

Écologie de *Styloconops spinosifrons* (Carter, 1921)  
(Diptera, Ceratopogonidae)  
sur les plages de la côte Est de Madagascar

J. DUVAL,

Technicien O.R.S.T.O.M., Mission O.R.S.T.O.M.  
de Tananarive, B.P. 434, Tananarive, Madagascar

E. RAJAONARIVELO

Assistant du S.L.M.T  
(Service de Lutte contre les Maladies transmissibles, Tananarive)

et L. RABENIRAINY

Assistant de la D.R.S.T.  
(Direction de la Recherche scientifique et technique, Tananarive)

RÉSUMÉ.

Dans la première partie de ce travail, les auteurs décrivent l'appareillage utilisé pour la récolte des formes pré-imaginales de *S. spinosifrons*. A Madagascar, les principaux gîtes de cette espèce sont situés sur la partie de la plage comprise entre la laisse des marées hautes des mortes et des vives eaux. Sur la Côte Est où le profil des plages est peu accentué, les larves peuvent également se développer au-dessus de la zone immergée. La position de ces gîtes varie au cours de l'année, en fonction des hauteurs de marées. Les formes pré-imaginales se trouvent dans le sable, à une profondeur comprise entre 0 et 15 centimètres avec une zone préférentielle au niveau 3-6 centimètres.

A 30 °C les œufs n'éclosent jamais avant le 12<sup>e</sup> jour après la ponte ; ces œufs conservés à une humidité de 95 % peuvent présenter une quiescence de 6 mois au bout desquels plus de 50 % éclosent lorsqu'ils sont immergés ou placés en atmosphère saturée.

Des observations sur les adultes ont montré que les femelles se déplacent peu le long du littoral, mais peuvent pénétrer jusqu'à 600 m à l'intérieur des terres s'il n'y a pas de végétation arbustive. Leur cycle journalier d'agressivité dépend de l'ensoleillement des plages.

Le cycle des émergences est largement conditionné

par le profil des plages et les écarts entre les deux marées de vives eaux. Les zones à traiter et les périodes de traitements insecticides seront donc déterminées en fonction de ces données.

ABSTRACT.

The first part is the description of devices used for trapping larvae and pupae of *S. spinosifrons*. In Madagascar, the main breeding place are located in the areas between higher and lesser tides. On the East Coast where the beaches are flat the larvae can be found beyond the limit of the higher tides. The location of the breeding-places varies along the year according to the height of the tides. Larvae are living in the sand between 0 and 15 centimeters deep, but most of them are found between 3 and 6 centimeters. At 30° Centigrade the eggs never hatch before the 12th day after laying ; eggs kept at 95 % humidity in the laboratory they can survive for 6 month and more than 50 % hatch when dipped for 24 hours in water.

As Further observations showed the females do not move very far along the sea-side ; they can penetrate in the hinterland as far as half a mile if there is no arboreal vegetation on thick bushes. Daily biting cycle depends of the sunlight-timing.

*Emergence cycle depends of the slope of the beaches and of the difference between higher and lesser levels of the water during the main tides.*

*For controlling these pest midges areas to be treated and timing of the treatment should be determined according to the previous ecological findings.*

## 1. — INTRODUCTION.

Les plages de Madagascar infestées par le cératopogonide *Styloconops spinosifrons* (CARTER, 1921), sont aussi les plus favorables au développement touristique. Cet

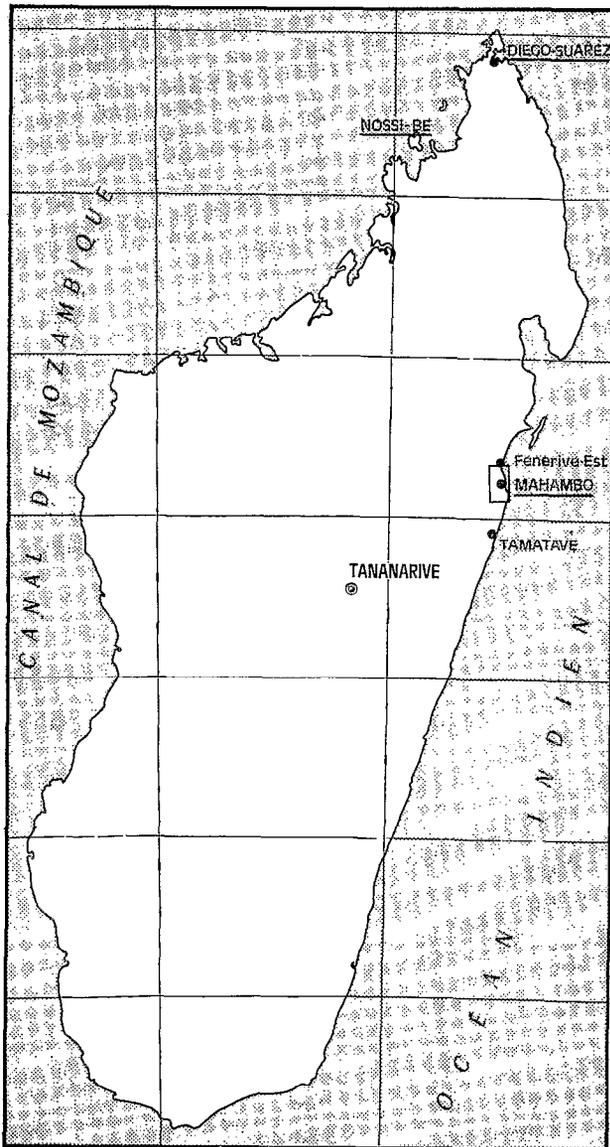


FIG. 1. — Carte de situation.

insecte très agressif pullule dans plusieurs régions aussi bien sur la Côte-Ouest (Nossi-Bé) que sur la Côte-Est (fig. 1). Il se rencontre également sur de nombreuses plages des pays riverains de l'Océan Indien. Nous en avons déjà donné sa répartition (DUVAL, 1971); toutefois, il faut y ajouter les plages du Kenya, des Seychelles, des Indes, de Ceylan et de Bornéo (LAURENCE et MATHIAS, 1972).

Nous avons poursuivi à Mahambo, sur la Côte-Est de Madagascar (sous-Préfecture de Fénérive-Est), les études que nous avons entreprises à Nossi-Bé (DUVAL, 1971), les nouvelles recherches étant plus spécialement orientées sur l'écologie des formes préimaginales : emplacement des gîtes et déplacements verticaux des larves et des nymphes.

Par ailleurs, des observations effectuées sur les formes imaginales, nous ont montré l'existence d'une non-périodicité dans l'émergence des adultes contrairement à ce qui se produit à Nossi-Bé. Ce phénomène a pu être mis en relation avec la faible amplitude des marées existant à Mahambo et avec des profils de plage différents de ceux de Nossi-Bé. Enfin, des différences de comportement concernant les déplacements des femelles ont été observées entre Mahambo et Nossi-Bé ainsi que l'existence d'une relation entre l'ensoleillement des plages et le cycle d'agressivité des femelles de *S. spinosifrons*.

