

Etude écologique du Cératopogonide halophile

Styloconops spinosifrons (Carter, 1921)

(Diptera) des plages de Nossi-Bé

en vue d'une lutte rationnelle au moyen d'insecticide

par

J. DUVAL *

RÉSUMÉ :

La nuisance importante causée par S. spinosifrons sur les plages de Nossi-Bé, appelées à un grand avenir touristique, a motivé cette enquête écologique. Cet insecte très agressif a une activité strictement diurne. Sa biologie est en corrélation directe avec le rythme des marées.

Les gîtes préimaginaux et ceux de repos des adultes se situent presque entièrement entre les deux laisses de marées de vives eaux correspondant respectivement à celle de plus faible et de plus forte amplitude.

Les émergences principales se produisent après que cette zone ait été submergée par la marée de vives eaux de plus forte amplitude. Elles se manifestent tous les 28 jours environ en dehors des marées d'équinoxe et tous les 14 jours pendant celles-ci.

Ces observations permettent de situer les meilleures périodes et lieux de traitement par épandages d'insecticide.

ABSTRACT :

The problems caused by Styloconops spinosifrons on Nossi-Be's beaches, which are destined to become great tourist attractions, have prompted this ecological inquiry. This aggressive insect is strictly diurnal. Its biology correlates directly with the rhythm of the tides.

The resting places of both the immature insects and the adults are located mainly between high and low water marks of spring tides, corresponding to the weaker and stronger amplitudes.

The principal emergences occur after this zone has been immersed by the spring tide of stronger amplitude, and appear on an average of every 28 days before and every 14 days during equinoctial tides.

With these observations the most effective periods and processing locations for spreading insecticide can be determined.

* Entomologiste médical de l'O.R.S.T.O.M., B.P. 434, Tananarive (Madagascar).

INTRODUCTION.

De nombreuses plages de Madagascar sont infestées par un Cératopogonide, *Styloconops spinosifrons* (CARTER, 1921). Très agressif, piquant l'homme aussi bien que les bovins, ses attaques y rendent le séjour pénible. Cet insecte est donc considéré comme une gêne importante pour le développement du tourisme dans la Grande-Ile et en particulier à Nossi-Bé.

L'espèce semble cosmopolite. En Afrique, des récoltes faites à Zanzibar par le Dr W. M. ADERS, sont déterminées par Henry F. CARTER (1921). C. TEESDALE en 1949, en récolte sur la plage de Mtongwe à Mombassa (*in* R. PAULIAN, 1959). En Asie, MACFIE (1934) en signalait la présence en Malaisie et CLASTRIER l'a rencontré au Cambodge. (*Com. pers.*).

En ce qui concerne Madagascar, A. GRJEBINE en 1952, rencontre *S. spinosifrons* dans la région de Mananara et en 1955, dans la baie d'Antongil (*in* PAULIAN, 1959). R. PAULIAN en 1961 et GRJEBINE en 1966 notent son abondance sur les plages de Nossi-Bé (*in* E. R. BRYGOO), enfin E. R. BRYGOO (1968) l'observe piquant l'homme sur les plages de Foulpointe.

B. DE MEILLON (1961) donne la description du mâle et signale des récoltes faites à Fénérye en 1955 par B. STUCKENBERG. J. CALLOT, M. KREMER et J. BRUNHES (1968) complètent les descriptions du mâle et de la femelle à partir de récoltes faites à Nossi-Bé en 1965 par M. ROVERY, et en 1967 par D. ANDRIAMANANTENA.

Personnellement, nous avons récolté *S. spinosifrons* dans la rade de Diégo-Suares : sur les plages d'Orangea, de Ramena et une des plages de la Baie du Tonnerre. Sur la côte nord-ouest de Madagascar, nous l'avons trouvé en face de Nossi-Bé, en particulier dans la baie d'Ambavatoby. Nous avons prospecté plus particulièrement Nossi-Bé et les petites îles avoisinantes (*cf.* fig. 1). Nous ne l'avons capturé que sur les plages de sable ; la population est généralement plus dense lorsqu'une grande partie de la surface reste à découvert lors des hautes mers moyennes de vives eaux (*cf.* Chap. 3, 2). Sur les plages dont la partie supérieure présente une forte pente, la population est peu dense ou même absente. Enfin, nous ne l'avons jamais rencontré dans les zones de mangrove et les zones rocheuses.

Les traitements intensifs au D.D.T. succédant à des traitements sporadiques à divers insecticides dont le fenthion (Baytex), effectués par l'équipe du Service de Lutte contre les Grandes Endémies (S.L.G.E.), semblent avoir éliminé *S. spinosifrons* des plages aménagées en stations touristiques : Ambatoloaka, Madirokely, Palm-Beach, et une partie de celle dite « des Cocotiers ». Par contre, la population est très dense sur deux plages de l'île de Sakatia, situées respectivement au nord et au nord-est de cet îlot. A Nossi-Bé, de fortes densités sont également rencontrées sur les plages d'Ampasianamorangea, Andilana, Ampasy (Dzamandzar), Ambaro et enfin Amporaha Nord. La population est de faible importance de la pointe de Lokobe à la pointe de Tafondro et enfin l'espèce est absente de Nosy Tanikely (*cf.* fig. 1).

Cette distribution a contribué au choix de nos lieux d'études. Par ailleurs, il nous fallait une plage accessible en toute saison, délimitée naturellement, peu fréquentée par les touristes, et n'entrant pas dans le programme de traitement au D.D.T. du S.L.G.E.

Ampasianamorangea répondait à ces exigences, d'autant plus que, juste en face, l'île de Sakatia constituait pour nous un autre centre d'études : population de Cératopogonides très dense et relief côtier diversifié.

