

LE TRANSIT INTESTINAL CHEZ LES LARVES
DU COMPLEXE *SIMULIUM DAMNOSUM* (DIPTERA, SIMULIIDAE)
EN AFRIQUE DE L'OUEST

IV. CONSEQUENCES DES VARIATIONS
OBSERVEES SUR LE TEMPS D'UN TRANSIT COMPLET
ET LE VOLUME INGERE PAR UNITE DE TEMPS *

par

P. ELSEN

*Institut de Médecine Tropicale, Laboratoire de Zoologie Médicale,
Nationaalestraat 155, B-2000 Antwerpen, Belgique*

Résumé — La vitesse de progression du bol alimentaire le long du tube digestif des larves du complexe *Simulium damnosum* n'est pas constante et se présente graphiquement sous la forme d'une courbe du 3^e degré. Son équation permet de déterminer le temps nécessaire pour effectuer un transit complet, c'est-à-dire le temps de contact du larvicide ingéré avec la paroi du tube digestif. Ce temps est 15 à 20 fois plus élevé chez le stade VII que chez le stade I (respectivement 38' et 2' au mois de mars, à 14 heures). Quant au volume ingéré par unité de temps, qui détermine la quantité de larvicide pouvant être ingérée par unité de temps en fonction de la concentration fournie, il est proportionnellement 17 fois plus élevé chez le stade I que chez le stade VII, alors qu'en valeur réelle, il est 30 fois plus faible. Ces observations varient en fonction des paramètres exposés dans les trois parties précédentes de ce travail. Les conséquences pour l'emploi des larvicides sont discutées.

KEYWORDS : *Simulium damnosum*; Larvae; Intestinal Transit; Larvicides

Introduction

En 1978, Philippon et Le Berre soulignaient que les traitements larvicides chimiques apparaissaient comme l'unique recours immédiat pour se débarrasser du fléau qu'est l'onchocercose. Depuis, il semble que l'utilisation du sérotype H-14 de *Bacillus thuringiensis* soit prometteur (Guillet & Escaffre, 1979 a, b, c; Undeen & Berl, 1979). Dans les deux cas, les produits utilisés agissent par ingestion. Il est dès lors nécessaire de bien connaître les variations de la vitesse d'ingestion chez les larves et leurs conséquences sur les moyens de lutte utilisés. Les causes principales ont été analysées dans les trois premières parties de ce travail (Elsen *et al.*, 1978; Elsen & Hébrard, 1979; Elsen, 1980 b). Nous nous proposons ici d'en voir les conséquences sur deux aspects liés aux moyens de lutte. Le premier aspect concerne le temps nécessaire pour effectuer un transit complet, qui détermine le temps de contact de l'insecticide ingéré avec la paroi du tube digestif. Le deuxième aspect concerne le volume ingéré par unité de temps, qui doit permettre de déterminer la quantité d'insecticide ingéré par unité de temps en fonction de la concentration utilisée.

(*) Ce travail a bénéficié d'une convention passée entre l'Organisation Mondiale de la Santé et l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, dans le cadre de la Lutte contre l'Onchocercose en Afrique de l'Ouest.

Techniques et méthodes

1. Le temps d'un transit complet

Afin de connaître, avec précision, le temps nécessaire pour effectuer un transit digestif complet, il fallait nous assurer de la constance de la vitesse du transit le long du tube digestif. Le meilleur moyen était de suivre le culot coloré sur des larves vivantes (pour la technique du marquage, voir Elsen, 1980 b). A cet effet, nous avons mis au point un système très simple. Il s'agit d'une gouttière à fond plat en verre alimentée par l'eau de la ville et disposée sous une loupe binoculaire elle-même fixée à un bras télescopique. Le pied amovible de ce dernier permet des déplacements verticaux et horizontaux du système optique tout le long de la gouttière dont la pente peut être réglée par un jeu de crémaillères. Enfin, la gouttière en verre permet un jeu d'éclairage direct et indirect qui facilite l'observation par transparence du bol alimentaire coloré en rouge.

