

Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. Parasitol., vol. VIII, n° 1, 1970

## Dynamique des populations d'*Aedes aegypti* dans trois villages de savane d'Afrique de l'Ouest

Fluctuations saisonnières et incidence épidémiologique

par

G. PICHON \* et P. GAYRAL \*\*

### RÉSUMÉ.

*Les auteurs étudient les fluctuations mensuelles de la densité des populations larvaires d'Aedes aegypti par gîte à l'aide de jarres-pièges, dans trois villages du sud-ouest de la Haute-Volta, peuplés par la même ethnie et dont l'indice stégomyien est pratiquement constant et supérieur à 100. La densité larvaire subit d'importantes variations d'un mois à l'autre, mais ces variations sont parallèles pour les trois villages. Elles ne peuvent être interprétées par l'action des facteurs abiotiques. En particulier, on observe un pic en novembre, en pleine saison sèche. Ces fluctuations semblent principalement être dues aux habitudes de stockage de l'eau des habitants et à des mécanismes évoquant une autorégulation de cette densité.*

*Le dénombrement des œufs dans des pondoirs-pièges est en parfait accord avec les résultats obtenus par la méthode précédente.*

*L'évaluation de la densité de population du moustique par d'autres méthodes (piège lumineux, captures sur homme et au pyrèthre) a échoué, probablement en raison de leur réalisation insuffisamment rigoureuse.*

### ABSTRACT.

*The authors study the monthly fluctuations of the larval density in Aedes aegypti breeding sites by the use of jar traps in three villages of the South West Upper Volta inhabited by the same tribe and whose stegomyian index is practically constant and superior to one hundred. The larval density undergoes important variations from one month to another, but these variations are parallel for the three villages. They cannot be interpreted by the action of abiotic factors. In particular, one observes a peak in November, during the dry season. These fluctuations are due probably to the water storage habits of the inhabitants and to a mechanism revealing a regulation of the density.*

*Eggs counting in the ovitraps is in perfect agreement with the results obtained by the first method.*

\* Entomologiste médical O.R.S.T.O.M., Mission O.R.S.T.O.M. auprès de l'O.C.C.G.E. à Bobo-Dioulasso (Haute-Volta). Adresse actuelle : Institut de Recherches Médicales Louis Malardé, Papeete, TAHITI.

\*\* Pharmacien Entomologiste médical, Laboratoire d'entomologie du Centre Muraz, Bobo-Dioulasso. Adresse actuelle : Laboratoire de Parasitologie, Faculté de Pharmacie, PARIS.

*Vectorial density evaluation by other methods (light traps, trapping on man, pyrethrum) has failed, probably due to the insufficiently rigorous realisation.*

## 1. INTRODUCTION : ÉVALUATION DE LA DENSITÉ DES POPULATIONS D'*Aedes aegypti*

Toute enquête épidémiologique est basée sur l'évaluation d'un certain nombre d'indices qui doivent rendre compte des risques d'apparition d'une épidémie. En ce qui concerne la fièvre jaune, le rôle de l'entomologiste consiste, dans l'hypothèse où le virus serait présent et une bonne partie de la population humaine réceptive, à savoir si le vecteur, par son abondance et sa capacité vectorielle (longévité, comportement, patrimoine héréditaire), permettrait une forte transmission de type urbain.

### 1.1. Principe.

*Aedes aegypti* L. est actuellement considéré en Afrique occidentale comme le principal vecteur de la fièvre jaune de type urbain. Le gîte principal de ce moustique est constitué par des jarres en poterie, largement utilisées par les autochtones pour le stockage de l'eau. Dans des zones plus limitées où les rochers affleurent, *Aedes vittatus* Bigot pourrait peut-être constituer un vecteur si les creux de rochers étaient péridomestiques. Cette espèce peut en outre utiliser des gîtes artificiels, éventuellement associée à *Aedes aegypti*. Enfin des moustiques sauvages, comme *Aedes africanus* Theobald et *Aedes luteocephalus* Newstead, peuvent être vecteurs occasionnels dans les régions boisées.

Une enquête extensive (PICHON et al., 1968) dans différentes régions d'Afrique de l'Ouest a porté essentiellement sur l'évaluation du risque d'épidémie amarile représenté par la présence du vecteur urbain : *Aedes aegypti*.

Cette espèce se montrant très généralement exophile, il est d'usage d'évaluer sa densité par le dénombrement de ses gîtes larvaires. Dans le cadre du programme d'éradication d'*Aedes aegypti* aux U.S.A., TINKER (1967) compare les quatre indices utilisés :

1. le « *receptacle index* » : pourcentage de gîtes potentiels inspectés qui sont positifs,
2. le « *premises index* » : pourcentage de locaux inspectés qui sont positifs,
3. le « *infested receptacle index* » : nombre moyen de gîtes positifs par local positif,
4. le « *block index* » : pourcentage de quartiers inspectés qui sont positifs.

Bien qu'il y ait interdépendance de ces quatre indices, TINKER pense qu'il est préférable d'utiliser le « *premises index* » qui est peu sujet à variation et varie linéairement avec l'infestation. Ces différents indices sont aisément comparables en Amérique d'une région à l'autre, car l'habitat et le mode d'approvisionnement en eau y sont largement uniformisés, et la campagne d'éradication a entraîné une réduction considérable de la densité stégomyienne.

En zone rurale d'Afrique, les trois premiers indices ne sont utilisables que si l'on travaille dans une zone homogène, ou mieux encore dans un village. C'est le cas lorsqu'on étudie l'évolution de la densité du vecteur dans une zone peu étendue dans un but expérimental, puisque ces indices sont précis et n'exigent aucune appréciation de l'enquêteur. Mais ils perdent toute valeur épidémiologique si l'on veut comparer deux régions où le mode de stockage de l'eau est différent, car pour un même degré d'infestation, on peut rencontrer un nombre très variable de gîtes potentiels.

L'indice stégomyien de BRETEAU (1954), qui représente le nombre de gîtes larvaires positifs pour cent maisons visitées, permet de relier la densité du vecteur au nombre d'hôtes potentiels, quels que soient l'habitat et le mode de stockage de l'eau. Il ne fournit qu'une estimation assez grossière, car la définition d'une « maison », en raison de la structure familiale africaine et de la diversité de l'habitat, est soumise à l'appréciation de l'enquêteur. Il nous a cependant permis de distinguer plusieurs zones à densités stégomyiennes très différentes.

## 1.2. Critique des méthodes habituelles.

Tous ces indices, qui reposent sur le dénombrement des gîtes, rendent bien compte de la densité réelle lorsqu'ils sont faibles, car chaque gîte positif peut être considéré comme dû à la ponte d'une seule femelle. Mais si la densité est élevée, un même récipient peut constituer le lieu de ponte de plusieurs femelles, et le seul dénombrement des gîtes peut entraîner une sous-estimation de la densité réelle. Nous avons observé à plusieurs reprises de fortes variations dans le nombre de larves par gîte, alors que le nombre de gîtes positifs était du même ordre. Par exemple, dans le foyer *marka* dans lequel on rencontre un indice stégomyien assez élevé (de l'ordre de 50), le nombre de larves par gîte est de l'ordre de 20 à 50. Par contre, dans le foyer *min. sénoufo* où l'indice stégomyien est généralement plus faible, les gîtes positifs hébergent plusieurs centaines de larves d'*Aedes aegypti*. Un même indice peut donc représenter des situations épidémiologiques très dissemblables. Il est indispensable de tenir compte d'un autre critère, la densité larvaire par gîte. SURTEES (1959) a accompli une telle étude dans un village du sud-ouest du Nigéria, où il trouve d'importantes fluctuations mensuelles de la densité. Cet article présente les résultats obtenus dans une région de savane.

## 2. DESCRIPTION DE L'EXPÉRIMENTATION

### 2.1. Présentation de la région.

#### 2.1.1. GÉNÉRALITÉS.

Nous avons travaillé dans trois petits villages de l'ouest de la Haute-Volta : Dougoumato (11°13 N, 3°46 W), situé à environ 60 kilomètres au nord-est de Bobo-Dioulasso, Kongolekan (11°13 N, 3°45 W) et Koumbia (11°14 N, 3°42 W). Ils dépendent administrativement du Cercle de Houndé. Leurs habitants, qui appartiennent à l'ethnie Bobo-Oulé, sont des cultivateurs. Leurs ressources principales sont le mil et le coton. Ils vivent dans des maisons carrées faites de boue séchée, à toit en terrasse, très rapprochées les unes des autres.