## 2. — MÉTHODES ET TECHNIQUES D'ÉTUDE.

### 2.1. Isolement des formes préimaginales.

#### 2.1.1. APPAREILLAGE.

L'appareillage utilisé pour l'isolement des formes préimaginales de *S. spinosifrons* a été réalisé à partir de celui initialement utilisé par DAVIES et LINLEY et ultérieurement modifié par CLASTRIER (1972). Il a pour principe de séparer les formes préimaginales du sable qui les renferme par la méthode dite d'éluatriation puis de les recueillir sur des tamis successifs à mailles carrées de plus en plus fines (fig. 2 et photo 1).

La décantation s'effectue dans une grande cuve cylindrique (que nous désignerons sous le terme de « cuve d'isolement ») en matière plastique, d'un diamètre de 35 cm, haute de 62 cm, et pouvant contenir 60 l d'eau. A 20 cm du fond est branché un tube de 12 mm de section qui amène de l'eau tangentiellement à la paroi, en quantités suffisantes pour créer un mouvement tourbillonnaire. Les larves et les nymphes vont être ainsi séparées du sable et entraînées à la surface de l'eau dont le trop plein (où se trouvent donc concentrées la plupart des formes préimaginales) va s'écouler par une gouttière oblique à fond plat, soudée à l'extérieur et à la partie supérieure de la cuve.

Cette eau va passer successivement dans 3 autres

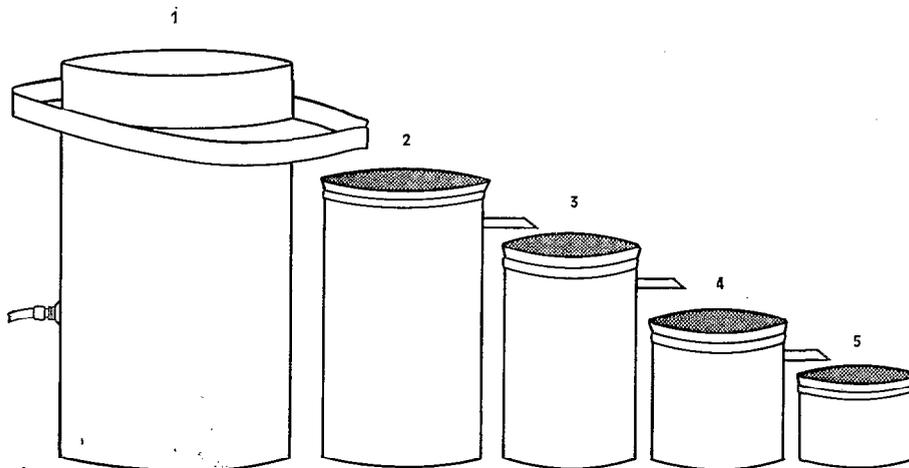


FIG. 2. — Cuves cylindriques pour l'isolement des formes préimaginales.

- 1. — Cuve d'isolement.
- 2, 3, 4. — Cuves de séparation.
- 5. — Cylindre de support pour le dernier tamis.

cuves (« cuves de séparation ») de taille décroissante dont les caractéristiques sont les suivantes :

- première cuve : hauteur = 42 cm, diamètre = 24 cm, contenance = 16 l;
- deuxième cuve : hauteur = 32 cm, diamètre = 20 cm, contenance = 7 l;
- troisième cuve : hauteur = 23 cm, diamètre = 20 cm, contenance = 5 l.

L'eau contenue dans ces cuves s'écoule par un tuyau rigide de 12 cm de diamètre fixé à 7 cm du bord supérieur. Chacune de ces cuves est couverte d'un tamis dont l'espace entre les mailles décroît avec la taille des cuves : 490, 280 et 120 microns. L'eau de la dernière cuve passe enfin, avant de s'écouler à l'extérieur sur un dernier tamis dont l'espace entre les mailles est de 100 microns. Les formes

préimaginales sont retenues dans ces divers tamis, en fonction de leur taille.

#### 2.1.2. PRÉLÈVEMENTS ET UTILISATION DES CUVES.

Nos prélèvements de sable ont été effectués sur une plage protégée par un massif corallien. A marée haute des mortes eaux et au moment de l'ensablement maximum, la partie découverte de cette plage avait une largeur d'environ 20 m (photo 3). Dans sa partie supérieure atteinte occasionnellement par la mer, elle était recouverte de plantes rampantes appartenant à l'espèce *Ipomoea pescatrae* (Roth) (Convolvulaceae). Elle a été divisée en douze bandes, le niveau de référence 0, étant figuré par un pieu se trouvant à la limite supérieure de la laisse des marées les plus fortes. Les douze bandes se situent



PHOTO 1. — Cuves cylindriques servant à l'isolement des formes préimaginales.



PHOTO 2. — Gabarit utilisé pour les prélèvements des échantillons de sable.

respectivement à 2, 3, 4,50, 5,70, 6,90, 8,10, 9,40, 11, 12, 13,60, 15,50 et 17,10 m du niveau 0; chacune d'elles a reçu pour référence à partir du point 0 et en direction de la mer, une des lettres A, B, C, D...

Les surfaces de prélèvements sont délimitées lors de chaque série d'observations à l'aide d'un gabarit de tôle de 50 cm de côté et de 15 cm de hauteur. Ce gabarit est enfoncé dans le sable jusqu'à ce que les bords supérieurs arrivent au niveau de la surface. Les échantillons de sable sont prélevés à l'intérieur du gabarit par couches successives de 3 cm jusqu'à une profondeur de 15 cm; chaque échantillon représente environ 7,5 dm<sup>3</sup> de sable (photo 2).

L'isolement des larves s'effectue par lavage du sable

à l'eau de mer, par une série d'opérations dont nous allons donner les détails.

L'eau de mer est pompée dans un fût placé à plus de 2 m de hauteur et relié à la cuve d'isolement par un tuyau souple; un robinet permet d'assurer un débit suffisant pour obtenir une bonne séparation. Lorsque la cuve d'isolement est remplie et que l'eau a acquis un mouvement tourbillonnaire, nous laissons tomber le sable en pluie, en marquant un temps d'arrêt entre chaque poignée. Les larves, les nymphes et les débris végétaux sont entraînés par dessus bord et sont récupérés par le premier tamis, qui a pour rôle essentiel de retenir les débris végétaux. Les autres tamis sont disposés en cascade par taille décrois-



PHOTO 3. — Plage de Mahambo. Les personnages (debout et accroupi) délimitent la zone des gîtes préimaginaux.

sante (fig. 2 et photo 1). Ces tamis qui contiennent des larves et des nymphes sont ensuite placés verticalement au-dessus d'un plateau et lavés à l'aide d'une pissette. Le filtrat recueilli dans chaque tamis est placé dans une boîte de pétri. L'eau restant dans les différentes cuves est filtrée dans les mêmes conditions que précédemment. Le tri des formes préimaginales s'effectue sous la loupe binoculaire par évaluation, suivant la taille des larves. Les récoltes sont ensuite conservées dans l'alcool et il est procédé ultérieurement à la mensuration des tiges ventro-latérales du squelette céphalique : 1<sup>er</sup> stade de 70 à 90  $\mu$ ; 2<sup>e</sup> stade de 100 à 130  $\mu$ ; 3<sup>e</sup> stade de 140 à 180  $\mu$ ; 4<sup>e</sup> stade de 190 à 260  $\mu$ . Cette classification nous a permis un contrôle de la validité du tri par évaluation, puisque le pourcentage des erreurs enregistrées était inférieur à 5 %.

