

Etudes écologiques sur *Culex pipiens fatigans* Wiedemann, 1828 (Diptera, Culicidae) dans une zone urbaine de savane soudanienne ouest-africaine ⁽¹⁾.

Longévité et déplacements d'adultes marqués avec des poudres fluorescentes.

R. SUBRA

Entomologiste médical de l'O.R.S.T.O.M.
Tananarive - Rép. Malgache

RÉSUMÉ.

Ce travail a pour sujet la longévité et les déplacements d'un insecte hématophage. L'auteur rappelle d'abord l'importance de ces deux facteurs dans le rôle vecteur des hématophages. Sont ensuite passées en revue les différentes méthodes qui ont été utilisées : d'une part pour l'étude conjointe de la longévité et des déplacements (marquage par les radio-isotopes ou divers colorants), de l'autre pour celles des déplacements seuls. Ces deux paramètres ont été étudiés durant la saison des pluies, chez *C.p.fatigans*, par marquage d'adultes avec des poudres fluorescentes. La méthode suivie, lâchers de moustiques, captures et dissections, est décrite en détail.

L'étude du cycle gonotrophique est abordée par un rappel des définitions et des différentes phases caractérisant cette notion. Les observations sur le terrain ont permis d'apprécier l'intervalle de temps s'écoulant entre l'émergence et le repas sanguin (deux jours), la durée des cycles gonotrophiques successifs (trois jours en moyenne) et celle des phases constituant chaque cycle. Il y a concordance entre les données obtenues à partir de ces moustiques marqués et celles fournies par l'observation de moustiques sauvages qui peuvent donc être

utilisés pour apprécier la durée du cycle aux différentes saisons de l'année, exception faite de la saison froide.

Le marquage n'avait pas altéré de façon sensible la longévité des femelles, comme l'a montré la comparaison effectuée entre la population marquée et la population sauvage de Bobo-Dioulasso. Cependant cette longévité a peut-être été sous-estimée par suite de la tendance exophile plus marquée des femelles pares dont les plus vieilles avaient 16 ou 17 jours au moment de leur capture. La longévité des mâles est inférieure à celle des femelles.

L'étude des déplacements est abordée par une revue des définitions générales qui ont été données aux diverses manifestations de ce phénomène chez les insectes ; le cas particulier des moustiques est ensuite examiné. Les facteurs conditionnant ces déplacements chez les diptères hématophages sont de deux sortes : les facteurs propres à l'insecte ou en dépendant partiellement (sexe, âge, état de réplétion) et les facteurs indépendants de l'insecte (température et humidité, vent, végétation et relief).

Les déplacements de *C. p. fatigans* ont été étudiés en milieu urbain et en milieu rural. Dans le premier cas ils sont peu importants, quelques centaines de mètres tout au plus, et s'effectuent de manière lente. Il semble qu'au cours de notre expérimentation il ait existé une direction de déplacement privilégiée, mais il n'a pas été trouvé d'explication valable à ce phénomène. En milieu

(1) Cette étude a fait l'objet d'une thèse de Doctorat d'Etat, soutenue le 30 juin 1971 à la Faculté des Sciences d'Orsay. Jury : MM. POSSOMPÈS (Président), BERGERARD et R. LE BERRE.

rural, au contraire, les déplacements sont plus importants (quelques kilomètres) et plus rapides qu'en milieu urbain. Dans les deux cas, les femelles parcourent des distances plus importantes que les mâles. La discussion traite de la nature des déplacements effectués par les femelles de *C. p. fatigans* et de l'influence du milieu sur ces déplacements.

SUMMARY.

In this paper are studied the longevity, dispersal and flight-range of an hematophagous Diptera. The author stresses the influence of these factors on the vectorial power of biting insects. He, then, reviews the different techniques which have been used, either for the joint study of longevity, dispersal and flight-range (by radio-isotopes or colour-dye tagging), or for the study of dispersal alone.

These factors are here studied in the case of *C. p. fatigans*, the marking of adults being done with fluorescent powders. The techniques are described: such as capture of adults, tagging, recapture and dissection. The definitions and characters used in the study of the gonotrophic cycle are reviewed.

Observations done by these techniques in the field allowed to evaluate the length of time occurring between eclosion and the first blood-meal (two days), the duration of each gonotrophic cycle (a mean of three days), and the length of each of the phases constituting this cycle.

The data so obtained agree with the observations made on the normal wild population of *C. p. fatigans*. This leads to the conclusion that such observations, on the wild population, can be used to appreciate the length of the cycle in the different seasons of the year, with the exception of the coldest months.

Comparisons between the recapture of tagged specimens and captured wild adults, in Bobo Dioulasso, lead one to infer that marking in this way does not interfere with the length of life of the female. However the length of life of the wild females may have been underestimated. As a matter of fact parous females have a tendency to exophily, and this may disturb the results (the oldest captured was 16 to 17 days old).

Concerning dispersal and flight-range a review is given of the different general definitions applied to the subject in insect-study. The particular case of mosquito is then evoked. Amongst hematophagous diptera these movements are under the influence of two kinds of factors: totally or partially intrinsic ones, such as sex, age, state of feeding, etc., and extrinsic ones (temperature, humidity, wind, vegetation, orography).

The movements of *C. p. fatigans* have been studied both in urban and in rural environment. In the first

case they are of small amplitude, some hundred meters, and slow. In rural areas the movements are far more important (some kilometers) and faster. In town our observations showed a tendency for a preferential direction of flight; no explanation was found for such phenomenon. In both cases females fly farther than males. The discussion bears on the movements of the females and their relation to the environmental factors.

1. INTRODUCTION.

Plusieurs facteurs interviennent dans la transmission d'un virus ou d'un parasite par des insectes hématophages. Deux d'entre eux présentent une importance primordiale:

— La longévité de l'insecte, ou mieux, des populations vectrices, qui est en relation avec leur potentiel de transmission propre. En effet le virus ou le parasite, effectuant chez l'insecte un cycle obligatoire, d'une certaine durée, il est nécessaire que certains individus de la population vectrice aient une durée de vie plus longue que ce cycle et atteignent ainsi un âge épidémiologiquement dangereux qui leur permette d'assurer la transmission. Plus sera grande la proportion d'insectes vecteurs, atteignant dans une population donnée, cet âge épidémiologiquement dangereux, plus élevé sera le potentiel de transmission de cette population.

— Les déplacements que l'insecte ou la population vectrice sera capable d'effectuer afin de réaliser le contact entre le réservoir de virus ou de parasites d'une part, le récepteur d'autre part.

Ces deux données sont également essentielles dans le domaine de la lutte où il est indispensable de savoir combien de temps vivent les populations auxquelles on s'attaque et quelles sont les interférences de ces populations avec les populations voisines susceptibles de réinfester les zones soumises au traitement.

En outre sur le plan de la recherche fondamentale ces notions de longévité et de déplacements interviennent directement sur la dynamique des populations d'insectes et Ross, dès 1905, écrivait: « The number of gnats (or any animal) within an area must always be a function of four variables: the birth-rate and death-rate within the area and the immigration and emigration into and out of it ».

L'étude de la longévité, et celle, surtout du cycle gonotrophique n'ont été que trop rarement menées dans la nature. Elles ont surtout fait l'objet d'observations de laboratoire effectuées, soit sur des femelles d'élevage, soit sur des femelles capturées gorgées dans la nature et qui étaient ensuite placées en observation jusqu'à la fin de la digestion de leur repas de sang.

Divers facteurs, nous le verrons, influent sur la durée du cycle gonotrophique et plus particulièrement sur la digestion du repas de sang. Les uns sont d'origine climatique (température et humidité), les autres sont liés au comportement des femelles. Si les différences de température entre le laboratoire et les divers lieux de repos dans la nature peuvent n'avoir qu'une faible amplitude, il est par contre difficile d'apprécier dans quelle mesure les conditions de milieu qui sont offertes aux femelles captives ne modifient pas leur comportement. L'absorption de jus sucrés par ces femelles retarde leur oviposition, mais cette observation n'apporte que peu de renseignements sur le déroulement éventuel et la fréquence d'un tel phénomène dans la nature. D'autre part, même en l'absence de ce repas non sanguin, il n'est guère aisé d'apprécier correctement la durée de temps s'écoulant entre la fin de la digestion et la ponte, car la mise en place d'un pondoir dans une cage de dimensions réduites, risque de déclencher prématurément le réflexe de ponte. Il en va de même pour la prise du prochain repas de sang, dont la date peut être avancée par l'introduction d'un animal dans la cage où viennent de pondre les femelles.

Afin d'éviter ces erreurs possibles, il nous a paru préférable d'étudier simultanément, dans la nature, la longévité et les déplacements, en utilisant des moustiques marqués avec des poudres fluorescentes.

2. METHODES DE TRAVAIL.

2.1. Rappels bibliographiques.

2.1.1. PRINCIPE DES METHODES UTILISEES.

Seuls des individus d'âge connu permettent d'apprécier la longévité d'une population de la manière la plus précise. L'étude de ses déplacements n'est possible que par le repérage des individus issus d'un point déterminé. Aussi l'utilisation du marquage permet-elle une étude conjointe de ces deux problèmes.

Dans le cas des diptères dont la phase pré-imaginale se déroule en milieu aquatique, la longévité peut être déterminée, en l'absence de marquage, par l'arrêt, à un moment précis, de la production du gîte larvaire d'où sont issus les individus destinés à cette étude.

S'il n'est pas fait appel au marquage, les déplacements des insectes peuvent être étudiés lorsqu'aucune confusion sur leur origine n'est possible. C'est le cas notamment des gîtes uniques et isolés.

Si ces deux méthodes présentent sur le marquage, l'avantage de ne nécessiter aucune manipulation des insectes, elles ne peuvent apporter d'informations que

sur les déplacements ou la longévité, et non sur la durée du cycle gonotrophique. De plus, elles ne sont pas toujours facilement applicables, en particulier dans le cas de *C.p.fatigans* dont les gîtes sont habituellement très nombreux. Aussi, pour cette espèce, le marquage a-t-il été utilisé plus communément.

Dans l'exposé des méthodes utilisées par les différents auteurs ayant abordé l'étude des problèmes de longévité et de déplacements des moustiques adultes, nous distinguerons donc les techniques de marquage, susceptibles d'apporter des informations dans ces deux domaines, et les méthodes particulières à l'étude du déplacement.

2.1.2. MARQUAGE DES MOUSTIQUES.

Il existe dans la littérature de nombreuses références consacrées au marquage des moustiques. Beaucoup d'entr'elles ont été citées par SOUTHWOOD (1966, p. 57 et suivantes) dans un travail qu'il a effectué sur les méthodes utilisables en écologie. Aussi dans notre exposé, ne citerons-nous qu'un nombre limité de références, intéressant le plus d'espèces de moustiques et de zones géographiques possibles.

2.1.2.1. Utilisation des radio-isotopes.

De très nombreux auteurs ont utilisés les radio-isotopes pour étudier la longévité, le comportement et surtout les déplacements de diverses espèces de moustiques. Leurs travaux ont fait l'objet de deux articles de synthèse (BRUCE-CHWATT, 1956 et ROULE, 1963).

Les moustiques peuvent être marqués, soit à l'état larvaire, soit lorsqu'ils sont adultes.

Le marquage des adultes s'effectue habituellement par incorporation des radio-isotopes à la nourriture (SHEMANCHUK *et al.*, 1953 ; EDDY *et al.*, 1962). L'appréciation de la distance parcourue se fait, soit par captures à différentes distances du lieu de marquage, soit par repérage des éléments radio-actifs contenus dans les excréments déposés au cours des déplacements.

Cette méthode n'a cependant pas permis d'obtenir des résultats intéressants et la plupart des auteurs lui préfèrent le marquage des larves.

Une quinzaine de radio-isotopes se prêtent au marquage des insectes (ROULE, 1963), mais c'est surtout le phosphore 32 qui a été le plus utilisé pour le marquage de différentes espèces de moustiques des Etats-Unis : *Aedes taeniorhynchus* Wiedemann, 1821 (PROVOST, 1952), *Psorophora confinis* Lynch Arribalzaga, 1891 et *Psorophora discolor* Coquillet, 1930 (QUATERMAN *et al.*, 1955), *Culex quinquefasciatus* Say, 1823 (= *fatigans* Wied.) (FAY *et al.*, 1959), *Culex tarsalis* Coquillet, 1896, *Culex peus* Speiser, 1904 et *Aedes dorsalis* Meigen, 1830

(EDDY *et al.*, 1962). Ce radio-isotope a encore permis de marquer d'autres espèces : *Aedes communis* De Geer, 1776 (JENKINS et HAUSSET, 1951) et *Aedes flavescens* Müller, 1764 (SHEMANCHUCK *et al.*, 1955) au Canada, *Anopheles stephensi mysorensis* Sweet et Rao, 1937 en Iran (QURAIISHI *et al.*, 1966), *C. p. fatigans*, en Birmanie (LINQUIST *et al.*, 1967).

L'emploi du Cerium 144 a été recommandé par QUAN *et al.* (1957) qui ont mis l'accent sur la grande durée de sa demi-période (282 jours).

Pour ne pas se limiter à un lâcher unique d'individus marqués avec un seul élément, certains auteurs ont utilisé deux radio-isotopes. Le phosphore 32 et le soufre 35 ont ainsi permis l'étude de la portée de vol et de la longévité d'*Anopheles gambiae s.l.* en Afrique de l'Est (GILLIES, 1961), de l'éthologie et de la physiologie comparée des espèces A et B de ce complexe, à Madagascar (CHAUVET, 1969), de la dispersion et de la portée de vol d'*Anopheles sergenti* Theobald 1907, en R.A.U. (ABDEL-MALEK et ABDEL-AAL, 1966).

BRUCE-CHWATT (1950) a marqué des populations d'*Aedes aegypti* Linné, 1762 avec du radiophosphore (^{32}P) et du radio-strontium (^{89}Sr) pour évaluer la portée de vol de ce moustique, en Afrique de l'Ouest.

2.1.2.2. Autres méthodes de marquage.

Le marquage par colorants s'effectue sur les adultes et a été utilisé pour la première fois par ZETEK (1913, in BATES, 1949). Ces colorants peuvent s'appliquer soit sur des individus destinés à être repérés, chacun séparément, soit sur des colonies.

GILLIES (1961) et MACDONALD *et al.* (1968) ont utilisé la première méthode pour marquer, l'un *A. gambiae s.l.*, l'autre *C. p. fatigans*.

La deuxième méthode, quoique moins précise, est plus rapide et permet donc le marquage d'un nombre plus élevé de moustiques.

AFRIDI et ABDUL MAJID (1938), à Delhi, ont marqué *C.p.fatigans* avec des poudres d'argent. Les poudres d'or ont été utilisées pour étudier la portée de vol d'*Anopheles maculatus* Theobald, 1901 (WALLACE, 1939) et celle d'*A. sergenti* (SHAPIRO *et al.*, 1944). VISWANATHAN *et al.*, (1945) ont utilisé tantôt l'une, tantôt l'autre de ces poudres pour apprécier le comportement d'*Anopheles fluviatilis* James, 1902.