La méthodologie est simple. Nous avons noté le temps, en secondes, mis par le culot coloré pour arriver à la fin de chaque segments du corps et pour la formation de faeces colorées au niveau du dernier segment. Comme la vitesse est très rapide au niveau du dernier segment (expulsion des faeces) nous l'avons cumulée à celle correspondant au segment précédent.

Avant de mesurer les variations du temps, il faut que nous déterminions d'abord si nos repères sont constants d'une larve à l'autre. Si l'on exprime les segments du corps en valeurs relatives par rapport à la longueur totale du corps, les valeurs obtenues sont très semblables d'un stade à l'autre avec un intervalle de confiance petit. On peut donc dire que la proportion de chaque segment est très constante quelle que soit la longueur réelle de la larve. En d'autres termes, toutes les larves, quelles que soient leurs longueurs, peuvent être ramenées à une longueur standard de 100 unités sans que les proportions des segments n'en soient altérées.

Cela est également vrai en ce qui concerne le temps mis par le bol alimentaire pour parcourir chaque segment. Si pour chaque segment les temps réels mis pour les parcourir sont exprimés en valeurs relatives par rapport au temps mis pour effectuer un transit complet, on constate que ces valeurs au niveau de chaque segment sont également assez semblables d'un stade à l'autre, avec un intervalle de confiance petit. Donc, quel que soit le temps réel d'un transit complet, il se distribuera toujours suivant des proportions similaires en fonction des segments du corps. C'est ce que nous nommons le *temps relatif* qui, combiné aux longueurs relatives, va nous permettre d'établir la courbe relative moyenne de la progression du bol alimentaire pour n'importe quelle larve de n'importe quel stade.

Cette courbe est du 3^e degré. Après calcul des coefficients elle équivaut à :

$$t_r = 5,04457 - 0,46295 L_r + 0,03809 L_r^2 - 0,00024 L_r^3$$

où (t_r) est le temps relatif correspondant au temp réel (t) de l'expérience, et (L_r) est la longueur relative du tube digestif parcourue pendant (t).

Le temps réel d'un transit complet (T) s'obtient par extrapolation à partir de cette équation et du temps réel (t) de l'expérience exprimé en secondes, suivant la relation :

$$T = \frac{100 t}{t_r}$$

Le fait d'obtenir une courbe et non une droite montre que la progression du bol alimentaire n'est pas constante le long du tube digestif. Nous observons en effet un transit plus rapide au début et à la fin du tube digestif. Ceci est en désaccord avec les observations de Fredeen (1964) qui signale que 25 p. cent du tube digestif de *S. venustum* sont remplis en 8 minutes, 40 p. cent en 13 minutes, 60 p. cent en 20 minutes et 90 à 95 p. cent en 30 minutes. Un simple calcul montre qu'à quelques dixièmes près, la progression est dans ce cas constante et vaut 3 p. cent par minute.

Notre courbe permet de déterminer à quelle portion du temps nécessaire pour effectuer un transit complet correspond le temps de l'expérience pour parcourir la longueur relative mesurée du tube digestif.

2. Le volume ingéré par unité de temps

Un processus similaire s'applique pour le volume du tube digestif. Ce dernier est composé de trois parties : l'oesophage, l'intestin moyen et l'intestin postérieur. Ces trois parties sont des cylindres de longueur et de largeur différentes. Leurs longueurs relatives par rapport à la longueur totale sont très constantes quelle que soit la taille de la larve. Il en est de même pour les largeurs relatives par rapport à la longueur totale du tube digestif. Il en résulte que les volumes relatifs de chaque partie sont également constants et l'on peut dès lors calculer le volume du tube digestif à partir de sa longueur totale, toutes les mesures étant des fractions constantes de cette longueur. En tenant compte des intervalles de confiance des longueurs et des largeurs des divers segments, nous obtenons la relation :

$$V = (0,002124 \pm 0,000138) (L \pm \alpha)^3$$

où : V = volume du tube digestif en mm³

L = longueur totale du tube digestif en mm

α = intervalle de confiance de la longueur moyenne du tube digestif des larves de l'échantillon.