La région est doucement vallonnée et recouverte de savane arbustive. Ce type de végétation convient assez peu à l'installation de gîtes sylvatiques d'*Aedes aegypti* pendant la saison des pluies. Il est donc peu probable que les fluctuations observées en saison des pluies aient pour cause le peuplement des gîtes domestiques par des formes sauvages de ce vecteur, ou inversement.

#### 2.1.2. CLIMATOLOGIE.

Le climat est de type soudanien sec, avec une seule saison des pluies qui s'étend en principe de mai à octobre. En mars 1968, on a observé cependant une pluviométrie anormalement élevée. Il y a entre cinq et six mois biologiquement secs (recevant moins de 25 mm de pluie) consécutifs par an. La température minima s'abaisse fréquemment au-dessous de 15 °C au milieu de la saison sèche (décembre-janvier). La figure 1 donne les relevés climatologiques mensuels effectués pendant la durée de notre enquête, qui a commencé en avril 1968 et s'est achevée en mars 1969.

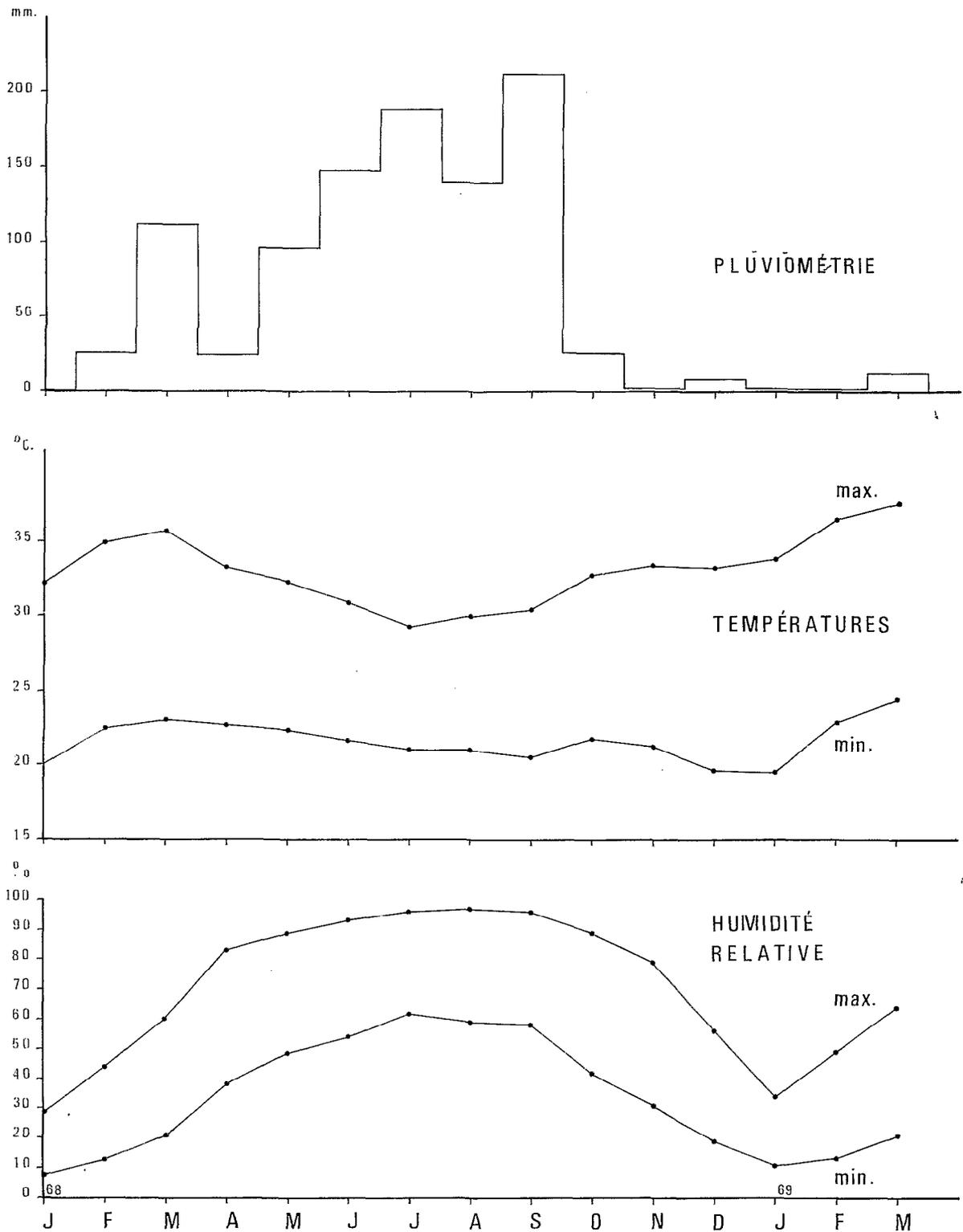


Fig. 1. — Relevés climatologiques mensuels de la région étudiée : Pluviométrie de Houndé, température et humidité relative de Bobo-Dioulasso. (Sources : poste pluviométrique du Cercle de Houndé et station météorologique de Bobo-Dioulasso).

### 2.1.3. APPROVISIONNEMENT ET STOCKAGE DE L'EAU.

L'approvisionnement en eau s'effectue dans des puits dont la plupart tarissent ou ont un faible débit pendant la fin de la saison sèche, ce qui incite les habitants à n'utiliser l'eau qu'avec parcimonie. Cette eau est entreposée principalement dans de petites jarres, de contenance variant entre 5 et 15 litres, placées très généralement à l'intérieur, et qui constituent le principal gîte pour *Ae. aegypti*. Il existe également de grandes jarres, parfois à demi enterrées, dont la contenance peut dépasser 60 litres, et qui servent à la préparation de la bière de mil. Elles contiennent parfois des larves, mais constituent cependant un moins bon gîte par suite de leur fréquente stérilisation thermique.

### 2.1.4. GÎTES LARVAIRES HABITUELS.

Voici comment se répartissent en moyenne les gîtes potentiels et positifs dans les trois villages :

— Récipients contenant de l'eau : petites jarres : 72 % ; grandes jarres : 24 % ; médicaments traditionnels et pots fétiches : 2 % ; abreuvoirs à volailles, etc. : 2 %.

— Récipients contenant des larves : petites jarres : 85 % ; grandes jarres : 9 % ; médicaments traditionnels et pots fétiches : 5 % ; abreuvoirs à volailles, etc. : 1 %.

L'indice stégomyien est de l'ordre de 120 à 150 pour ces trois villages; *il est pratiquement constant au cours de l'année*. D'autre part, l'utilisation de jarres-pièges (voir plus loin) indique que le pourcentage de gîtes positifs pour *Ae. aegypti* varie peu au cours de l'année, ses valeurs extrêmes étant 83 et 95 %. Dans la plupart des cas, on a d'ailleurs pu constater que ces variations étaient dues à un facteur plus expérimental que biologique. En effet, les quelques rares gîtes supplémentaires de saison des pluies, constitués par les récipients de tous ordres abandonnés à l'extérieur, contiennent une eau polluée qui est rapidement envahie par d'autres espèces (*C. nebulosus*, *C. gr. decens*, *C. duttoni*, *C. tigripes*) ou par d'autres familles de Diptères (Psychodidae, Syrphidae). Par contre, les gîtes habituels dont l'eau est claire et relativement pauvre en matière organique, ne conviennent pratiquement qu'à *Ae. aegypti* qui les peuple à 90 %, ce qui évite toute erreur importante de détermination.

Les habitants n'attribuent aucune importance à la présence des larves de moustiques dans leurs jarres. Nous avons pu nous convaincre, lors de fréquentes visites, que notre étude n'a modifié en rien leurs habitudes de stockage de l'eau.

Plusieurs méthodes ont été employées pour évaluer la densité stégomyienne, mais nous avons plus particulièrement porté notre attention sur la première.