Les produits fluorescents ont retenu l'attention de nombreux auteurs, que ce soit la rhodamine B utilisée pour marquer *Anopheles quadrimaculatus* Say, 1824 (ZUKEL, 1945) et *Aedes squamiger* Coquillet, 1902 (AARONS *et al.*, 1951) ou diverses poudres colorées qui ont permis d'étudier la dispersion de *Culex tritaeniorhynchus* Giles, 1901, au Japon (WADA *et al.*, 1969) ou la portée de vol d'*A. gambiae s.l.* en Haute-Volta (DAVIDSON *et al.*, 1969).

Signalons également que la portée de vol et la longévité d'*Anopheles albitarsis domesticus* Galvao et Damasceno, 1944, ont pu être déterminées par des lâchers et captures de moustiques marqués au bleu de méthylène (CORREA *et al.*, 1950). IVANOVA (1942) a également utilisé ce produit pour effectuer une étude analogue sur *Anopheles maculipennis* Meigen, 1818.

Les opérations de marquage s'accomplissent habituellement au laboratoire. Signalons cependant que NEWHOUSE (1953), pour réduire au maximum les manipulations des moustiques a marqué des individus sauvages, en pulvérisant le colorant sur les lieux de repos des adultes, dans une zone où ils étaient présents en très grand nombre. Cette méthode, cependant, présente l'inconvénient de ne pas toujours permettre le marquage de tous les moustiques d'un gîte donné (AARONS *et al.*, 1951).

2.1.2.3. Pourcentages de recaptures.

L'exploitation des résultats d'expérimentations menées avec des moustiques marqués, est toujours entravée par le fait que leur recapture ne fournit habituellement qu'un très petit nombre d'individus. BONNET et WORCESTER (1946) étudiant les déplacements d'*Aedes albopictus* Skuse, 1894, ont récolté 33,3 % des moustiques marqués au point de capture le plus proche de la zone de lâcher et 0,09 % seulement au point le plus éloigné. Le pourcentage moyen de recapture, 3,8 %, est relativement élevé si on le compare avec les résultats rapportés par d'autres auteurs. Il est vrai que les distances parcourues par les moustiques lors de cette expérimentation étaient très faibles, 200 yards environ (183 m).

Lorsque les déplacements sont plus importants, ce pourcentage diminue considérablement. Il était de 0,1 % dans les récoltes d'*Ae. aegypti* effectuées par BRUCE-CHWATT (1950) au Nigéria. Chez *C. p. fatigans* les pourcentages de capture ont été de 0,14 % et 0,042 % à l'issue de deux lâchers effectués dans la ville de Rangoon, pour étudier la « dispersion » de cette espèce (LINDQUIST *et al.*, 1967). Sur 3 millions de *Ae. taeniorhynchus* lâchés près de Savannah (U.S.A.), 444 individus seulement (415 femelles et 29 mâles) ont été capturés, soit un pourcentage de 0,0148 % (ELMORE et SCHOOF, 1963).

2.1.3. AUTRES MÉTHODES D'ÉTUDE DU DÉPLACEMENT DES MOUSTIQUES.

2.1.3.1. Captures d'adultes à certaines distances d'un gîte donné.

Comme nous l'avons déjà indiqué, cette méthode ne peut s'appliquer qu'au cas de moustiques issus d'un

gîte unique situé dans une région déterminée. Dans les régions tropicales, en particulier, son emploi est habituellement limité à la saison sèche, lorsqu'ont disparu toutes les petites collections d'eau temporaires. Les captures peuvent être effectuées par diverses méthodes dans les lieux de repos, ou par l'emploi de pièges lumineux en un point donné. Il a été ainsi possible d'apprécier la portée de vol de diverses espèces d'anophèles et notamment : *Anopheles funestus* Giles, 1900 (DE MEILLON, 1934; HAMON *et al.*, 1956), *Anopheles superpictus* Grassi, 1899 (DE BURCA, 1939). Ces captures peuvent avoir lieu à différentes distances du gîte larvaire, cette méthode apportant habituellement des informations sur l'importance des déplacements chez une espèce donnée. Elle a été en particulier utilisée aux Etats-Unis pour l'étude d'*Anopheles walkeri* Theobald, 1901 (BANG *et al.*, 1943), d'*Anopheles quadrimaculatus* Say, 1824 (HUFFAKER et BACK, 1945) et de deux espèces de moustiques de rizières : *Psorophora confinnis* et *P. discolor* (WHITEHEAD, 1957).

Afin d'éviter toute confusion sur l'origine des adultes, HORSFALL et PORTER (1947) ont déterminé la portée de vol d'*Anopheles punctulatus* Dönitz, 1901, en arrêtant par mazoutage, la production d'un gîte larvaire et en observant la réduction de population qui s'ensuivait, à une certaine distance de ce gîte.

2.1.3.2. Manifestations indirectes de la présence des moustiques en un point donné.

Cette méthode est voisine de la précédente et a surtout été appliquée aux anophèles. La présence de cas de paludisme dans une zone où n'existent pas de gîtes larvaires, constitue une preuve du déplacement des espèces vectrices entre le point où elles se sont développées et celui où elles ont transmis la maladie, comme l'ont observé AFRIDI et MAJID (1938 b) chez *Anopheles stephensi* Liston, 1901 et COLLESS (1953) chez *Anopheles balabacensis* Baisas, 1936.

Une telle méthode ne peut cependant donner d'indications sur la portée de vol moyenne de l'espèce étudiée que si des opérations de contrôle amènent un abaissement du taux de l'endémie, comme ce fut le cas aux Nouvelles Hébrides, avec *Anopheles farauti* Laveran, 1902 (DAGGY, 1945). En Asie du Sud-Est, au contraire, la persistance de la maladie dans des zones où avaient été entreprises de telles opérations sur une profondeur d'un demi-mille prouvait que la portée de vol d'*Anopheles maculatus* Theobald, 1901 était supérieure à cette distance (HOLMES, 1939; STRAHAN, 1940).

2.1.3.3. Utilisation de pondoires-pièges.

Cette méthode n'est applicable qu'au cas particulier de moustiques pondant sur des surfaces réduites.

Elle a été utilisée en Israël par WOLFINSOHN et GALUN (1953), pour étudier la portée de vol d'*Ae. aegypti*. Dans une région inhabitée, où cette espèce n'était pas présente à l'état sauvage, ces auteurs ont placé, à différentes distances d'un point de lâcher donné, des jarres dont l'intérieur était tapissé de papier filtre et contenait une certaine quantité d'eau. Les œufs recueillis dans ces jarres, avaient fourni des indications sur la vitesse et l'amplitude des déplacements effectués par des femelles de cette espèce, libérées à l'état grvide.

2.2. Méthodes utilisées dans le présent travail.

2.2.1. ORIGINE ET MARQUAGE DES MOUSTIQUES LACHÉS.

Dans des études de « dispersion » l'emploi des animaux de laboratoire doit être évité dans la mesure du possible (SOUTHWOOD, 1966, p. 256). En effet, RUSSEL *et al.* (1944) ont observé que des moustiques récoltés dans la nature semblaient parcourir de plus grandes distances que ceux élevés au laboratoire. Le même principe est également valable pour des études sur la longévité, comme l'a prouvé GILLIES (1961), avec *A. gambiae* s.l. en Tanzanie. Les conditions dans lesquelles un animal est élevé en laboratoire diffèrent considérablement de celles que lui offre le milieu dans lequel il vit, et notamment du point de vue de la nourriture qui influe sur certaines caractéristiques de l'adulte.

Aussi, avons-nous récolté des formes pré-imaginaires de *C.p. fatigans* dans des puisards, qui, à Bobo-Dioulasso, constituent les gîtes principaux de l'espèce. Seules les nymphes étaient retenues, après avoir été séparées des larves par immersion dans de l'eau à basse température, contenue dans un entonnoir : les premières demeurent à la surface de l'eau, alors que les secondes descendent au fond de l'entonnoir. Les nymphes étaient ensuite placées dans des cages d'éclosion. Les adultes étaient transférés, avant le lâcher, dans des boîtes cylindriques (à raison de 2.000 moustiques environ par boîte) dont l'une des ouvertures était fermée par du tulle moustiquaire.

Les colorants utilisés pour le marquage étaient des poudres fluorescentes à la lumière ultra-violette. A l'aide d'une pissette, ces poudres étaient projetées aussi légèrement que possible à l'intérieur des boîtes, à travers le tulle moustiquaire.

SOUTHWOOD (1966, p. 57 et 58) considère que le marquage ne doit affecter ni le comportement ni la longévité de l'insecte, et qu'il doit persister durant sa vie entière. Aussi avons-nous vérifié ces deux derniers points au laboratoire, et relâché nos moustiques dans des conditions susceptibles de modifier le moins possible leur comportement.

2.2.2. VÉRIFICATION DES MÉTHODES UTILISÉES.

2.2.2.1. Longévité des moustiques marqués et rémanence du colorant.

Principes de la méthode suivie. Deux séries d'individus différent par le mode de triage ont été étudiées. Chaque série comprenait un lot témoin et 4 lots d'individus marqués (un lot par couleur utilisée). Les moustiques constituant chaque lot étaient placés (après le marquage pour les individus colorés) dans une boîte cylindrique dont l'intérieur était tapissé par du papier filtre. Ils étaient nourris avec du jus sucré dont un tampon était placé à l'une des extrémités de la boîte. Les individus morts étaient retirés tous les jours, et nos observations se sont poursuivies jusqu'à extinction complète de chaque lot.

Résultats. Aucune différence significative n'a été observée entre les différentes catégories de femelles, colorées ou non colorées, issues de nymphes triées à la pipette ou à basse température. Les pourcentages de mortalité aux différentes dates de la mise en observation pouvaient dans tous les cas se mettre en parallèle. Chez les mâles par contre, dans les premiers jours de la mise en observation, la mortalité des témoins était légèrement plus élevée chez les individus issus de nymphes triées à la pipette que chez ceux provenant de nymphes recueillies à basse température. Les mâles colorés ne présentaient pas de différences avec les témoins triés par cette dernière méthode. Certaines femelles avaient vécu plus de 20 jours. Chez toutes, le colorant était encore visible. Dans aucun cas la longévité des mâles ne dépassait 15 jours. Ici aussi, les individus les plus âgés pouvaient être facilement identifiés par le colorant encore présent sur leur thorax.

Nous pouvons donc en conclure que le marquage par poudres colorées, n'avait pas altéré la longévité des moustiques que nous avons mis en liberté, et que les colorants utilisés persistaient pendant toute la durée de leur vie.

2.2.2.2. Comportement des moustiques marqués.

Nous avons vérifié si les moustiques marqués avaient un comportement sexuel normal à l'égard des individus non marqués.

De jeunes femelles marquées, âgées de quelques heures, ont été placées dans une cage contenant un nombre égal de mâles non marqués. Mâles et femelles sont restés en présence durant 5 jours. 25 femelles marquées ont été alors disséquées. Elles avaient été toutes fécondées. De plus l'accouplement entre les femelles et les mâles n'avait pas entraîné le moindre dépôt de

colorant sur le corps de ces derniers, comme l'avait montré l'examen minutieux d'une trentaine d'individus.

L'observation inverse avait été effectuée avec des femelles vierges non marquées, qui avaient été mises en présence de mâles colorés. La dissection de 25 de ces femelles devait montrer que 24 d'entre elles avaient été fécondées. Une seule était encore vierge, ce que nous attribuons d'ailleurs au fait que dans cette expérience, le nombre de mâles utilisés (65) avait été plus faibles que celui des femelles (82). Une femelle fécondée présentait sur une de ses soies thoraciques un granule légèrement réfléchissant aux rayons ultra-violet, mais d'une nature différente, cependant de nos poudres colorées. Nous en avons conclu que dans ce cas également, l'accouplement n'entraînait pas de dépôt de colorant sur le corps des femelles.

2.2.3. LACHER DES MOUSTIQUES.

2.2.3.1. Mode opératoire.

Les puisards de Bobo-Dioulasso ont déjà été décrits dans un précédent travail (SUBRA, 1970). Nous rappellerons que la surface de l'eau n'affleure pas toujours au niveau du sol et que l'ouverture de ces puisards peut être plus ou moins obstruée par les objets les plus divers. Aussi pour créer des conditions aussi voisines que possible de celles que rencontrent les jeunes moustiques à l'éclosion, nous n'avons pas effectué de lâchers directs dans la nature. Les boîtes contenant les adultes marqués étaient déposées au fond d'un grand fût métallique, haut de 1 mètre environ, et ayant un diamètre de quelques dizaines de centimètres. L'ouverture de ce fût était partiellement obstruée par des tôles et des nattes usagées.

Nous procédions au lâcher proprement dit, c'est-à-dire à la mise en liberté des moustiques une demi-heure environ avant la tombée de la nuit. A leur éclosion, les adultes de *C. p. fatigans* ne quittent pas immédiatement le gîte, mais ils se reposent durant un certain temps sur les parois du gîte. Le départ a lieu de façon massive, aussi bien pour les mâles que pour les femelles, à la tombée de la nuit (DE MEILLON et SEBASTIAN, 1967 ; YASUNO et HARINASUTA, 1967). Un lâcher effectué à ce moment ou à une heure plus avancée de la nuit aurait donc modifié le comportement des individus qui auraient été portés à se disperser immédiatement après le lâcher. Ce risque était évité par la libération des moustiques, quelques dizaines de minutes avant la tombée de la nuit.

2.2.3.2. Age des moustiques lâchés.

Etudiée sous l'angle de la longévité et des déplacements, la vie des femelles de moustiques peut se

diviser en deux parties, de durée très inégale : avant et après le premier repas sanguin. A l'émergence, en effet la femelle ne se gorge pas de sang immédiatement. Son premier déplacement n'aura donc pas la même signification que les déplacements suivants, comme l'ont montré plusieurs auteurs dont nous rappellerons ultérieurement les travaux. Lorsqu'elle est susceptible de se gorger, la plupart des vols auront en effet pour but, soit la recherche d'un hôte, soit celle de lieux de ponte ou de repos. Au cours des cycles gonotrophiques successifs, les ovarioles passeront par des stades divers, semblables d'un cycle à l'autre, mais différents de ceux décrits à l'émergence.

La période de la prise du premier repas sanguin divise donc la vie des femelles en deux périodes bien différentes.

Le lâcher des adultes doit dans ces conditions être effectué avec des individus très jeunes, afin de modifier le moins possible leur comportement. Il est bien évident qu'une femelle lâchée au moment où elle doit se gorger, ou plus tard, recherchera très rapidement un hôte favorable et aura donc un comportement particulier différent sans doute de celui d'une femelle plus jeune, au moins du point de vue du déplacement.

De MEILLON *et al.* (1967 a) ont montré que les adultes de *C. p. fatigans* quittaient les gîtes larvaires de façon massive, au coucher du soleil. Il s'agissait de jeunes individus venant d'éclore et d'autres plus âgés, ayant éclos la nuit précédente, après ce départ massif.

Pour tenir compte de ces données et éviter, comme nous l'avons déjà mentionné, toute modification par trop importante du comportement des moustiques, nous n'avons utilisé pour nos lâchers que des individus ayant éclos depuis la veille, après le coucher du soleil et durant la nuit suivante et le jour de nos lâchers. Leur âge était donc compris entre 2-3 heures et 19-20 heures.

Nous avons également relâché de petites quantités de femelles plus âgées (entre 30 et 40 heures) destinées à nous apporter des informations sur la date de la prise du repas sanguin. Notre but était de vérifier si les femelles âgées de moins de un jour au moment du lâcher et ces femelles plus vieilles prenaient leur repas de sang à un âge identique.

