

**ÉCOLOGIE DES FORMES
PRÉIMAGINALES DE
STYLOCONOPS SPINOSIFRONS**

(Carter, 1921)

(Diptera, Ceratopogonidae)

SUR LA CÔTE EST DE MADAGASCAR



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

MISSION DE TANANARIVE - B.P. 434 - MADAGASCAR



DIRECTION DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

J. DUVAL

E. RAJAONARIVELO

L. RABENIRAINY

1974

Table des matières

1 - INTRODUCTION.

2 - METHODES ET TECHNIQUES D'ETUDES.

2.1. Isolement des formes préimaginales.

2.1.1. Appareillage.

2.1.2. Prélèvements et utilisation des cuves.

2.1.3. Rendement de l'appareillage.

2.2. Récolte des oeufs de S. spinosifrons.

3 - RESULTATS.

3.1. Ecologie des formes préimaginales.

3.1.1. Ecllosion des larves et mise en évidence d'un phénomène de quiescence embryonnaire.

3.1.2. Localisation dans le sol et déplacements verticaux des formes pré- imaginales.

3.2. Formes imaginaires.

3.2.1. Déplacements.

3.2.2. Cycle d'agressivité.

3.2.3. Variations mensuelles des densités.

4 - INFLUENCE DES FACTEURS PREIMAGINAUX SUR LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS DE S. SPINOSIFRONS.

5 - CONCLUSIONS.

REMERCIEMENTS.

BIBLIOGRAPHIE.

1 - INTRODUCTION.

Les plages de Madagascar infestées par le cératopogonide Styloconops spinosifrons (Carton, 1921), sont aussi les plus favorables au développement touristique. Cet insecte très agressif pullule dans plusieurs régions aussi bien sur la Côte Ouest (Fossi-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 (LAMBRECHT, 1970; LAURENCE et MATHIAS, 1972).

Nous avons poursuivi à Mahambo, sur la Côte Est de Madagascar (Sous-Préfecture de Fénérive-Est), les études que nous avions 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'ensolaillement des plages et le cycle d'agressivité des femelles de S. spinosifrons.

2 - METHODES ET TECHNIQUES D'ETUDE.

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 LIPLEY 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'élutriation 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 litres d'eau.

A 20 cm du fond est branché un tube de 12 mm de section qui amène de l'eau tangentielllement 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 cuves ("cuves de séparation") de taille décroissante dont les caractéristiques sont les suivantes :

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

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 mètres (photo 3). Dans sa partie supérieure atteinte occasionnellement par la mer, elle était recouverte de plantes rampantes appartenant à l'espèce Ipomoea pes-catrae (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 respectivement à 2 - 3 - 4,50 - 5,70 - 6,90 - 8,10 - 9,40 - 11 - 12 - 13,60 - 15,50 et 17,10 mètres 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 décimètres cubes 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 deux mètres 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 décroissante (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 : 1er stade de 70 à 90 μ ; 2ème stade de 100 à 130 μ ; 3ème stade de 140 à 180 μ ; 4ème stade de 190 à 260 μ . 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 μ de côté ; les larves de stade III par le tamis à mailles de 280 μ de côté. Enfin les tamis à

mailles plus larges (490 μ) 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 préimaginales. 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 μ) pour les premières et avec le tamis aux mailles les plus serrées (100 μ) 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 oeufs 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 μ). 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 oeufs. Elles sont alors arrêtées par le fin tamis séparant le sable humide du sable sec. Ne pouvant atteindre le sable humide, elles déposent leurs oeufs sur le tamis. Ces oeufs sont alors facilement recueillis sur le tamis auquel d'ailleurs adhère la majorité d'entr'eux (photo 4). Les oeufs mélangés au sable sont ensuite récupérés par lavage.

3 - RESULTATS DES ENQUETES.

3.1. Ecologie des formes préimaginales.

3.1.1. Eclosion 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'oeufs 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 oeufs, mais qu'il devait s'y ajouter un certain délai à partir du moment où ces oeufs avaient été pondus. La constance de ce phénomène a été alors démontrée et la durée de ce délai déterminée à deux températures différentes.