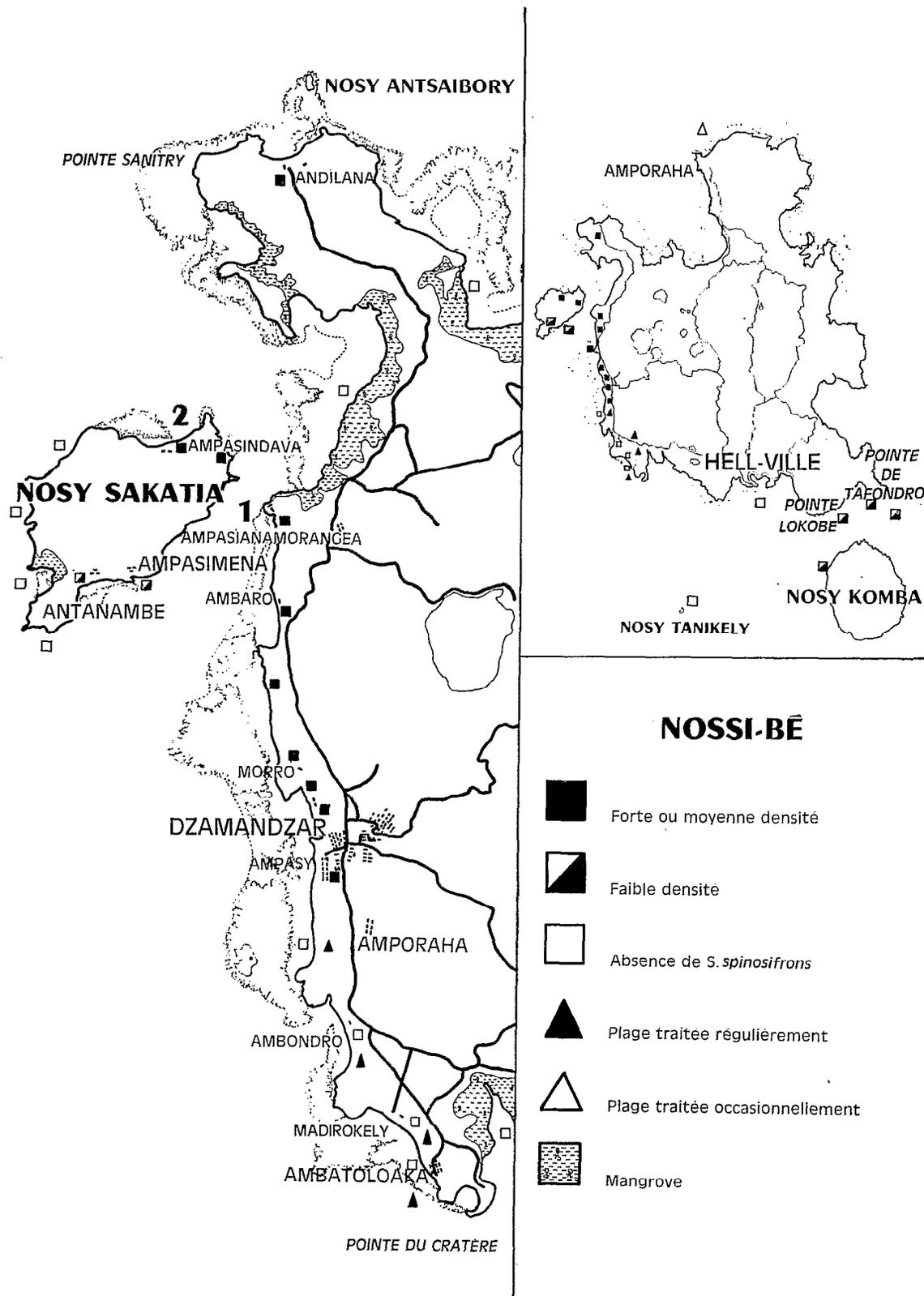


Fig. 1. — Carte de situation

1. MÉTHODES ET TECHNIQUES D'ÉTUDES.

1.1. Captures sur appât humain.

L'activité des femelles de *S. spinosifrons* est strictement diurne. Elles ont été capturées au moyen de tubes de verre lorsqu'elles venaient se poser sur l'homme servant d'appât. L'équipe est constituée de trois captureurs vêtus d'un short, assis l'un derrière l'autre sur la plage, le plus attractif en tête. Chacun d'eux possède une certaine quantité de tubes et capture sur lui-même les femelles qui se présentent. Celles qui ne lui sont pas accessibles sont prises par son camarade se trouvant derrière lui. En effet, les femelles de *S. spinosifrons* piquent sur tout le corps, particulièrement dans le dos, mais non sur la tête. Nos captures ont été effectuées durant toute la période d'activité journalière des femelles, c'est-à-dire de l'aube au crépuscule (de six heures à dix-huit heures durant notre période d'étude, la saison sèche). Nous avons divisé ces douze heures de capture en 72 tranches de dix minutes. Les lots correspondant à chaque tranche ont été soigneusement étiquetés par le chef d'équipe : heure, numéro de référence (de 1 à 72), puis les femelles ont été rapidement placées dans une boîte à glace et ramenées dans les meilleurs délais au laboratoire.

1.2. Captures par piégeage.

S. spinosifrons ayant un phototropisme positif, nous avons employé le type de cage utilisée par W. E. DOVE, D. G. HALL et J. B. HULL (1932), et par J. A. RIOUX et DESCOUS (1965). Le piège est constitué par une caisse de bois dépourvue de paroi inférieure. Les parois latérales sont prolongées vers le bas par des plaques métalliques de 15 cm de hauteur assurant d'une part l'isolement complet de la surface recouverte par la cage, et d'autre part, une fois enfoncées dans le sable, la stabilité de l'ensemble. La forme cubique ou parallélépipédique, de même que la hauteur de la cage, n'influent pas sur le rendement. L'une des parois latérales de la cage est percée de façon à laisser passer l'embout d'un entonnoir situé à l'intérieur de la boîte. A l'extérieur, sur cet embout, un verre ballon est fixé au moment de la récolte. L'intérieur de la boîte et la face extérieure de l'entonnoir, peints en noir mat, font mieux ressortir la zone lumineuse de l'orifice pratiqué dans la paroi, favorisant ainsi la sortie des Cératopogonides vers la lumière. Les orifices de sortie restent obstrués par un bouchon de caoutchouc pendant la durée du piégeage ; dix minutes avant la récolte, le bouchon est remplacé par le verre ballon. Les échantillons capturés sont immédiatement conservés en glacière après avoir été dotés d'une étiquette mentionnant l'heure de capture, le nombre d'insectes et le niveau de l'emplacement de la cage.

A l'aide de piquets métalliques, la plage a été divisée en seize bandes depuis sa lisière jusqu'à la ligne des plus basses mers. Les limites de chacune de ces bandes ont été référenciées par rapport à une marée donnée. A l'usage nous n'avons conservé que les bandes allant de la limite supérieure de la plage au niveau d'une marée haute de 2,70 m.

1.3. Dissection des femelles capturées.

La dissection des femelles a été entreprise dans le but de déterminer certaines de leurs particularités biologiques, et notamment l'âge physiologique. La dissection et l'observation ont été faites en solution de formol à 2,5 % (10 % de la solution Codex). Certaines préparations ont été lutées immédiatement au vernis cellulosique (vernis à ongle) en vue d'un examen ultérieur plus approfondi ou, au besoin, pour en prendre des clichés. Pour

vérifier la présence de spermatozoïdes dans les spermathèques, nous avons utilisé comme milieu de dissection et d'observation, l'eau physiologique à 7‰.

Le nombre de femelles capturées sur appât humain étant très élevé, et la dissection lente et délicate du fait de la petite taille de ce diptère, nous n'avons étudié qu'un exemplaire sur trois dans chaque lot de dix minutes. Par contre, nous avons disséqué et étudié toutes les femelles récoltées dans les cages-piège. Les organes suivants ont fait l'objet d'examen :

- a. *estomac* : présence ou absence de sang frais ou en voie de digestion.
- b. *diverticule œsophagien* : présence ou absence de repas non sanguin.
- c. *appareil excréteur* : présence ou absence de substances d'excrétion dans les tubes de Malpighi.
- d. *appareil génital* : après dilacération des ovaires, suivant la méthode de LEWIS (1958), l'examen des ovarioles nous a permis de mettre en évidence :
 - 1°. la parité ou la nulliparité des femelles, d'après la présence ou non de sacs ou de dilatations sur les funicules.
 - 2°. la présence ou l'absence d'œufs résiduels.
 - 3°. la présence ou l'absence de follicules dégénérés.