Le volume du bol alimentaire ingéré par minute (V') s'obtient à partir du temps de transit complet (T) exprimé en secondes et des volumes (V) du tube digestif suivant la relation :

$$V' = \frac{60 V}{T}$$

Ces volumes varient en fonction de la taille des larves. Afin de pouvoir les comparer, nous les exprimerons en valeur relative (V'_r) par rapport au volume total (V) par la relation :

$$V'_r = \frac{100 V'}{V} = \frac{6.000}{T}$$

Il n'est donc pas nécessaire de connaître le volume du tube digestif (V) pour obtenir la valeur relative du volume ingéré par unité de temps.

Résultats

L'équation établie au paragraphe précédent nous permet d'établir le temps d'un transit complet par une extrapolation qui tient compte des variations de la vitesse du bol alimentaire le long du tube digestif. Le tableau 1 montre que suivant l'heure, le plus jeune stade effectue un transit complet 15 à 20 fois plus vite que le stade le plus âgé. Les valeurs de ce tableau ne sont valables que pour les conditions régnant au mois de mars dans le gîte de Danangoro. En effet, les tableaux 2 et 3 font ressortir les variations qui existent non seulement entre espèces mais aussi chez une même espèce d'un gîte à l'autre ainsi qu'au long de l'année dans un même gîte.

TABLEAU 1
Le temps nécessaire pour effectuer un transit digestif complet
chez les différents stades larvaires de *S. damnosum* s.l. suivant l'heure du nyctémère

Heures	Stades						
	VII	VI	V	IV	III	II	I
10	35'53''	20'7''	9'15''	5'28''	2'31''	2'19''	2'4''
12	41'7''	26'7''	10'30''	7'3''	4'17''	2'25''	2'7''
14	37'40''	21'11''	8'30''	5'30''	4'47''	2'24''	2'4''
16	31'45''	17'32''	12'21''	5'19''	2'49''	2'12''	2'4''
18	35'41''	17'9''	12'6''	6'43''	3'31''	2'21''	2'11''
20	34'59''	21'7''	14'14''	12'21''	4'44''	2'33''	2'14''
22	45'8''	24'49''	14'33''	15'23''	6'38''	2'51''	2'20''
24	45'24''	24'36''	13'55''	9'21''	6'19''	3'36''	2'40''
2	44'56''	28'40''	17'10''	9'29''	7'19''	3'3''	2'15''
4	39'17''	29'40''	15'58''	11'34''	11'59''	3'23''	2'12''
6	50'41''	33'28''	16'48''	15'17''	12'22''	3'1''	2'16''
8	45'45''	28'	22'6''	13'8''	8'44''	7'6''	4'9''
Moyennes	40'41''	24'22''	13'57''	9'43''	6'20''	3'10''	2'23''

TABLEAU 2
Le temps nécessaire pour effectuer un transit digestif complet
chez les larves du septième stade de diverses espèces dans divers gîtes

Zones bioclimatiques	Espèces (gîtes)	t
Forêt	<i>S. yahense</i> (Wa)	28'29''
	<i>S. sanctipauli</i> (Gauthier)	27'49''
Transition forêt-savane	<i>S. damnosum</i> s.s. (Danangoro)	35'42''
	<i>S. sirbanum</i> (Danangoro)	37'2''
	<i>S. soubrense</i> (Danangoro)	34'17''
Savane sub-soudanienne	<i>S. damnosum</i> s.s. (Boa)	31'11''
	<i>S. sirbanum</i> (Boa)	27'34''
	<i>S. soubrense</i> (Boa)	36'16''
	Hybrides : <i>S. sanctipauli</i> — <i>S. soubrense</i> (Boa)	31'11''
Savane soudanienne	<i>S. sirbanum</i> (Semanko)	24'40''
	<i>S. sirbanum</i> (Woyowayango)	24'53''