## 2.2. Techniques employées.

### 2.2.1. DENSITÉ LARVAIRE PAR GÎTE.

Dans ces trois villages, un certain nombre de petites jarres en terre cuite, absolument identiques à celles qu'utilisent les habitants pour emmagasiner l'eau de boisson, ont été disposées. Ces jarres étaient numérotées et placées en général à l'intérieur des habitations, comme les autres récipients utilitaires. Une personne était chargée de les remplir à jours fixes avant qu'elles ne soient complètement vidées par évaporation ou par porosité. Toutes les deux semaines, une équipe visitait chacune de ces jarres-pièges, en vidait l'eau et prélevait toutes les larves présentes, qui étaient classées en trois catégories, correspondant grossièrement à leur stade larvaire : petites (stades I et II), moyennes (stade III) et grosses (stade IV). Les résultats étaient portés sur une fiche comportant le numéro de la jarre, le nom du village et la date de prospection.

Nous avons placé à Kongolekan, Koumbia et Dougoumato respectivement 60, 40 et 30 jarres. A la suite de nombreux impondérables (fêlure, oubli de remplissage, passage d'un enfant ou d'un animal domestique, absence d'un habitant ayant fermé sa

maison à clé, etc.), le nombre de jarres-pièges enregistrées a varié fortement d'un mois à l'autre.

La moyenne mensuelle de la densité larvaire par gîte positif était calculée par l'indice suivant :

$$L = \frac{n}{c \times p}$$

où  $n$  est le nombre total de formes préimaginales,  $c$  le nombre de jarres-pièges positives pendant le mois, et  $p$  le nombre de prélèvements effectués en un mois.

SURTEES (1959) a utilisé dans le sud-ouest du Nigeria un indice analogue, mais dans lequel  $c$  représentait le nombre total de jarres-pièges disposées.

Les jarres-pièges ont été installées et remplies régulièrement deux mois avant le début des comptages de larves, afin d'éliminer les perturbations qui pourraient apparaître à la suite de la création de ces nouveaux gîtes potentiels.

#### 2.2.2. MÉTHODE DES PONDOIRS-PIÈGES.

Dix pondoirs-pièges ont été installés dans chacun des deux villages de Koumbia et Dougoumato. Ils sont constitués de petits récipients cylindriques, à ouverture légèrement rétrécie, de contenance égale à 2 litres, en terre cuite vernissée; à l'intérieur sont disposées verticalement deux baguettes de bois recouvertes de papier buvard, qui sert de support pour les œufs. Ces récipients sont remplis aux trois-quarts d'eau au début de la période de quinze jours; par évaporation le niveau de l'eau s'abaisse lentement, si bien que les œufs, n'étant pas submergés, n'éclosent pas. Ces œufs sont comptés tous les quinze jours, puis le pondoir-piège est à nouveau rempli d'eau et pourvu de baguettes neuves.

La fréquence mensuelle des œufs par pondoir était calculée par un indice analogue au précédent :

$$O = \frac{n'}{P \times p}$$

où  $n'$  est le nombre total d'œufs,  $P$  le nombre total de pondoirs positifs en un mois, et  $p$  le nombre de prélèvements.

#### 2.2.3. PIÈGES LUMINEUX CDC.

Nous avons utilisé deux pièges lumineux du type « CDC miniature light trap » dans le village de Kongolekan. Ce procédé a été utilisé dans des enquêtes entomologiques sur les vecteurs des paludismes humains (ОДЕТОУИИВО, 1968; HAMON *et al.*, 1969).

Les pièges étaient disposés à l'intérieur des habitations et alimentés par des batteries d'accumulateurs de 6 volts. Ces pièges fonctionnaient toute la nuit, deux nuits consécutives.

#### 2.2.4. TRAITEMENTS AU PYRÈTHRE.

Chaque fois que cela fut possible, nous avons effectué des aspersion de pyrèthre dans cinq pièces du village de Kongolekan, les moustiques tués étant récoltés sur des draps recouvrant le sol.

#### 2.2.5. CAPTURES SUR HOMME.

Faute de temps et de personnel disponible, la capture n'avait lieu que pendant trois heures, de 17 à 20 heures (heure G.M.T.) deux soirs de suite et ne concernait que deux collecteurs, l'un à l'intérieur d'une maison, l'autre à l'extérieur.

DYNAMIQUE DES POPULATIONS D'*Aedes aegypti*

Ces différentes études étaient effectuées tous les quinze jours.  
Notons, en outre, que des essais préliminaires de lutte larvicide ont été effectués à Dougoumato, en mai 1968. L'insecticide employé était l'Abate (O.M.S. 786).

Résumons les différentes opérations effectuées dans les trois villages :

	<i>Koumbia</i>	<i>Kongolekan</i>	<i>Dougoumato</i>
Jarres-pièges ...	+	+	+
Pondoirs-pièges .	+	—	+
Pièges lumineux .	—	+	—
Pyréthre .....	—	+	—
Capture sur homme .....	—	+	—
Traitement Abate .....	—	—	+

### 3. RÉSULTATS

#### 3.1. Jarres-pièges. Densité larvaire par gîte.

##### 3.1.1. COMPARAISON DES TROIS VILLAGES.

Les résultats obtenus pour l'indice moyen mensuel L sont réunis sur le tableau I et représentés sur les graphiques de la figure 2. Au total, il a fallu compter plus de 117.000 larves.

TABLEAU I  
Nombre moyen de préadultes par biotope (comptages effectués toutes les deux semaines)

Mois	<i>Koumbia</i>	<i>Kongolekan</i>	<i>Dougoumato</i>	Total
	L	L	L	L
1968 :				
Avril .....	35,8	54,9	50,6	46,1
Mai .....	34,6	30,6	34,9	33,1
Juin .....	41,8	48,4	32,6	43,2
Juillet .....	63,1	29,5	31,6	39,4
Août .....	39,9	31,5	31,5	35,0
Sept. ....	32,6	31,0	32,4	31,9
Oct. ....	20,2	8,9	8,8	13,4
Nov. ....	87,7	33,7	44,6	56,8
Déc. ....	9,9	9,2	8,9	9,4
1969 :				
Janv. ....	33,5	17,8	24,4	26,6
Fév. ....	41,4	23,6	17,3	30,5
Mars .....	49,2	22,1	17,8	32,8

Moyenne annuelle :            37,5            28,03            27,2            31,8

Médiane :                    32,6-49,2            17,8-33,7            17,3-34,9            26,6-43,2  
(intervalle de confiance à 4 %).