Pour l'évaluation de l'âge physiologique, nous avons utilisé la classification de J. R. LINLEY (1965). Les figures de cet auteur correspondent, comme nous le verrons plus loin, à nos observations sur *S. spinosifrons*.

Les observations des auteurs américains et australiens sont en grande partie basées sur l'étude des stades préimaginaux. La recherche des insectes à ces stades aux emplacements présumés des gîtes nous a effectivement fourni un certain nombre de larves et de nymphes, contrairement aux résultats des enquêtes faites antérieurement à Nossi-Bé (BRYGOO, 1968). Mais la technique de flottaison du sable dans l'eau additionnée de sulfate de magnésie (DAVIES & LINLEY, 1966) ne nous a donné que des quantités très réduites de spécimens. Il était donc difficile d'utiliser cette méthode pour l'étude des variations de la population, étant donné l'espace de temps assez court qui nous a été imparti.

2. LIEUX DES ENQUÊTES ET MOUVEMENTS DES MARÉES.

Nos observations ont été faites sur deux plages. La première, Ampasianamoranga, près du village d'Orangea (1 sur la figure 1), la seconde sur l'îlot Nosy Sakatia (2 sur la figure 1) située juste en face de la première, à 500 m environ au large. Pour abrégé, nous désignerons par la suite la première sous le nom d'Orangea, la seconde sous celui de Sakatia.

Orangea est situé sur la côte occidentale de Nossi-Bé, à 6 km environ au nord de la zone actuellement traitée par le S.L.G.E. Elle s'allonge sur 400 m du nord au sud entre une zone rocheuse et une longue bande de palétuviers. Elle décrit un arc de cercle dont la convexité est tournée vers la mer. La plage, assez large en son milieu, débute en pente douce et s'abaisse ensuite assez rapidement vers l'eau. On y trouve un hameau de quelques cases et un parc à bœufs. L'infestation par les *Cératopogonides* peut y être considérée comme moyenne pour la région.

La plage nord de l'île Sakatia, est tournée vers le large. Elle a la forme d'une baie très ouverte, d'une longueur de 1.000 m environ, et est limitée par deux éperons rocheux. Son profil transversal est identique à celui d'Orangea mais avec une largeur plus importante. A proximité existe un village, mais à la différence d'Orangea, le parc à bœufs est situé sur l'autre rive de l'île et séparé de la plage par une longue crête rocheuse. La densité de *S. spinosifrons* y est très importante.

A Nossi-Bé, le rythme des marées est du type semi-diurne. Le marnage maximum est assez important puisque la plus basse mer de vives eaux est de 0,2 m et la plus haute mer connue, de 4,4 m. Les vives eaux correspondent aux pleines et nouvelles lunes, les mortes eaux aux quartiers. En dehors des semaines qui suivent les périodes d'équinoxe, l'une des deux vives eaux présente une amplitude nettement supérieure à l'autre. Suivant la période de l'année, cette marée plus importante peut être celle de la pleine lune et, à l'autre saison, celle de la nouvelle lune. De plus, les vives eaux atteignent un niveau plus élevé pendant l'été austral. Dans les semaines qui suivent les équinoxes, les deux marées de vives eaux s'égalisent, leurs hautes eaux atteignant pratiquement les mêmes niveaux.

3. RÉSULTATS DES ENQUÊTES.

3.1. Observations anatomiques.

3.1.1. CORPS GRAS ABDOMINAL : LEWIS (1959) a signalé chez deux Cératopogonides d'Amérique, la présence de part et d'autre du tractus digestif de deux boudins de corps gras dans l'abdomen. Nous avons retrouvé ce corps gras chez *S. spinosifrons*. Il est présent et plus ou moins abondant chez 70 % des femelles nullipares et chez 12 % des femelles pares. On ne peut donc utiliser ce critère dans la séparation de ces deux groupes.

3.1.2. TUBES DE MALPIGHI : Les femelles d'émergence présentent, en général, des tubes de Malpighi remplis de granulations d'excrétion. Il en est de même pour les nullipares capturées sur appât humain lors de leur premier repas de sang. Toutefois, un faible pourcentage d'entre elles (2,5 %) présente des tubes semi-opaques.

Chez les femelles pares, nous avons observé un éclaircissement progressif des tubes de Malpighi. 50 % de celles capturées sur appât humain montrent encore des tubes opaques. Un très faible pourcentage présente des tubes complètement clairs et translucides. Chez les femelles pares, la répartition s'établit ainsi :

- 50 % opaques,
- 20 % semi-opaques,
- 28 % semi-clairs,
- 2 % clairs.

Ceci semble indiquer un éclaircissement progressif mais irrégulier des tubes de Malpighi.

Les variations observées dans leur aspect montrent que la physiologie de ces organes est probablement comparable à celle observée par LE BERRE (1966) chez *Simulium damnosum*. Le fait de trouver chez les femelles pares et nullipares, des tubes de Malpighi présentant les mêmes aspects, ne permet pas d'utiliser ce caractère pour la détermination de l'âge physiologique.

3.1.3. DIVERTICULE ŒSOPHAGIEN ET INTESTIN MOYEN : Nous n'avons jamais constaté de double repas sanguin.

Nous avons trouvé dans les cages-piège 8 % des femelles nullipares non fécondées montrant un diverticule œsophagien plein d'un liquide transparent¹. Une telle obser-

¹ Il semble donc que chez *S. spinosifrons*, comme chez d'autres Nématocères hématophages, un repas de jus sucré précède le repas sanguin.

vation pourrait correspondre, soit à un pourcentage de femelles qui demeurera stérile et pondra des œufs blancs, soit à des imagos déjà sortis une fois du sable et ayant pris un repas végétal, mais ne devant s'accoupler que lors d'une sortie ultérieure. Or, parmi les femelles nullipares ayant atteint le stade II fin et chez les pares, nous n'avons trouvé que 1,5 % de femelles non fécondées. Il semble donc bien qu'il existe une certaine proportion de femelles qui ne s'accouplent que lors de leur seconde sortie. Pour celles-ci, la période s'étendant de l'émergence à la première ponte est évidemment allongée.

3.1.4. SPERMATHÈQUES : En 1968, BRYGOO notait la présence d'essaims de mâles volant au-dessus des taches sombres constituées par de simples morceaux de bois ou par des amas de débris végétaux déposés par la marée. Nous confirmons cette observation. Mais dans ces essaims, nous avons capturé au filet, outre les mâles, un certain nombre de femelles. La fécondation de *S. spinosifrons* s'effectue donc probablement au cours de vols nuptiaux. Nous basant sur cette observation, nous avons considéré que les femelles prises dans les cages-piège avec des spermathèques et un diverticule œsophagien vides étaient des femelles d'émergence.

3.1.5. OVAIRES ET CYCLE GONOTROPHIQUE : Les modifications survenant dans les ovaires au cours du cycle gonotrophique et à la suite de la ponte ont été étudiées chez plusieurs espèces de Cératopogonides-halophiles par LEWIS (1959), puis par LINLEY (1965 a, b et 1966). Les données de ces auteurs concordent, quelles que soient les espèces étudiées.