Des observations préliminaires nous ayant montré qu'il n'y avait jamais éclosion des oeufs mis en eau dans les premiers jours suivant la ponte, nous avons alors mis en eau des oeufs pondus depuis des temps variables mais compris entre 6 et 13 jours. Ces oeufs étaient ensuite conservés dans une étuve dont la température était réglée à 30°. Les délais d'éclosion sont variables mais surviennent le douzième jour après la ponte, quelle que soit la durée de la mise en eau (tableau II). Les oeufs mis en eau le 7ème jour éclosent 5 jours plus tard, ceux mis en eau le 11ème jour éclosent le lendemain ; de même pour tous les oeufs mis en eau le 12 ou 13ème jour l'éclosion survient le lendemain.

A cette température de 30°C, il n'est pas nécessaire que la mise en eau intervienne le 12 ou le 13ème jour pour que les oeufs gardent leur viabilité. Des oeufs conservés sur du sable humide pendant plusieurs semaines éclosent encore le lendemain de leur mise en eau. 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 oeufs.

Cette expérimentation a été renouvelée à une température de 20°C. Les éclosions se produisent entre le 14ème et le 17ème 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.

Enfin, nous avons observé en laboratoire que la mise en eau du sable renfermant les oeufs 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 mètres 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 pré-imaginales. 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.

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 (Tableau 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 celles 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 Mossi-Bé, à la suite des marées les plus importantes des captures d'adultes effectuées à l'aide de boîtes-pièges (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 de 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 (Ca CO_3) est très élevé : 87 à 93 %. La granulométrie varie suivant les plages, le 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 Culicoïdes melleus (Coq.) (LIMLEY et ADAMS, 1972) soit constituée par les microorganismes présent 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 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 (tableau 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 oeufs 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 1er stade et ^{du} 4ème stade. Les larves du 1er stade sont plus nombreuses au niveau 9 - 12 cm et, inversement, les larves du 4ème 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 1er stade vers les niveaux les plus profonds. Inversement, les larves de 4ème stade sont plus nombreuses vers les niveaux supérieurs.

3.2. Formes imaginale.

3.2.1. Déplacements.

Aux Seychelles, LAURENCE et MATHIAS (op. cit.) ont capturé des femelles agressives jusqu'à 400 mètres à l'intérieur des terres. A Mahambo, nous avons observé que les femelles piquaient l'homme sur une distance pouvant atteindre 600 mètres 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 avaient été érodées par la mer, les gîtes avaient disparu, sauf deux, éloignés l'un de l'autre de plus de 800 mètres. 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 h à 9 h et l'après-midi de 15 h à 18 h. Sur la plage ensoleillée dès le lever du jour 91,5 % des femelles piquent le matin, par contre, ^{sur} celle exposée au soleil jusqu'à 18 heures, 63,5 % des femelles se gorgent l'après-midi (tableau 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 imaginales, va être développé dans le paragraphe suivant.

4 - INFLUENCE DES FACTEURS PREIMAGINAUX 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 oeufs 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 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 ponte 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 Culicoïdes 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 au 1er stade vers les niveaux les plus bas et inversement les larves au 4ème 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 mètres. 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 mètres 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 douze mètres 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 infestée 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 imagocide. 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 docteurs 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 de Tamatave,

Monsieur le Médecin Inspecteur de Fénérive-Est,

Les différents autorités administratives de Fénérive-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.M.L.T. qui nous ont apporté leur concours. Les figures qui illustrent le présent rapport ont été exécutées par Madame RAZAFINDRASOLO que nous remercions très sincèrement.

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. - 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. Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Ent. méd. Parasitol., IX, 203-220.
- KETTLE (D.S.) & LINLEY (J.R.), 1967. - The biting habits of Leptoconops becquaerti. II. Effect of meteorological conditions on biting activity ; 24 hour and seasonal cycles. J. appl. Ecol., 4, 397-420.
- LAMBRECHT (F.L.), 1970. - New record of blood-sucking insects from Seychelles Islands, Indian ocean. Ann. ent. Soc. Amer., 63, 1776-77.
- LAURENCE (B.R.) & 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.) & ADAMS (G.M.), 1972. - Ecology and behaviour of immature Culicoïdes 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.

TABLEAU I

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

Espaces entre les mailles	L A R V E S			
	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

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																
	1ère expérimentation								2ème expérimentation								
	6	7	8	9	10	11	12	13	7	8	9	10	11	12	13	14	
Nombre d'oeufs et date d'éclosion	x						E		x					E			
	x						E			25				E			
		20					E			13				E			
			27				E				34			E			
				33			E				39			E			
					41		E					41		E			
						90	E					48		E			
							43	E					50		E		
													49	E			
															62	E	
																68	E

x : Nombre d'oeufs non décompté avec exactitude (quelques dizaines).