### 2.1.3. RENDEMENT DE CET APPAREILLAGE.

Les nombres de larves de différents stades recueillies suivant la taille des tamis, ainsi que les nombres de celles restant dans les cuves d'isolement et les différentes cuves de séparations sont portés sur le tableau I. Il ressort que les larves de stades I et II sont essentiellement retenues par le tamis à mailles de 120  $\mu$  de côté; les larves de stade III par le tamis à maille de 280  $\mu$  de côté. Enfin les tamis à mailles plus larges (490  $\mu$ ) retiennent surtout les larves de stade IV. Ces mêmes larves d'ailleurs constituent le pourcentage le plus important des individus restant dans les cuves.

La proportion des larves de stade I et II étant inférieure aux proportions des larves de stades III et IV, il faut donc en conclure que l'appareil ne permet pas de recueillir un échantillon valable dans les populations pré-

imaginales. Cependant, il opère déjà un premier tri puisque les proportions les plus importantes de larves de stade IV et de stade I sont recueillies respectivement avec le tamis à mailles larges (490  $\mu$ ) pour les premières et avec le tamis aux mailles les plus serrées (100  $\mu$ ) pour les individus de stade I. En outre, étant toujours utilisé dans les mêmes conditions avec un sable à grains de dimensions constantes, il permet une comparaison valable entre différents échantillons.

### 2.2. Récolte des œufs de *S. spinosifrons*.

Nous avons employé comme pondoirs les tubes O.M.S. normalement utilisés pour les tests de sensibilité aux insecticides des moustiques adultes. En raison de la petite taille de ce diptère, les tamis d'origine ont été remplacés par des tamis plus fins (espace entre les mailles 490  $\mu$ ). Les tubes sont remplis de sable humide à plus du quart de leur hauteur. Cette couche de sable est recouverte d'un fin tamis sur lequel on ajoute une deuxième couche de sable sec de même épaisseur que la première. Les insectes gorgés sont introduits par l'intermédiaire du manchon fileté, à raison de 30 femelles par tube. Après remplissage, ce manchon est remplacé par un tamis. Cette opération s'effectue aisément, en effet, les femelles pénétrant rapidement dans le sable, ne sont pas tentées de s'enfuir hors du tube.

Les femelles prêtes à pondre cherchent le sable humide pour y déposer leurs œufs. Elles sont alors arrêtées par le fin tamis séparant le sable humide du sable sec. Ne pouvant atteindre le sable humide, elles déposent leurs œufs sur le tamis. Ces œufs sont alors facilement recueillis sur le tamis auquel d'ailleurs adhère la majorité d'entre eux (photo 4). Les œufs mélangés au sable sont ensuite récupérés par lavage.

TABLEAU I. — Nombre de larves recueillies en fonction de leurs stades et de la taille des tamis

ESPACES ENTRE LES MAILLES	LARVES			
	Stades I	Stades II	Stades III	Stades IV
490 microns . . . .	0	8	54	138
280 microns . . . .	7	54	204	176
120 microns . . . .	28	119	145	54
100 microns . . . .	21	32	24	18
Larves restant dans la cuve d'isolement .	12	51	71	105
Larves restant dans les différentes cuves de séparation. . .	6	18	40	114

## 3. — RÉSULTATS DES ENQUÊTES.

### 3.1. Ecologie des formes préimaginales.

#### 3.1.1. ÉCLOSION DES LARVES ET MISE EN ÉVIDENCE D'UN PHÉNOMÈNE DE QUIESCENCE EMBRYONNAIRE.

Nous avons à plusieurs reprises tenté d'obtenir l'éclosion dans l'eau de mer les larves de *S. spinosifrons* à partir d'œufs pondus la veille ou 2 ou 3 jours auparavant. Chacun de ces essais s'est révélé infructueux et nous avons alors observé que la mise en eau ne suffisait pas pour obtenir une éclosion de ces œufs, mais qu'il devait s'y ajouter un certain délai à partir du moment où ces œufs avaient été pondus. La constance de ce phénomène a été alors démontré et la durée de ce délai déterminée à deux températures différentes.

Des observations préliminaires nous ayant montré



PHOTO 4. — Œufs de *S. spinosifrons* adhérant sur le tamis qui sépare le sable humide du sable sec.

qu'il n'y avait jamais éclosion des œufs mis en eau dans les premiers jours suivant la ponte, nous avons alors mis en eau des œufs pondus depuis des temps variables mais compris entre 6 et 13 jours. Ces œufs étaient ensuite conservées dans une étuve dont la température était réglée à 30°. Les délais d'éclosion surviennent pour la majorité des œufs, le douzième jour après la ponte, quelle que soit la durée de la mise en eau (tabl. II). Les œufs mis en eau le 7<sup>e</sup> jour éclosent 5 jours plus tard, ceux mis en eau le 11<sup>e</sup> jour éclosent le lendemain; de même pour tous les

œufs mis en eau le 12 ou 13<sup>e</sup> jour l'éclosion survient le lendemain.

Ce délai nécessaire pour obtenir l'éclosion peut-être dû à une diapause embryonnaire ou bien à un développement embryonnaire très long. La question n'est pas tranchée à ce jour.

A cette température de 30° et conservés sur du sable légèrement humide, les œufs gardent leur viabilité pendant plusieurs semaines, l'éclosion peut être déclanchée dans les heures qui suivent, par une simple augmentation de

TABLEAU II. — Mise en évidence d'un phénomène de quiescence embryonnaire chez *Styloconops spinosifrons* (expérience effectuée à la température de 30 °C)

	Nombre de jours après la ponte et date de mise en eau															
	1 <sup>re</sup> expérimentation								2 <sup>e</sup> expérimentation							
	6	7	8	9	10	11	12	13	7	8	9	10	11	12	13	14
Nombre d'œufs et date d'éclosion	x x	20	27	33	41	90	E E E E E E E 43	E	x	25 13	34 39	41 48	50 49	E E E E E E E 62	E E 68	E

x : Nombre d'œufs non décompté avec exactitude (quelques dizaines).  
E : Éclosion des larves.

ÉCOLOGIE DE *STYLOCONOPS SPINOSIFRONS*

l'humidité du sable. Il peut donc se manifester chez *S. spinosifrons* un phénomène de quiescence embryonnaire si les conditions externes ne se prêtent pas à l'éclosion des œufs.

Cette expérimentation a été renouvelée à une tempé-

rature de 20 °C. Les éclosions se produisent entre le 14<sup>e</sup> et le 17<sup>e</sup> jour et s'échelonnent sur 48 heures avec une forte proportion de larves mortes. Il semble donc que cette température soit proche de la limite inférieure de survie de l'espèce.