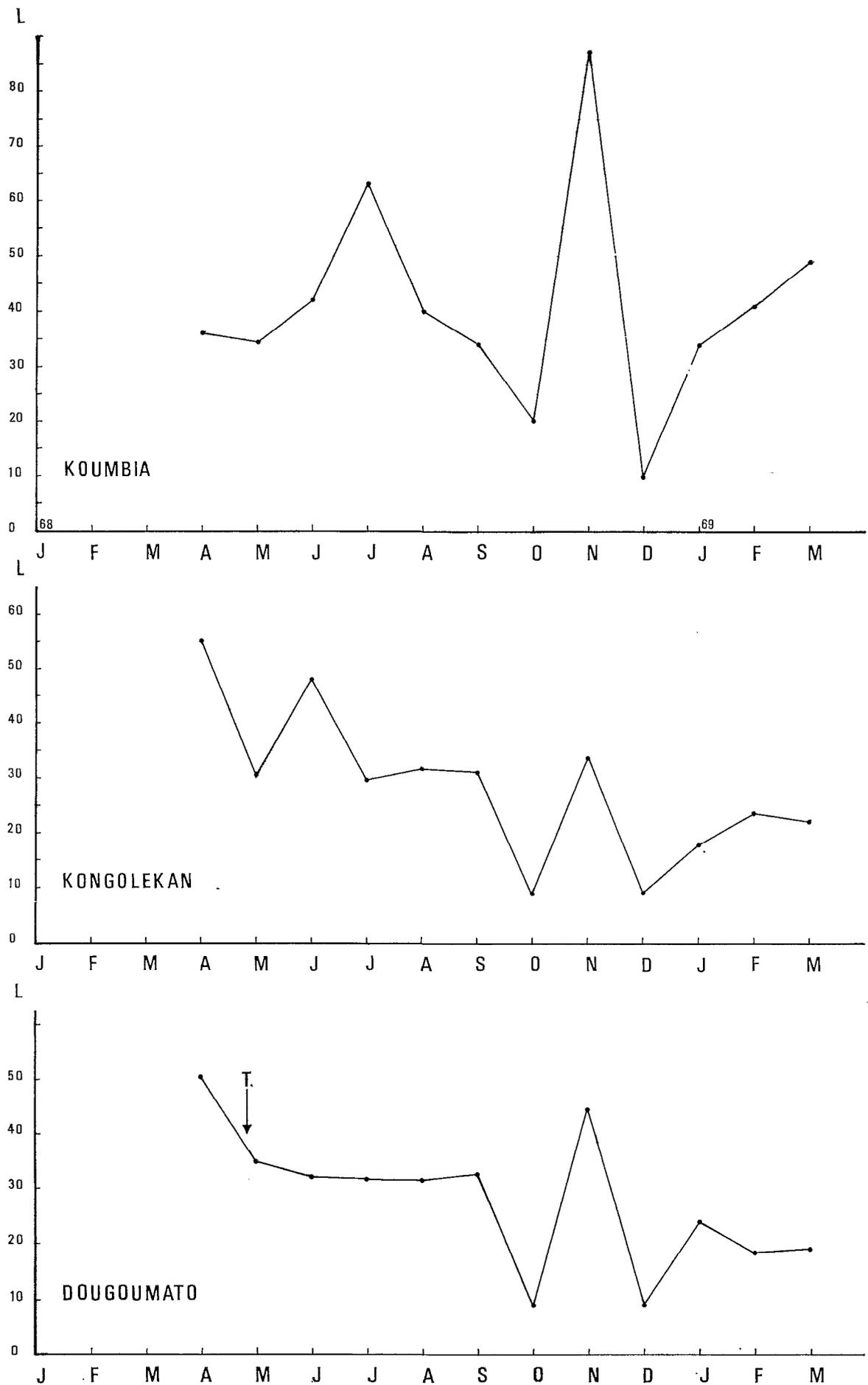


FIG. 2. — Fluctuations mensuelles de la densité larvaire par gîte dans les trois villages étudiés  
T: traitement larvicide effectué à Dougoumato

Bien que l'indice stégomyien soit pratiquement constant pour les trois villages, on constate que la densité larvaire par gîte subit d'importantes fluctuations. Ces fluctuations ont une amplitude particulièrement marquée pour le village de Koumbia. La densité moyenne annuelle est du même ordre de grandeur pour les trois villages : elle est de 27,2 pour Dougoumato, 28,0 pour Kongolekan et 36,1 pour Koumbia. Les médianes correspondantes sont 31,5, 30,0 et 37,8. Ces valeurs ne sont pas significativement différentes au seuil 4 % (intervalles de confiance de médianes, *in* BEYER, 1966).

On ne peut comparer les trois courbes de la figure 2 par les tests statistiques habituels, car la forme de la distribution de cet indice est inconnue. Pour voir si elles sont concordantes, c'est-à-dire si elles suivent des directions parallèles, on a utilisé la méthode du coefficient de concordance de KENDALL (1962), qui est valable et efficace quelle que soit la fonction de répartition des variables (cf. Annexe 1). Le test se révèle significatif, au risque 5 %, ce qui indique que les trois courbes observées varient conjointement.

### 3.1.2. ETUDE GLOBALE.

Il est donc légitime de regrouper les résultats des trois villages en un seul graphique (figure 3) dont voici les caractéristiques :

- la densité larvaire est minimale en décembre (9,4) ;
- on observe ensuite une remontée assez régulière pendant la deuxième moitié de la saison sèche, qui atteint un maximum en avril (46,1) ; elle est suivie d'une légère descente en mai (33,1) ;
- pendant la saison des pluies, on assiste à une légère remontée en juin (43,2), puis à une descente lente jusqu'en septembre (31,9) ;
- en octobre, dernier mois de la saison des pluies, a lieu une brusque chute de la densité (13,4) ; qui est suivie en novembre d'une remontée aussi brusque (56,8). La densité s'effondre à son niveau le plus bas en décembre (9,4). Ce pic de novembre constitue un élément caractéristique et constant pour chacun des trois villages.

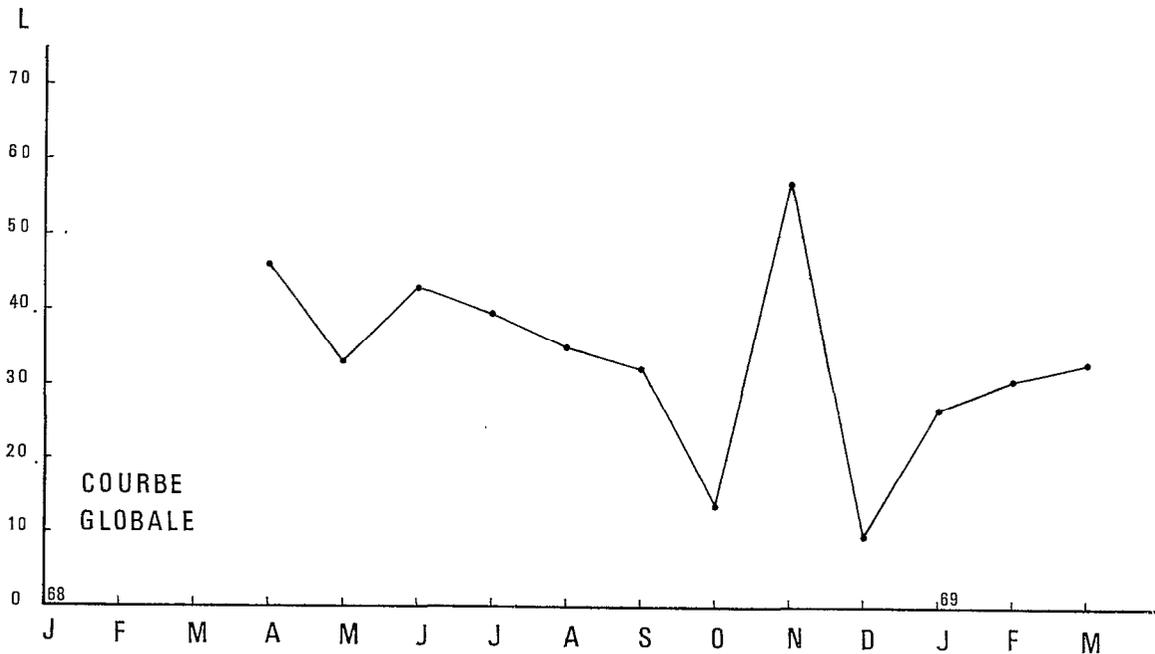


Fig. 3. — Fluctuations mensuelles de densité larvaire obtenues en regroupant les données des trois villages

### 3.1.3. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS.

#### 3.1.3.1. *Facteurs abiotiques.*

La méthode de corrélation des rangs (KENDALL, *op. cit.*) pour comparer le graphique global de densité larvaire aux différents éléments climatologiques a été utilisée (cf., annexe 2). Le test n'est trouvé significatif dans aucun des cas : les valeurs de  $r$  trouvées pour la température, l'humidité relative et la pluviométrie sont respectivement : — 0,17, 0,27 et 0,20 alors que la valeur critique au seuil 5 % est 0,43.

Les fluctuations de  $L$  ne sont donc pas directement liées aux facteurs climatiques, même si on tient compte d'un certain décalage.

Une expérience analogue a été réalisée par SURTEES (1959) dans un village du sud-ouest du Nigeria, où le climat est du type équatorial. Il observe également des fluctuations importantes qui n'ont aucune corrélation avec les facteurs abiotiques. Par contre on constate quelques similitudes entre son graphique et le nôtre.