2.2.3.3. Nombre de moustiques lâchés.

Trois lâchers, dont les buts seront exposés ultérieurement, ont été effectués durant la saison des pluies de l'année 1969 (juillet, août, septembre). Les deux premiers ont eu lieu dans la ville même de Bobo-Dioulasso, le troisième au dehors, en zone rurale.

Trois séries de moustiques, chacune correspondant à une couleur différente composaient chacun des deux

premiers lâchers, qui étaient effectués au rythme d'une série par jour.

Les quantités d'adultes libérés étaient respectivement de 8 000, 10 000 et 12 000 sujets (soit un total de 30 000) lors du premier lâcher et de 8 000, 12 000 et 16 000 sujets (soit un total de 36 000) lors du deuxième lâcher.

Les individus âgés dont il a été fait mention précédemment ont été également libérés au cours de ces deux lâchers.

La sex-ratio de ces moustiques était équilibrée.

Le troisième lâcher a été fait en deux jours. 5 000 moustiques ont été mis en liberté le premier jour, 20 000 le deuxième. Malheureusement un très violent orage avait perturbé notre expérimentation le deuxième jour, quelques dizaines de minutes après la libération des moustiques, et de nombreux individus avaient été noyés avant d'avoir quitté le fût, ce qui explique sans doute la faiblesse de nos chiffres de recapture.

2.2.4. RECAPTURES DES MOUSTIQUES MARQUÉS.

2.2.4.1. Différents types de captures.

La ville de Bobo-Dioulasso constitue un milieu très homogène. La végétation y est rare et limitée à quelques arbres, essentiellement des manguiers. Les habitations sont construites autour d'une cour centrale et l'ensemble constitue une « concession ». Ces concessions sont mitoyennes et très peu différentes les unes des autres, tant du point de vue de la superficie que de l'aspect général. Les rues du quartier où nous avons opéré sont rectilignes et de largeur à peu près constante, à l'exception d'un boulevard, large de plusieurs dizaines de mètres, qui traversait notre zone de capture (figure 1).

Les déplacements des moustiques ont été étudiés sous deux aspects différents. Nous avons tenté de déterminer, d'une part la portée de vol, d'autre part les modalités du déplacement dans un tel milieu qui est caractérisé par son homogénéité et par le fait que sur un espace très réduit, les moustiques ont à leur disposition des lieux de repos, de nombreux hôtes sur lesquels les femelles peuvent se gorger, et des gîtes où elles peuvent pondre. De telles données sont susceptibles de limiter considérablement les déplacements destinés à satisfaire les divers besoins physiologiques des insectes.

Deux lâchers, nous l'avons dit ont été effectués dans un quartier central de Bobo-Dioulasso.

Les captures qui ont suivi l'un de ces lâchers devaient nous permettre de vérifier si les déplacements des moustiques, à partir du point de lâcher, étaient orientés, ou s'ils s'effectuaient au hasard. Nos captures ont donc été effectuées dans toutes les habitations situées

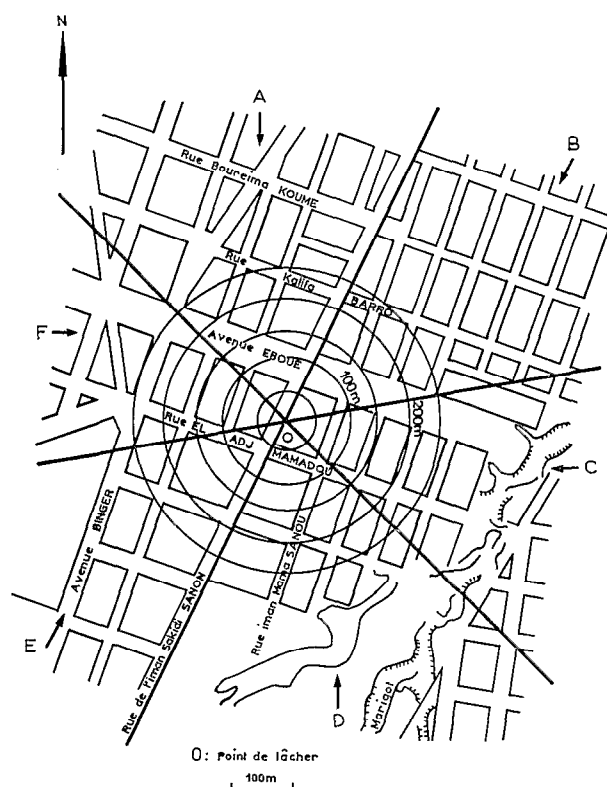


FIG. 1. — Etude des déplacements de *C. p. fatigans* dans la ville de Bobo-Dioulasso. Première expérimentation. (Chaque figure géométrique représente un ensemble de concessions mitoyennes).

sur des cercles concentriques de rayon variable (50 m, 100 m, 150 m, 200 m, 250 m) ayant comme centre, le point de lâcher des moustiques (figure 1).

L'autre lâcher avait pour but de nous apporter des informations sur la portée de vol des insectes. Les captures ont été effectuées sur un secteur dont le centre était constitué par le point de lâcher et dont le rayon mesurait 900 m environ. Les captures n'ont pas couvert la totalité du secteur mais certaines portions seulement (figure 2) : du centre du secteur jusqu'à 300 m, de 400 à 500 m, de 600 à 700 m, de 800 à 900 m.

Chez les insectes, le milieu, comme l'ont montré de nombreux auteurs influe considérablement sur les déplacements quelle que soit leur nature. En milieu urbain les besoins physiologiques des moustiques peuvent être satisfaits par des déplacements relativement courts. Il est donc difficile de déterminer, dans ces conditions, les réelles possibilités de vol des insectes. Aussi un troisième lâcher a-t-il été effectué hors de Bobo-Dioulasso, en milieu rural, en un point inhabité, situé sur le bord de la route reliant Bobo-Dioulasso à Ouagadougou.

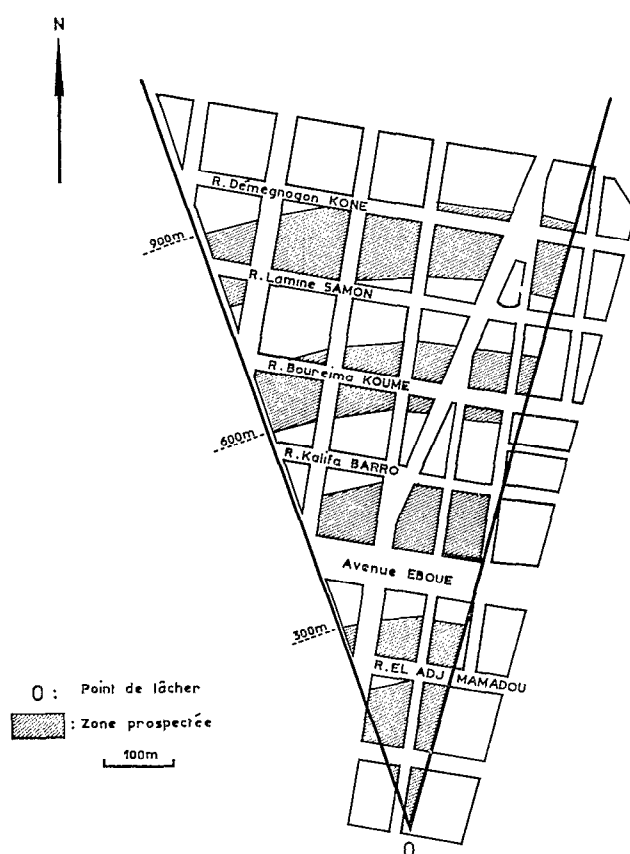


FIG. 2. — Etude des déplacements de *C. p. fatigans* dans la ville de Bobo-Dioulasso. Deuxième expérimentation. (Chaque figure géométrique représente un ensemble de concessions mitoyennes).

En ce point venaient s'achever deux collines qui bordaient cette route. Au-delà dans la direction où avaient été effectuées nos captures, leur succédait une étendue au relief très émoussé.

Les zones de captures les plus proches étaient situées à 800 mètres de ce point de lâcher, les plus éloignées à 5,5 km. Elles sont décrites dans le tableau 11 (paragraphe 4.2.2.) où sont condensées les données relatives à cette observation.

2.2.4.2. Validité des captures en milieu urbain.

Etant donnée l'importance des déplacements accomplis par de nombreuses espèces de moustiques, est-il possible de considérer que les individus marqués, récoltés à des distances relativement courtes du point de lâcher, sont représentatifs de la population relâchée ? En d'autres termes, les moustiques des zones de capture précédemment décrites ne constitueraient-ils pas seule-

ment la fraction de la population ayant effectué les déplacements les plus courts, alors que la plus grande partie de cette population aurait déjà quitté ces zones dans les heures suivant le premier vol ?

Cette hypothèse supposerait évidemment une répartition homogène des moustiques sauvages dans la ville de Bobo-Dioulasso. Or, au cours d'une expérience de contrôle, effectuée à l'aide de larvicides dans un quartier de surface réduite, nous avons pu observer une baisse très sensible des densités adultes, aussi bien chez les individus récoltés de jour à l'intérieur des habitations que chez ceux piquant l'homme dans la nuit (SUBRA *et al.* 1970). Bien que située à la périphérie de la ville, notre zone de traitement n'en était pas moins mitoyenne des autres quartiers non traités. Si la portée de vol moyenne avait été de plusieurs centaines de mètres ou de quelques kilomètres, une telle baisse des densités n'aurait pas été enregistrée dans la surface traitée, ce qui prouve bien que la majorité des moustiques issus d'un gîte donné s'en éloigne assez peu, et que les adultes récoltés dans nos zones de capture étaient bien représentatifs de l'ensemble de la population lâchée.

2.2.4.3. Rendement des captures effectuées en milieu urbain.

Les récoltes dans les habitations situées sur les cercles précédemment décrits (chapitre 2.2.4.1.) ont fourni un total de 404 moustiques (150 mâles et 254 femelles) représentant 1,3 % du total des individus mis en liberté au cours de ce lâcher.

Dans le secteur où était étudiée la portée de vol de l'espèce, 188 moustiques (74 mâles et 114 femelles) ont été capturés. Nous incluons dans ce résultat les individus récoltés hors du secteur en vue de l'étude du cycle gonotrophique. L'ensemble représente 0,5 % des moustiques lâchés.

Ces rendements, bien que peu élevés sont cependant très satisfaisants, si on les compare avec ceux obtenus par d'autres auteurs, et en particulier LINDQUIST *et al.* (1967).

2.2.5. EXAMEN ET DISSECTIONS DES MOUSTIQUES AU LABORATOIRE.

Tous les moustiques récoltés au cours de cette étude ont été examinés à l'aide d'une lampe à rayons ultra-violet, ce qui a permis de séparer les individus marqués des non marqués.

Les femelles étaient classées suivant leur stade de réplétion et, après dissection, suivant leur stade ovarien. 4 stades de réplétion ont été distingués : à jeun, gorgé, semi-gravide et gravide. Dans le cas des femelles à jeun et gorgées, nous avons également tenu compte du stade

ovarien pour avoir plus d'informations. Cette classification en fonction des stades ovariens a déjà été décrite dans un précédent travail (SUBRA, 1970). Rappelons brièvement que les follicules des femelles à jeun venant d'éclore sont au stade I ou I-II début. Lorsque ces femelles sont prêtes à piquer, ces follicules sont au stade II début. Trois stades ont été distingués chez les femelles gorgées : II début, II moyen, II terminal. Les stades III et IV correspondent aux femelles semi-gravides, le stade V aux gravides.

Une partie des femelles sauvages était disséquée pour l'étude de l'âge physiologique, déterminé par la méthode de POLOVODOVA (*in* DETINOVA, 1963, p. 76). Le funicule des ovarioles était examiné, les femelles pares étant caractérisées par la présence de reliques, les femelles nullipares par leur absence.

L'âge physiologique des femelles marquées était également déterminé par cette méthode, mais de plus, nous nous efforcions de compter le nombre exact de reliques chez chacune de ces femelles. Bien que couramment pratiquée par SAMARAWICKREMA (1967), il s'agit là d'une opération délicate nécessitant des délais importants et donc inapplicable à des dissections de masse. Dans ce cas particulier cependant, les femelles marquées, capturées quotidiennement, étaient relativement peu nombreuses. De plus le dénombrement des reliques présentait un grand intérêt, car il permettait de fixer le nombre de cycles gonotrophiques effectués, et leur durée afin d'en déduire le nombre de repas de sang pris par ces femelles. D'une manière générale, en effet, l'accomplissement d'un cycle gonotrophique ne nécessite qu'un seul repas de sang, la phase pré-gravide étant un phénomène limité (voir chapitre 3.2.1.1.).

Au moment de la ponte, le funicule des ovarioles se distend considérablement pour permettre le passage de l'œuf. Il ne recouvre sa dimension primitive qu'au bout d'un certain temps (24 heures environ). En saison des pluies, certaines des femelles de *C. p. fatigans* qui ont pondu en début de nuit, se gorgent quelques heures après. Chez ces femelles capturées le matin suivant, le funicule des ovarioles a donc encore la forme d'un sac, et il n'est pas possible de compter le nombre des reliques. Aussi les dissections des femelles marquées étaient-elles effectuées en fin d'après-midi. Les funicules des femelles ayant pondu la veille au soir avaient ainsi retrouvé un aspect presque normal, et dans certains cas, il était possible de compter le nombre des reliques.

Nous avons décrit successivement, dans ce paragraphe, nos conditions de travail, ainsi que les résultats obtenus au cours de nos séances de marquage.

Nous allons maintenant exploiter ces résultats dans deux domaines essentiels intéressant les insectes vecteurs et leur contrôle :

- la longévité ainsi que l'intervalle de temps entre les repas sanguins (cycle gonotrophique),
- les déplacements.

3. LONGEVITE.

3.1. Rappels bibliographiques.

3.1.1. CYCLE GONOTROPHIQUE.

3.1.1.1. Définitions.

Les auteurs expriment des avis différents quant à la définition du cycle gonotrophique.

Pour GILLIES *et al.* (1961), le cycle gonotrophique désigne « le laps de temps s'écoulant entre le repas de sang et la ponte ». Le Comité de Terminologie du Paludisme de l'O.M.S. (ANONYME, 1964), pour sa part, dénomme cycle gonotrophique « un cycle complet de développement ovarien chez le moustique femelle, allant du repas de sang à la ponte des œufs entièrement formés dans les conditions naturelles ».

DETINOVA (1963, p. 14) le définit comme la période s'écoulant entre le commencement d'un repas sanguin et le suivant. BEKLEMISHEV (*in* DETINOVA, *loc. cit.*) entend par « cycle gonotrophique » la période s'écoulant entre deux ovipositions successives. C'est une définition analogue qu'adopte également LE BERRE (1966, p. 43) dans son étude sur *Simulium damnosum* Theobald, 1903. Ces auteurs incluent donc dans le cycle gonotrophique la période s'écoulant entre la ponte et le repas de sang suivant. Une telle définition permet à notre avis une meilleure utilisation de la notion de cycle gonotrophique. Connaissant la durée du cycle d'une espèce, chez laquelle il y a concordance gonotrophique, il est possible de déduire immédiatement l'âge chronologique des femelles dont on a déterminé le nombre d'ovipositions. Une telle opération sera moins aisée par la seule connaissance de l'intervalle de temps séparant le repas de sang de la ponte.