E : Eclosion des larves.

TABLEAU III

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

DATES DES PRELEVEMENTS	STADES LARVAIRES	ZONES DE PRELEVEMENTS												
		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	<u>99</u>	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	<u>83</u>	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	<u>181</u>	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	<u>23</u>	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	<u>80</u>	45	
12 au 22 Décembre	I et II	-	-	0	0	1	2	0	5	4	8	3	5	
	III	-	-	0	0	2	1	3	4	6	11	9	17	
	IV	-	-	0	0	0	1	6	1	1	2	7	13	
	TOTAL	-	-	0	0	3	4	9	10	11	21	19	<u>35</u>	

TABLEAU IV

Répartition verticale des formes préimaginales
de S.spinosifrons.

Niveau du prélèvement (en cm)	L a r v e s				Nymphes	Oeufs
	St.I	St.II	St.III	St.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

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	
		Nbre de femelles	%	Nbre de femelles	%
Plage ensoleillée le matin	1°	191	95,5	9	4,5
	2°	106	98,1	2	1,9
	3°	132	82,0	29	18,0
	Total	429	91,5	40	8,5
Plage ensoleillée l'après-midi	1°	56	30,2	129	69,8
	2°	51	35,0	95	65,0
	3°	39	55,0	32 *	45,0
	Total	146	36,5	255	63,5

* : Temps couvert l'après-midi.