Ces ressemblances pour des régions climatologiquement très différentes confirment la faible influence des facteurs abiotiques sur les variations de la densité d'*Aedes aegypti*. Il est probable que ce fait tient à la nature des gîtes. En effet, la porosité de ceux-ci entraîne une évaporation d'autant plus forte que l'humidité relative est plus basse et que la température ambiante est plus élevée. Il s'ensuit que les amplitudes de températures journalières ou saisonnières sont beaucoup plus faibles dans les jarres que celles de la température ambiante. Dans une moindre mesure, il est possible que ces mêmes jarres constituent à certaines périodes une zone de refuge pour les adultes. En particulier, lorsque la température est élevée et l'humidité relative très basse, il nous a semblé qu'un certain nombre d'adultes se reposaient sur les parois des jarres, où doit régner un écidoclimat favorable. La nature de ces gîtes larvaires limiterait donc fortement l'action des facteurs climatiques sur la densité d'*Ae. aegypti*.

#### 3.1.3.2. *Facteurs biotiques.*

Les fluctuations de densité observées pour la forme domestique d'*Aedes aegypti* sont principalement dues à l'inter-action de plusieurs facteurs biotiques :

— Des facteurs synécologiques :

1° Il s'agit surtout de la coexistence d'*Aedes aegypti* et de l'homme qui, consciemment ou non, provoque une diminution ou un accroissement de la densité.

2° Dans certaines conditions, par exemple si le type principal de gîte pour *Aedes aegypti* est constitué par des récipients contenant une eau suffisamment souillée, il peut y avoir compétition interspécifique, principalement avec *C. nebulosus* ou *C. gr. decens*.

3° Il peut y avoir enfin une prédation importante des larves d'*Aedes aegypti* par *C. tigris*. Ces deux derniers facteurs jouent sans doute un rôle important dans certains foyers stégomyiens, mais ce n'est pas le cas de la région étudiée.

— Des facteurs autécologiques, principalement la compétition intraspécifique et interstadiale, qui joue certainement un grand rôle en microlimnologie, en particulier dans la dynamique des populations du sous-genre *Stegomyia*, dont les gîtes larvaires ont toujours un très faible volume.

En zone de forêt, il est possible qu'un autre type de compétition intraspécifique joue lorsque des individus d'origine domestique et d'origine sauvage coexistent dans le même gîte.

On peut faire appel aux différents facteurs énumérés ci-dessus pour interpréter les fluctuations globales observées.

La remontée régulière de janvier à avril, soit pendant la deuxième partie de la saison sèche, peut être due assez paradoxalement à la raréfaction croissante de l'eau dans les puits : les habitants sont tenus à utiliser leur eau avec plus de parcimonie, si bien que le nombre de larves dans les gîtes « normaux » s'accroît. D'autre part, les premières

pluies peuvent entraîner l'éclosion d'un certain nombre d'œufs dans les récipients abandonnés à l'extérieur.

La stabilisation de la densité larvaire à un niveau assez élevé entre mai et septembre (pleine saison des pluies) correspond à la période où les puits sont à nouveau approvisionnés, d'où un renouvellement pratiquement constant de l'eau dans les jarres, et une production constante d'adultes, qui auraient, en outre, une probabilité de survie plus grande, l'humidité relative étant élevée. On a pendant cette période un pic en juin à Kongolekan et en juillet à Koumbia. Ce décalage est difficile à interpréter, il peut être dû à un décalage dans l'approvisionnement des puits en eau.

L'absence de pic pendant cette période à Dougoumato est très vraisemblablement due au traitement des jarres domestiques par un larvicide, l'Abate, qui a eu lieu fin mai. Seules les jarres d'eau de boisson avaient été traitées avec la même dose de 0,5 gramme de granules de ce produit, quelle que soit leur contenance (ce qui portait la concentration en matière active des plus petites, contenant 5 litres à 1 ppm, concentration prescrite par l'O.M.S.). Ce traitement a entraîné une forte diminution de l'indice stégomyien de ce village qui est revenu à son niveau antérieur deux mois après (PICHON, 1968).

GAYRAL et PICHON (1969) ont montré que le traitement par l'Abate entraînait une diminution du taux de gîtes positifs, même parmi ceux qui n'étaient pas traités. Les ressources hydriques de Kongolekan et Dougoumato étant identiques, le pic de juin a probablement été supprimé dans ce dernier village par le traitement à l'Abate.

Les fluctuations d'amplitude élevée que l'on observe nettement pour les trois villages entre octobre et décembre, soit pendant la première partie de la saison sèche, ne peuvent s'expliquer uniquement par des facteurs synécologiques.

SURTEES (1959) pense que ces fluctuations dépendent essentiellement du nombre de larves par gîte. Il a d'ailleurs prouvé en laboratoire qu'une densité trop élevée entraîne une mortalité de 100 %, et cette mortalité serait due à l'insuffisance de nourriture disponible. WADA (1965), par des expériences où la quantité de nourriture par larve est gardée constante, démontre que la seule haute densité peut produire les effets suivants : mortalité élevée, allongement de la durée du développement, production d'excès de mâles et adultes de petite taille. Ces effets ne seraient pas dus aux déchets métaboliques accrus, mais plutôt à des processus neuro-physiologiques complexes. Ce facteur explique probablement la chute de décembre, qui suit une forte densité.

On remarque d'ailleurs sur les graphiques qu'il y a généralement une chute chaque fois que l'indice L dépasse la valeur moyenne de 40, et que les augmentations brusques sont suivies d'une diminution aussi brusque.

Le même facteur suffit à expliquer la brusque remontée de novembre à la suite de la faible densité d'octobre. On a en effet prouvé que les faibles densités larvaires entraînaient une mortalité faible et une vitesse de développement accrue. Notons en outre qu'une faible densité entraîne également une plus faible puissance de vol (WADA, 1965), d'où peut-être une plus forte probabilité pour les femelles qui en sont issues, de revenir pondre dans le gîte où elles ont effectué leur développement larvaire. Il serait intéressant de vérifier ce fait à l'aide d'expériences de marquage. Cependant, il faut également signaler qu'une trop faible densité a une action néfaste sur le développement larvaire, car elle s'accompagne d'une augmentation de la pression osmotique du milieu aqueux; il en résulterait une moins bonne utilisation par les larves des acides aminés dissous (SINGH et MICKS, 1958).

On peut également invoquer d'autres causes influençant les fluctuations de densité observées : fertilité accrue des femelles pendant certaines périodes ou variations de la concentration de l'eau des gîtes en certaines matières nutritives ou attractives.

BUXTON et HOPKINS (1927) ont énuméré un certain nombre de facteurs, physiques ou chimiques, susceptibles de modifier l'attractivité des gîtes potentiels pour les femelles gravides d'*Ae. aegypti*. HAZARD et al. (1967 a et 1967 b) ont démontré que certaines bactéries produisent des composés chimiques qui sont attractifs pour les femelles gravides et qui stimulent la croissance larvaire d'*Aedes aegypti*. PERRY et FAY (1967) énumèrent un certain nombre d'esters d'acides gras qui se révèlent attractifs pour les femelles gravides, le plus important étant le butyrate de méthyle. Il est probable que des variations dans la concentration de l'eau en ces substances interviennent au cours de l'année.

Il est possible également que les habitants utilisent pendant certaines périodes des infusions de plantes attractives d'où une migration préférentielle de la densité stégomyique vers ces nouveaux gîtes, au détriment des gîtes habituels. PICHON et SALES (1967) ont, en effet, mis en évidence le fort pouvoir attractif d'une infusion d'une plante largement utilisée comme médicament traditionnel en Afrique occidentale, *Anona senegalensis* Pers.

L'existence de populations de très faibles densités à certaines périodes (octobre et décembre) est importante, car elle permet, en outre, des fluctuations marquées de la sex-ratio, ce qui entraîne de grands écarts de « rendement » d'un gîte à l'autre et d'un village à l'autre. Il serait également intéressant d'étudier les conséquences de ces faibles populations en ce qui concerne la fréquence de certains gènes par rapport à leurs allèles. Il est en effet permis de supposer que le pouvoir vecteur, la résistance aux insecticides, etc., d'une population peuvent varier fortement d'une année à l'autre, à la suite des fluctuations d'échantillonnage marquées qui risquent de se produire en octobre ou en décembre.

### 3.2. Pondoires-pièges.

La technique des pondoires-pièges est très sensible. Elle a permis de mettre à plusieurs reprises en évidence la présence de femelles gravides d'*Aedes aegypti* dans des régions où nous ne trouvons aucun gîte positif. Elle est utilisée à grande échelle dans plusieurs villes des Etats-Unis, en dernière phase d'éradication, où la densité d'*Aedes aegypti* est très faible (FAY et ELIASON, 1966). La sensibilité de cette méthode peut être accrue si l'on place dans le récipient une fiole contenant du butyrate de méthyle (FAY et PERRY, 1965).