Selon LINLEY (1965 b), chez *L. bequaerti* (Kieff), le cycle gonotrophique s'accomplit en moyenne en 98 heures à 20 °C, et en 64 heures à 25 °C, avec toutefois des différences importantes tant d'une femelle à l'autre que d'un follicule à l'autre chez la même femelle. Cet auteur note encore qu'un repas partiel de sang chez *C. obsoletus* et chez *C. griseescens* aboutit à l'évolution d'un nombre limité de follicules. Il décrit également les modifications qui surviennent à la suite de la ponte : grands sacs résiduels se réduisant peu à peu à des demi-contractions (8 heures chez *L. bequaerti* et 12 heures chez *C. barbosai*), présence de dilatations, existence d'oocytes en voie de dégénérescence.

Nos dissections nous ont montré que l'évolution des ovaires chez *S. spinosifrons* était comparable à ce qu'ont décrit LEWIS et LINLEY (*cf. sup.*) chez d'autres espèces. Nous avons donc adopté la classification de ce dernier pour les follicules, soit : stades I, II (début, moyen et fin), III (début et fin), IV et V (ce dernier correspondant à l'œuf prêt à être déposé).

Parmi les femelles pares venant de prendre un repas de sang, 63 % présentent des sacs et 36,8 % des « demi-contractions » ou des dilatations. Il semble ainsi que près des 2/3 des femelles effectuant plus d'un cycle viennent piquer très peu de temps après la ponte. Tant chez les nullipares que chez les pares, les follicules au moment du repas de sang sont au stade II (début ou moyen).

Sur 885 femelles pares capturées sur appât humain, quarante-trois présentaient une ponte résiduelle. Le nombre d'œufs non pondus allait de 1 à 10 (1 œuf retenu chez 26 femelles). Chez une seule femelle, nous avons observé la rétention de tous les œufs de l'un des ovaires, lequel ne présentait aucun sac résiduel et contenait 38 œufs.

Très peu de doubles dilatations ont été vues : 4 cas. Il est possible, comme chez d'autres insectes hématophages, que la descente de l'œuf arrache normalement la dilatation de la ponte précédente. Cependant, nous verrons que l'étude des variations de la population adulte amène plutôt à penser que les femelles effectuant plus de deux cycles constituent une exception.

Tous les stades du cycle gonotrophique ont pu être observés dans les récoltes des cages-piège. Il semble que la pose de ces pièges dérange les imagos dans le sable. En effet, nous avons trouvé ainsi 124 femelles présentant une ponte prête à être déposée. Ceci nous a permis de faire le décompte des œufs. La moyenne d'œufs par femelle a été de 74 pour les deux ovaires. La ponte la plus importante (1 cas) comprenait 170 œufs (Fig. 2).

Nous avons aussi tenté de maintenir en survie des femelles venant de prendre leur repas de sang afin d'observer l'évolution ovarienne. Conservées, après la capture, en glacière jusqu'à l'arrivée au laboratoire, elles furent ensuite placées par groupes de 5 dans des tubes à essai ; le fond du tube contenait un coton humide, surmonté de sable jusqu'à mi-hauteur. Le tout était gardé à 25 °C jour et nuit. Plusieurs essais ont été ainsi faits. On peut en résumer les résultats comme suit : les premiers follicules au stade III fin apparaissent à la trente-sizième heure et ceux au stade IV à la soixantième heure après la prise de repas sanguin. A partir de ce moment, l'intestin moyen ne contient plus que du sang résiduel. Cependant, on retrouve encore quelques femelles au stade III fin à

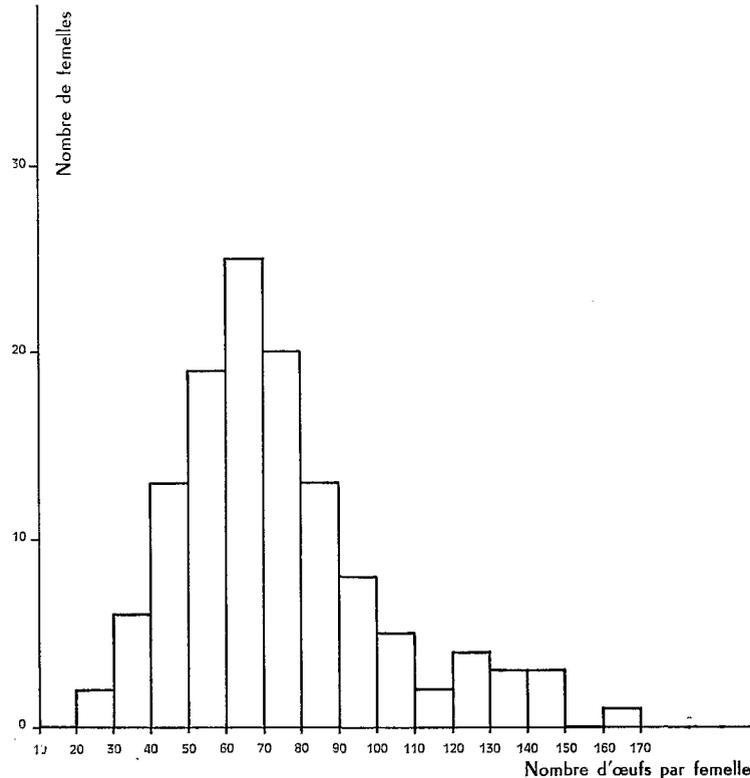


FIG. 2

Distribution de fréquence du nombre d'œufs chez les femelles de *S. spinosifrons*.

- Nombre d'œufs par femelles en abscisses.
- Nombre de femelles en ordonnées.

la soixante-huitième heure. A la quatre vingt-quatrième heure, certaines femelles sont encore au stade IV mais avec quelques follicules au stade V ; d'autres ne montrent plus que des stades V. Après la centième heure, on trouve soit des stades V, soit des femelles avec des sacs, indiquant qu'elles viennent de pondre dans le sable. Il est toutefois vraisemblable que le temps d'évolution naturelle est plus court, au moins en saison chaude, car le sable dans la journée atteint des températures très supérieures à 25 °C.

Il est à noter que, chez les paires, l'évolution des follicules se fait de façon très irrégulière et varie non seulement d'un individu à l'autre, mais à l'intérieur du même ovaire, où l'on peut trouver des follicules à des stades différents tout au long de l'évolution. Il semble enfin que chez quelques femelles, un certain nombre d'oocytes n'évoluent pas.

Nos résultats sont donc dans l'ensemble comparables à ceux qu'a décrit LINLEY, en tenant compte du très grand nombre d'expériences faites par cet auteur, à des températures différentes.

3.2. Résultats des captures par cages-piège. Localisation des gîtes de ponte, d'émergence et des lieux de repos.

Les résultats des captures en cages-piège ont été groupés dans les tableaux I (Sakatia) et II (Orangea) : les niveaux atteints par les marées ont été portés dans la colonne de gauche. Les chiffres de récolte indiqués entre deux de ces niveaux correspon-

TABLEAU I
Sakatia (sept.-oct. 69)

Variations de la densité des femelles, suivant l'âge physiologique et leur stade ovarien, ainsi que celle des mâles, à l'intérieur des différentes zones délimitées par les hauteurs de marée.