TABLEAU III. — Emplacement des gîtes préférentiels de *S. spinosifrons* sur les plages de Mahambo, à différentes périodes de l'année

Date des prélèvements	Stades larvaires	Zones de prélèvements												
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
11 au 17 mai	I et II. . .	1	—	—	5	57	15	9	2	10	—	—	—	—
	III. . . . .	4	—	—	6	28	10	12	22	1	—	—	—	
	IV. . . . .	12	—	—	3	14	16	11	15	4	—	—	—	
	TOTAL . . .	17	—	—	14	99	31	32	39	15	—	—	—	
15 au 25 juin	I et II. . .	0	—	0	0	1	3	4	11	5	6	3	0	—
	III. . . . .	1	—	1	2	6	25	2	7	3	19	2	2	—
	IV. . . . .	6	—	2	3	10	55	6	25	6	26	4	2	—
	TOTAL . . .	7	—	3	5	17	83	12	43	14	51	9	4	—
27 juin au 12 juillet	I et II. . .	0	0	0	0	6	33	1	8	3	4	29	0	—
	III. . . . .	1	2	1	0	2	71	10	14	9	11	20	2	—
	IV. . . . .	10	5	0	3	4	77	22	20	31	19	21	0	—
	TOTAL . . .	11	7	1	3	12	181	33	42	43	34	70	2	—
2 au 13 août	I et II. . .	0	—	0	—	0	2	3	0	4	1	2	—	—
	III. . . . .	2	—	2	—	1	8	15	2	9	5	3	—	—
	IV. . . . .	2	—	1	—	3	1	5	11	6	6	4	—	—
	TOTAL . . .	4	—	3	—	4	11	23	13	19	12	9	—	—
26 octobre au 8 novembre	I et II. . .	—	—	—	0	3	3	4	0	1	10	25	12	—
	III. . . . .	—	—	—	1	0	1	6	1	1	21	37	23	—
	IV. . . . .	—	—	—	1	0	3	1	1	3	12	18	10	—
	TOTAL . . .	—	—	—	2	3	7	11	2	5	43	80	45	—
12 au 22 décembre	I et II. . .	—	—	0	0	1	2	0	5	4	8	3	5	5
	III. . . . .	—	—	0	0	2	1	3	4	6	11	9	17	7
	IV. . . . .	—	—	0	0	0	1	6	1	1	2	7	13	8
	TOTAL . . .	—	—	0	0	3	4	9	10	11	21	19	35	20

Enfin, nous avons observé en laboratoire que la mise en eau du sable renfermant les œufs n'était pas indispensable pour obtenir des éclosions. Une humidité élevée y suffisait. L'importance de ce phénomène sur l'écologie de l'espèce sera discutée dans les chapitres ultérieurs.

### 3.1.2. DÉPLACEMENTS ANNUELS DES GÎTES PRÉFÉRENTIELS.

Six séries de prélèvement de sable ont été effectuées pendant une période allant de mai à décembre 1973, sur une plage laissant un découvert de 20 m environ aux marées hautes des mortes eaux. Comme nous l'avons exposé au chapitre 2.1.2, douze échantillons sont prélevés dans chaque série par couches successives de 3 cm, jusqu'à une profondeur de 15 cm. Nous verrons au chapitre 3.1.3. la répartition verticale des formes préimaginales. Le prélèvement le plus proche du point 0 désigné par la lettre A, correspond à la limite supérieure de la laisse de la marée des vives eaux la plus forte enregistrée en février 1973. Le prélèvement le plus proche de la mer est désigné par la lettre L et plus tard par la lettre M. Il correspond approximativement à la laisse de la marée haute des mortes eaux.

Nous précisons que les marées de vives eaux sont les marées de plus fortes amplitudes qui se manifestent aux pleines et nouvelles lunes, et que les marées des mortes eaux sont les marées de plus faibles amplitudes se produisant pendant les premiers et derniers quartiers lunaires.

Après le cyclone de février 1973, nous avons bénéficié d'une mer exceptionnellement calme qui a eu comme conséquence, d'une part, un ensablement progressif de la plage, d'autre part, du fait de cet ensablement, un déplacement vers la mer de la laisse des marées de vives eaux. C'est ainsi que lors de nos premiers prélèvements en mai 1973, la marée la plus haute a atteint approximativement le niveau D. En juin et juillet, la plage a été immergée jusqu'au niveau I. Enfin, les niveaux L et M ont été approximativement atteints durant la période octobre-novembre-décembre (tabl. III). A ces niveaux les marées hautes des vives eaux et des mortes eaux se confondaient presque.

Nous avons observé que les gîtes préimaginaux se déplacent parallèlement aux niveaux immergés par les marées hautes successives de vives eaux. C'est ainsi qu'en mai 1973, 40 % des larves récoltées l'ont été au niveau E, soit un peu en dessous du niveau immergé, 7 % seulement au niveau A, 36 % pour les niveaux F, G et H, et 6 % au niveau I. La répartition des gîtes au mois de juin est sensiblement du même ordre que celle du mois de mai. Toutefois, le déplacement des gîtes vers la mer est déjà très net. Nous n'avons plus que 7 % des récoltes au niveau E, 33,5 % au niveau F et 49 % pour les niveaux G, H, I, J. Les récoltes de fin juin, début juillet présentent les mêmes caractéristiques que celle de la première quinzaine de juin : 7 % au niveau E, 41 % au niveau F; par contre, les gîtes s'étendent davantage vers la mer : 51 % des récoltes sont faites aux niveaux G, H, I, J, K, dont 16 % pour le seul niveau K. La répartition des gîtes au mois d'août est identique à celle

de juillet avec une accentuation dans le déplacement vers la mer.

En octobre et novembre, nous avons observé que le déplacement des gîtes préimaginaux vers la mer est nettement marqué, en effet, 40 % des récoltes ont été effectués au niveau K, 22 et 23 % respectivement au niveau J et L. Les récoltes du mois de décembre n'apportent pas de modification dans la répartition des gîtes que nous avons observés pour les mois d'octobre et novembre, sinon, une absence plus nette des gîtes préimaginaux dans les zones les plus éloignées de la mer (fig. 3 et 4).

L'ensablement de la plage nous a permis d'enregistrer un déplacement des gîtes vers la mer. Il est logique de penser que le phénomène inverse, nous aurait montré un déplacement des gîtes vers le littoral, y compris dans les zones envahies par les *Ipomoea*. En effet, à Nossi-Bé, à la suite des marées les plus importantes des captures d'adultes effectuées à l'aide de boîte-piège (DUVAL, 1971) avaient permis d'observer un déplacement vers la terre de femelles de tous stades (femelles d'émergence, femelles gravides ou venant de pondre, femelles pares et nullipares en cours de cycle gonotrophique).

Il existe donc sur les plages occupées par *S. spinosifrons* une zone préférentielle de développement des formes préimaginales, correspondant à la partie de la plage immergée par les marées de vives eaux de plus forte amplitude. Cette zone se déplace au cours de l'année, en fonction de l'importance des marées et de l'ensablement des plages.

Il semble évident que l'emplacement des gîtes préimaginaux ainsi que le choix des lieux de repos et de ponte des imagos, soient déterminés par l'humidité du sable entretenu par les marées hautes des vives eaux, et que la composition du sable intervienne très peu dans ce choix. LAURENCE et MATHIAS (*op. cit.*) précisent qu'il ne leur a pas été possible d'associer l'abondance des larves avec la taille du sable. Le sable en provenance des gîtes larvaires de Mahambo est largement composé de coquillages et de débris de coraux, le taux en calcaire ( $\text{CaCO}_3$ ) est très élevé 87 à 93 %. La granulométrie varie suivant les plages, les taux de matière organique est peu important (0,06 %) au niveau I. Il est possible que ce taux augmente vers les niveaux les plus proches du littoral. LAURENCE et MATHIAS (*op. cit.*) notent des taux de 0,04 % à 1,06 %. Il semble que la nourriture des larves de *S. spinosifrons* comme celle des larves de *Culicoides melleus* (Coq.) (LINLEY et ADAMS, 1972) soit constituée par les microorganismes présents dans le sable.

