'ils ont accordé à ce travail.  
A Messieurs les Docteurs P. Guillet et C. Back du Programme OMS de lutte contre l'Onchocercose en Afrique de l'Ouest (OMS/OCP) pour les conseils qu'ils ont bien voulu nous prodiguer au cours de la rédaction de ce manuscrit.

Small-scale evaluation of the efficacy of insect growth regulators on larvae of the *Simulium damnosum* complex (Diptera: Simuliidae).

Summary. — The efficacy of insect growth regulators was assessed in small scale tests on larvae of the *Simulium damnosum* complex (Diptera: Simuliidae) in the Ivory Coast. Three compounds [OMS 2015 (triflumuron), OMS 3009 (teflubenzuron), OMS 3013 (chlorfluazuron)] belong to the group of benzoylphenyl-urea substitutes; these IGR's are supposed to inhibit chitin synthesis. Two other compounds are Juvenile Hormone Analogs (JHA's) (OMS 3007 and OMS 3019). The last compound (OMS 3010) is a phenoxycarbamate.

The first three compounds had a low efficacy on blackfly larvae, which is consistent with the literature data for another compound of this group: diflubenzuron. The other three compounds (OMS 3007, OMS 3010 and OMS 3019) were much more efficient, OMS 3010 and OMS 3019 showing high activity at low concentrations. These results would justify further studies on the effect of larval age and exposure parameters, and eventually full scale river tests.

Kleinschalige evaluatie van de werkzaamheid van groeiregulatoren van insecten op larven van het *Simulium damnosum* complex (Diptera: Simuliidae).

Samenvatting. — De werkzaamheid van verschillende groeiregulatoren van insecten werd op kleine schaal uitgetest op larven van het *Simulium damnosum* complex in Ivoorkust. Drie bestanddelen behoren tot de groep van de benzoylphenyl-urea, inhibitoren van de chitinesynthese: OMS 2015 (triflumuron), OMS 3009 (teflubenzuron) en OMS 3013 (chlorfluazuron). Twee andere bestanddelen behoren tot de groep van de synthetische analogen van het juveniel hormoon (OMS 3007 en OMS 3019). Het laatste bestanddeel is een phenoxycarbamaat (OMS 3010).

De werkzaamheid van de eerste drie bestanddelen is gering, wat in overeenstemming is met de literatuurgegevens betreffende het effect van een gelijkaardig product op *Simulium*: diflubenzuron. De drie andere bestanddelen (OMS 3007, OMS 3010 en OMS 3019) bleken meer werkzaam. Naast een inhibitie-effect van de eclosies hebben de laatste twee producten ook een larvicide-effect in relatief lage concentraties. Aan de hand van deze resultaten zijn nieuwe studies vereist om het effect van de leeftijd en contactparameters na te gaan. Tests in rievieren zullen eveneens noodzakelijk zijn.

Reçu pour publication le 4 février 1992.