Aussi adopterons-nous, pour notre part, dans la suite de cet exposé, les définitions retenues par DETINOVA (1963) et LE BERRE (1966), en excluant les travaux ayant trait à des espèces pouvant entrer en hibernation lorsque les conditions de milieu deviennent défavorables.

3.1.1.2. Valeur de la notion de cycle gonotrophique.

La détermination de l'âge chronologique par la connaissance du nombre et de la durée des cycles gonotrophiques n'est évidemment possible que dans la mesure où il n'y a pas autogenèse et où la concordance trophogonique caractérise la grande majorité des individus de la population étudiée.

L'autogénie est un phénomène bien connu décrit par ROUBAUD (1929) chez *Culex pipiens* Linné, 1758. C'est la possibilité pour une femelle de mûrir ses œufs sans prise de repas de sang. Nous n'avons pas trouvé dans la littérature de travaux relatifs à son existence chez *C. p. fatigans* en Afrique de l'Ouest, à l'exception d'une communication personnelle de MICHEL à HAMON *et al.* (1967). Cet auteur a observé le phénomène chez une population de *C. p. fatigans* originaire de la ville de Thiès (Sénégal).

Le terme de concordance trophogonique a été créé par SWELLEN GREBEL (1929). Il signifie qu'à chaque repas de sang doit correspondre un développement ovarien complet suivi d'une oviposition. Il est des cas où le premier repas amène seulement un début de développement des ovaires. Un deuxième repas sera nécessaire pour que s'achève leur maturation. Cette discordance entre le premier repas sanguin et le développement ovarien a reçu le nom de phase pré-gravide. Elle semble être assez fréquente chez les femelles d'*Anopheles funestus* Giles, 1900, en Afrique de l'Est (GILLIES, 1955). Son importance paraît beaucoup moins grande chez *C. p. fatigans*. PHIPPS (1957) attribue à son existence la forte proportion de femelles gorgées récoltées de jour dans les habitations, la prise d'un nouveau repas masquant les ovaires. En fait ce phénomène s'explique plus vraisemblablement par un comportement différent des femelles gorgées et gravides, les premières ayant une tendance endophile plus marquée que les deuxièmes (SUBRA, 1970). GILLIES (1963) a également rapporté des cas de phases pré-gravides chez cette espèce, mais ses observations avaient été effectuées en laboratoire sur un petit nombre d'individus seulement. Chez *C. p. fatigans* également, WATTAL et KALRA (1963) ont observé que la ponte ne suivait pas toujours un repas de sang unique. La proportion de femelles présentant une telle phase pré-gravide peut atteindre 40 % des individus gorgés, mais elle est indépendante de l'hôte. Cependant nous pensons qu'il faut mettre l'accent sur le fait qu'il s'agit là d'observations de laboratoire et qu'il est difficile d'en déduire les modalités du phénomène dans la nature. L'existence de cette phase a été observée aussi en Afrique de l'Ouest, mais elle est loin d'être la règle (SUBRA, 1970) et il n'en sera donc pas tenu compte.

3.1.1.3. Différentes phases du cycle gonotrophique.

BEKLEMISHEV (*in* DETINOVA, 1963, pp. 98, 134 et suivantes) distingue 3 phases dans le cycle gonotrophique.

— Première phase de BEKLEMISHEV.

Dans l'examen de cette phase, il convient de distinguer le cas des femelles nullipares de celui des pares. Dans le premier cas, cette phase couvre la période allant de l'émergence au premier repas sanguin. Dans le deuxième cas, elle va de l'oviposition au repas sanguin suivant.

Dans le cas des femelles nullipares, la durée de cette phase est au moins égale à l'intervalle de temps nécessaire pour que les ovaires atteignent le stade d'évolution auquel est habituellement pris le repas sanguin.

Dans le cas des femelles pares, cette durée peut être appréciée par l'examen du funicule des ovarioles. Lorsqu'une femelle de moustique vient de pondre, ce funicule est distendu et a la forme d'un sac étiré, comme nous l'avons déjà mentionné. Ce sac va se rétracter et seules subsisteront sur le funicule des ovarioles, des reliques de ponte attestant le passage des œufs. La détermination du temps nécessaire à la résorption de ces sacs peut donner une idée de la durée de cette phase du cycle gonotrophique, suivant qu'au moment de la prise du repas sanguin, les ovarioles des femelles capturées présentent des sacs ou de simples reliques.

Chez *Culex pipiens pallens* Coquillet, 1898, au Japon, à une température de 25 °C et une humidité relative de 80-90 %, cette résorption des sacs est complète au bout de 24 heures environ (HAYASHI et KURIHARA, 1965). Par cette méthode, ces deux auteurs ont pu observer que de nombreuses femelles prenaient leur repas de sang 15 heures environ après avoir pondu.

En Afrique de l'Est, les femelles d'*A. funestus* se gorgent 24 heures après la ponte, en saison chaude, contre quelques heures seulement en saison froide. La digestion du repas de sang s'effectuant plus rapidement en saison sèche, cette différence de comportement compense cette variation et a pour conséquence un cycle gonotrophique de durée à peu près constante durant toute l'année (GILLIES et WILKES, 1963).

En Afrique de l'Ouest, les femelles de *S. damnosum* prennent généralement leur repas de sang 24 heures environ après la ponte. Des variations saisonnières de durée de cette phase ont été observées en zone de savane, mais non en zone forestière où les variations de température sont de plus faible amplitude (Le BERRE, 1966, pp. 43 et 44).

— Deuxième phase de BEKLEMISHEV.

Durant la deuxième phase, le repas de sang sera digéré et au fur et à mesure que la digestion s'avancera, les ovarioles augmenteront de taille. L'œuf sera entièrement formé, prêt à être pondu lorsque s'achèvera cette phase. Sa durée est fonction de plusieurs facteurs

dont le plus important est sans conteste la température. Cette donnée est aussi bien valable pour les simulies (Le BERRE, 1966, p. 45), les cérotopogonides (LINLEY, 1965), que pour les diverses espèces de moustiques. Les femelles de *C. pipiens* mûrissent leurs œufs d'autant plus lentement que la température de l'air est moins élevée (LACOUR, 1937, p. 79). Cette relation a été aussi observée dans le cas de *A. gambiae s. l.* par GILLIES (1953).

L'humidité relative semble aussi jouer un rôle sur la vitesse de digestion du repas sanguin. Cette vitesse sera d'autant plus lente que l'humidité est peu élevée (MAYNE, 1928).

La lumière pourrait également intervenir dans ce processus (in CLEMENTS, 1963, p. 154).

La durée de cette deuxième phase est conditionnée, au moins dans certains cas, par l'âge des femelles. Chez *S. damnosum*, Le BERRE (1966, pp. 45 et 46) a montré que le développement ovarien était plus rapide chez les femelles nullipares que chez les pares. Dans cette dernière catégorie, en effet, ce développement ne débute qu'une vingtaine d'heures après la prise du repas de sang et sa durée en est évidemment prolongée d'autant, par rapport aux femelles nullipares.

— Troisième phase de BEKLEMISHEV.

Elle représente l'intervalle de temps s'écoulant entre la fin de la maturation des follicules et l'oviposition.

La détermination de sa durée pose les mêmes problèmes que ceux rencontrés lors de l'étude de la première phase. Il est difficile d'extrapoler dans la nature les résultats d'observations de laboratoire.

Chez les femelles de *S. damnosum*, se trouvant à proximité des lieux de ponte de l'espèce, cette troisième phase n'excède pas 24 heures (Le BERRE, 1966, p. 49). Citant les travaux d'auteurs russes sur les anophèles, DETNOVA (1963, pp. 139 et 140) arrive à une conclusion identique.

C. p. fatigans a fait l'objet de deux intéressantes séries de travaux de la part de De MEILLON *et al.* (1967 b). Observant que cette espèce présentait deux pics d'oviposition, à la tombée de la nuit et au lever du jour, ils ont tenté de rattacher ce phénomène à une variation de la longueur du cycle gonotrophique chez les individus de cette espèce. Chez la plupart des femelles ayant pris leur repas de sang avant minuit, la ponte a lieu la troisième nuit suivante, avant le lever du soleil, c'est-à-dire deux jours plus tard environ. Les femelles s'étant gorgées après minuit pondent au début de la quatrième nuit suivant ce repas, soit environ trois jours plus tard. Leur cycle gonotrophique est donc sensiblement plus long, en concluent les auteurs, que celui des femelles se gorgeant au début de la nuit.

L'allongement de la troisième phase peut être dans certains cas plus important. De MEILLON *et al.* (1967 c) ont en effet observé que l'ingestion de jus sucré par des femelles effectuant la digestion de leur repas de sang, retardait considérablement (parfois de plusieurs jours) la date de l'oviposition. L'importance de ce phénomène est loin d'être théorique, car ces auteurs ont pu observer dans la nature, la prise de tels repas de jus sucré par de nombreuses femelles de *C. p. fatigans*.

3.1.1.4. Durée du cycle gonotrophique.

Elle est extrêmement variable avec les genres et les espèces, mais aussi avec la localisation géographique et les différentes saisons de l'année. Elle a fait l'objet de nombreux travaux dont certains d'ailleurs ne seront pas rapportés ici car, pour leurs auteurs, le cycle gonotrophique s'achève à la maturation complète des œufs et non à l'oviposition, et il n'est pas tenu compte de la première phase de BEKLEMISHEV.

En Tchécoslovaquie, le cycle tel que nous l'avons défini dure de 3 à 6 semaines chez *Aedes vexans* Meigen, 1830 (HAJKOVA, 1966). A Rangoon, il s'écoule en moyenne 66 heures (2,75 jours) entre le repas de sang et l'oviposition de *C. p. fatigans*, mais, nous l'avons indiqué ci-dessus, ce temps peut varier en fonction de l'heure à laquelle les femelles se sont gorgées (De MEILLON *et al.*, 1967 b). Les variations saisonnières sont ici extrêmement faibles étant donné que le climat est à peu près constant durant toute l'année. Au Cameroun, le cycle d'*A. funestus* a été évalué à 3 jours dans une zone d'altitude où les variations annuelles de températures sont minimales (MOUCHET et GARIOU, 1960).

3.1.2. LONGÉVITÉ.

Elle peut être déterminée, dans les deux sexes, par la capture d'individus marqués. Dans le cas des femelles, il peut être fait appel au calcul, lorsque sont connus la durée du cycle gonotrophique et le pourcentage de femelles pares et nullipares dans une population donnée (Coz *et al.*, 1961).

Nous exposerons seulement ici les résultats obtenus par application de la première méthode et mentionnerons uniquement la durée de vie maximum observée pour *C. p. fatigans*. FUSSELL (1964) a capturé des mâles durant les 12 premiers jours ayant suivi le lâcher, à l'exception d'un seul individu récolté 33 jours plus tard. La longévité maximum des femelles était de 20 jours. D'une façon générale d'ailleurs, la longévité des femelles, dans les autres espèces, est supérieure à celles des mâles.

3.2. Observations personnelles.

3.2.1. CYCLE GONOTROPHIQUE.

3.2.1.1. Observations préliminaires effectuées au laboratoire.

Elles avaient pour but, d'une part de nous fixer sur la possible existence de phénomènes d'autogénèse et de phase pré-gravide chez des individus capturés dans la nature, d'autre part de nous apporter des précisions sur deux points particuliers concernant le cycle gonotrophique : les délais s'écoulant entre l'émergence des femelles et le moment où elles sont susceptibles de piquer, la durée de la digestion du repas de sang chez des femelles gorgées au laboratoire et maintenues en captivité à des températures variant entre 25 °C et 27,3 °C, donc voisines de celles régnant dans les habitations.

— Autogénèse.

Des nymphes de *C. p. fatigans* ont été récoltées dans des puisards de Bobo-Dioulasso, en saison froide. Le développement pré-imaginal est alors plus lent qu'aux autres périodes de l'année et les chances d'observer de possibles cas d'autogénèse sont maxima. Les adultes issus de ces nymphes ont été placés dans des cages contenant du jus sucré et des bacs d'eau polluée, pour favoriser l'oviposition. Cette expérience a été renouvelée plusieurs fois, mais il ne nous a pas été possible d'observer la moindre ponte dans nos bacs. Aussi nous en concluons que l'autogénèse, dans la mesure où elle existe chez les *C. p. fatigans* de Bobo-Dioulasso, n'intéresse qu'une infime proportion d'individus.

— Concordance trophogonique.

Des femelles de *C. p. fatigans* gorgées ont été récoltées dans la nature, à différentes saisons de l'année et mises en observation au laboratoire. Chacune d'elles était placée dans un tube individuel renfermant un peu d'eau polluée. Trois à quatre jours plus tard, nous avons noté le nombre des femelles gravides ou ayant pondu, et le nombre de celles qui sans avoir déposé d'œufs étaient cependant à jeun.

Dans la plupart des cas, ces femelles avaient normalement mûri leurs ovaires et déposé des œufs. Seules quelques-unes d'entr'elles n'avaient pu mener leurs ovaires à maturation complète. En fin de saison des pluies cependant, sur 241 femelles gorgées mises en observation, 21 n'avaient pas pondu. Les follicules de leurs ovarioles étaient au stade II début, II moyen ou II terminal. Chez certaines d'entr'elles, dans un même

TABLEAU I
Etude en laboratoire de la maturation des ovaires des femelles nullipares de *C. p. fatigans*

Délais entre la prise du repas sanguin et la dissection	Nombre de femelles disséquées	Stade ovarien des femelles disséquées						
		IID	IIM	IIF	III	IV	V	
							présentant des traces de sang	sans traces de sang
Moins de 10 heures	10	5	5					
10 à 23 heures ..	30		8	17	5			
28 à 43 heures ..	21				1	19	1	
43 à 56 heures ..	20					3	6	11
56 à 62 heures ..	41							toutes les femelles encore gravides

ovaire les follicules n'étaient pas tous à un stade uniforme, mais aux trois stades décrits ci-dessus. L'étude de l'âge physiologique de ces femelles devait révéler la présence d'individus pares et nullipares. La discordance trophogonique peut donc survenir à tout âge chez les femelles de *C. p. fatigans*.

Ce phénomène a probablement des causes multiples, les unes en rapport avec la vie pré-imaginale de la femelle les autres avec la quantité de sang ingéré. Un repas sanguin insuffisant (parce que la femelle a été dérangée pendant qu'elle se gorgeait) ne permet sans doute pas aux ovaires d'atteindre le stade V.

Il existe donc bien une discordance trophogonique chez les femelles de *C. p. fatigans* de Bobo-Dioulasso, mais elle ne touche qu'une faible proportion d'individus (inférieure à 10 %) et nous pensons pouvoir utiliser de façon valable les données fournies par l'étude du cycle gonotrophique pour déterminer l'âge chronologique de l'ensemble de notre population.

— Délais entre l'émergence et le repas de sang.

Rappelons que chacun des ovarioles des femelles gono-actives est constitué de deux follicules. Chaque repas sanguin, lorsqu'il n'y a pas de phase pré-gravide amène le développement du follicule inférieur. Le premier repas est pris lorsque ce follicule est au stade II début.