### 3.1.3. LOCALISATION DANS LE SOL ET DÉPLACEMENTS VERTICAUX DES FORMES PRÉIMAGINALES.

Les prélèvements ont été effectués le matin, avant que le sable en surface ne soit chaud; nous avons l'intention d'effectuer une série de prélèvements pendant les heures les plus chaudes de la journée. Le temps nous a manqué pour le faire, d'autant que ces prélèvements ne peuvent

FIG. 3. — Répartition des formes préimaginales de *S. spinosifrons* sur la plage de Mahambo à différentes périodes de l'année.  
 1. Niveau maximum atteint par la mer pendant le cyclone de février 1973.  
 2. Niveau approximatif des marées hautes des vives eaux en mai 1973.  
 3. Niveau approximatif des marées hautes des vives eaux en juin, juillet et août 1973.  
 4. Niveau approximatif des marées hautes des vives eaux en octobre, novembre et décembre 1973.  
 5. Niveau approximatif des marées hautes des mortes eaux de mai à décembre 1973.

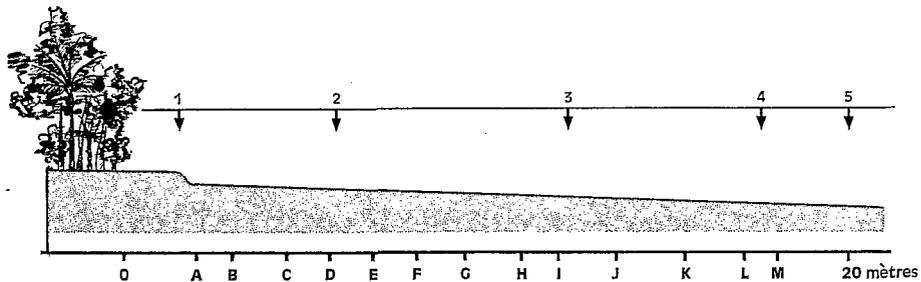
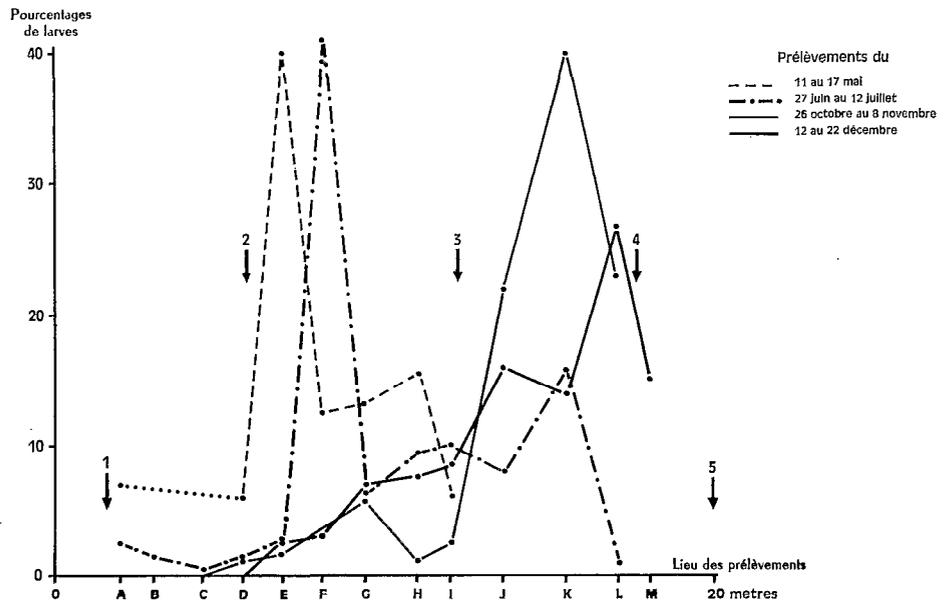


FIG. 4. — Profil de la plage de Mahambo en mai 1973.  
 1. Niveau maximum atteint par la mer pendant le cyclone de février 1973.  
 2. Niveau approximatif des marées hautes des vives eaux en mai 1973.  
 3. Niveau approximatif des marées hautes des vives eaux en juin, juillet et août 1973.  
 4. Niveau approximatif des marées hautes des vives eaux en octobre, novembre et décembre 1973.  
 5. Niveau approximatif des marées hautes des mortes eaux de mai à décembre 1973.

TABLEAU IV. — Répartition verticale des formes préimaginales de *S. spinosifrons*

Niveau du prélèvement (en cm)	Larves				Nymphes	Œufs
	Stade I	Stade II	Stade III	Stade IV		
0- 3 . . . . .	4	54	89	138	4	29
3- 6 . . . . .	14	109	225	258	10	139
6- 9 . . . . .	14	89	135	128	0	26
9-12 . . . . .	7	38	71	57	0	0
12-15 . . . . .	3	19	23	24	0	0

être faits qu'en saison sèche, si l'on veut trouver des différences importantes de température entre les niveaux 0-3 cm et 3-6 cm, mais il est probable que nous aurions observé un déplacement des gîtes du niveau supérieur vers le niveau inférieur.

Les quatre stades larvaires sont représentés dans les échantillons de sable examinés. Il y a cependant une disproportion évidente entre les différents stades (tabl. IV) récoltés par la méthode d'élutriation : les troisième et quatrième stades sont présents à peu près dans les mêmes proportions : 36,2 % et 40,4 % du total des récoltes; la disproportion est surtout importante pour les deux premiers stades et en particulier pour le stade I : 2,8 % seulement (et 20,6 % pour le stade II). LAURENCE et MATHIAS (*op. cit.*) observent la même disproportion avec la méthode de flottaison.

La méthode utilisée pour les larves ne semble pas convenir à la récupération des nymphes qui n'ont été récoltées qu'en de rares occasions, mais toujours aux deux niveaux supérieurs. Toutefois, la localisation des femelles d'émergence (DUVAL, 1971) permet, avec une créance raisonnable de penser que les nymphes se trouvent mêlées aux larves, de même que les quelques œufs que nous avons isolés du sable, donnent à penser que le déplacement latéral des larves est peu important pendant leur développement.

Si un numéro d'ordre est affecté à chaque niveau, 1 pour le niveau 0-3 cm, 2 pour le niveau 3-6 cm, et ainsi de suite, nous pouvons classer les différents niveaux par ordre préférentiel et suivant les stades larvaires. Nous obtenons la classification suivante :

- Stade I : 2 - 3 - 4 - 1 - 5
- Stade II : 2 - 3 - 1 - 4 - 5
- Stade III : 2 - 3 - 1 - 4 - 5
- Stade IV : 2 - 1 - 3 - 4 - 5

Le niveau 3-6 cm est sans aucun doute le niveau préférentiel des larves à tous les stades de leur développement.