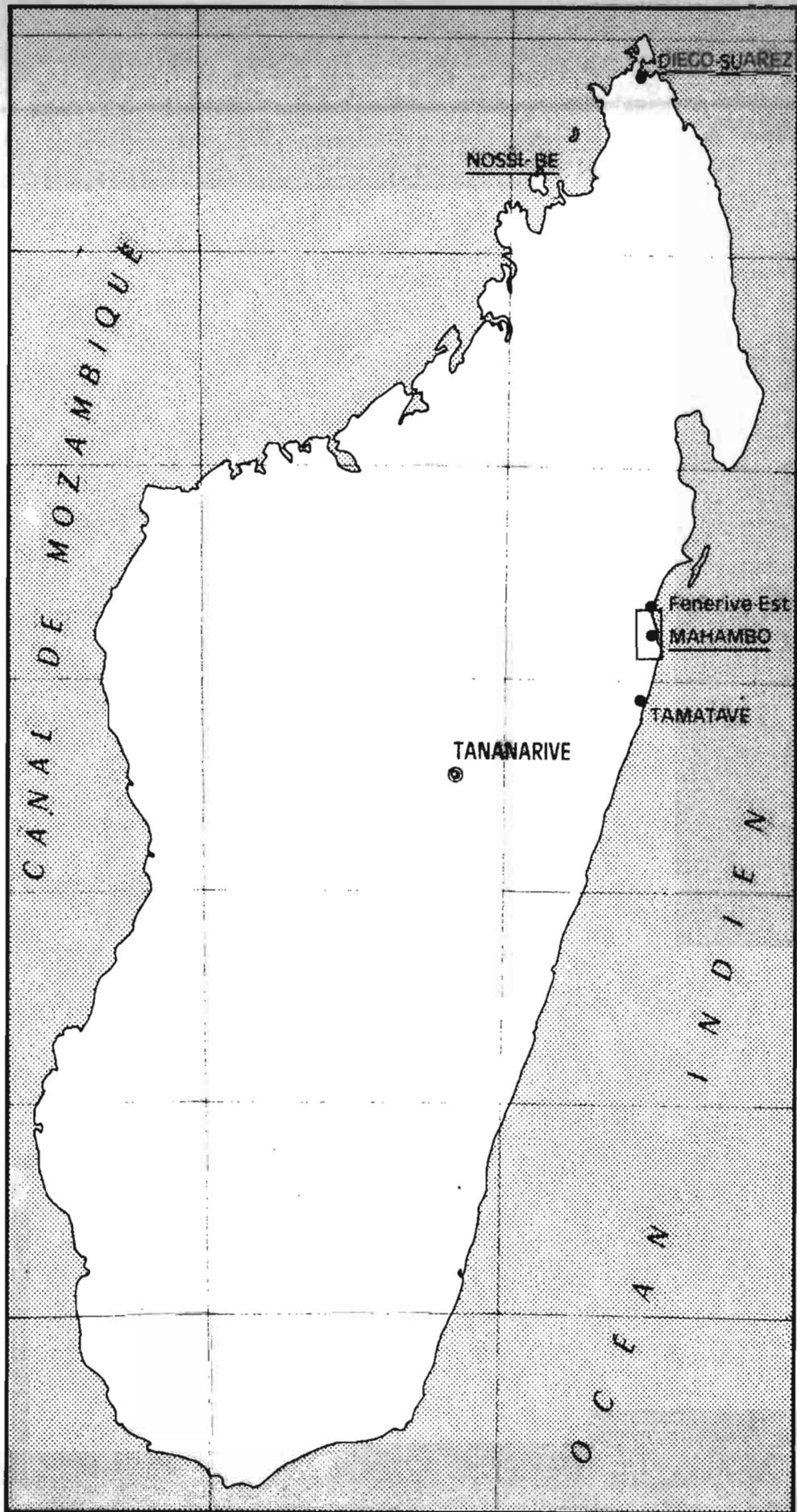


Fig. 1

Figure 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

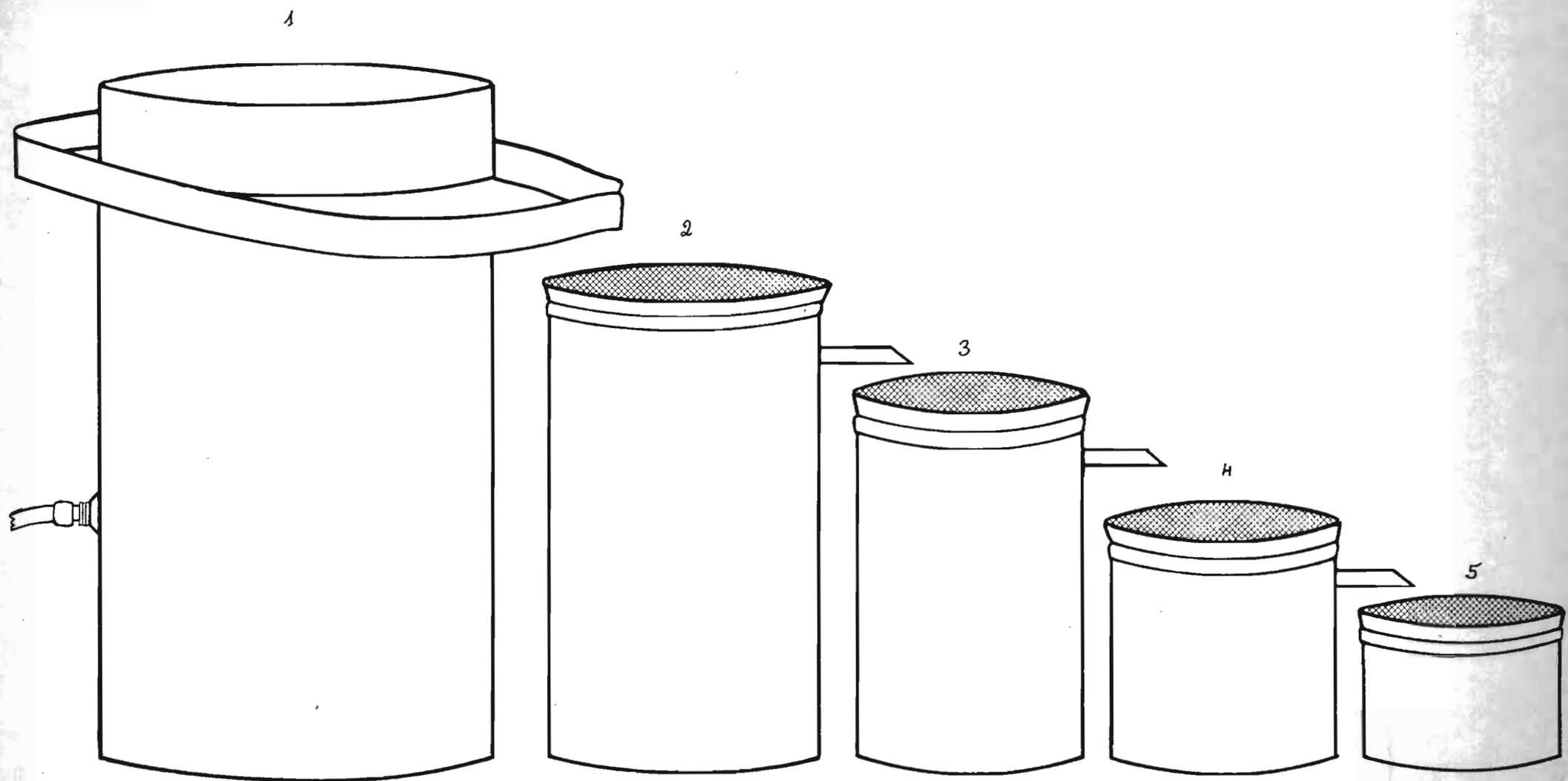