Dans les premières heures qui suivent l'émergence des femelles, l'ovariole est constitué d'une masse unique et il n'est pas possible de différencier les deux follicules. Chez les femelles âgées de 8 heures environ, cette différenciation est déjà commencée. Les deux follicules ont

une forme grossièrement sphérique. Le follicule inférieur auquel se limiteront maintenant nos observations, ne possède qu'un épithélium peu développé. Vingt heures après l'émergence, l'oocyte se différencie des cellules nourricières et l'épithélium est plus développé que précédemment. Chez les femelles ayant éclos depuis 40 heures, le follicule a pris une forme allongée et le vitellus est déjà visible dans l'oocyte. Soixante heures après l'émergence, ce vitellus est très apparent et le follicule est à un stade II (début), très caractéristique.

— Durée de la digestion du repas de sang.

Elle a été étudiée chez des femelles nullipares qui avaient été divisées en deux lots, et gorgées ensuite sur poulet. Les individus du premier lot avaient été nourris entre 18 et 24 heures, ceux du deuxième lot, entre 0 et 6 heures. Des dissections avaient été effectuées pendant que se poursuivait la digestion, et les observations avaient été arrêtées après que toutes les femelles aient atteint le stade gravide.

La vitesse de la digestion étant sensiblement identique quelle que soit l'heure de la prise du repas sanguin, les résultats concernant les deux lots ont été regroupés dans le tableau I. La digestion s'amorce très vite, puisque moins de 10 heures après le repas, les ovarioles de certaines femelles sont déjà au stade II moyen. Un jour plus tard plusieurs individus ont atteint le stade semi-gravide. Au bout de quarante heures environ, toutes les femelles ont atteint ou dépassé ce stade. Deux jours après on peut observer de nombreuses femelles gravides, mais certaines d'entr'elles présentent encore dans leur tube digestif des traces de sang digéré. Enfin soixante heures après s'être gorgées,

toutes les femelles sont au stade gravide et les traces de sang résiduel ont disparu. Certaines ont déjà pondu, les autres sont prêtes à le faire.

3.2.1.2. Observations de terrain effectuées avec les moustiques marqués.

Avant d'aborder ce paragraphe, nous rappellerons que les femelles de *C. p. fatigans* se gorgent essentiellement durant la nuit.

Pour cette étude, nous avons groupé dans le tableau 2, les résultats de récoltes effectuées à l'issue des deux lâchers.

Au moment du lâcher, un peu avant la tombée de la nuit, l'âge des femelles était compris entre 4 et 20 heures. Lorsqu'elles étaient capturées, dans la matinée du lendemain, leur âge était compris entre 20 et 36 heures, soit sensiblement un jour ou un jour et demi. Le lendemain, il était environ de deux jours, et ainsi de suite. Nous voyons donc que dans le tableau 2, l'âge des femelles est approximativement donné par la date de leur capture, par rapport au jour du lâcher.

Aucune des femelles capturées le premier jour n'avait pris de repas de sang. Les follicules étaient au stade I-II début et leurs oocytes ne présentaient pas trace de vitellus. Dans certains cas l'épithélium folliculaire n'était pas encore parfaitement visible.

Quelques rares femelles étaient encore à jeun le deuxième jour, mais la plupart d'entr'elles avaient pris leur premier repas de sang. On peut donc estimer que ce repas intervient lorsque ces femelles sont âgées de deux jours environ. Les observations de laboratoire ont montré qu'à cet âge le stade II typique n'était pas encore atteint, mais que le vitellus était déjà présent dans l'oocyte.

Des femelles présentant des stades de réplétion divers ont été récoltées le troisième jour. La plupart d'entr'elles étaient au stade semi-gravide. Il s'agissait selon toute vraisemblance de femelles ayant pris leur repas de sang un jour plus tôt. On peut admettre que les femelles gorgées faisaient partie des individus âgés de quelques heures au moment du lâcher et qu'elles ne s'étaient donc pas nourries la nuit précédente. La femelle à jeun présentait des follicules au stade II moyen. Ce stade d'évolution est très rare chez les individus à jeun. Aussi pensons-nous que cette femelle était passée par une phase pré-gravide, à la suite peut-être d'un repas insuffisant le jour précédent.

Chez les individus âgés de 4 jours, on rencontre quelques femelles semi-gravides et une majorité de gravides. La digestion du repas de sang dans la nature s'est ainsi effectuée en deux jours environ, c'est-à-dire dans des délais qui sont sensiblement égaux à ceux observés au laboratoire.

Les captures du cinquième jour sont caractérisées par un très grand nombre de femelles fraîchement gorgées. Leur dissection ainsi que celle des 2 femelles à jeun devait montrer qu'il s'agissait de femelles pares, dont le funicule présentait une relique. Cette observation est doublement intéressante, car d'une part elle nous renseigne sur la durée du premier cycle gonotrophique et d'autre part elle montre que la troisième phase de BEKLEMISHEV est relativement brève chez les femelles de *C. p. fatigans*, en saison des pluies. En effet si quelques-unes des femelles capturées gorgées le cinquième jour avaient pondu dans la matinée ou la journée du quatrième jour, les ovipositions les plus nombreuses avaient certainement eu lieu dans la soirée, comme c'est le cas général chez cette espèce. La prise du repas sanguin avait donc eu lieu quelques heures plus tard.

Le sixième jour, les femelles gorgées représentaient encore le plus fort pourcentage des individus capturés. Lors du premier cycle, la plupart des femelles avaient pris leur repas de sang le deuxième jour. Nous voyons qu'au cours du deuxième cycle cette prise semble s'étaler sur deux jours, à moins qu'il n'y ait chez certaines femelles un retard dans la digestion de ce repas comme LE BERRE (1966, p. 49) l'avait montré chez *S. damnosum*.

Quelques femelles gorgées présentant deux reliques folliculaires ont été récoltées le huitième jour. La durée minima du deuxième cycle peut donc être fixée à trois jours, mais il ne s'agit pas là d'une règle générale, puisqu'un plus grand nombre de femelles gorgées a été récolté le neuvième jour.

C'est le douzième jour que seront capturées des femelles présentant trois dilatations. La durée du troisième cycle était ici plus longue d'un jour, ce qui indiquerait que comme chez les simules, ce cycle est plus long de 24 heures chez les femelles âgées.

Les quantités de femelles capturées ayant ensuite considérablement diminué, et les dissections devenant plus délicates par suite du nombre croissant de reliques, nous n'avons pu déterminer avec précision combien de cycles avaient été effectués par ces individus.

3.2.1.3. DIFFÉRENTES PHASES ET DURÉE DU CYCLE GONOTROPHIQUE.

Premier cycle.

Au laboratoire l'évolution ovarienne, de l'émergence au stade II début où sera pris le repas de sang, s'effectue en une soixantaine d'heures. Ce délai semble légèrement plus court dans la nature. Les femelles récoltées le jour suivant le repas de sang, sont gorgées dans leur grande majorité. Le lendemain la plupart d'entr'elles sont semi-gravides, et gravides le troisième jour.

TABLEAU 2

Etude de la longévité et de la durée des cycles gonotrophiques successifs effectués par des femelles marquées de *C. p. fatigans* récoltées dans la ville de Bobo-Dioulasso

Nombre de jours après le lâcher	Nombre de femelles disséquées	Stade de réplétion				Age physiologique non déterminé	Nullipares	Nombre de pares	Nombre maximum de reliques	Remarques
		à jeûn	gg	semi-gravides	gravides					
1	40	40					40			
2	70	3	67				70			
3	54	1	20	33		2	52		Les ovarioles de la ♀ à jeûn étaient au stade II moyen.	
4	26		1	9	16	7	19			
5	27	2	22	2	1	4		23	1	Age physiologique d'une ♀ gorgée, des 2 semi-gravides et de la gravide non déterminé. Reliques comptées chez 22 ♀♀ seulement.
6	43	1	29	11	2	3		40	1	Age non déterminé chez une ♀ gorgée et 2 ♀♀ gravides.
7	27		4	14	9	3		24	1	Age non déterminé chez 2 ♀♀ gravides et une semi-gravide.
8	14		4	5	5	1		13	2	2 reliques chez 3 ♀♀ gorgées. Au moins une relique chez les autres ♀♀.
9	14		11	1	2	1		13	2	Age d'une ♀ gravide non déterminé. Au moins une relique chez l'autre ♀ gravide, 2 reliques chez les autres ♀♀.
10	11		2	7	2	1		10	2	Nombre de reliques non déterminé chez 1 ♀ gorgée et 1 ♀ semi-gravide. 2 reliques chez les autres ♀♀. Age ♀ gravide non déterminé.
11	10		2	6	2			10	2	Nombre de reliques non déterminé chez 4 ♀♀ semi-gravides seulement.
12	4	2	2					4	3	3 reliques chez les 4 ♀♀ disséquées.
13	4		2	2				4	3	Au moins 2 reliques chez une ♀ semi-gravide, 3 chez les autres ♀♀.
14	1			1				1		Nombre de reliques non déterminé.
15	2				2			2		Au moins 3 reliques chez une des 2 ♀♀.
16	1				1			1		Nombre de reliques non déterminé.

A notre avis cependant, ces femelles gravides ne représentent pas la totalité des individus qui se sont nourris dans la nuit du premier au deuxième jour, mais seulement ceux gorgés en fin de nuit et qui achèvent dans les habitations la maturation de leurs ovaires avant de pondre, selon toutes vraisemblances, au crépuscule du quatrième jour. Chez les femelles gorgées en début de nuit, cette maturation s'achève dans la nuit du troisième au quatrième jour. La ponte a certainement lieu hors des habitations au lever du quatrième jour. Ceci expliquerait que chez certaines femelles récoltées gorgées le cinquième jour, les funicules des ovarioles portent des reliques de taille normale, attestant donc que la ponte a eu lieu depuis 24 heures environ, c'est-à-dire dans la matinée du quatrième jour.

A partir de ces données, il est possible d'estimer la durée de chacune des phases de BEKLEMISHEV.

Nous avons admis que le repas de sang était pris lorsque les femelles étaient âgées de deux jours, ce qui représente donc la durée de la première phase.

La deuxième phase, celle couvrant la maturation des ovaires va s'effectuer en deux jours et demi.

La durée de la troisième phase est variable, suivant que les femelles pondent dans la matinée du quatrième jour (elle n'est alors que de quelques heures) ou au crépuscule (elle dure alors une demi journée).

Ces faibles délais s'écoulant entre la fin de la maturation ovarienne et l'oviposition montrent également qu'en saison des pluies, les femelles dans leur grande majorité effectuent leur cycle gonotrophique sans prendre de repas non sanguin, susceptible de retarder l'oviposition. Ce phénomène ne semble pas être la règle à d'autres saisons de l'année, comme nous le verrons ultérieurement.

La durée totale du premier cycle gonotrophique est donc de 5 jours environ, se décomposant comme suit :

- première phase : 2 jours ;
- deuxième phase : 2 jours et demi ;
- troisième phase : quelques heures chez les femelles pondant en fin de nuit, une demi journée chez celles pondant au crépuscule.

Cycles suivants.

Le tableau 2 montre que la durée du deuxième cycle est de 3 jours environ. A partir des données du paragraphe précédent nous pensons être en mesure d'établir la durée des différentes phases de ce cycle. Nous allons ici aussi examiner le cas des femelles ayant pondu en début de matinée et le cas de celles ayant pondu au crépuscule, lors du cycle précédent.

Les femelles ayant pondu en début de matinée, attendront le début de la nuit suivante pour se nourrir. La première phase de BEKLEMISHEV va donc durer une

demi-journée environ. La maturation des ovaires s'achèvera en fin de nuit, une soixantaine d'heures plus tard. La ponte interviendra au lever du jour, réduisant ainsi la troisième phase à quelques heures.

Chez les femelles ayant pondu au crépuscule la durée des première et troisième phases sera inversée par rapport à la catégorie précédente. Le repas de sang sera pris quelques heures après la ponte et la digestion s'achevant une soixantaine d'heures plus tard, en fin de matinée, la nouvelle ponte aura lieu au crépuscule, la troisième phase durant environ une demi-journée.

Ce schéma n'est sans doute pas absolu, et il est fort possible que chez certaines femelles, l'une ou l'autre phase subisse des allongements plus ou moins importants, pour diverses raisons.

Le troisième cycle semble durer un jour de plus que les précédents, mais il ne nous a pas été possible de préciser au niveau de quelle phase se situait cet allongement, comme l'avait fait LE BERRE (1966) pour les similies.

La durée des cycles suivants n'a pu être déterminée, étant donné le faible nombre d'individus récoltés.

3.2.1.4. *Appréciation de la durée du cycle gonotrophique par la mise en observation de femelles sauvages.*

La méthode du lâcher et de la capture de moustiques marqués nous paraît le moyen le plus sûr d'apprécier la durée du cycle gonotrophique. Elle exige cependant la mise en place de moyens considérables et est difficilement applicable à différentes saisons de l'année. Aussi avons-nous tenté d'évaluer, au moins partiellement la durée du cycle de femelles sauvages récoltées dans la nature et de la comparer avec les résultats obtenus précédemment.

Le jour de leur récolte, ces femelles ont été placées dans une habitation de type local dont les issues avaient été obturées, mais qui recevait normalement la lumière du jour, par deux fenêtres garnies de grillage moustiquaire. Deux bacs d'eau polluée étaient placés dans cette habitation où les femelles pouvaient mûrir leurs ovaires et pondre. Nous n'étions pas placés évidemment dans les conditions naturelles, puisque *C. p. fatigans* accomplit la dernière partie de son cycle hors des habitations (SUBRA, 1970). Les femelles disposaient cependant d'un espace plus considérable que si elles avaient été mises en observation dans une cage et nous estimons que leur comportement n'avait pas été ainsi trop modifié.

Durant la saison des pluies, les premières pontes ont été récoltées 2 jours après la mise en observation. Le lendemain, leur nombre était plus important. Les deux jours suivants, il était minime. On peut admettre ici aussi que les premières pontes étaient le fait de femelles qui s'étaient nourries à la tombée de la nuit et avaient

pondu en début de matinée, sitôt la maturation accomplie. Les pontes les plus nombreuses avaient été déposées au crépuscule par des individus ayant pris leur repas de sang dans la deuxième partie de la nuit, trois jours auparavant.

La concordance avec les données fournies par les moustiques marqués est donc parfaite et nous en avons conclu qu'il était possible d'évaluer la durée du cycle à d'autres saisons, par la mise en observation de femelles gorgées sauvages.

Les observations de la saison sèche nous ont montré que la maturation des ovaires s'effectuait rapidement (deux jours environ). La durée du cycle n'en est pas raccourcie pour autant car la première phase de BEKLEMISHEV est plus longue qu'en saison des pluies, comme l'indiquait l'absence de sacs folliculaires sur les ovaires des femelles récoltées en capture de nuit, alors qu'elles se gorgeaient sur homme.

Durant la saison froide, les premières pontes ont été déposées trois jours après la mise en observation. L'oviposition s'est ensuite étagée sur les trois jours suivants. Il est donc difficile dans ces conditions de déterminer la durée moyenne du cycle.