Le niveau 6-9 cm présente des caractéristiques à peu près identiques, bien que les larves de quatrième stade y soient moins abondantes qu'au niveau 0-3 cm. Les niveaux 0-3 cm et 9-12 cm renferment des proportions à peu près identiques; ils se différencient essentiellement par une inversion dans la répartition des larves du 1<sup>er</sup> et 4<sup>e</sup> stade. Les larves du 1<sup>er</sup> stade sont plus nombreuses au niveau 9-12 cm et, inversement, les larves du 4<sup>e</sup> stade sont plus abondantes au niveau 0-3 cm; le niveau 12-15 cm (niveau 5) intéresse une faible partie de la population, essentiellement représentée par les stades larvaires les plus jeunes (fig. 5).

Nous avons observé qu'il n'y avait pratiquement pas de déplacement latéral des larves en cours de développement, mais il semble exister un déplacement vertical à l'intérieur des différents stades. C'est ainsi que nous trouvons proportionnellement davantage de larves de 1<sup>er</sup> stade vers les niveaux les plus profonds. Inversement, les larves de 4<sup>e</sup> stade sont plus nombreuses vers les niveaux supérieurs.

### 3.2. Formes imaginales.

#### 3.2.1. DÉPLACEMENTS.

Aux Seychelles, LAURENCE et MATHIAS (*op. cit.*) ont capturé des femelles agressives jusqu'à 400 m à l'intérieur des terres. A Mahambo, nous avons observé que les femelles piquaient l'homme sur une distance pouvant atteindre 600 m environ. Nous avons été ainsi agressés en terrain découvert seulement. A Nossi-Bé, par contre, où le littoral est planté de cocotiers, nous n'avons jamais été piqués dès que nous pénétrions sous ce couvert même si la plage était fortement infestée.

LAURENCE et MATHIAS (*op. cit.*) observent également que la dispersion le long de la côte ne semble pas être fréquente. Nous avons eu l'occasion de le vérifier à Mahambo après le passage d'un cyclone. La majorité des plages

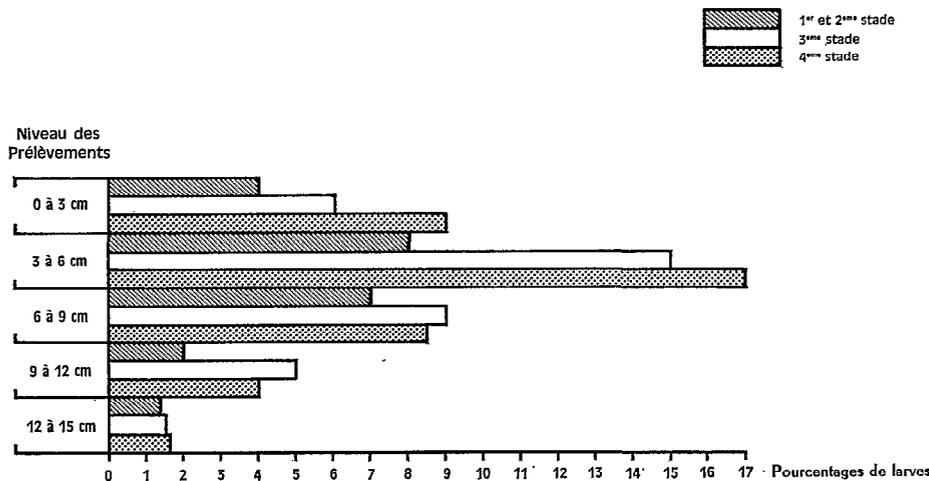


FIG. 5. — Répartition verticale des différents stades larvaires de *S. spinosifrons*, de 0 à 15 cm de profondeur.

avaient été érodées par la mer, les gîtes avaient disparu, sauf deux, éloignés l'un de l'autre de plus de 800 m. Si, avant le cyclone nous étions agressés tout le long de la plage, nous ne l'étions plus ensuite qu'aux endroits qui avaient été protégés du cyclone. Nous pouvons en conclure que *S. spinosifrons* se déplace peu le long du littoral.

3.2.2. CYCLE D'AGRESSIVITÉ.

Le cycle d'agressivité des femelles de *S. spinosifrons* sur les plages de Mahambo est similaire à celui que nous avons observé sur les plages de Nossi-Bé (DUVAL, 1971). Plus de 50% des femelles prennent leur repas de sang le matin, entre 6 à 12 heures (hiver austral), avec un maximum de 7 à 11 heures. Un ralentissement de l'activité se produit pendant les heures les plus chaudes, avec une reprise en fin de journée. Toutefois, il convient de préciser que sur la Côte-Est de Madagascar où les pluies sont plus fréquentes et les plages plus ventées que sur la Côte-Ouest, les cycles d'agressivité peuvent être profondément modifiés. En effet, par temps pluvieux venté ou simplement couvert, les femelles ralentissent ou même interrompent leur activité. Leur agressivité se manifeste à nouveau dès que le temps s'améliore à quelque heure du jour que ce soit. LAURENCE et MATHIAS (*op. cit.*) trouvent une augmentation de l'agressivité tard dans l'après-midi et précisent qu'il ne semble pas y avoir de pic matinal identique à celui enregistré sur *L. bequaerti* (KETTLE et LINLEY, 1967).

Les horaires d'agressivité différents observés par LAURENCE et MATHIAS (*op. cit.*) et par nous-mêmes, nous ont

amené à chercher si l'orientation des plages pouvait être la cause de cette modification du comportement des femelles agressives. Nous avons donc comparé les horaires d'agressivité sur deux plages, l'une orientée à l'Est, ensoleillée dès le lever du jour et située à l'ombre l'après-midi dès 15 heures; l'autre orientée à l'Ouest, progressivement ensoleillée à partir de 8 heures, jusqu'au coucher du soleil. Sur les deux plages les captures ont été effectuées le matin de 6 à 9 heures et l'après-midi de 15 à 18 heures. Sur la plage ensoleillée dès le lever du jour, 91,5 % des femelles piquent le matin, par contre, celle exposée au soleil jusqu'à 18 heures, 63,5 % des femelles se gorgent l'après-midi (tabl. V). Il semble que l'orientation des plages influence les horaires d'agressivité des femelles de *S. spinosifrons*.

3.2.3. VARIATIONS MENSUELLES DES DENSITÉS.

Le rythme de 28 jours que nous avons constaté dans les émergences de *S. spinosifrons* sur les plages de Nossi-Bé (DUVAL, 1971), n'a pu être observé sur les plages de Mahambo. Les périodicités que l'on y trouve, sont du type rencontré à Nossi-Bé pendant les périodes d'équinoxe : les émergences se manifestent tous les 14 jours. Cette périodicité rapprochée ne permet pas, entre deux émergences, une grande variation dans la densité de la population, d'autant que des émergences secondaires ont lieu, aussi bien avant qu'après l'émergence principale. L'explication de ce phénomène, lié à la dynamique des populations imaginaires, va être développé dans le paragraphe suivant.