Hauteur des marées	Mâles	Femelles nullipares					Femelles pares				
		StI	StII	StII	StIII	StIV	StII	StII	StIII	StIV	StV
		Spermathèques vides		Spermathèques pleines			Sacs	Dil.			
— 4,4 m	7			10	3		3	5	5	1	2
— 4,3 m	21		5	14	8	2	4	25	6	2	5
— 4,2 m	26	1	52	21	15	4	12	9	8	2	12
— 4,1 m	88	2	51	44	44	8	20	11	3	2	19
— 4,0 m	90	3	21	27	22	2	14	10	4	1	4
— 3,9 m	28		15	7	7	2	7	3			1
— 3,6 m	3			4							
— 3,2 m											

TABLEAU II
Orangea (mars-avril 70)

Hauteur des Marées	Mâles	Femelles nullipares					Femelles pares				
		StI	StII	StII	StIII	StIV	StII	StII	StIII	StIV	StV
		Spermathèques vides		Spermathèques pleines			Sacs	Dil.			
— 4,4 m	9	1	3		7	1	3	7	1		8
— 4,3 m	10	1	2	1	8	1		7	1		11
— 4,2 m	28	8	14	4	2		2	4	1		2
— 4,1 m	40	7	21	3	2		3	3		1	3
— 4,0 m	68	4	62	3	3		4		1		2
— 3,9 m	9	1	1		1						
— 3,8 m	1				1						1
— 3,7 m	1				1						1

Variations de la densité des femelles, suivant l'âge physiologique et leur stade ovarien, ainsi que celle des mâles, à l'intérieur des différentes zones délimitées par les hauteurs de marée.

dent aux captures effectuées grâce aux pièges placés sur la bande de sable ainsi délimitée. Il faut toutefois préciser que la hauteur de ces niveaux est approximative. En effet, la pente de la plage se modifie plus ou moins sous l'effet de la mer.

Lors des premières récoltes, nous avons placé les cages depuis la laisse de 2,70 m jusqu'au-delà du niveau des plus hautes mers. Or, à Sakatia, entre les laisses de 2,70 m et de 3,20 m, nous n'avons récolté que 4 spécimens pour 20 journées de capture (2 mâles et 2 femelles, l'une d'elles pare avec des sacs, l'autre nullipare à spermathèque pleine), pendant qu'à Orangea aucun imago n'était capturé au-dessous de la laisse de 3,70 m. Il ressort de ces observations que cette zone n'est pas un lieu d'émergence important.

Les tableaux I et II montrent :

1. que la majorité des *Cératopogonides* capturés se situe au-dessus de la laisse de 3,6 m, c'est-à-dire au niveau des plus hautes mers de mortes eaux, très éloignée donc des niveaux atteints par des marées basses.

2. que les mâles, et les femelles à tous les stades du cycle gonotrophique, sont représentés dans les récoltes. Le sable des plages est donc, non seulement le gîte préimaginal, mais aussi le lieu de repos normal des imagos.

Nous avons donc essayé de vérifier expérimentalement ce point en plaçant des femelles gorgées, d'une part dans des tubes à essai à demi remplis de sable de plage, et d'autre part dans un petit cristalliseur contenant une couche de sable surmontée d'un fin tamis, lui-même recouvert d'une deuxième couche de sable. Dans les deux cas, les femelles se sont rapidement réfugiées dans le sable et quelques-unes ont pondu. Le fin tamis nous a permis de retrouver plus facilement les pontes.

Les mêmes tableaux donnent la répartition des imagos à l'intérieur des différentes zones.

À Sakatia, 76 % de ceux-ci ont été capturés entre les laisses de 3,90 m et 4,20 m. À Orangea, 74 % de la population était récoltée entre 4 m et 4,30 m. Dans les deux cas, le plus grand nombre de *Cératopogonides* a été capturé dans la bande de sable comprise entre 4 et 4,10 m.

La différence entre les observations faites à Sakatia de septembre à novembre, et celles faites à Orangea en mars-avril est en corrélation avec le niveau des plus hautes mers. En effet, dans le premier cas, aucune marée ne dépassait 4,20 m, dans le second, les hautes mers de vives eaux atteignaient 4,40 m.

Les figures 3 et 4 afférentes à chacune des 2 plages, montrent qu'il semble cependant exister des différences de répartition suivant l'état physiologique des femelles. À Sakatia, les femelles d'émergence se situent dans le sable au même niveau que les femelles gravides ou venant de pondre, seulement 3 % de celles-ci paraissent avoir déposé leurs œufs un peu plus haut, à un niveau où nous n'avons trouvé aucune femelle d'émergence. À Orangea par contre, 93 % des femelles d'émergence ont été récoltées entre les laisses de 4 m et 4,30, alors que 36 % des femelles prêtes à pondre ou venant de le faire, ont été capturées au-dessus de la laisse de 4,30 m. Ainsi à Orangea, les larves ont migré en direction de la mer entre leur éclosion et la nymphose. Par ailleurs, en ce qui concerne les femelles en cours d'évolution gonotrophique, les mêmes graphiques montrent que la zone préférentielle des femelles pares au repos se situe dans la zone atteinte par les plus hautes mers de vives eaux, tandis que les femelles nullipares au repos sont rencontrées dans les mêmes zones que les femelles gravides ou venant de pondre.

Ces observations impliquent :

1. qu'il n'y a aucun rapport entre le niveau des basses mers et l'emplacement des gîtes préimaginaux ou celui des lieux de repos des imagos.

2. que les imagos se reposent, que les femelles viennent pondre, et que les larves se développent dans la partie de la plage qui n'est recouverte que par les marées de vives eaux les plus fortes.

Il ressort de ces données que l'emplacement préférentiel de *S. spinosifrons* correspond à la zone recouverte par les marées de vives eaux de plus forte amplitude. Cette zone est submergée 4 à 6 jours de suite tous les 22 à 24 jours en dehors des marées d'équinoxe, et tous les 10 à 12 jours pendant celles-ci.

Ceci laisse supposer que le facteur responsable du choix des lieux de repos et de ponte par les imagos est le même que celui qui préside à l'établissement du gîte préimaginal. La relation qui existe entre les inondations périodiques et l'emplacement du gîte suggèrent que le degré d'imprégnation du sable par l'eau salée guide ces choix, et qu'à aucun stade, *S. spinosifrons* ne supporte une immersion prolongée dans l'eau de mer.

Cette hypothèse semble se confirmer, d'une part par l'absence totale de l'insecte sur les plages qui sont complètement recouvertes à chaque marée (par exemple, la baie des Dunes près de Diégo-Suarez), et d'autre part par la faible densité de *S. spinosifrons* sur la plage sud-est de Sakatia où les marées de vives eaux de plus faible amplitude ne laissent à découvert qu'une très faible étendue de sable. Il y a cependant à proximité un gros village et un parc à bœufs. Ce dernier facteur semble secondaire.

3.3. Résultats des captures sur hommes.

Les captures sur appât humain ont été réalisées du 21 juillet au 7 novembre 1969. Durant cette période, 39 journées de captures ont été effectuées et ont permis de recueillir 25.762 femelles.