A l'intérieur des habitations les températures minimums de saison froide et de saison des pluies ne différaient que de quelques degrés, et cet écart ne pouvait sans doute pas expliquer à lui seul l'étalement de l'oviposition précédemment décrit. Les différences d'humidité relative étaient par contre considérables. Nous avons déjà signalé à ce sujet les travaux de MAYNE (1928) qui a montré qu'un abaissement de l'humidité relative ralentissait la vitesse de digestion du repas de sang. Là réside peut-être la cause de l'allongement du cycle gonotrophique observé dans notre habitation. Nous pensons d'ailleurs que dans la nature cet allongement est peut-être plus important que ne l'ont montré nos observations. En effet la prise d'un repas non sanguin, susceptible de retarder l'oviposition est assez fréquente chez *C. p. fatigans* en saison froide (SUBRA, 1970). Il n'est pas exclu d'ailleurs que les femelles prennent un tel repas pour faire face aux conditions particulières créées par l'abaissement de l'humidité relative et que l'allongement du cycle gonotrophique soit la résultante de ces deux phénomènes.

L'appréciation de la durée du cycle, à cette saison, à partir de telles observations, est certainement sujette à caution. De plus la valeur de l'humidité relative doit être très variable dans les divers abris que peuvent occuper les femelles et cette donnée a certainement des conséquences sur la durée du cycle de chaque individu.

3.2.1.5. Conclusion.

Chez *C. p. fatigans* les cycles gonotrophiques, en saison des pluies sont de durée inégale suivant l'âge des

individus. Chez les femelles nullipares, le cycle est de 4,5 à 5 jours, par suite de la grande durée de la première phase de BEKLEMISHEV. Il est de 3 jours chez les femelles primipares, mais augmente de durée chez les femelles plus âgées (4 jours ou plus peut-être).

La mise en observation de femelles sauvages peut donner une idée assez exacte de la durée du cycle aux différentes saisons, à l'exception sans doute, de la saison froide.

3.2.2. LONGÉVITÉ.

3.2.2.1. Longévité des femelles.

A l'issue de l'un des lâchers, les deux dernières femelles ont été récoltées le 15^e jour. Elles étaient donc âgées de 15 ou 16 jours. Les captures consécutives à l'autre lâcher ont permis le 16^e jour la récolte d'une dernière femelle qui était donc âgée de 16 ou 17 jours. (Tableau 2).

Les résultats des deux lâchers effectués en ville de Bobo-Dioulasso donnent-ils une image exacte de la longévité des femelles sauvages de *C. p. fatigans*? Il est possible, en effet que ces résultats aient été biaisés pour deux raisons : d'une part, le marquage a peut-être raccourci la longévité de certains individus (bien que cela ne soit pas perceptible du point de vue statistique, voir paragraphe 2.2.2.1.) d'autre part il convient de noter que nos captures n'ont sans doute pas été effectuées dans toute l'aire de répartition des individus marqués. Certaines femelles, quelques jours après le lâcher, sont probablement sorties de nos zones de capture et n'ont pas été échantillonnées. De telles données sont peut-être susceptibles de modifier les résultats globaux des captures d'individus marqués. Nous l'avons vérifié, en comparant les pourcentages de femelles paires et nullipares, d'une part chez les moustiques marqués, d'autre part chez les individus sauvages récoltés dans le même temps.

La détermination de l'âge physiologique des femelles semi-gravides et gravides n'est pas toujours aisée. Si chez les individus marqués, il y a de fortes chances pour que de telles femelles récoltées à partir du 7^e ou 8^e jour soient paires, ce raisonnement ne peut s'appliquer aux moustiques sauvages. Aussi avons-nous limité cette étude aux femelles gorgées chez lesquelles la détermination de l'âge physiologique est relativement aisée.

L'ensemble de nos résultats a été regroupé dans le tableau 3. Aussi bien chez les individus marqués que sauvages, les femelles nullipares sont légèrement plus nombreuses que les paires. Les deux catégories, « marqués » et « sauvages » sont parfaitement comparables ($\chi^2 = 0,286$ pour un degré de liberté).

Ces moustiques récoltés à l'intérieur des habitations sont-ils représentatifs de la population de *C. p. fatigans*

TABLEAU 3

Etude comparée de l'âge physiologique des femelles marquées et sauvages de *C. p. fatigans* récoltées gorgées à l'intérieur des habitations

Age physiologique des femelles	Femelles marquées	Femelles sauvages	Total
Nullipares	110	154	264
Pares	106	134	240
Total	216	288	504

colonisant la ville de Bobo-Dioulasso ? Nous avons montré (SUBRA, 1970) que les femelles gorgées de cette espèce, récoltées de jour, à l'intérieur des habitations présentaient un déficit de pares par rapport aux individus à jeun se gorgeant de nuit sur homme. Ce déficit serait dû à une différence de comportement entre les deux catégories d'âge. La nécessité pour les femelles de prendre un repas sanguin pour assurer l'évolution des ovaires nous a amené à conclure que les moustiques récoltés en train de piquer constituaient l'échantillon le plus représentatif de l'ensemble de la population. Les

captures de jour à l'intérieur des habitations ne donnent donc pas une image parfaitement exacte de cette population.

La proportion de femelles pares a certainement été sous-estimée dans la présente expérimentation. Ce léger déficit provient seulement de la méthode de capture utilisée et non d'un raccourcissement de la vie des femelles, imputable au marquage. En conclusion, nous pensons cependant avoir donné une image assez exacte de la longévité maximum puisqu'il y avait concordance entre les résultats obtenus à partir des femelles marquées et ceux fournis par les femelles sauvages.

L'importance de ces données, sur le plan de la dynamique des populations et d'une éventuelle transmission de la filariose de Bancroft, en milieu urbain ouest-africain, sera exposée en détail dans un autre travail (SUBRA, sous presse).

3.2.2.2. Longévité des mâles.

Comme dans le cas des femelles, nous avons groupé les résultats concernant les deux lâchers (tableau 4). Le nombre d'individus récoltés décroît très rapidement dans les jours suivant le lâcher et les mâles les plus âgés ont été récoltés le 13^e jour.

TABLEAU 4
Longévité dans la nature des mâles marqués de *C. p. fatigans*

Mâles récoltés	Date de la récolte (nombre de jours après le lâcher)													Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Nombre	65	45	27	30	9	23	8	5	2	4	4	1	1	224
Pourcentages	29,0	20,1	12,1	13,4	4,0	10,3	3,6	2,2	0,9	1,8	1,8	0,4	0,4	100,0

Nos observations ont été évidemment effectuées à l'aide d'individus récoltés à l'intérieur des habitations. Or nous ignorons dans quelle mesure de telles captures donnent un échantillonnage valable car d'une manière générale, les mâles se réfugient plutôt dans les abris extérieurs aux habitations (SUBRA, 1970). Néanmoins nos résultats peuvent se mettre en parallèle, d'une part avec les observations que nous avons effectuées au laboratoire (paragraphe 2.2.2.1.), d'autre part avec les résultats de FUSSELL (1964) qui avait effectué ses captures à l'aide de pièges lumineux. Aussi, sans donner de chiffre absolu concernant la longévité des mâles de *C. p. fatigans*, nous en concluons qu'à Bobo-Dioulasso, leur durée de vie est inférieure à celle des femelles.

4. DEPLACEMENTS.

4.1. Rappels bibliographiques.

4.1.1. DÉFINITIONS CONCERNANT LES DÉPLACEMENTS CHEZ LES INSECTES.

Il faut semble-t-il distinguer deux catégories dans les mouvements des insectes : ceux qui sont destinés à l'accomplissement des fonctions trophiques, et ceux qui, d'origine intrinsèque, les amènent à se déplacer pour des raisons encore mal déterminées. Les premiers sont effec-

tués sur des distances relativement courtes (quelques centaines de mètres à quelques kilomètres) les deuxièmes peuvent couvrir plusieurs dizaines de kilomètres.

De nombreux auteurs ayant traité de ces déplacements, leur ont souvent appliqué le terme général de « dispersion » (traduction française du mot anglais « dispersal ») que certains écologistes ont comparé ou opposé à celui de « migration » (dont les significations anglaise et française semblent identiques).

Il n'est pas douteux cependant, que l'étude des déplacements chez les insectes amène des interprétations différentes, puisqu'à un même phénomène peuvent s'appliquer les deux termes : dans les déplacements des aphides, ANDREWARTHA (1961) voit une dispersion, alors que JOHNSON (1965, in ROCKSTEIN, vol. II, p. 187 et suiv.) le traite dans le chapitre des migrations.

WOLFENBARGER (1946) met l'accent sur le fait que le terme dispersion a des significations différentes suivant la discipline scientifique dans laquelle il est utilisé : écologie, physiologie, génétique, etc. Selon lui, ce terme est souvent confondu avec celui de migration. La dispersion lui apparaît comme un mouvement effectué sans but précis, s'opposant à la migration qui est au contraire un mouvement orienté entre deux lieux dont l'un au moins est la zone de production de l'espèce.

SCHNEIDER (1962) définit la dispersion comme un allongement de la distance moyenne séparant des individus voisins, et la considère comme un des éléments conditionnant la dynamique des populations. La migration lui semble plus difficile à définir et, se basant sur les travaux de divers auteurs elle lui apparaît comme un mouvement orienté, se traduisant par l'abandon d'un habitat, de manière provisoire ou définitive.

Pour SOUTHWOOD (1966, p. 256) le terme dispersion couvre tout mouvement n'ayant pas pour but une aggrégation.

LE BERRE (1966, p. 82) dans son étude sur les déplacements de *S. damnosum* définit la dispersion comme un mouvement entièrement actif, sans rapport avec l'accomplissement des fonctions végétatives, déterminant une répartition homogène des individus autour de leurs lieux d'origine. Ce type de déplacement s'oppose à la migration qui présente une phase passive et entraîne une discontinuité dans la répartition des individus.

CLARK *et al.* (1967, p. 73) séparent eux aussi les déplacements destinés à satisfaire les besoins de l'insecte, des autres déplacements dans lesquels ils distinguent des dispersions et des migrations. Les déplacements du premier type, qu'ils désignent sous le terme de « spread » sont effectués dans des zones où les conditions de l'environnement sont favorables à l'espèce. La dispersion est une forme de mouvement qui amène le déplacement de pourcentages plus ou moins importants

d'individus, d'une zone donnée vers d'autres lieux qui n'offrent pas obligatoirement des conditions de vie plus favorables que la zone d'origine. La migration, enfin, se traduit par des déplacements des zones de reproduction vers d'autres zones favorables à la reproduction, mais aussi à d'autres phases de l'existence.

Pour JOHNSON enfin (1969, p. 4 et suivantes), la migration, qu'il appelle également « adaptative dispersal », peut se définir comme un mouvement de masse dans une direction définie, se traduisant par l'arrivée d'individus d'une espèce donnée, dans une région où ils n'étaient pas présents jusqu'alors. La dispersion (appelée aussi dissémination) est l'occupation par une espèce donnée d'une zone plus étendue que celle où s'est effectué le développement. Analysant les travaux consacrés aux déplacements, il cite certains auteurs pour qui les vols migratoires doivent obligatoirement demeurer sous la dépendance de l'insecte. Les déplacements effectués passivement, avec l'aide du vent, sont pour eux du type dispersif. De l'avis de JOHNSON, d'ailleurs, le fait qu'un insecte ne contrôle pas la direction de son vol, ne signifie pas obligatoirement qu'il effectue un déplacement involontaire. La caractéristique essentielle d'une migration, selon lui, est la persistance du vol, qui permet à l'insecte d'atteindre un nouvel habitat.

Pour notre part, envisageant le problème sous l'angle de tous les déplacements, nous séparerons donc les déplacements de faible amplitude, destinés à satisfaire les besoins de l'insecte, des grands déplacements auxquels nous réserverons les termes de dispersion et migration, les premiers s'effectuant dans des directions variées, les deuxièmes, au contraire dans un sens déterminé.

4.1.2. LES DÉPLACEMENTS CHEZ LES MOUSTIQUES.

Nous mentionnerons en premier lieu les travaux des auteurs qui ont surtout consacré leurs études aux grands déplacements effectués par les moustiques.

Pour HORSFALL (1954) *Aedes vexans* Meigen, 1830, peut dans certaines conditions effectuer des vols migratoires très étendus. GARRETT-JONES (1957) a observé chez des anophèles du Moyen Orient, *Anopheles saccharovi* Favre, 1903 et *A. superpictus*, des vols irréversibles qu'il qualifie de migratoires et dont le résultat serait de disperser l'espèce. Des vols de ce genre, effectués sur de très grandes distances, existeraient également chez *Anopheles pharoensis* Theobald, 1901, et seraient entrepris par des individus ayant déjà pris un repas de sang (GARRETT-JONES, 1962). WHITE (1970) estime que la présence d'adultes d'*Anopheles squamosus* Theobald, 1901, à de grandes distances des gîtes potentiels les plus proches, correspond à des vols migratoires que l'espèce entreprendrait à certaines saisons de l'année. ASAHINA (1970) a décrit chez *C. p. pallens* des vols qu'il qualifie de transocéaniques. Quatre mâles et 27 femelles

de cette espèce ont été récoltés dans un bateau, en pleine mer, en un point situé entre les côtes de Corée et de Chine. La côte coréenne était distante de 110 kilomètres, mais pour l'auteur, vu la direction du vent, ces moustiques venaient certainement de Chine du Nord et avaient donc parcouru plus de 300 kilomètres. Des vols encore plus étendus seraient accomplis par *C. tritaeniorhynchus*. Pour aucune de ces deux espèces, l'auteur n'envisage l'hypothèse d'un transport de ces moustiques par les bateaux sur lesquels ils avaient été récoltés.

D'autres auteurs ont porté leurs efforts sur l'étude de la nature des déplacements effectués par les moustiques tout au long de leur vie.

PROVOST (1952 et 1957) distingue deux phases dans les déplacements d'*Ae. taeniorhynchus*. Au cours de la première phase, dans les heures suivant l'éclosion, le moustique effectue un vol non orienté (« non purposive migratory flight ») au cours duquel il n'est pas attiré par les appâts et pièges classiques. A ce premier déplacement font suite des vols orientés (appetential dispersive flights) permettant à l'insecte de se nourrir et de trouver des lieux de repos ou de ponte.

Pour DOW *et al.* (1965) les déplacements de *C. tarsalis* seraient seulement le résultat d'une série de vols orientés tout au long de la vie de l'insecte. Le vol migratoire dans la mesure où il existe, ne représenterait qu'une phase de faible importance dans la vie de l'insecte.

Chez *C. p. fatigans*, on observerait un phénomène sensiblement analogue (LINGUIST *et al.*, 1967).

C. tritaeniorhynchus accomplirait, lui aussi, un premier vol de type migratoire, qui durerait deux jours, et des vols orientés (ASAHINA et NOGUCHI, *in* WADA *et al.*, 1969). Pour WADA *et al.* (1969) qui ont opéré avec des moustiques capturés dans la nature, il y aurait bien, chez cette espèce, deux types de déplacements, mais le vol à grande distance n'aurait pas forcément lieu dans les premières heures de la vie de l'insecte et ne serait pas de type migratoire.

De ces divers travaux, nous pouvons conclure que dans la majorité des cas, les moustiques effectuent des déplacements de deux types. Les premiers, non motivés par les besoins physiologiques des insectes, peuvent couvrir de grandes distances et être de type migratoire. Les deuxièmes sont orientés et destinés à satisfaire ces besoins.