TABLEAU V. — Cycle d'agressivité des femelles de *S. spinosifrons* en fonction de l'ensoleillement des plages

Caractéristiques des plages étudiées	Ordre des captures	Périodes de capture			
		6 h-9 h		15 h-18 h	
		Nombre de femelles	%	Nombre de femelles	%
Plage ensoleillée le matin	1 <sup>re</sup> . . . . .	191	95,5	9	4,5
	2 <sup>e</sup> . . . . .	106	98,1	2	1,9
	3 <sup>e</sup> . . . . .	132	82,0	29	18,0
	Total . . . . .	429	91,5	40	8,5
Plage ensoleillée l'après-midi	1 <sup>re</sup> . . . . .	56	30,2	129	69,8
	2 <sup>e</sup> . . . . .	51	35,0	95	65,0
	3 <sup>e</sup> . . . . .	39	55,0	32*	45,0
	Total . . . . .	146	36,5	255	63,5

\* Temps couvert l'après-midi.

4. — INFLUENCE DES FACTEURS PRÉIMAGINAUX SUR LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS DE *S. SPINOSIFRONS*.

Les modifications observées entre Nossi-Bé et Mahambo dans le rythme des émergences sont dues principalement d'une part, aux écarts entre les marées des vives eaux de plus forte et de plus faible amplitude et d'autre part, aux profils plus ou moins accentués des plages de ces deux localités. Ces deux facteurs sont d'ailleurs complémentaires.

A Nossi-Bé, les écarts entre les deux marées des vives eaux sont importants et la dénivellation de la plage entre ces deux marées est nettement marquée, ceci a pour conséquence de laisser un découvert qui ne sera immergé que par la marée de vives eaux de plus forte amplitude, marée qui se produit tous les 28 jours et tous les 14 jours pendant les marées d'équinoxe. A Mahambo, les écarts entre les deux marées des vives eaux sont pratiquement nuls et la pente de la plage est très faible : les deux marées des vives eaux auront la même influence sur l'éclosion des larves. Dans le premier cas, le facteur essentiel qui conditionne cette périodicité est avant tout, la submersion périodique de la zone de ponte par les marées de vives eaux de plus fortes amplitudes. Dans le deuxième cas, les pentes étant très faibles et les amplitudes des deux marées de vives eaux ayant sensiblement la même hauteur, l'éclosion des larves ne se produira plus à la suite de la submersion de la plage, mais par infiltration de l'eau de mer au niveau des gîtes de pontes (fig. 6). En effet, nous avons

vérifié au laboratoire que l'éclosion pouvait se produire par une simple augmentation de l'humidité, qu'il n'était pas nécessaire d'immerger les œufs dans l'eau pour obtenir l'éclosion des larves. Les seuls facteurs qui conditionnent le rythme des émergences, sont les différences des écarts d'amplitudes entre les deux marées de vives eaux et les pentes des plages.

Il est possible de trouver des plages avec des émergences d'un type intermédiaire. A Diégo-Suarez, les plages ont des pentes plus faibles qu'à Nossi-Bé mais plus fortes qu'à Mahambo. Les écarts entre les niveaux des deux marées de vives eaux sont également plus faibles qu'à Nossi-Bé, mais plus forts qu'à Mahambo. Les émergences se produiront alors tous les 14 jours, pour les gîtes se trouvant vers la mer et tous les 28 jours pour les gîtes se trouvant vers le littoral. Les éclosions seront déclenchées d'une part, par la submersion de l'ensemble des gîtes, par la marée de vives eaux de plus forte amplitude (marée qui se produit tous les 28 jours), d'autre part, à la marée de vives eaux de plus faible amplitude, par l'infiltration de l'eau de mer au niveau de la zone de ponte située vers la mer.

5. — CONCLUSIONS.

La nuisance importante causée par *S. spinosifrons* sur les plages de Madagascar et des pays riverains de l'Océan Indien, est une gêne importante pour le développement du tourisme. L'agressivité et la pullulation de cet insecte

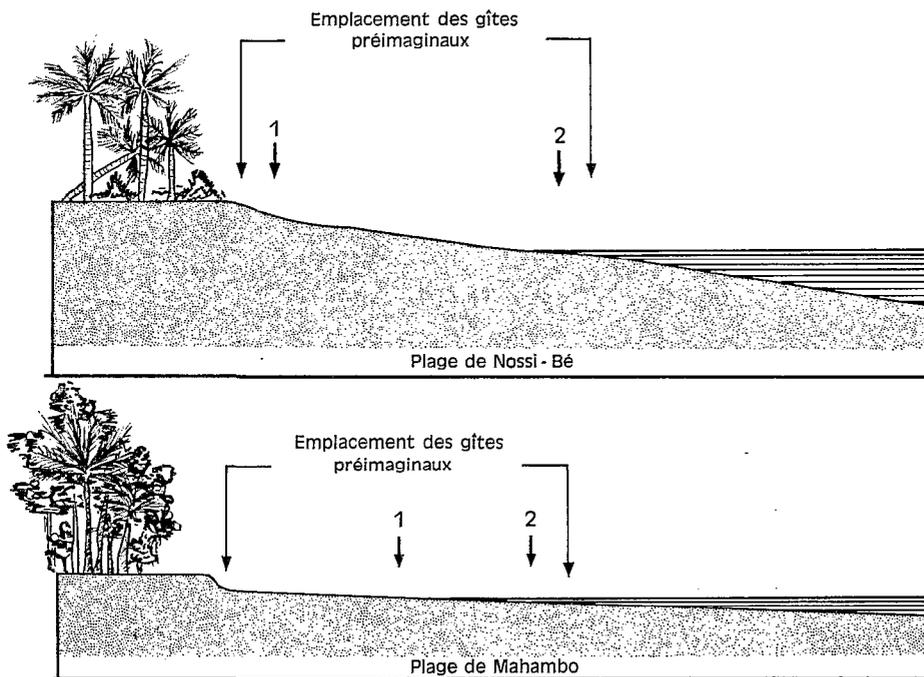


FIG. 6. — Profil des plages de Nossi-Bé et de Mahambo et les différents niveaux immergés par les marées hautes de vives eaux.

1. Niveau approximatif des marées hautes de vives eaux de plus fortes amplitudes.
2. Niveau approximatif des marées hautes de vives eaux de plus faibles amplitudes.

ont motivé cette étude. L'écologie de cette espèce est en corrélation directe avec le rythme des marées et le profil des plages. Le choix des lieux de pontes est conditionné par l'humidité du sable, entretenue par les marées de vives eaux. Il semble que la taille du sable et le taux de matière organique n'interviennent pas ou très peu dans ce choix. La nourriture des larves de *S. spinosifrons* comme celle des larves de *Culicoides melleus* (LINLEY et ADAMS, *op.cit.*) pourrait être constituée par les microorganismes présents dans le sable et aussi les nombreux nématodes qui y pullulent.