Une journée de capture sur trois a fait l'objet de recherches sur l'âge physiologique moyen. Comme nous l'avons vu au chapitre 1, une femelle sur trois, dans chaque tranche de dix minutes, a été disséquée. Toutefois, sur une journée de capture très importante (2.146), nous n'avons disséqué, dans chaque tranche de dix minutes, qu'une femelle sur cinq.

3.3.1. CYCLE D'AGRESSIVITÉ.

La fig. 5 correspond à la moyenne des fréquences journalières sur dix journées de capture et montre que, quel que soit l'âge physiologique des femelles agressives, la majorité de celles-ci prennent leur repas sanguin le matin de 6 h à 12 h (66 % chez les femelles nullipares et 59 % chez les femelles pares).

Pendant les heures les plus chaudes de la journée (12 à 15 h), on observe un ralentissement de l'activité, en particulier chez les femelles pares. En fin de journée, on constate une reprise de l'agressivité, plus sensiblement marquée chez les femelles pares.

Ces observations infirment celles de BRYGOO (1968), qui notait que l'activité maximum se situe aux heures les plus chaudes de la journée.

3.3.2. DYNAMIQUE DE LA POPULATION.

Nous constatons une brusque augmentation de la densité des femelles agressives, 10 à 12 jours après les marées de vives eaux de plus forte amplitude (fig. 6). Plus de 90 % des femelles capturées ces jours-là sont nullipares. Ce fort pourcentage et l'importante densité de la population correspondent à une émergence principale. Celle-ci est suivie d'émergences secondaires, qui se montrent insuffisantes pour compenser le vieillissement des femelles provenant de l'émergence principale. Les toutes dernières émergences secondaires sont caractérisées par une faible densité et une augmentation progressive du pourcentage des femelles nullipares. Ceci implique que nous sommes en présence de préémergences du nouveau cycle.

Chaque émergence principale se manifeste environ tous les 28 jours en dehors des périodes d'équinoxe, et tous les 14 jours durant celles-ci (fig. 7).

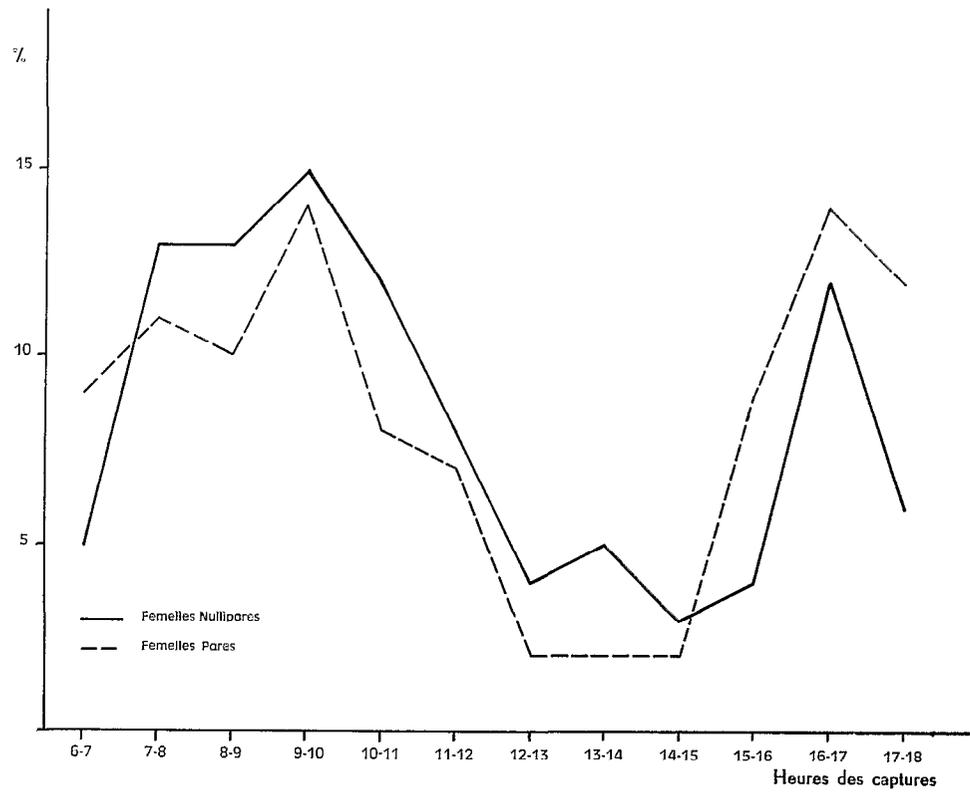


FIG. 5
Cycle d'agressivité des femelles pares et nullipares.

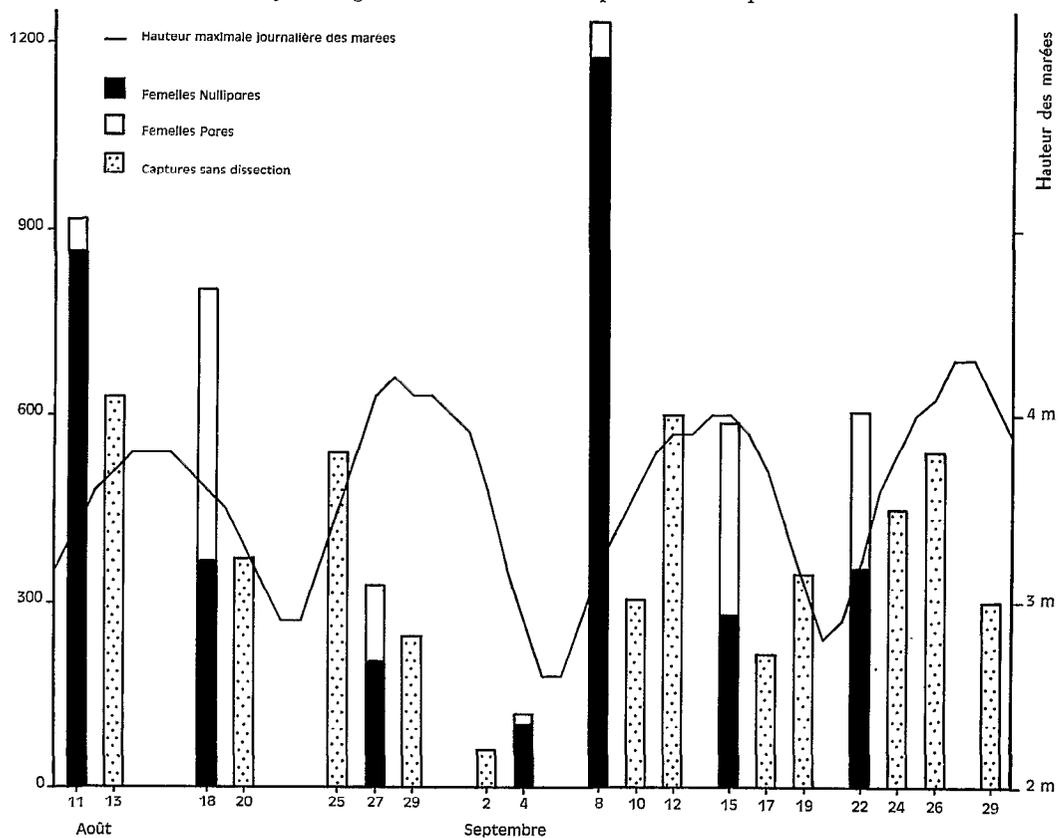


FIG. 6
Captures des femelles agressives (3 hommes/journée), en fonction des hauteurs des marées pour un jour donné.