4.1.3. FACTEURS CONDITIONNANT LES DÉPLACEMENTS DES DIPTÈRES HÉMATOPHAGES ET PRINCIPALEMENT DES CULICIDAE.

Nous ne nous étendrons pas sur les déplacements destinés à satisfaire les besoins végétatifs des moustiques. Ils sont dans l'ensemble d'autant plus importants

que le but recherché (hôte, lieu de ponte ou de repos) est plus éloigné. Certains des facteurs pouvant agir sur ces déplacements (vent) seront examinés ultérieurement. Les autres déplacements sont sous la dépendance de divers facteurs que nous allons passer en revue.

Dans une première catégorie, nous placerons les facteurs propres à l'insecte (déplacements en fonction du sexe) et les facteurs dépendant de l'insecte, mais se manifestant sous l'influence de facteurs extérieurs (parasitisme, état de réplétion, etc.). Dans une deuxième catégorie nous rangerons les facteurs indépendants de l'insecte.

4.1.3.1. Facteurs propres à l'insecte ou en dépendant partiellement.

— Nous mentionnerons simplement les effets du parasitisme sur les déplacements de certains diptères hématophages. Ce problème n'a pas tellement retenu l'attention des auteurs ayant étudié *C. p. fatigans* qui est pourtant parasité par *Wuchereria bancrofti* Cobbold, 1877, dans certaines régions tropicales du globe.

— Stade de réplétion. CAMBOURNAC et HILL (1938), ont montré que la portée de vol des femelles à jeun d'*Anopheles maculipennis atroparvus* Van Thiel, 1927, était au moins de 3 kilomètres. Gorgées, elles peuvent à peine parcourir quelques mètres, et leurs lieux de repos doivent par conséquent être très proches des lieux où elles se sont nourries. Il ne s'agit pas là d'ailleurs d'une règle générale, puisque les femelles gorgées d'*Ae. vexans* sont capables de parcourir un mile (1,6 km) peu de temps après s'être gorgées (EDMAN et BIDLINGMAYER, 1969). De tels déplacements seraient d'ailleurs facilités par le rejet, dans les heures suivant la prise du repas sanguin, d'un liquide clair (« clear fluid ») dont le poids est sensiblement égal à la moitié de celui du sang ingéré.

— Rapidité des déplacements. Elle est très difficile à apprécier de façon rigoureuse. Etant donnée la taille réduite des insectes, il est impossible lorsqu'on observe l'envol d'un imago de le repérer lorsqu'il interrompra son déplacement et calculer ainsi la distance réellement parcourue en un temps donné. *Mansonia sp.* parcourait dans certaines conditions 1 mile (1,6 km) en 15 à 20 minutes (SNOW et PICKARD, 1956, *in* LE BERRE, 1966, p. 82). Dans la plupart des cas, des récoltes sont effectuées à différentes distances d'un lieu d'origine déterminé (gîte ou point de lâcher) que les adultes ont quitté depuis un délai connu (quelques heures, un ou plusieurs jours suivant les cas). En 4 à 16 heures, *C. pipiens* peut parcourir 9 1/2 miles (15,3 km) et *Ae. vexans* 14 miles (22,5 km) (CLARKE, 1943), mais chez cette dernière espèce HORSFALL (1954) a décrit des vols de 90 à 230 miles (145 à 370 km) en 24 à

48 heures. Chez de nombreuses espèces d'anophèles, les déplacements des femelles s'effectuent de façon beaucoup moins rapide. *A. culicifacies* peut parcourir de 1,5 à 1,75 mile (2,4 à 2,8 km) en une nuit (RUSSEL *et al.*, 1944) et *A. sergenti*, 2,5 miles (4 km) en 24 heures (SHAPIRO *et al.*, 1944). QURAISHI *et al.* (1966) ont observé un vol de 2,8 km effectué en 16 heures par une femelle d'*A. mysorensis*. *C. p. fatigans*, en milieu urbain se déplace beaucoup plus lentement que les espèces précitées. Néanmoins de nombreuses femelles peuvent parcourir 550 mètres en 12 à 36 heures. Certaines d'entre elles atteignent même 900 mètres (LINQUIST *et al.*, 1967).

— Age des femelles. Des observations de laboratoire effectuées par ROWLEY et GRAHAM (1968 a) ont permis de constater que des femelles d'*Ae. aegypti*, âgées de 15 jours et plus, n'étaient pas capables des mêmes performances que des individus plus jeunes. Il en est de même pour *C. tarsalis* (ROWLEY, 1970).

— Déplacements des mâles. Etudiant les déplacements d'*Ae. vexans* et *C. pipiens*, CLARKE (1943) a décrit des vols sensiblement égaux chez les mâles et les femelles. BRUCE-CHWATT (1950) en a fait de même pour *Ae. aegypti*. De telles observations ne semblent pas être la règle chez de nombreuses espèces de diptères hématophages. A proximité des gîtes larvaires de *S. damnosum*, LE BERRE (1966, p. 91) a récolté des individus des deux sexes, mais à une certaine distance, ses captures se limitaient aux femelles. Ce même auteur a cependant pu observer, au Zaïre, un essaim de mâles de *S. damnosum* absolument isolé, à 4 km du gîte le plus proche (LE BERRE, comm. person.). Chez *A. quadrimaculatus*, SMITH (1941) a observé que les déplacements des femelles étaient plus importants que ceux des mâles. Les femelles d'*Anopheles pseudopunctipennis* Theobald, 1901, peuvent parcourir 2 à 4 miles (3,2 à 6,4 km), alors que les mâles ne dépassent pas 400 à 500 yards (360 à 450 m) (LEVI-CASTILLO, 1945). La portée de vol des femelles d'*Ae. flavescens* peut atteindre 6,6 miles (10,6 km) contre 1,4 mile (2,2 km) seulement pour celle des mâles (SHEMANCHUCK *et al.*, 1955). Cette différence entre les sexes est beaucoup plus grande chez *Ae. taeniorhynchus* dont les mâles volent rarement au-delà de 2 miles (3,2 km), alors que les femelles peuvent effectuer des déplacements de 18 à 25 miles (29 à 40 km) (PROVOST, 1957, ELMORE et SCHOOF, 1963). Dans le cas particulier du complexe *C. pipiens*, ITO (1964) a observé que la sex-ratio de *C. p. pallens* variait suivant le lieu de capture, les mâles étant plus nombreux lorsque les récoltes étaient effectuées à proximité d'un gîte. Chez *C. p. fatigans*, enfin les déplacements des femelles en milieu urbain sont généralement plus importants que ceux des mâles (LINDQUIST *et al.*, 1967). Nous pouvons donc en conclure que d'une manière générale, les femelles de nombreuses espèces de diptères hématophages parcourent de plus grandes distances que les mâles.

4.1.3.2. Facteurs indépendants de l'insecte.

— Température et humidité relative. Les basses températures ne favorisent généralement pas le déplacement des moustiques. Ainsi *A. culicifacies* effectue des mouvements très réduits, se déplaçant d'une maison à l'autre, lorsque les valeurs de la température moyenne oscillent entre 40 et 50° F (4,5° C et 10° C) (AFRIDI *et al.*, 1940). De même les températures nocturnes relativement basses semblent limiter les déplacements d'*A. gambiae s.l.*, qui ne dépassent pas dans certains cas 1/4 de mile (400 m) (JEPSON *et al.*, 1947). Etudiant en laboratoire le vol de jeunes femelles d'*Ae. aegypti*, ROWLEY et GRAHAM (1968 b) ont observé qu'il était conditionné non seulement par les basses, mais aussi par les hautes températures (ce vol n'était possible qu'entre 10 et 35° C), 21° C étant la valeur optimum. Entre 30 % et 90 %, l'humidité relative ne semble pas avoir d'influence (sauf à 32° C où une humidité de 30 % semble avoir un effet limitant).

— Vent. L'influence de ce facteur a donné lieu à de nombreux travaux et son importance a été très controversée. BONNET et WORCESTER (1946) ne lui prêtent qu'un faible rôle dans la distribution d'*Aedes albopictus*, et HOLWAY (1958) estime qu'elle est nulle dans le cas de *C. p. quinquefasciatus* (= *C. p. fatigans*). De l'avis général, cependant, le vent semble favoriser le déplacement des insectes. Dans le Sud de la Floride les vents favorables peuvent aider *Ae. taeniorhynchus* à couvrir des distances de 30 à 60 miles (48 à 96 km) (HARDEN et CHUBB, 1960). Ils interviennent également dans l'orientation des mouvements de plusieurs espèces d'*Aedes* (KLASSEN et HOCKING, 1964). Les femelles nouvellement écloses se laissent ainsi porter par le vent alors que les individus plus âgés répugnent généralement à prendre leur vol dans des conditions similaires. L'influence de ce facteur était également très nette lorsque FUSSELL (1964) a étudié les déplacements de *C. p. quinquefasciatus* (= *C. p. fatigans*), à Hawaï. SNOW et WILKES (1970) ont mis en lumière la manière dont semblait s'exercer l'influence du vent dans les déplacements d'*Anopheles melas* Theobald, 1903. Grâce à des pièges directionnels, ils ont pu observer que les femelles se déplaçant près du niveau du sol volaient contre le vent. Une part importante de celles volant à des niveaux plus élevés, se déplaçait par contre dans le vent. Elles semblaient en outre plus âgées que les femelles capturées près du sol. Pour ces mêmes auteurs, *Culex thalassius* Theobald, 1903, vole essentiellement contre le vent, quelle que soit l'altitude à laquelle se trouvent les adultes. Ces travaux pourraient donc expliquer, au moins en partie, les observations et conclusions en apparence contradictoires reportées dans cette brève revue : l'influence du vent varie d'une part en fonction de l'espèce considérée, d'autre part en fonction de l'âge de ces moustiques.

— Végétation et relief. Les distances parcourues par diverses espèces de Ceratopogonidae varient de façon notable suivant que leurs déplacements ont été accomplis en zone forestière ou en milieu déboisé (KETTLE, 1962). Il en va de même avec *S. damnosum* (LE BERRE, 1966). Les travaux consacrés aux moustiques font également état de l'importance de ce facteur. En Malaisie, des opérations de déboisement destinées à l'installation de plantations d'hévéas ont eu pour effet une augmentation de la portée de vol d'*Anopheles maculatus* Theobald, 1901 (BARROWMAN, 1939). La portée de vol d'*A. funestus* qui ne semble pas dépasser quelques centaines de mètres dans les zones de galeries forestières de République centrafricaine, peut atteindre plusieurs kilomètres dans les savanes sèches de Haute-Volta (HAMON *et al.*, 1956). Dans un travail très méticuleux effectué en Gambie, SNOW (1970) a pu observer que les femelles à jeun d'*A. melas* se déplaçaient aussi bien dans les zones plantées de joncs que dans celles de mangroves, alors que les femelles gravides se cantonnaient plutôt dans les zones du premier type. Inversement, les femelles à jeun d'*Aedes chamboni* Cornet, 1967, se limitaient à la mangrove, les déplacements importants étant le fait des femelles gravides. Le relief peut également orienter les déplacements des moustiques comme l'ont montré KLASSEN et HOCKING (1964) avec plusieurs espèces d'*Aedes* dont la direction préférentielle de vol est généralement la partie la plus basse de l'horizon (2).

4.1.4. RÉSULTATS.

Les déplacements des moustiques étant conditionnés par de nombreux facteurs, dont les effets s'expriment parfois de manière opposée, les résultats obtenus pour une espèce donnée sont parfois différents d'un auteur à l'autre. Il faut distinguer dans ces déplacements la portée de vol effective de la portée de vol maximum, la première étant la distance à laquelle volent les moustiques d'une espèce donnée, en nombre suffisant pour avoir une importance du point de vue épidémiologique ou de celui de la dynamique des populations, la deuxième représentant les possibilités de vol maximum (EYLES, 1944) qui ont un grand intérêt sur le plan de la lutte.

Nous avons donné dans les pages précédentes des chiffres concernant les portées de vol de plusieurs espèces et nous ne rappellerons ici que les données concernant *C. p. fatigans*.

Les distances parcourues par cette espèce varient considérablement suivant que les déplacements ont été

étudiés en milieu rural ou en milieu urbain. Elles sont beaucoup plus importantes dans le premier cas. Ainsi, à La Réunion, HAMON (1953) a observé de fortes densités d'adultes jusqu'à 8 kilomètres du gîte larvaire le plus proche susceptible d'émettre une telle quantité de moustiques. Aux Indes, des femelles issues d'un gîte situé hors de la ville de Dehli, avaient parcouru 5 kilomètres environ (AFRIDI et ABDUL MAJID, 1938). A Hawaï, des individus lâchés hors de toute agglomération, avaient parcouru 3,5 miles (5,6 km) (FUSSELL, 1964). Par contre, à la lumière des données recueillies à Rangoon, en milieu urbain, LINDQUIST *et al.* (1967) estiment que *C. p. fatigans* se déplace rarement sur des distances supérieures à 1 kilomètre. SINGH *et al.* (1963) ont observé chez cette espèce des déplacements de 4,4 kilomètres, mais ils ne précisent pas avec exactitude si leur expérimentation avait été effectuée en milieu rural ou en milieu urbain.

L'examen des données concernant *C. p. fatigans* montre que les déplacements de cette espèce sont moins étendus en zone rurale qu'en zone urbaine. Le milieu joue donc pour ce moustique un rôle majeur dans l'importance de ses déplacements.

4.2. Observations personnelles.

Nous présenterons nos résultats en fonction du milieu étudié (milieu urbain ou rural) en distinguant le cas des femelles et celui des mâles.

4.2.1. DÉPLACEMENTS EN MILIEU URBAIN.

4.2.1.1. Sens des déplacements des femelles.

La ville de Bobo-Dioulasso constitue un ensemble très homogène. Les déplacements dans un tel milieu s'effectuent-ils dans une direction privilégiée, ou, au contraire, de façon analogue dans tous les sens ?

Les captures ayant suivi le premier lâcher avaient été effectuées dans une zone que nous avons divisée en 6 secteurs : A, B, C, D, E, F (voir paragraphe 2.2.4.1.). Il aurait été très intéressant de suivre au jour le jour les variations éventuelles des captures dans chacune des zones, aux différentes distances du point de lâcher. Le trop faible nombre de moustiques récoltés ne l'a pas permis. Aussi avons-nous simplement comparé les résultats globaux de chacun de ces secteurs (tableau 5) pour lequel nous avons calculé le pourcentage de moustiques marqués par rapport au total récolté.

Les données obtenues diffèrent sensiblement d'un secteur à l'autre, le plus fort pourcentage de captures étant obtenu dans le secteur C ($\chi^2 = 39,97$ pour 5 degrés de liberté). La répartition des moustiques autour du point de lâcher ne s'effectue donc pas au hasard et il existe une direction de vol privilégiée.

(2) Signalons aussi que de nombreux voyageurs ayant parcouru les zones désertiques ont rapporté la présence de moustiques à de grandes distances des gîtes larvaires potentiels les plus proches. Ils semblaient avoir effectué des déplacements très supérieurs à ceux classiquement décrits dans d'autres régions (FOLEY, 1930, p. 123).