TABLEAU 3

Le temps nécessaire pour effectuer un transit digestif complet
chez les larves du septième stade en fonction de l'époque de l'année

Epoque	<i>S. damnosum</i> s.s. + <i>S. sirbanum</i>	<i>S. soubrense</i>
Janvier	37'3''	31'20''
Février	28'54''	24'41''
Mars	36'9''	30'5''
Avril	25'50''	23'33''
Mai	28'33''	28'4''
Juin	—	—
Juillet	—	—
Août	22'19''	21'7''
Septembre	19'20''	18'30''
Octobre	—	—
Novembre	30'57''	28'
Décembre	—	—

2. Le volume ingéré par unité de temps

Les valeurs relatives du volume ingéré par unité de temps (tableau 4) montrent que le stade I ingère proportionnellement 17 fois plus que le stade VII. Par contre, le volume réel ingéré est 30 fois moindre. Cette différence entre le proportionnel et le réel, nous le verrons, est importante au niveau des larvicides.

TABLEAU 4

Longueur (L) et volume (V) moyens du tube digestif pour chaque stade larvaire
ainsi que le volume du bol alimentaire ingéré par minute (V')
et sa valeur relative (V'_r) par rapport au volume total (V)

Stade larvaire	L (en mm)	V (en mm ³)		V'		V' _r
		min.	max.	min.	max.	
I	0,627 ± 0,151	0,00021	0,00107	0,00009	0,00045	41,96
II	0,927 ± 0,068	0,00126	0,00223	0,00040	0,00070	31,58
III	1,285 ± 0,109	0,00323	0,00613	0,00051	0,00097	15,79
IV	1,823 ± 0,122	0,00977	0,01664	0,00101	0,00171	10,29
V	3,013 ± 0,119	0,04814	0,06950	0,00345	0,00498	7,17
VI	4,225 ± 0,232	0,12644	0,20027	0,00519	0,00822	4,10
VII	5,994 ± 0,240	0,37835	0,54802	0,00930	0,01347	2,46

Les tableaux 5 et 6 fournissent d'autre part les variations des volumes relatifs (V'_r) et réels (V') ingérés par minute suivant l'espèce, le biotope et la saison. Ces valeurs doivent permettre de déterminer la quantité d'insecticide ingérée par minute en fonction des concentrations déversées dans les rivières.

TABLEAU 5

Longueur (L) et volume (V) moyens du tube digestif chez le stade VII de diverses espèces dans différents gîtes ainsi que le volume du bol alimentaire ingéré par minute (V') et sa valeur relative (V'r) par rapport au volume total (V)

Zones bioclimatiques	Espèces (gîtes)	L (en mm)	V (en mm ³)		V'		V'r
			min.	max.	min.	max.	
Forêt	<i>S. yahense</i> (Wa)	5,9390 ± 0,0887	0,3977	0,4954	0,0140	0,0174	3,51
	<i>S. sanctipauli</i> (Gauthier)	6,4471 ± 0,0915	0,5089	0,6323	0,0183	0,0227	3,60
Transition forêt-savane	<i>S. damnosum</i> s.s. (Danangoro)	5,6403 ± 0,1130	0,3354	0,4308	0,0094	0,0121	2,80
	<i>S. sirbanum</i> (Danangoro)	5,8045 ± 0,1872	0,3520	0,4866	0,0095	0,0131	2,70
	<i>S. soubrense</i> (Danangoro)	5,7655 ± 0,1463	0,3524	0,4674	0,0103	0,0136	2,92
Savane sub-soudanienne	<i>S. damnosum</i> s.s. (Boa)	6,1956 ± 0,2265	0,4224	0,5991	0,0135	0,0192	3,21
	<i>S. sirbanum</i> (Boa)	6,3183 ± 0,2347	0,4472	0,6365	0,0162	0,0231	3,63
	<i>S. soubrense</i> (Boa)	6,0705 ± 0,1469	0,4128	0,5436	0,0114	0,0150	2,76
	Hybrides : <i>S. sanctipauli</i> — <i>S. soubrense</i> (Boa)	6,1413 ± 0,1556	0,4259	0,5648	0,0137	0,0181	3,21
Savane soudanienne	<i>S. sirbanum</i> (Semanko)	5,7231 ± 0,1424	0,3452	0,4585	0,0140	0,0185	4,05
	<i>S. sirbanum</i> (Woyowayango)	6,1048 ± 0,1941	0,4101	0,5653	0,0165	0,0227	4,02