Les variations de l'indice O dans les villages de Dougoumato et de Koumbia étant analogues, nous présentons sur le tableau II les résultats globaux qui sont comparés en pourcentage de la capture totale aux indices larvaires L et L<sub>1+2</sub>.

TABLEAU II  
Variations mensuelles de la densité des œufs par pondoire

Mois	O	Pourcentage de la récolte totale		
		Œufs	Larves	Larves I-II
1968 :				
Avril .....	66,2	7,9	14,2	10,2
Mai .....	100,5	12,1	10,1	10,2
Juin .....	107,9	13,0	13,2	17,1
Juillet .....	166,9	20,0	12,0	18,0
Août * .....	—	—	—	—
Septembre * .....	—	—	—	—
Octobre .....	34,0	4,1	4,0	4,3
Novembre .....	115,6	13,9	17,5	17,1
Décembre .....	54,4	6,5	2,8	3,4
1969 :				
Janvier .....	74,9	9,0	8,3	7,7
Février .....	59,1	7,1	8,0	4,3
Mars .....	52,7	6,3	9,9	7,7
Total :	832,2	100,0	100,0	100,0

\* Les comptages n'ont pas eu lieu pendant les mois d'août et septembre.

## DYNAMIQUE DES POPULATIONS D'*Aedes Aegypti*

Le graphique de la figure 4 montre clairement que la concordance des résultats obtenus par pondoirs avec l'indice L est assez bonne, et qu'elle est excellente avec l'indice  $L_1 + 2$ .

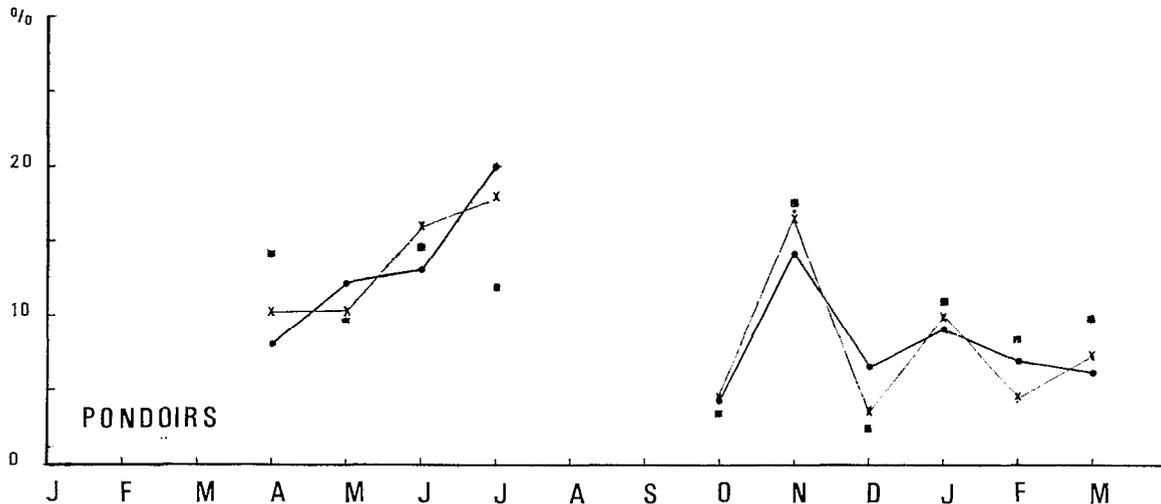


FIG. 4. — Fluctuations des densités d'œufs par pondoir-piège exprimées en pourcentage de la récolte totale. Le graphique en traits fins représente les variations de la densité des jeunes stades larvaires. Les carrés représentent les valeurs correspondantes de la densité larvaire globale

Un tel résultat confirme la validité des deux méthodes employées dans l'évaluation des densités stégomyiennes. En particulier, il met une fois de plus en évidence l'utilité des pondoirs-pièges, dont l'emploi mériterait d'être généralisé en Afrique pour l'étude des vecteurs potentiels de fièvre jaune.

Du point de vue biologique, l'étroite relation observée entre le nombre d'œufs pondus et le nombre de jeunes larves montre qu'il n'y a pas de grosses variations saisonnières dans le pourcentage d'éclosion des œufs, ni dans leur éclosion différée. Réciproquement, on peut penser que le taux de mortalité des jeunes larves est pratiquement constant au cours de l'année. Les fluctuations de densité seraient surtout dues à des fluctuations de la mortalité des larves plus âgées.

Le taux de ponte des femelles (dont les composantes sont la longévité et la fertilité) est en tous points comparable à la densité larvaire.

### 3.3. Autres procédés de capture.

Le tableau III résume le nombre moyen d'adultes récoltés par capture. Les graphiques de la figure 5 représentent les variations mensuelles en pourcentage de la capture totale.

#### 3.3.1. PIÈGES LUMINEUX C.D.C.

Bien que l'on observe pour les femelles une certaine concordance (pic de novembre), il n'est pas possible de conclure, le nombre total d'adultes récoltés pendant une année étant trop faible : il est égal à 30 pour 104 nuits pièges.

Un si faible effectif est dû aux fréquentes pannes dans le fonctionnement des pièges, et surtout probablement au fait qu'*Aedes aegypti* est une espèce diurne et crépusculaire alors que ces pièges n'étaient mis en marche qu'au début de la nuit. Il serait intéressant de voir quel résultat donneraient les pièges pendant la journée, à l'intérieur des maisons, avec ou sans lampe.

TABLEAU III  
Autres procédés de capture. Nombre d'adultes récoltés par capture

		A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	Totaux
Piège (♂♀)	Nombre	4,5	3	x (1)	3	1,5	0	0	2	2	0,5	0,5	2	19,9
	% . . . .	23,7	15,8	x	15,8	8,0	0	0	10,5	10,5	2,6	2,6	10,5	100,0
CDC (♀)	Nombre	0,5	2	x	1,5	1,5	0	0	1	0	0	0	1	7,5
	% . . . .	6,8	26,6	x	20,0	20,0	0	0	13,3	0	0	0	13,3	100,0
(♂♀) Pyrèthre	Nombre	12,5	17	32	17	3	5	3,5	2	10	5	3	2,5	112,5
	% . . . .	11,0	15,0	29,4	15,0	2,7	4,4	3,0	1,8	9,0	4,4	2,7	2,0	100,0
(♀)	Nombre	8,5	14	16	7	3	4	1,5	2	10	3	3	1,5	73,5
	% . . . .	11,7	19	21,8	9,5	4,1	5,4	2,0	2,7	13,6	4,1	4,1	2,0	100,0
Capture sur homme (♀)	Nombre	7	24	13	17	6	8	7	1	6,5	9	1,5	11	111,0
	% . . . .	6,3	21,6	11,7	15,3	5,4	7,2	6,3	0,9	5,9	8,1	1,3	10	100,0

(1) x ; Pas de capture.

### 3.3.2. CAPTURE AU PYRÈTHRE.

On ne constate pas de corrélation avec les courbes larvaires ou de ponte. En particulier, nous n'observons pas de pic de novembre. Cependant, il faut constater que les résultats ont été biaisés par plusieurs facteurs : les pièces traitées n'étaient plus habitées, les habitants refusaient de laisser traiter la pièce que l'on utilisait auparavant, etc.

### 3.3.3. CAPTURE SUR HOMME.

Les résultats ne concordent pas non plus avec ceux observés par les autres procédés. Il faut, ici encore, imputer des raisons expérimentales. Nous disposions en effet seulement de deux captureurs, et ceux-ci n'étaient pas les mêmes d'une capture à l'autre. Or, les expériences de KHAN et *al.* (1965) et de RAHM (1958) montrent que le pouvoir attractif peut varier fortement d'un sujet à l'autre. La technique des appâts humains n'est valable que si l'on dispose de suffisamment de sujets et si on les utilise selon une permutation circulaire, ce qui ne nous était pas possible.