Fig. 2 Cuves Cylindriques pour l'isolement des formes préimaginales

Figure 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.

Pourcentages
de larves

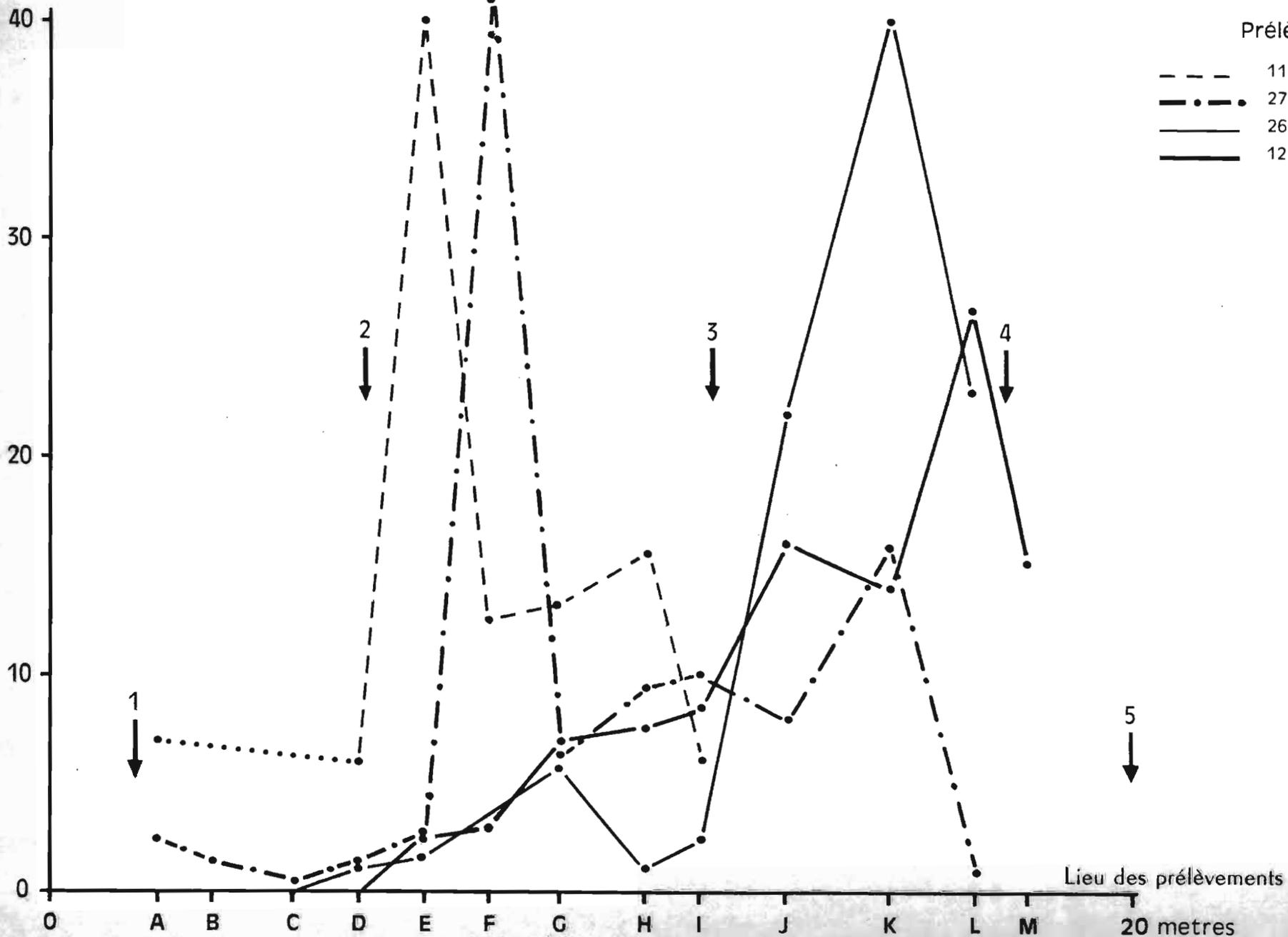


Fig. 3 Répartition des formes préimaginales de *S. spinosifrons* sur la plage de Mahambo à différentes périodes de l'année

Figure 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.