TABLEAU 6

Longueur (L) et volume (V) moyens du tube digestif ainsi que le volume du bol alimentaire ingéré par minute (V') et sa valeur relative (V'_r) par rapport au volume total (V) chez le stade VII de diverses espèces au cours de l'année 1977 dans le même gîte (Danangoro)

S. damnosum s.s. + *S. sirbanum*

Date	L (en mm)	V (en mm ³)		V'		V' _r
		min.	max.	min.	max.	
Janvier	5,4351 ± 0,3019	0,2686	0,4271	0,0073	0,0115	2,70
Février	6,0824 ± 0,2022	0,4038	0,5615	0,0140	0,0194	3,46
Mars	5,8951 ± 0,1709	0,3725	0,5049	0,0103	0,0140	2,77
Avril	5,6810 ± 0,2717	0,3143	0,4771	0,0122	0,0185	3,87
Mai	6,2886 ± 0,1788	0,4530	0,6119	0,0159	0,0214	3,50
Juin	—	—	—	—	—	—
Juillet	—	—	—	—	—	—
Août	5,9157 ± 0,2849	0,3546	0,5393	0,0159	0,0242	4,48
Septembre	5,3723 ± 0,1341	0,2854	0,3777	0,0148	0,0195	5,17
Octobre	—	—	—	—	—	—
Novembre	5,1528 ± 0,2941	0,2278	0,3655	0,0074	0,0118	3,23
Décembre	—	—	—	—	—	—

S. soubrense

Date	L (en mm)	V (en mm ³)		V'		V' _r
		min.	max.	min.	max.	
Janvier	5,8000 ± 0,3252	0,3259	0,5198	0,0104	0,0166	3,19
Février	6,3109 ± 0,1903	0,4554	0,6215	0,0184	0,0252	4,05
Mars	6,3430 ± 0,2405	0,4513	0,6455	0,0150	0,0215	3,32
Avril	5,7996 ± 0,2527	0,3389	0,5015	0,0144	0,0213	4,25
Mai	6,2763 ± 0,1402	0,4588	0,5976	0,0163	0,0213	3,56
Juin	—	—	—	—	—	—
Juillet	—	—	—	—	—	—
Août	6,1204 ± 0,2110	0,4098	0,5741	0,0194	0,0272	4,74
Septembre	5,4834 ± 0,2448	0,2855	0,4252	0,0154	0,0230	5,41
Octobre	—	—	—	—	—	—
Novembre	5,1129 ± 0,4756	0,1980	0,3948	0,0071	0,0141	3,57
Décembre	—	—	—	—	—	—