## 4. CONCLUSIONS.

### 4.1. Conclusions sur l'expérience.

Bien que l'indice stégomyien soit pratiquement resté constant pendant toute la durée de cette étude, le nombre effectif des larves, d'où le degré d'infestation, a varié fortement d'un mois à l'autre.

Par contre, on observe des fluctuations parallèles dans différents villages d'une région homogène des points de vue ethnique et climatique. Cette constatation confirme *a posteriori* la validité des foyers stégomyiens (PICHON et *al.*, 1969) se superposant aux aires de répartition de certaines ethnies, et qui ont pour but de délimiter des régions apparemment homogènes vis-à-vis des risques d'apparition d'épidémies de fièvre jaune.

Les fluctuations de densité de la forme domestique d'*Ae. aegypti* sont indépendantes des facteurs abiotiques, en particulier de la pluviométrie.

DYNAMIQUE DES POPULATIONS D'*Aedes Aegypti*

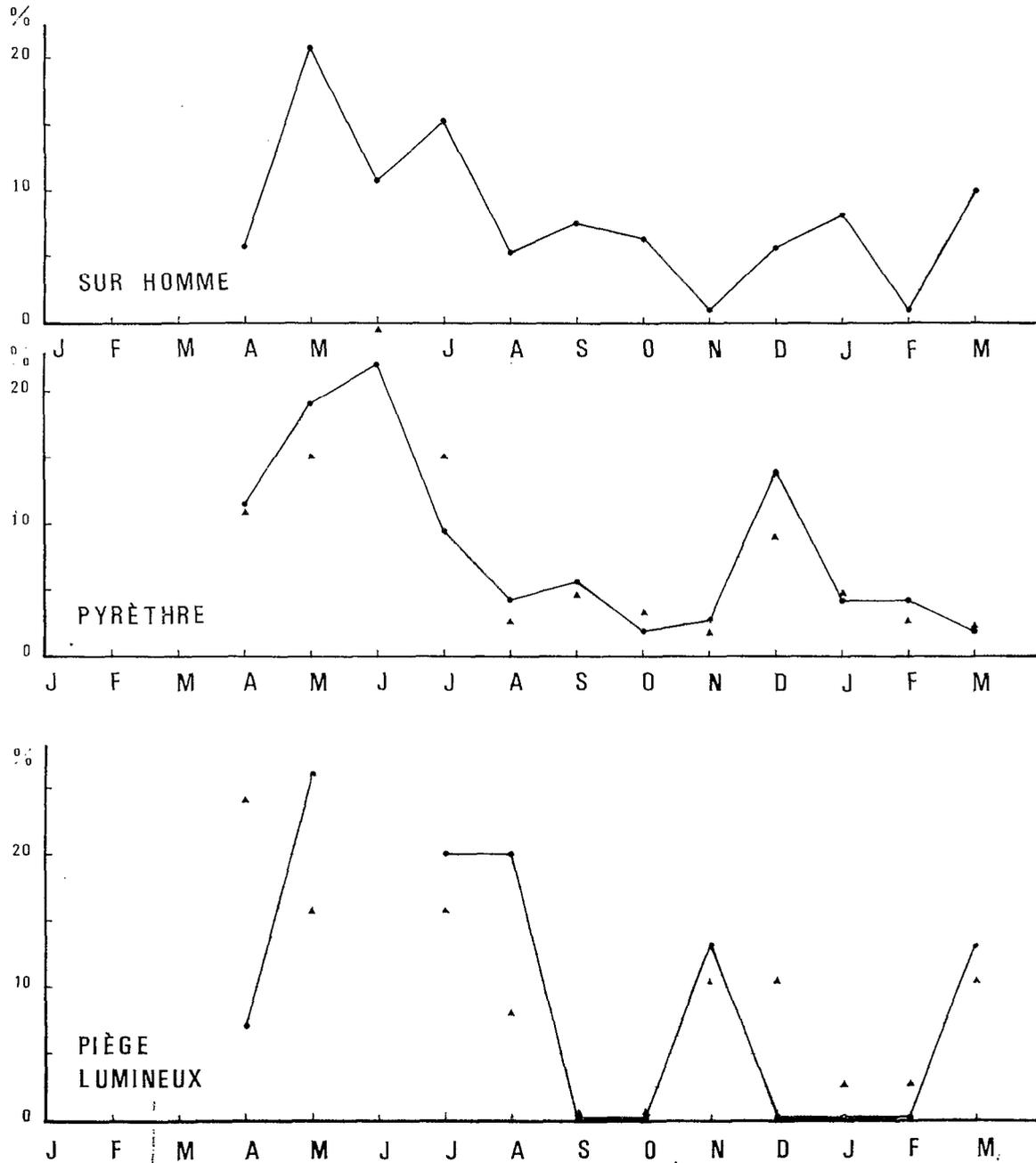


FIG. 5. — Fluctuations du nombre mensuel d'adultes obtenus par différents procédés de capture exprimé en pourcentage de la capture totale. Les lignes reliant des points concernent les femelles uniquement. Les triangles représentent l'ensemble des adultes

On observe en saison sèche une pullulation brutale et considérable en novembre, ce que ne laissait pas prévoir l'indice stégomyien ou tout autre indice portant sur le simple dénombrement des gîtes. Dans la région considérée, les fluctuations observées semblent dues à des facteurs synécologiques (les habitudes de stockage de l'eau des habitants), et autécologiques (régulation de la densité larvaire, attractivité variable des gîtes selon cette densité).

Inversement, on observe à certaines périodes des densités très faibles, qui doivent s'accompagner de fluctuations d'échantillonnage importantes. Il serait intéressant de vérifier ce fait, en particulier pour voir si la fréquence de certains gènes varie fortement d'une année à l'autre, ce qui entraînerait des différences importantes dans les potentialités d'une population stégomyienne en ce qui concerne le pouvoir vecteur, la résistance aux insecticides, etc.

Du point de vue épidémiologique, le pic en novembre permet d'envisager alors, en présence du virus, une flambée épidémique qui s'interromprait spontanément en décembre, la densité vectorielle étant alors inférieure au seuil permettant la transmission. A posteriori, on peut se demander si l'épidémie de 1965 qui a sévi à Diourbel, dans une région de savane du Sénégal, n'est pas due à ce phénomène, puisque 85 % des décès enregistrés ont eu lieu pendant le mois de novembre, en pleine saison sèche (CHAMBON *et al.*, 1967; CORNET *et al.*, 1968).

#### 4.2. Considérations sur les méthodes d'évaluation de la densité stégomyienne.

L'étude de la densité larvaire par la méthode des jarres-pièges s'est montrée très fructueuse, mais elle nécessite une main-d'œuvre assez importante, de nombreuses manipulations et des comptages longs et fastidieux.

Son avantage essentiel est de donner le même résultat quelle que soit la personne qui remplit les jarres, qui les vide et qui compte les larves.

Par contre, les captures au pyrèthre ou sur l'homme sont difficiles à standardiser et varient fortement d'un captureur à l'autre, et sont sujettes à de nombreux impondérables.

Dans les conditions où nous l'avons utilisé, le piège lumineux CDC a capturé un trop faible nombre d'individus et ne permet aucune conclusion.

La seule méthode qui présente les mêmes avantages que celle des jarres-pièges est la technique des pondoires-pièges; elle présente en outre l'intérêt d'être de manipulation aisée, d'être parfaitement standardisable et de ne nécessiter qu'un personnel restreint (une seule personne peut prospecter plusieurs villages en une seule journée). Il serait du plus haut intérêt d'utiliser cette méthode simple pour étudier les fluctuations saisonnières d'*Aedes aegypti* dans les régions où cette espèce est abondante.

#### REMERCIEMENTS.

Nous remercions vivement M. J. DÉJARDIN, Biométricien O.R.S.T.O.M., pour son aide précieuse dans l'exploitation statistique de nos résultats.

Nous tenons à remercier également le personnel du Laboratoire d'Entomologie du Centre Muraz pour sa collaboration technique, particulièrement MM. les Infirmiers auxiliaires PALENFO BAOUAMANA et D. DABRE DAOUA.

Nous exprimons notre reconnaissance à MM. P. GRENIER, Chef de Service à l'Institut Pasteur (Paris), et J. HAMON, Chef de la Mission O.R.S.T.O.M. de Bobo-Dioulasso, qui ont bien voulu relire cet article.