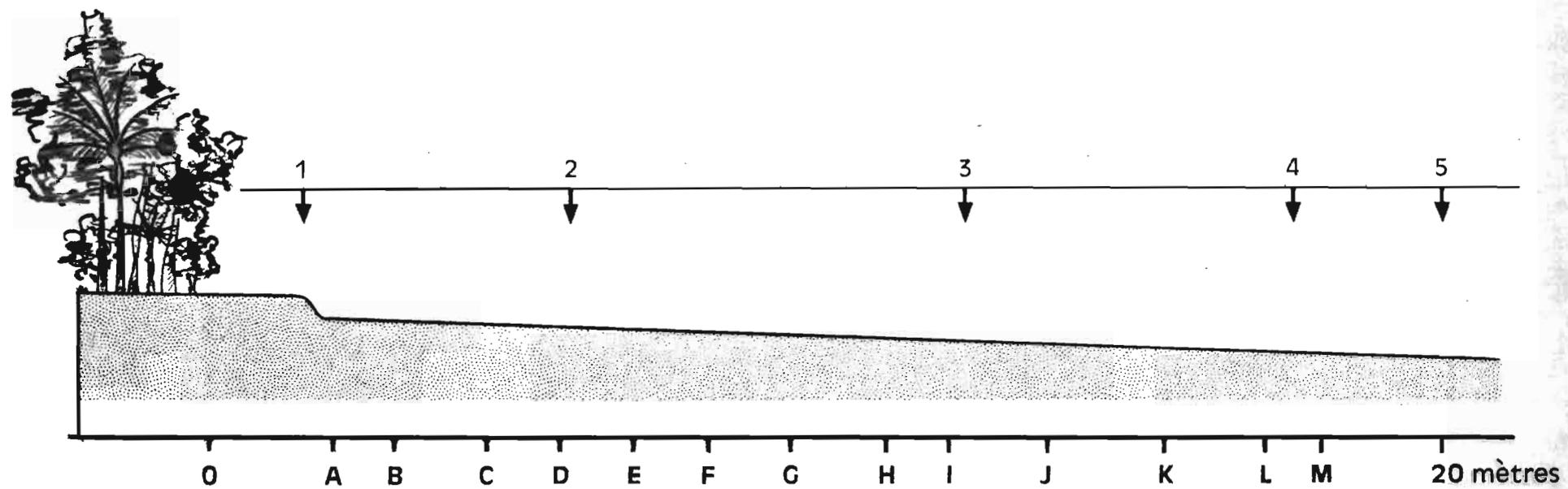


Fig. 4 Profil de la plage de Mahambo en mai 1973

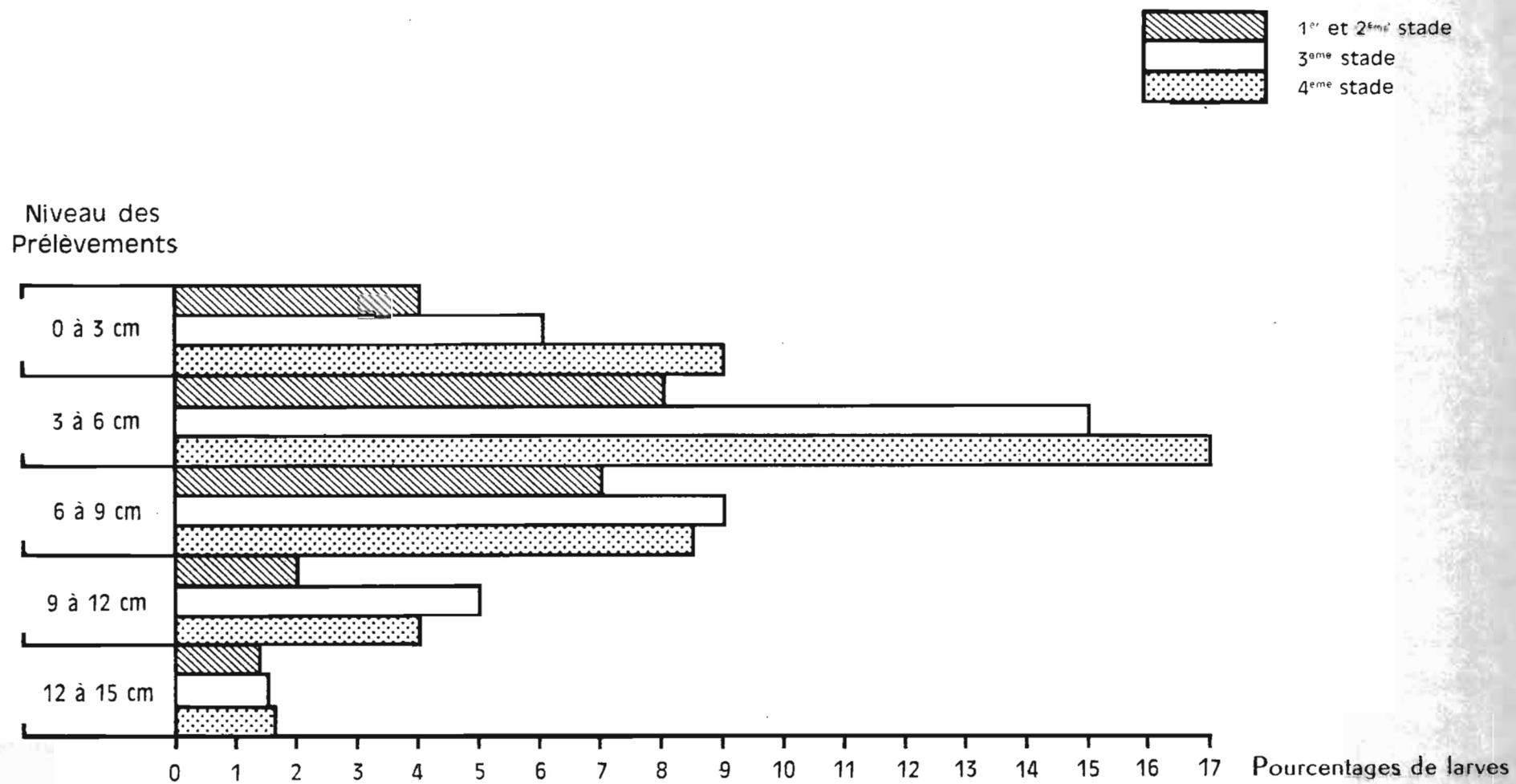


Fig. 5 Répartition verticale des larves de *S. spinosifrons* aux différents stades, de 0 à 15 cm

Figure 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.