Le changement dans le rythme des émergences principales est en relation avec les hauteurs des marées de vives eaux. Dans le premier cas, une seule des deux marées submerge la zone préférentielle de ponte tous les 22 à 24 jours, tandis que dans le second cas, cette zone est inondée à chaque marée de vives eaux, tous les 10 à 12 jours.

La submersion périodique de la zone préférentielle de ponte semble agir sur l'éclosion des œufs. En effet, l'écart régulier de 10 à 12 jours entre la submersion de cette zone et de l'émergence principale est constant.

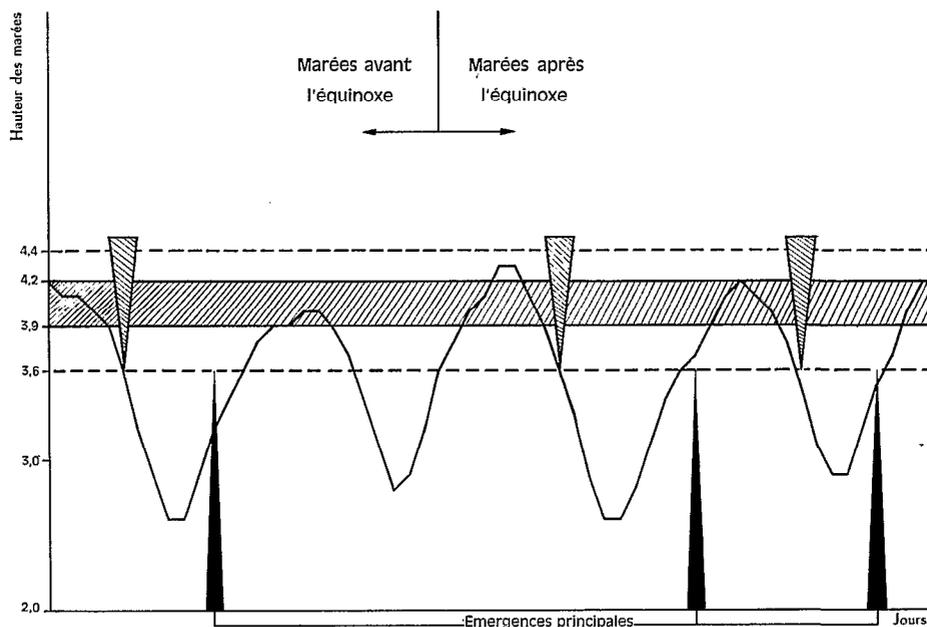


FIG. 7

Graphique synoptique représentant :

1. Les hauteurs maximales successives des marées journalières (courbe sinusoïdale).
2. La zone des captures importantes (délimitée par les lignes pointillées).
3. La zone des captures les plus denses (zone hachurée).
4. Le moment des émergences principales (flèches noires).
5. Le moment et la largeur de la zone où les épandages d'insecticides doivent avoir lieu (flèches hachurées).

4. CONCLUSION ÉCOLOGIQUE.

La zone préférentielle d'émergence, de ponte et de repos de *S. spinosifrons* se situe entre les deux hautes marées de vives eaux, correspondant, l'une, à celle de plus faible amplitude, l'autre à celle de plus forte amplitude. La submersion périodique de cette zone rythme la périodicité des émergences principales. Celles-ci sont respectivement de 28 jours hors des marées d'équinoxe et de 14 jours pendant ces périodes. Le moment où se manifestent les émergences principales, 10 à 12 jours après les marées de vives eaux de plus forte amplitude, indique que la vie préimaginaire a lieu durant la période où le gîte n'est pas inondé par la mer. En effet, les captures à l'intérieur de cette même zone des femelles d'émergence et des femelles gravides ou venant de pondre, semblent montrer que les larves ne se déplacent pas en dehors de celle-ci.

Le comportement de *S. spinosifrons* serait donc très différent de celui du cérapogonide des plages d'Australie, *Culicoides submaculatus* qui se tiendrait dans la partie de la plage située au-dessous des hautes mers de mortes eaux (J. REYE et J. LEE, 1962).

5. APPLICATION POUR UNE LUTTE RATIONNELLE.

5.1. Protocole.

Des données recueillies, il ressort que les épandages d'insecticide, pour être rationnels, devront nécessairement être effectués suivant les recommandations ci-dessous :

5.1.1. LOCALISATION DE LA ZONE A TRAITER.

Zone comprise entre une limite inférieure correspondant à la hauteur atteinte par une marée approximative de 3,6 m et une limite supérieure située à 3 - 4 mètres au-dessus du niveau atteint par la marée de vives eaux la plus haute (cf. Chap. 3, 2). La hauteur de la marée de 3,6 m n'est valable que pour les plages de Nossi-Bé et autres littoraux ayant des marées de même amplitude. Autrement, il y a lieu de relever sur la table des marées de la région intéressée, la hauteur de la marée matérialisant la limite inférieure au jour où la marée correspond à 3,6 m à Nossi-Bé.

5.1.2. DATE DES ÉPANDAGES.

Après les marées de vives eaux de plus grande amplitude, à la date déterminée par la marée ayant atteint la limite inférieure de 3,6 m.

5.1.3. PÉRIODICITÉ DES ÉPANDAGES.

Tous les 28 jours en dehors des périodiques d'équinoxe (cf. chap. 3, 3.2.), tous les 14 jours pendant ces périodes.

5.1.4. PRÉPARATION MATÉRIELLE DE LA PLAGE.

Pour obtenir une efficacité maximale des épandages, il est recommandé :

- de débroussailler le haut des plages,
- de nettoyer l'ensemble de la surface à traiter,
- de matérialiser des couloirs parallèles à la laisse de 3,6 m dont la largeur correspondra à la surface d'aspersion du type d'appareil d'épandage utilisé.

5.1.5. CONTRÔLE DE LA DENSITÉ DE *S. spinosifrons* AVANT LES ÉPANDAGES.

Nous conseillons d'effectuer des contrôles de la densité de population avant chaque nouvelle campagne ; ils peuvent se faire rapidement par la capture des femelles agressives sur appât humain. Ces contrôles doivent être entrepris 10 à 12 jours après la marée de vives eaux de plus forte amplitude. Les heures de capture seront choisies en fonction des heures où l'agressivité est la plus forte, soit entre 8 et 11 heures (cf. chap. 3, 3.1.).

5.1.6. INSECTICIDES À UTILISER.

D'une façon *empirique*, parant au plus pressé, les Services de Lutte ont utilisé le D.D.T., le H.C.H., le fenthion (Baytex) et le malathion (Sumitox) à Diégo-Suarez. Il serait logique de choisir l'insecticide présentant les qualités principales suivantes, en dehors évidemment de l'efficacité qui semble pouvoir être accordée, tout au moins jusqu'à maintenant, à chacun de ceux-ci dans le cadre de Nossi-Bé.