Discussion et conclusion

Plusieurs auteurs ont déjà tenté de déterminer le temps nécessaire aux larves de Simulies pour effectuer un transit digestif complet. Les résultats rencontrés dans la littérature sont cependant contradictoires. Peterson (1956) signale 1 h 1/2 à 5 h 1/2 en fonction du gîte pour *S. vittatum*. Wotton (1978) obtient 2 h à 12 °C pour *Metacnephia tredecimatum*. Par contre les auteurs, quelle que soit l'espèce étudiée, s'accordent pour une durée qui oscille entre 20 et 30 minutes mais les uns n'observent pas de différence entre les stades larvaires (Fredeen, 1964; Chance, 1970; Ladle *et al.*, 1972) tandis que d'autres en observent (Mulla & Lacey, 1976; Wotton, 1978). Enfin Ladle *et al.*, (1972) n'observent pas de différence entre les espèces ni de variabilité entre 8 °C et 21 °C tandis que Mulla & Lacey (1976) publient des valeurs allant du simple au triple en fonction de la température de l'eau et observent de légères différences entre espèces. A notre connaissance, Wotton (1978) est le seul à avoir mis l'accent sur les raisons de ces varia-

tions qui sont les fluctuations des divers facteurs du milieu, ce en quoi nous le rejoignons (Elsen & Hebrard, 1979; Elsen, 1980 a, b).

Nos résultats sont importants tant au point de vue physiologique que sur le plan de la lutte par les larvicides. Au point de vue physiologique, la vitesse d'ingestion agit sur la durée de développement (Elsen, 1979) et par voie de conséquence sur la fécondité des adultes. Une autre conséquence de cette action est l'influence sur la vitesse de peuplement d'un gîte (Elsen *et al.*, 1980).

En ce qui concerne les larvicides, il est connu que la sensibilité des larves décroît avec leur âge (Muirhead-Thomson, 1957; Escaffre *et al.*, 1974; Mouchet *et al.*, 1977). Or, bien que le stade I ingère 30 fois moins que le stade VII, ce volume est, proportionnellement à la taille de la larve, 17 fois plus élevé (tableau 4). Cela veut dire que la quantité de larvicide nécessaire pour tuer une jeune larve est bien moindre que pour une larve âgée et qu'il faut dès lors plus de temps à ces dernières pour ingérer, à partir d'une concentration donnée de larvicide, la dose qui leur est létale pour cette concentration de larvicide. C'est pourquoi les jeunes stades décrochent en premier lieu lors d'un épandage insecticide ou lors d'infestation par *B. thuringiensis* (Guillet & Escaffre, 1979 a). Il se peut toutefois que les jeunes larves puissent être intrinsèquement plus sensibles que les larves âgées sans que la question de quantité ingérée n'intervienne (Elsen, 1980 b).

Ce qui est beaucoup plus important, c'est la variation existant entre différents gîtes pour un stade donné d'une même espèce. Cela veut dire que la quantité de larvicide ingérée par une espèce varie géographiquement. Nos résultats montrent en effet que *S. sirbanum* ingère 1,5 fois plus vite au Mali dans son biotope typique qu'à Danangoro à la limite Sud de son aire de répartition (tableau 5). Il en est de même suivant l'époque de l'année dans un même gîte où la quantité ingérée par unité de temps est plus grande en saison des pluies (1,9 pour *S. sirbanum* et *S. damnosum* s.s. confondus, et 1,7 pour *S. soubrense*) (tableau 6). De même, les espèces de savane ingèrent plus vite que celles de forêt lorsqu'elles se trouvent respectivement dans leurs conditions favorables (Elsen *et al.*, 1978). Les conclusions importantes à ces observations sont que la vitesse d'ingestion de la dose létale varierait suivant l'espèce et, pour une même espèce, en fonction de la saison et du lieu géographique, la vitesse d'ingestion décroissant alors avec l'augmentation des conditions défavorables.

Ces faits sont à mettre en relation avec le temps de passage, en un point, de la vague de larvicide d'un épandage (dose pouvant être ingérée) et le temps d'un transit complet (temps de contact de la dose ingérée avec la paroi du tube digestif) afin de permettre la détermination des quantités de larvicide pouvant être utilisées avec un effet léthal.

Remerciements — Nous tenons à remercier tout particulièrement Mr. F. Hébrant, biométricien de l'Institut de Médecine tropicale d'Antwerpen, pour son aide matérielle et ses précieux conseils dans la détermination et le calcul de notre courbe. Nos remerciements vont également à Mr. Bakayoko Siaka qui nous aida considérablement pour l'obtention de nos données chiffrées.