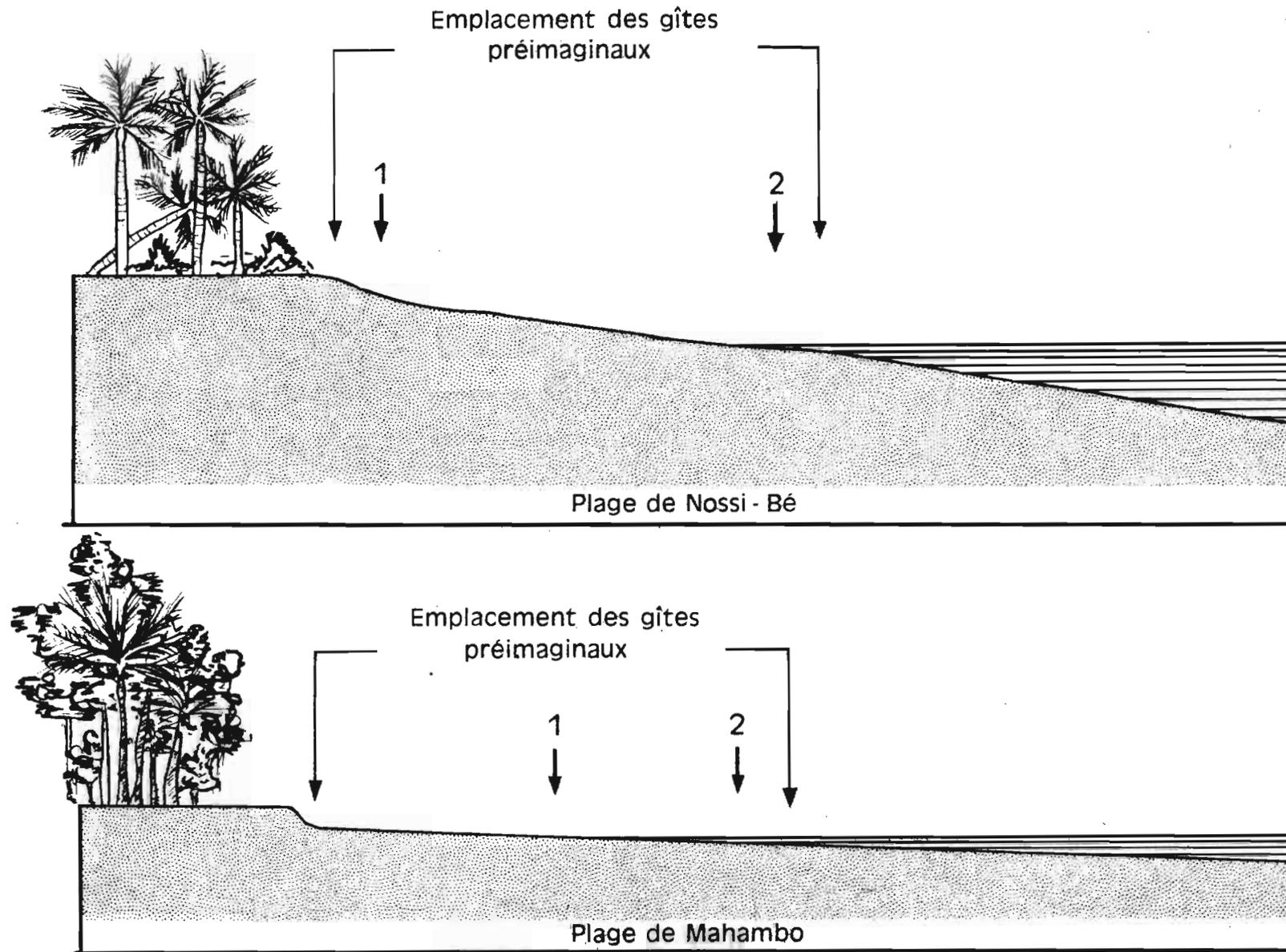


Fig. 6 Profil des plages de Nossi - Bé et de Mahambo et les différents niveaux immergés par les marées hautes de vives eaux



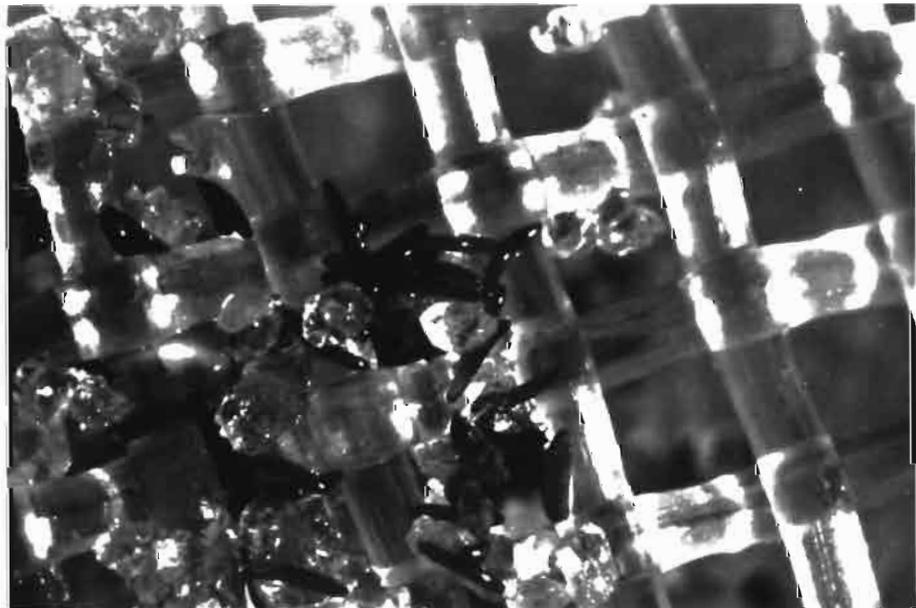
1 - Cuves cylindriques servant à l'isolement des formes préimaginales.



2 - Gabarit utilisé pour les prélèvements des échantillons de sable.



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



4 - Oeufs de S. spinosifrons adhérant sur le tamis qui sépare le sable humide du sable sec.