#### REFERENCES

- Anonyme: Dix ans de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'Ouest; bilan des activités du programme de lutte contre l'onchocercose dans la région du bassin de la Volta. Genève, Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 1984, 125 p. (OMS/OCP/84.3).
- Axtell RC, Rutz DA, Edwards TD: Field tests of insecticides and insect growth regulators for the control of *Culex quinquefasciatus* in anaerobic animal waste lagoons. Mosquito News, 1980, 40, 36-42.
- Dame DA, Lowe RE, Wichterman GJ, Cameron AL, Baldwin KF, Miller TW: Laboratory and field assessment of insect growth regulators for mosquito control. Mosquito News, 1976, 36, 462-472.
- Darriet F, Robert V, Carnevale P: Evaluation de trois inhibiteurs de croissance, deux ecdysoides et un juvénile, dans la lutte contre *Culex quinquefasciatus*. Cah. ORSTOM Sér. Entomol. Méd. Parasitol., 1987, 25, 119-126.
- Doannio JMC: Contribution à la lutte contre *Simulium damnosum* s.l., vecteur de l'onchocercose humaine en Afrique de l'Ouest et *Culex quinquefasciatus* Say 1823, vecteur potentiel de la filariose de Bancroft en Afrique de l'Ouest par l'utilisation des composés régulateurs de croissance des insectes. Thèse de Doctorat 3<sup>e</sup> cycle, Université Nationale de Côte d'Ivoire, 1988, 150 p.
- Doannio JMC, Hougard JM, Dossou-Yovo J, Duval J: Evaluation en milieu naturel de l'activité de trois analogues de régulateurs de croissance, l'OMS 3007, l'OMS 3010 et l'OMS 3019 sur *Culex quinquefasciatus* en Afrique de l'Ouest. Cah. ORSTOM Sér. Entomol. Méd. Parasitol., 1986, 24, 287-291.
- Doannio JMC, Hougard JM, Dossou-Yovo J, Duval J, Escaffre H: Evaluation à l'échelle réduite de l'activité biologique des formulations de composés régulateurs de croissance vis-à-vis des larves du complexe *Simulium damnosum*. 1. Amélioration de la méthodologie par utilisation de deux nouveaux dispositifs. Cah. ORSTOM Sér. Entomol. Méd. Parasitol., 1987, 25 (N<sup>o</sup> spéc.), 17-23.
- Escaffre H, Hougard JM, Duval J, Renaud P, Ocran M, Penchenier L: Description of two devices: (A) an artificial support for natural colonization by *Simulium damnosum* complex larvae and (B) a survival-maintenance device for transport of *Simulium* larvae by road. Geneva, World Health Organization (WHO), 1986, 7 p. (WHO/VBC/86.925).
- Guillet P, Escaffre H, Ouedraogo M, Quillévére D: Mise en évidence d'une résistance au téméphos dans le complexe *Simulium damnosum* (*S. sanctipauli* et *S. soubrense*) en Côte d'Ivoire (Zone du programme de lutte contre l'onchocercose dans la région du bassin de la Volta). Cah. ORSTOM Sér. Entomol. Méd. Parasitol., 1980, 18, 291-299.
- Guillet P, De Barjac H: Toxicité de *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* pour les larves de simuliées vectrices de l'onchocercose. C. R. Acad. Sci. (Paris) Sér. D, 1979, 289, 549-552.
- Guillet P, Escaffre H: La recherche de nouvelles formulations d'insecticides contre les larves des vecteurs de l'onchocercose en Afrique de l'Ouest. in Congrès sur la lutte contre les insectes vecteurs en milieu tropical, Marseille, 13-16 mars 1979. Marseille, 1979, II, 1169-1178.
- Guillet P, Doannio JMC, Hougard JM, Escaffre H, Duval J: Production de masse d'un agent de lutte biologique, le *Bacillus thuringiensis* H14 pour la lutte contre les vecteurs de l'onchocercose en Afrique de l'Ouest. in Thèse de doctorat ès sciences (Guillet P). Paris, Université Paris Sud/ORSTOM, 1985, 339-350.
- Hougard JM: Evaluation de l'efficacité de nouveaux larvicides pour la lutte contre les vecteurs d'endémies en Afrique de l'Ouest. Paris, ORSTOM, 1988, 246 p. (TDM, 38).
- Jakob WL, Schoof HF: Studies with juvenile hormone-type compounds against mosquito larvae. Mosquito News, 1971, 31, 540-543.
- Jakob WL: Additional studies with juvenile hormone-type compounds against mosquito larvae. Mosquito News, 1972, 32, 592-595.
- Kurtak DC, Ouedraogo M, Ocran M, Télié B, Guillet P: Preliminary note on the appearance in Ivory Coast of resistance to chlorphoxim in *Simulium soubrense/sanctipauli* larvae already resistant to temephos (Abate®). Geneva, World Health Organization (WHO), 1982, 11 p. (WHO/VBC/82.850).
- Lacey LA, Mulla MS: Larvicidal and avicidal activity of Dimilin® against *Simulium vittatum*. J. Econ. Entomol., 1977, 70, 369-373.
- Mathis HL, Ree HI, Jolivet PHA, Shim JC: A field trial of the insect growth inhibitors, OMS 1697 (Altosid) and OMS 1804 against *Culex pipiens* in Seoul, Korea. Geneva, World Health Organization (WHO), 1975, 5 p. (WHO/VBC/75.494).
- McKague AB, Pridmore RB, Wood PM: Effects of Altosid and Dimilin on black flies (Diptera: Simuliidae); laboratory and field tests. Can. Entomol., 1978, 110, 1103-1110.
- McKague AB, Wood PM: Effects of insect developmental inhibitors on adult emergence of black flies (Diptera: Simuliidae). Can. Entomol., 1974, 106, 253-256.
- Mian LM, Mulla MS: Biological and environmental dynamics of insect growth regulators (IGRs) as used against diptera of public health importance. Residue Rev., 1982, 84, 28-112.
- Mulla MS: Laboratory and field evaluation of insect growth regulators against mosquitoes. Proc. Pap. Ann. Conf. California Mosquito Contr. Assoc., 1974, 42, 175-176.
- Mulla MS, Darwazeh HA, Norland RL: Insect growth regulators: evaluation procedures and activity against mosquitoes. J. Econ. Entomol., 1974, 67, 329-332.
- Mulla MS, Darwazeh HA: The IGR (Dimilin®) and its formulations against mosquitoes. J. Econ. Entomol., 1975, 69, 309-312.
- Mulla MS, Darwazeh HA, Ede L, Kennedy B: Laboratory and field evaluation of the IGR fenoxycarb against mosquitoes. J. Am. Mosquito Contr. Assoc., 1985, 1, 442-448.
- Nelson MJ, Seif LS, Pant CP: Field trials with the insect growth regulator OMS 1697 (Altosid) methoprene against *Culex pipiens fatigans* in Jakarta, Indonesia. Geneva, World Health Organization (WHO), 1976, 9 p. (WHO/VBC/76.604).
- Schaefer CH, Wilder WH: Insect developmental inhibitors. 2. Effects on target mosquito species. J. Econ. Entomol., 1973, 66, 913-916.
- Thompson BH, Adams BG: Laboratory and field trials using Altosid® insect growth regulator against black flies (Diptera: Simuliidae) of Newfoundland, Canada. J. Med. Entomol., 1979, 16, 536-546.