*Manuscrit reçu le 26-2-1970.*

## BIBLIOGRAPHIE

- BEYER (W.H.B.), 1966. — Handbook of tables for probability and statistics. The chemical Rubber Co., Cleveland, 502 p. (p. 266).
- BRETEAU (H.), 1954. — La fièvre jaune en Afrique occidentale française. Un aspect de la médecine préventive massive. *Bull. Org. Mond. Santé*, **11**, 453-481.
- BUXTON (P.A.), HOPKINS (G.H.E.), 1927. — Researches in Polynesia and Melanesia. Parts I — IV (Medical entomology). *Memoirs Lond. School Hyg. Trop. Med.*, n° 1, 260 p.
- CHAMBON (L.), WONE (I.), BRES (P.) et al., 1967. — Une épidémie de fièvre jaune au Sénégal en 1965. L'épidémie humaine. *Bull. Org. Mond. Santé*, **36**, 113-150.
- CORNET (M.), ROBIN (Y.), HANNOUN (C.) et al., 1968. — Une épidémie de fièvre jaune au Sénégal en 1965. Recherches épidémiologiques. *Bull. Org. Mond. Santé*, **39**, 845-858.
- FAY (R.W.), ELIASON (D.A.), 1966. — A preferred oviposition site as a surveillance method for *Aedes aegypti*. *Mosq. News*, **26**, (4), 531-535.
- FAY (R.W.), PERRY (A.S.), 1965. — Laboratory studies of ovipositional preferences of *Aedes aegypti*. *Mosq. News*, **25** (3), 276-281.
- GAYRAL (Ph.), PICHON (G.) (sous presse). — Emploi de l'Abate dans la lutte contre les formes larvaires d'*Aedes aegypti* Linné à l'échelle d'un village en Haute-Volta. *Rapp. fin. IX<sup>e</sup> Conf. techn. O.C.C.G.E.*, 1969, Bobo-Dioulasso.
- HAMON (J.), SALES (S.), GAYRAL (Ph.), 1969. — Evaluation des pièges lumineux CDC pour l'échantillonnage des populations de moustiques dans le sud-ouest de la Haute-Volta, Afrique occidentale. I. Evaluation des pièges à l'intérieur des habitations. *Rapp. multigr. O.C.C.G.E. — Centre Muraz*, n° 18/ENT/69, viii + 7 p.
- HAZARD (E.I.), MAYER (M.S.), SAVAGE (K.E.), 1967. — Attraction and oviposition stimulation of gravid female mosquitoes by bacteria isolated from hay infusions. *Mosq. News*, **27**, (2), 133-136.
- HAZARD (E.I.), TURNER (R.B.), LOFGREN (C.S.), 1967. — Mosquito growth stimulating substances associated with infusions. *J. Med. ent.*, **4**, (4), 455-460.
- KENDALL (M.G.), 1962. — Rank correlation methods. 3rd ed., London, Griffin et C°, vi + 199 p.
- KHAN (A.A.), MAIBACH (H.I.), STRAUSS (W.G.), FENLEY (W.R.), 1965. — Screening humans for degrees of attractiveness to mosquitoes. *J. econ. Ent.*, **58**, (4), 694-697.
- ODETOYINBO (J.A.), 1968. — Preliminary investigations of the use of a light trap for sampling malaria vectors in Gambia, West Africa. *WHO/Mal/68.661*, Genève, 19 p.
- PERRY (A.S.), FAY (R.W.), 1967. — Correlation of chemical constitution and physical properties of fatty acid esters with oviposition response of *Aedes aegypti*. *Mosq. News*, **27**, (p), 175-183.
- PICHON (G.), 1968. — Preliminary field evaluation of Abate (OMS 786) pellets against *Aedes aegypti* larvae in West Upper Volta, West Africa. *O.M.S., VBC./ETI/68.9 add.* **2**, 1 p.
- PICHON (G.), HAMON (J.), MOUCHET (J.), 1968. — Groupes ethniques et foyers potentiels de fièvre jaune dans les états francophones d'Afrique occidentale. *8th internation. Congr. trop. med. et malarisol.*, Téhéran, 636-637.
- PICHON (G.), HAMON (J.), MOUCHET (J.), 1969. — Groupes ethniques et foyers potentiels de fièvre jaune dans les états francophones d'Afrique occidentale. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, **7** (1), 39-50, 1 carte.
- PICHON (G.), SALES (S.), 1967. — Etude de la répartition et de la fréquence d'*Aedes aegypti* dans le nord-ouest de la Côte d'Ivoire. *Rapp. multigr. O.C.C.G.E. — Centre Muraz*, Bobo-Dioulasso, 553/ENT/67, xx + 25 p., 2 cart.

- RAHM (U.), 1958. — Die attraktive Wirkung der vom Menschen Abgegebenen Duftstoffe auf « *Aedes aegypti* ». *L. Bull. I.P.* **60** 12181.
- SINGH (K.R.P.), MICKS (D.W.), 1958. — Effects of growth of *Aedes aegypti* L. larvae, on a chemically defined medium. *Mosq. News*, **18**, (2), 59-63.
- SURTEES (G.), 1959. — Influence of larval population density on fluctuation in mosquito numbers. *Nature*, **183**, 269-270.
- TINKER (M.E.), 1967. — Measurement of *Aedes aegypti* populations. *J. econ. Ent.*, **60**, (3), pp. 634-637.
- WADA (Y.), 1965. — Effect of larval density on the development of *Aedes aegypti* (L.) and the size of adults. *Quaest. ent.*, **1**, pp. 223-249.



b. *Température*

Mois	Densité <i>i</i>	Tempér. <i>j</i>	Rangs de <i>i</i> et <i>j</i> dans l'ordre chronologique		Couples de rangs dans l'ordre des rangs de <i>i</i>		Points positifs et négatifs pour chaque rang de <i>j</i>	
							+	-
A ..	46,1	33,3	11	8	1	8	3	6
M ..	33,1	32,3	7	5	2	6	5	5
J ..	43,2	30,9	10	4	3	10	2	7
J ..	39,4	29,2	9	1	4	11	1	7
A ..	35,0	29,9	8	2	5	3	5	2
S ..	31,9	30,2	5	3	6	12	0	6
O ..	13,4	32,8	2	6	7	5	2	3
N ..	56,8	33,3	12	8	8	2	3	1
D ..	9,4	33,3	1	8	9	1	3	0
J ..	26,6	33,7	3	10	10	4	2	0
F ..	30,5	36,5	4	11	11	8	0	0
M ..	32,8	37,3	6	12	12	8	0	0
							+ 26	- 37
							S <sub>ij</sub> = - 11	

$e_j = 1$   $t_{ij} = 3$   
 $t_{ij} = - 11 / \sqrt{66} \sqrt{66 - 3} = - 0,17$   
 Valeur critique au risque 5 % = 0,43  
*Test non significatif*

c. *Humidité relative (minimale)*

Mois	Densité <i>i</i>	Hum. rel. <i>j</i>	Rangs de <i>i</i> et <i>j</i> dans l'ordre chronologique		Couples de rangs dans l'ordre des rangs de <i>i</i>		Points positifs et négatifs pour chaque rang de <i>j</i>	
							+	-
A ..	46,1	37,9	11	6	1	3	9	2
M ..	33,1	49,3	7	8	2	7	5	5
J ..	43,2	54,6	10	9	3	1	9	0
J ..	39,4	61,6	9	12	4	2	8	0
A ..	35,0	58,7	8	11	5	10	2	5
S ..	31,9	58,0	5	10	6	4	6	0
O ..	13,4	42,4	2	7	7	8	3	2
N ..	56,8	30,9	12	5	8	11	1	3
D ..	9,4	19,0	1	3	9	12	0	3
J ..	26,6	10,3	3	1	10	9	0	2
F ..	30,5	13,1	4	2	11	6	0	1
M ..	32,8	21,1	6	4	12	5	0	0
							+ 41	- 23
							S <sub>ij</sub> = + 18	

$t_{ij} = + 18 / \sqrt{66} \sqrt{66} = + 0,27$   
 Valeur critique au risque 5 % = 0,43  
*Non significatif.*