Les gîtes préimaginaux se situent dans le sable à une profondeur de 0 à 15 cm, le niveau préférentiel se trouvant entre 3 et 6 cm de profondeur. Il n'y a pratiquement pas de déplacement latéral des larves en cours de développement. Par contre, il existe un déplacement vertical à l'intérieur des différents stades : nous trouvons proportionnellement un plus grand nombre de larves du 1<sup>er</sup> stade vers les niveaux les plus bas et inversement les larves au 4<sup>e</sup> stade sont plus nombreuses vers les niveaux supérieurs. Au cours de l'année, les gîtes préimaginaux se déplacent parallèlement aux niveaux immergés par la mer, de même que les imagos suivent le même déplacement. Les gîtes peuvent se trouver suivant les cas, près du littoral ou au contraire éloignés de plus d'une dizaine de mètres. La présence des *Ipomoea* n'est pas une gêne à l'établissement des gîtes. Seule l'humidité du sable, comme nous l'avons dit plus haut, conditionne ce choix.

Le déplacement des formes imaginaires à l'intérieur des terres a été observé en terrain découvert sur une distance allant jusqu'à 600 m. Par contre, les femelles ne pénètrent pas sous les couverts de cocotiers, et la dispersion le long de la côte ne semble pas être fréquente, les femelles ne s'éloignant pas ou peu du lieu de leur émergence.

Le cycle d'agressivité est, dans la plupart des cas, caractérisé par un pic important le matin, marqué par une interruption pendant les heures les plus chaudes avec une reprise de l'activité en fin d'après-midi. Dans des conditions exceptionnelles, temps pluvieux, plage à l'ombre le matin et ensoleillée le soir, etc., les pics d'agressivités seront modifiés.

Le rythme des émergences présente une périodicité de 28 ou de 14 jours suivant le profil des plages et les écarts entre les deux marées de vives eaux. Sur les plages où les émergences principales se produisent normalement tous les 28 jours, ce rythme est ramené à 14 jours pendant les marées d'équinoxe où les écarts entre les deux marées de vives eaux sont inexistantes.

La mise sur pied d'un plan de contrôle rationnel de cette espèce, reposera sur la connaissance et l'utilisation des données exposées précédemment.

Pour les plages ayant une forte dénivellation et des écarts importants entre les deux marées de vives eaux, les zones à traiter sont comprises entre une limite inférieure correspondant à la laisse de la marée haute de mortes eaux et une limite supérieure située à 3 ou 4 m au-dessus

du niveau atteint par la marée de vives eaux la plus haute. Pour les plages ayant une faible pente et des écarts peu importants entre les deux marées de vives eaux, cette limite supérieure se situe à 12 m ou plus au-dessus de la laisse de la marée de vives eaux la plus haute. La zone à traiter comprendra également la partie de la plage recouverte par les *Ipomoea*.

La période la plus favorable aux épandages insecticides se place incontestablement après les marées de vives eaux de plus forte amplitude. Durant cette période qui est aussi celle des mortes eaux, la zone infectée par *S. spinosifrons* ne sera pas immergée par la mer pendant 10 à 14 jours et il n'y aura pas de nouvelles éclosions. Cette période correspond en outre au développement larvaire le plus important et à l'émergence des adultes avant une nouvelle immersion. Cette période permet d'utiliser aussi bien un larvicide qu'un imagicide. La périodicité des épandages peut être de 28 ou de 14 jours suivant que les émergences se manifestent tous les 28 ou tous les 14 jours. Cette périodicité nous semble suffisante pour atténuer la nuisance causée par *S. spinosifrons*. Avant chaque nouvelle campagne, nous conseillons de contrôler les densités de femelles agressives (DUVAL, 1971). Ces contrôles permettront d'envisager si de nouveaux épandages sont nécessaires ou non.

Le contrôle du milieu par la modification du profil des plages en élevant le niveau du sable a été fortement préconisé par LINLEY et DAVIES (1971) (*in* REYNOLDS, 1972) pour le contrôle de *L. bequaerti* aux Caraïbes et en Floride.

Les emplacements des gîtes préimaginaux de *S. spinosifrons* et la configuration des plages ne permettent pas d'envisager à Madagascar un tel moyen de contrôle; par contre, il est possible d'envisager la construction d'un mur (REYNOLDS, 1972) qui isolerait de la mer la partie de la plage intéressant les gîtes préimaginaux. Ce mur ne peut être concevable que sur les plages qui sont régulièrement érodées par la mer (Nossi-Bé). Il aurait le double avantage de protéger le littoral et de supprimer du même coup les emplacements favorables à l'implantation de *S. spinosifrons*. Par contre, sur la Côte Est de Madagascar où au cours des dernières années un ensablement des plages a pu être observé, la construction d'un mur serait après quelques années probablement inefficace du fait de la reconstitution d'une plage entre ce mur et la mer.

#### REMERCIEMENTS.

Ce travail a bénéficié tout au long de son exécution de l'appui constant des D<sup>rs</sup> Ch. RAZAFINTSALAMA, Directeur du S.L.M.T. et D. RALAMBOSON, Directeur du Service antipaludique auxquels nous adressons nos remerciements les plus vifs.

Nos remerciements iront également à :

Monsieur le Préfet de Fénérive-Est et ses collaborateurs, Monsieur le Sous-Préfet de Fénérive-Est et ses collaborateurs,

Monsieur le Médecin-Chef du Service provincial de Santé des Tamatave,

Monsieur le Médecin Inspecteur de Fénériver-Est,  
Les différentes autorités administratives de Fénériver-Est,  
Monsieur le Chef de canton de Mahambo.

Les différentes observations n'ont été possibles que grâce au dévouement des personnels de la D.R.S.T. et du S.L.M.T. qui nous ont apporté leur concours. Les figures qui illustrent le présent article ont été exécutées par M<sup>me</sup> RAZAFINDRASOLO que nous remercions très sincèrement.

*Manuscrit reçu au S.C.D. le 22 août 1974.*

#### BIBLIOGRAPHIE

- CLASTRIER (J.), 1972. — Description de la larve et de la nymphe de *Leptoconops (Holoconops)* Kerteszi Kieffer, 1908 (*Diptera, Ceratopogonidae*). *Ann. Paras. hum. comp.*, 47, n° 2 : 309-324.
- DUVAL (J.), 1971. — Étude écologique du cératopogonide halophile *Styloconops spinosifrons* (Carter, 1921) (*Diptera*) des plages de Nossi-Bé en vue d'une lutte rationnelle au moyen d'insecticide. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. parasit.*, 9 : 203-220.
- KETTLE (D. S.) and LINLEY (J. R.), 1967. — The biting habits of *Leptoconops bequaerti*. II. Effect of meteorological conditions on biting activity; 24 hours and seasonal cycles. *J. appl. ecol.*, 4 : 397-420.
- LAMBRECHT (F. L.), 1970. — New records of blood-sucking insects from Seychelles Islands, Indian ocean. *Ann. ent. Soc. Amer.*, 63 : 1776-77.
- LAURENCE (B. R.) and MATHIAS (P. L.), 1972. — The biology of *Leptoconops (Styloconops) spinosifrons* (Carter) (*Diptera, Ceratopogonidae*) in the Seychelles Islands, with descriptions of the immature stages. *J. med. Ent.*, 9 : 51-59.
- LINLEY (J. R.) and ADAMS (G. M.), 1972. — Ecology and behaviour of immature *Culicoides melleus* (Coq.) (*Dipt. ceratopogonidae*). *Bull. ent. Res.*, 62 : 113-127.
- REYNOLDS (D. G.), 1972. — An aspect of medical entomology in the Seychelles Islands. *Pans.* 18 : 75-76.