Position relative de chacun des insecticides par ordre décroissant :

- Rémanence :
D.D.T., H.C.H., malathion, fenthion ;
- Toxicité ;
D.D.T., H.C.H., fenthion, malathion ;
- Prix ;
Fenthion, malathion, D.D.T., H.C.H.

Signalons enfin, que l'on connaît déjà des cas de résistance au D.D.T., à la dieldrine et au lindane chez des Cératopogonides (*Culicoides furens*) de mangrove à Porto-Rico (Fox *et col.* 1968).

Il convient donc, d'ores et déjà, de s'assurer que *S. spinosifrons* demeure sensible aux insecticides actuellement utilisés.

5.2. Essai pratique.

Nous avons fait exécuter des épandages de D.D.T. p. m. par une équipe du S.L.G.E. suivant les normes qu'elle utilise habituellement et suivant le protocole de lutte préconisé plus haut, dans le but de tester la valeur de nos observations biologiques relatives à l'emplacement du gîte préimaginal, au lieu d'émergence et de repos des imagos ainsi qu'à la périodicité des émergences principales.

Lieux des essais.

Nous avons effectué un épandage sur la plage nord de l'île Sakatia (2 sur la carte) et deux épandages à vingt-huit jours d'intervalle, sur la plage d'Orangea (1 sur la carte).

Les résultats sont consignés dans le tableau III.

TABLEAU III
Contrôle de la population aux dates d'émergence principale
(Nombre de femelles capturées)

SAKATIA		ORANGEA	
Avant épandage	Après épandage	Avant épandage	Après épandage
1800 (6 h à 10 h)	1 ^{er} contrôle 6 (6 h à 10 h)	260 (10 h à 13 h)	1 ^{er} contrôle 6 (10 h à 13 h)
	2 ^e contrôle 5 (6 h à 10 h)		2 ^e contrôle * 1 (11 h à 15 h)

* Après un second épandage réalisé 28 jours après le premier.

Nous pouvons donc constater qu'avec un seul épandage sur la zone des gîtes préimaginaux, des lieux d'émergences et de repos des adultes, effectué à la période adéquate, le nombre de femelles capturées reste très faible après plusieurs cycles possibles d'émergences principales et que deux épandages successifs éliminent pratiquement la population.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tout particulièrement le D^r M. OVAZZA, Chef de la Mission Entomologique de Nossi-Bé, dont les conseils et les encouragements m'ont été très précieux pour mener à bien ce travail.

La plus grande partie des dissections a été exécutée par M^{me} OVAZZA ; qu'elle me permette de lui manifester une fois encore toute ma reconnaissance.

Je ne saurais oublier mon assistant, Lucien RABENIRAINY, pour son dévouement et sa compétence pendant l'exécution de ce travail.

Tous mes remerciements vont enfin à M. G. CHAUVET pour l'aide qu'il m'a apportée à la rédaction finale de ce rapport.

Manuscrit reçu le 24 février 1971.

BIBLIOGRAPHIE

- BRYGOO (E. R.), 1967. — Lutte contre les Cératopogonides. *Arch. Inst. Pasteur Madagascar*. Vol. 35, 271-272.
- BRYGOO (E. R.), 1968. — Cératopogonides de Nossi-Bé. *Arch. Inst. Pasteur Madagascar*. Vol. 36, 194-195.
- BRYGOO (E. R.), 1968. — *Styloconops (Acanthoconops) spinosifrons* Carter, Cératopogonide hématophage des plages de Madagascar. Son contrôle par le D.D.T. *Bull. Soc. Path. Exot.* t. 61, n° 3, 479-484.
- CALLOT (J.), KREMER (M.) & BRHUNES (J.), 1968. — Etude de *Styloconops spinosifrons* et de *Culicoides* entomophages (Diptères Cératopogonides) dont certains sont nouveaux pour la faune de Madagascar. *Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Ent. Méd.*, vol. 6, n° 1, pp 103-112.
- CARTER (H. F.), 1921. — A revision of the genus *Leptoconops* Skuse. *Bull. ent. Res.*, Vol. 12, pp. 24-26.
- DAVIES (J. B.) & LINLEY (J. R.), 1966. — A standardized flotation method for separating *Leptoconops* (Diptera : *Ceratopogonidae*) and other larvae from sand samples. *Mosq. News*, Vol. 26, n° 3, p. 440.
- DOVE (W. E.), HALL (D. G.) & HULL (J. B.), 1932. — The salt marsh sand fly problem (*Culicoides*). *Ann. Ent. Soc. Amer.*, vol. 25, n° 3, 497-522.
- FOX (I.), RIVERA (G.) & UMPIERRE (C.), 1968. — Toxicity of various insecticides to *Culicoides furens* larvae in Puerto-Rico. *Mosq. News*. Vol. 28, n° 1, pp. 68-71.
- LE BERRE (R.), 1966. — Contribution à l'étude biologique et écologique de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae). *Mém. ORSTOM*, n° 17.
- LEWIS (D. J.), 1957. — Aspects of the structure, biology and study of *Simulium damnosum*. *Ann. trop. Med. Parasit.* Vol. 51, 340-358.
- LEWIS (D. J.), 1958. — The recognition of nulliparous and parous *Anopheles gambiae* by examining the ovarioles. *Trans. R. soc. trop. Med. Hyg.*, Vol. 52, p. 436.
- LEWIS (D. J.), 1959. — Some observations on *Ceratopogonidae* and *Simuliidae* (Diptera) in Jamaica. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, Vol. 13-I, 721-732.

- LINLEY (J. R.), 1965. — Changes in the ovaries of certain biting midges (Diptera : Ceratopogonidae) following completion of the gonotrophic cycle. *Mosq. News*, vol. 25, n° 3, 306-310.
- LINLEY (J. R.), 1965. — The ovarian cycle and egg stage in *Leptoconops (Holoconops) bequaerti* (Kieff.) (Diptera, Ceratopogonidae). *Bull. Ent. Res.*, vol. 56, pt. 1, 37-56.
- LINLEY (J. R.), 1966. — The ovarian cycle in *Culicoides barbosai* Wirth et Blanton and *C. furens* Poey (Diptera, Ceratopogonidae). *Bull. Ent. Res.*, vol. 57, pt. 1-17.
- MEILLON (B. de), 1961. — The Madagascar *Ceratopogonidae*. *Rev. Ent. Moc.* 4 (1) : 1234.
- PAULIAN (R.), 1959. — Observation sur la faune intercotidale de Madagascar. *Naturaliste malg.*, T. XI, fasc. 1-2.
- REYE (E. J.) & LEE (D. J.), 1962. — The influence of the tide cycle on certain species of *Culicoides* (Diptera, Ceratopogonidae). *Proc. linn. Soc. New S. Wales*, vol. 87, pt. 3, n° 400, 377-387.
- RIOUX (J. A.) & DESCOURS (S.), 1965. — Détection du biotope larvaire de *Leptoconops (Holoconops) kerteszi* Kieffer, 1908 (Diptera, Ceratopogonidae) dans le « Midi » méditerranéen. *Ann. Parasit. hum. comp.*, T. 40, n° 2, 219-230.