Intestinal transit in larvae of the *Simulium damnosum* complex (Diptera, Simuliidae) in West Africa. IV. Consequences of the variations observed on complete transit time and on the volume ingested by time unit.

Summary — The speed of the alimentary bolus to move forward along the digestive tract of larvae of the *Simulium damnosum* complex is not constant and may graphically be presented in the form of a curve of 3rd degree. Its equation allows to determine the time necessary to accomplish a complete transit, i.e. the duration of contact of the ingested larvicide with the wall of the digestive tract. This time is 15 to 20 times longer in instar VII than in instar I (respectively 38' and 2' in March, at 14 o'clock). As for the ingested volume per time unit, which determines the quantity of larvicide that may be ingested per time unit in function of the given concentration, it is proportionally 17 times greater in instar I than in instar VII, while the real value is 30 times less. These observations fluctuate in function of the parameters presented in the three previous parts of this work. Their consequences on the use of larvicides are discussed.

Darmtransit bij larven van het *Simulium damnosum* complex (Diptera, Simuliidae) in West Afrika. IV. Invloed van de vastgestelde variaties op de duur van een volledig transit en op het opgenomen volume per tijdseenheid.

Samenvatting — De transitnelheid van het voedsel door het spijsverteringskanaal bij larven van het *Simulium damnosum* complex is niet onveranderlijk. Het verloop kan grafisch worden voorgesteld als een curve van de 3de graad. Haar equatie laat toe de benodigde tijd voor een volledig transit vast te stellen, d.w.z. de duur van het contact van het opgenomen larvicide met de wand van het spijsverteringskanaal. Deze tijd is 15 tot 20 maal langer bij stadium VII dan bij stadium I (respectievelijk 38' en 2' in maart, om 14 uur). Wat betreft het opgenomen volume per tijdseenheid, dat de hoeveelheid larvicide opgenomen per tijdseenheid in functie van de gegeven concentratie vaststelt, dit is naar evenredigheid 17 maal groter bij stadium I dan bij stadium VII, terwijl de reële waarde 30 maal kleiner is. Deze waarnemingen veranderen in functie van de parameters die in de eerste drie delen van dit werk worden toegelicht. Hun belang bij het gebruik van larviciden wordt besproken.

Reçu pour publication le 11 février 1980.

REFERENCES

- Chance, M. M. (1970) : The functional morphology of the mouthparts of blackfly larvae. *Quaest. Ent.*, **6** : 245-384.
- Elsen, P. (1979) : Rythmes circadiens des métamorphoses et durée de développement des stades préimaginaux de *Simulium damnosum* s.l. (Diptera, Simuliidae) en Côte d'Ivoire. *Ann. Soc. belge Méd. trop.*, **59** (4) : 371-384.
- Elsen, P. (1980a) : Contribution à l'étude écologique des populations préimaginales du complexe *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) en Afrique de l'Ouest. Thèse de doctorat 3^e cycle, Centre d'Orsay, Paris, 225 pp.
- Elsen, P. (1980b) : Le transit intestinal chez les larves du complexe *Simulium damnosum* (Diptera, Simuliidae) en Afrique de l'Ouest. III. Influence du stade larvaire, du nyctémère et de la saison. *Ann. Soc. belge Méd. trop.*, **60** : 203-212.
- Elsen, P. & Hébrard, G. (1979) : Le transit intestinal chez les larves du complexe *Simulium damnosum* (Diptera, Simuliidae) en Afrique de l'Ouest. II. Influence de la température de l'eau, de la concentration des particules en suspension et de la nature de ces particules. *Ann. Soc. belge Méd. trop.*, **59** (1) : 49-58.
- Elsen, P., Bellec, C. & Hébrard, G. (1980) : La vitesse de repeuplement d'un gîte de Côte d'Ivoire par *Simulium damnosum* s.l. (Diptera, Simuliidae) après l'arrêt expérimental des traitements à l'insecticide : conséquence sur la stratégie de la lutte contre ce vecteur de l'onchocercose. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.* (sous presse).
- Elsen, P., Quillévéré, D. & Hébrard, G. (1978) : Le transit intestinal chez les larves du complexe *Simulium damnosum* (Diptera, Simuliidae) en Afrique de l'Ouest. I. Influence du sexe et de l'espèce. *Ann. Soc. belge Méd. trop.*, **58** (3) : 209-217.
- Escaffre, H., Bruhnes, J., Sechan, Y., Carlsson, G., Stiles, A., Kulzer, H., Pawlick, O. & Mertens, J. (1974) : Lutte contre *Simulium damnosum* vecteur de l'onchocercose humaine en Afrique Occidentale. VII. Epandage par hélicoptère de nouvelles formulations et de nouveaux insecticides dans la région de Khorogo en Côte d'Ivoire. Rapport OCCGE/ORSTOM n° 207/Oncho/Tech/74.
- Fredeen, F. J. H. (1964) : Bacteria as food for blackfly larvae (Diptera, Simuliidae) in laboratory culture and in natural streams. *Can. J. Zool.*, **42** (4) : 527-548.
- Guillet, P. & Escaffre, H. (1979a) : Evaluation de *Bacillus thuringiensis israelensis* de Barjac pour la lutte contre les larves de *Simulium damnosum* s.l. I. Résultats des premiers essais réalisés sur le terrain. WHO/VBC/79.730.
- Guillet, P. & Escaffre, H. (1979b) : Evaluation de *Bacillus thuringiensis israelensis* de Barjac pour la lutte contre les larves de *Simulium damnosum* s.l. II. Efficacité comparée de trois formulations expérimentales. WHO/VBC/79.735.

- Guillet, P. & Escaffre, H. (1979c) : La recherche de nouvelles formulations d'insecticides utilisables contre les larves des vecteurs d'onchocercose en Afrique de l'Ouest. Congrès sur la lutte contre les insectes en milieu tropical, 1979, Marseille (à paraître).
- Ladle, M., Bass, J. A. B. & Jenkins, W. R. (1972) : Studies on production and food consumption by the larval Simuliidae (Diptera) of a chalk stream. *Hydrobiologia*, **39** (3) : 429-448.
- Mouchet, J., Quelennec, G., Berl, D., Sechan, Y. & Grébaud, S. (1977) : Méthodologie pour tester la sensibilité aux insecticides des larves de *Simulium damnosum* s.l. Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol., **15** (1) : 55-66.
- Muirhead-Thompson, R. C. (1957) : Laboratory studies on the reaction of *Simulium* larvae to insecticides. II. The reactions of *Simulium damnosum* larvae to DDT. *Amer. J. trop. Med. Hyg.*, **6** : 926-932.
- Mulla, M. S. & Lacey, L. A. (1976) : Feeding rates of *Simulium* larvae on particulates in natural streams (Diptera, Simuliidae). *Environ. Entom.*, **5** (2) : 283-287.
- Peterson, B. V. (1956) : Observations of the biology of Utah black flies (Diptera, Simuliidae). *Can. Ent.*, **88** : 496-501.
- Philippon, B. & Le Berre, R. (1978) : La lutte contre les vecteurs d'onchocercose humaine en Afrique intertropicale. *Méd. trop.*, **38** (6) : 667-675.
- Undeen, A. & Berl, D. (1979) : Laboratory studies of effectiveness of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* against *Simulium damnosum* larvae. *Mosq. News*, **39** : 742-745.
- Wotton, R. S. (1978) : The feeding-rate of *Metacnephia tredecimatum* larvae (Diptera, Simuliidae) in a swedish lake-outlet. *Oikos*, **30** : 121-125.