CULEX PIFIENS FATIGANS DANS UNE ZONE URBAINE DE SAVANE SOUDANIENNE

Nous avons cherché s'il existait une possible relation entre ces déplacements et la direction des vents. Nous n'avons pu malheureusement disposer des relevés quotidiens. Durant le mois où a été effectué notre lâcher les vents dominants soufflaient surtout en direction du

Sud mais aussi en direction du Sud-Est. Le secteur D, situé au Sud de notre zone de lâcher n'a pas été particulièrement occupé par les moustiques marqués, mais il en va différemment du secteur C, orienté Sud-Est, où se situe le plus fort pourcentage de capture (4,71 %).

TABLEAU 5
Sens des déplacements effectués par les imagos marqués de *C. p. fatigans*

Sexe des moustiques récoltés		Secteurs						Total
		A	B	C	D	E	F	
Mâles	1	25	16	27	29	28	25	150
	2	831	683	536	714	885	965	4 614
	3	3,0	2,34	5,04	4,06	3,16	2,59	3,25
Femelles	1	28	38	74	39	34	41	254
	2	1 585	1 505	1 570	1 776	1 963	1 354	9 753
	3	1,77	2,52	4,71	2,20	1,73	3,03	2,60

1 = Moustiques marqués. 2 = Nombre total de moustiques récoltés. 3 = Pourcentage de moustiques marqués.

TABLEAU 6
Rapidité des déplacements effectués par les femelles marquées de *C. p. fatigans*

Nombre de jours après le lâcher	50 m.			100 m.			150 m.			200 m.			250 m.			Total		
	T	m	%	T	m	%	T	m	%	T	m	%	T	m	%	T	m	%
1	304	24	78,9	272	3	11,0	357	1	2,8	258	—	—	281	—	—	1 472	28	19,0
2	324	27	83,3	286	13	45,5	325	6	18,5	240	1	4,2	350	2	5,7	1 525	49	32,1
3	308	19	61,7	328	6	18,3	303	1	3,3	287	6	20,9	327	7	21,4	1 553	39	25,1
4	346	9	26,0	316	3	9,5	316	4	12,7	325	4	12,3	427	5	11,7	1 730	25	14,4
5	395	6	15,2	298	2	6,7	319	3	9,4	469	2	4,3	411	4	7,3	1 892	17	8,5
6	408	7	17,2	329	7	21,3	386	9	23,3	488	8	16,4	533	6	11,3	2 144	37	17,3
7	440	12	27,3	310	4	12,9	402	2	5,0	497	2	4,0	472	3	6,4	2 121	23	10,8
8	413	1	2,4	328	1	3,0	458	4	8,7	402	1	2,5	484	1	2,1	2 085	8	3,8
9	366	2	5,5	315	1	3,2	445	—	—	393	3	7,6	432	1	2,3	1 951	7	3,6
10	253	1	4,0	336	1	3,0	429	—	—	353	3	8,5	441	2	4,5	1 812	7	3,8
11	223	2	9,0	310	2	6,5	356	—	—	358	2	5,6	421	3	7,1	1 668	9	5,4
12	239	—	—	295	—	—	375	2	5,3	372	—	—	425	—	—	1 706	2	1,1
13	243	—	—	312	—	—	361	—	—	384	1	2,6	396	—	—	1 696	1	0,6
14	192	—	—	339	—	—	366	—	—	340	—	—	390	—	—	1 627	—	—
15	158	—	—	337	2	5,9	306	—	—	295	—	—	346	—	—	1 442	2	1,4
Total	4 612	110	23,9	4 711	45	9,6	5 504	32	5,8	5 461	33	6,0	6 136	34	5,5	26 424	254	9,6

T : total des moustiques capturés. m : Moustiques marqués.

Cependant sur un total de 74 femelles récoltées dans ce secteur, 54 l'ont été à une distance de 50 m seulement. Peut-on dans ces conditions parler de l'influence du vent sur une distance aussi réduite ? Sans nier totalement le rôle de ce facteur, nous pensons que son importance est assez limitée. Dans le cas inverse, les déplacements auraient sans doute été plus étendus. Il faut donc admettre l'existence d'un autre facteur dont nous n'avons pu déterminer la nature, agissant sur la direction des déplacements, mais non sur leur portée.

4.2.1.2. Rapidité des déplacements des femelles.

Les données relatives à ce problème ont été présentées dans tableau 6. Chaque lâcher avait été effectué durant trois jours consécutifs, en changeant quotidiennement la couleur utilisée. Nous avons calculé la proportion de moustiques marqués par rapport à l'ensemble des individus récoltés. Le total des moustiques marqués, récoltés à une date donnée était fourni par la somme des individus de différentes couleurs capturés à cette date. De même, le total des adultes sauvages, récoltés au jour j_n était donné par la somme des captures du jour j_n et des jours suivants, soit : $(j_n) + (j_n + 1) + (j_n + 2)$. Le total des individus récoltés le premier jour était donc donné par la somme des captures effectuées durant les 3 jours qui suivaient le lâcher de la première couleur, et ainsi de suite. Nous voyons donc que pour les moustiques sauvages, chaque chiffre de capture était utilisé durant trois jours consécutifs, ce qui explique que les totaux rapportés dans nos tableaux varient peu d'un jour à l'autre. De plus ils ne correspondent pas au total réellement capturé dans notre expérimentation, mais à un chiffre trois fois plus élevé, environ.

Nous n'avons tenu compte dans cet exposé que des chiffres de captures de moustiques marqués, égaux ou supérieurs à 25. Ces résultats n'ont pas été interprétés statistiquement, mais leur enchaînement nous a cependant permis d'en tirer un certain nombre de conclusions.

La presque totalité des moustiques capturés le premier jour avaient parcouru 50 mètres autour du point de lâcher. Peu de femelles avaient volé au-delà. Toutes étaient à jeun. Un grand nombre d'entr'elles n'avait pas atteint le stade II début, et elles n'étaient donc pas prêtes à se gorger.

Les déplacements suivant l'émergence sont donc dans l'ensemble très limités, mais certaines femelles sont parfaitement capables de parcourir des distances importantes, comme l'indique le tableau 7. Lors de captures destinées à étudier la portée de vol, une femelle à jeun, non fécondée, avait parcouru, en une douzaine d'heures environ, une distance comprise entre 400 et 500 mètres. Pour LINDQUIST *et al.* (1967) des déplacements de cette amplitude ne sont pas l'exception. Nous ne pensons pas que ce soit le cas à Bobo-Dioulasso, où les conditions de milieu sont évidemment très différentes de celles de Rangoon.

Le deuxième jour, des femelles marquées ont été récoltées à toutes les distances prospectées. La proportion sur le cercle 50 m atteint même sa valeur maximum. Ceci s'explique facilement, car la grande majorité des individus récoltés était constituée par des femelles gorgées. A ce stade de réplétion, la tendance endophile est beaucoup plus marquée que chez les femelles à jeun récoltées le jour précédent (SUBRA, 1970). Cependant si les captures les plus importantes s'effectuent toujours le plus près du point de lâcher, les proportions se rapportant aux autres distances sont en très nette augmentation. Ceci traduit donc un éloignement du point de lâcher plus marqué que la veille.

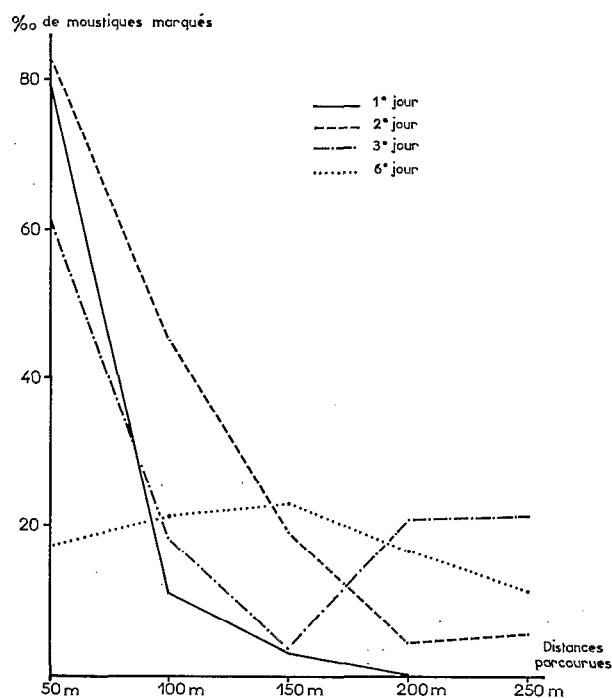


FIG. 3. — Rapidité des déplacements des femelles marquées de *C. p. fatigans*.

Les deux jours suivants, les récoltes sur le cercle de rayon 50 m demeurent les plus nombreuses bien que leur importance, par rapport à celles effectuées sur les autres cercles, diminue considérablement lorsqu'on établit une comparaison avec les jours précédents.

Le sixième jour les captures effectuées sur les différents cercles présentent entr'elles de minimes différences. La courbe traduisant ce résultat est très nettement différente de celles tracées précédemment (figure 3). Il semble donc qu'il y ait eu à cette période des déplacements plus importants que ceux effectués jusque là. Or la majorité des femelles récoltées ce jour sont gorgées ou semi-gravidées, mais toutes ont déjà pondu une fois. Il ne semble pas qu'elles aient effectué de tels déplacements.

TABLEAU 7
Portée de vol des femelles marquées de *C.p. fatigans*

Nombre de jours après le lâcher	Zones de captures																							
	25-50 m			50-100 m			100-200 m			200-300 m			400-500 m			600-700 m			800-900 m			Total		
	m	T	%	m	T	%	m	T	%	m	T	%	m	T	%	m	T	%	m	T	%	m	T	%
1	2	64	31,3	3	128	23,4		224	—		447	—	1	519	1,9		560	—		727	—	6	2 669	2,25
2	1	62	16,1	2	97	20,6	6	189	31,7		307	—		355	—		359	—		540	—	9	1 909	4,71
3	1	67	14,9	3	98	30,6		182	—	1	313	3,2	2	304	6,6	2	575	3,47		719	—	9	2 258	3,99
4	1	71	14,1		109	—		113	—		289	—		287	—		644	—		659	—	1	2 172	0,46
5	2	77	26,0		218	—	1	149	6,7		486	—		516	—	1	1 013	0,99		999	—	4	3 458	1,16
6		51	—	1	230	4,3	2	176	11,4		476	—	2	527	3,8		1 013	—		917	—	5	3 390	1,47
7		65	—	2	264	7,6		212	—	2	495	4,0		703	—		1 089	—		953	—	4	3 781	1,06
8		63	—		239	—	3	247	12,1		394	—	1	634	1,6	1	988	1,0		948	—	5	3 513	1,42
9		77	—	3	241	12,4	3	22	14,9		265	—		495	—	1	643	1,6		651	—	7	2 574	2,72
10	2	67	29,9		256	—	1	190	5,3		182	—	1	370	2,7		664	—		824	—	4	2 493	1,60
11		71	—	1	239	4,2		198	—		288	—		384	—		421	—		834	—	1	2 435	0,41
12		68	—		241	—		235	—	1	452	2,2		550	—		925	—	1	1 144	0,87	2	3 615	0,55
13	1	61	16,4		213	—	1	278	3,6		444	—		476	—		904	—		1 018	—	2	3 394	0,59
14		69	—		177	—		280	—		434	—		413	—	1	983	1,0		999	—	1	3 355	0,30
15		95	—		186	—		254	—		438	—		388	—		859	—		984	—		3 204	—
16		81	—		117	—		143	—	1	313	3,2		252	—		544	—		621	—	1	2 071	0,48
Total	10	1 109	9,01	15	3 053	4,91	17	3 272	5,2	5	6 023	0,83	7	7 173	0,98	6	12 124	0,49	1	13 537	0,07	61	46 291	1,32

T : total des moustiques capturés.
m : moustiques marqués.

TABLEAU 8
Régression du nombre des imagos marqués en fonction de la distance

	Sexe des individus récoltés	Distances du point de lâcher (exprimées en mètres)					Total			
		50	100	150	200	250				
1 ^{er} lâcher	Mâles	1	92	16	14	18	10	150		
		2	1 218	738	783	903	972	4 614		
		3	7,55	2,17	1,79	1,99	1,03	3,25		
	Femelles	1	110	45	32	33	34	254		
		2	1 677	1 766	1 055	2 010	2 245	9 753		
		3	6,56	2,55	1,56	1,64	1,51	2,60		
2 ^e lâcher	Mâles	1	7	12	5	5	4	—	—	30
		2	148	608	674	885	2 049	2 016	1 665	8 045
		3	4,73	1,97	0,74	0,56	0,05	—	—	0,37
	Femelles	1	10	17	18	5	8	6	1	65
		2	409	1 087	1 160	2 217	2 607	4 355	4 802	16 637
		3	2,44	1,56	1,55	0,22	0,31	0,14	0,02	0,39

1 = moustiques marqués.

2 = total des moustiques capturés.

3 = pourcentage de moustiques marqués.

ments lorsqu'elles étaient gravides, puisque la courbe du 4^e jour (date à laquelle la plupart d'entr'elles avaient atteint ce stade) ne diffère pas de celle des jours précédents. Nous pensons donc que de tels vols ont eu lieu entre la ponte et le repas de sang suivant.

Le déterminisme de ces vols plus étendus ne peut évidemment être précisé avec exactitude, mais nous rappellerons que les femelles à jeun se déplacent plus rapidement que les autres catégories d'individus. Il peut donc y avoir une relation entre le stade de réplétion des femelles et l'importance des déplacements qu'effectuent ces femelles au cours de leur vie : des vols très limités, permettant aux femelles de s'abriter dans des endroits divers et de pondre, des vols plus importants en fin de cycle gonotrophique, sans doute d'origine intrinsèque, mais facilités par l'état de « non-réplétion » des femelles.

4.2.1.3. Variations des densités en fonction de la distance ; portée de vol des femelles.

L'examen du total des individus récoltés durant cette expérimentation montre que la grande majorité d'entr'eux était issus de la zone de capture la plus proche du point de lâcher (tableau 8). Il s'agit là d'une obser-

vation courante qu'ont effectué la plupart des auteurs ayant étudié les déplacements des insectes. Au fur et à mesure qu'on s'éloigne d'un gîte, le nombre d'adultes récoltés va en diminuant. Chez *C. p. fatigans* ce phénomène est particulièrement net et semble relever de plusieurs raisons. Les faibles déplacements effectués par cette espèce constituent évidemment la cause essentielle. A cette explication s'ajoute de plus la lenteur de ces déplacements. Nous avons déjà indiqué qu'à notre avis, durant le premier cycle gonotrophique, les femelles se déplacent peu pendant que s'effectue la maturation de leurs ovaires. Après la ponte elles semblent voler sur des distances plus importantes mais, entre ce vol et celui ayant suivi l'émergence, plusieurs jours se sont écoulés, et le chiffre total de la population initiale a considérablement diminué. Aussi, en dépit de tels déplacements, les résultats de nos captures dans les zones les plus éloignées du point de lâcher seront toujours très inférieurs à ceux obtenus à proximité, dans les premiers jours.

La détermination de la portée de vol maximum est évidemment assez délicate. Le tableau 7 montre qu'une femelle a été récoltée dans la zone de capture située entre 800 et 900 mètres du point de lâcher. Agée de 12 jours environ, elle était gorgée et avait déjà pondu

TABLEAU 9
Rapidité des déplacements effectués par les mâles marqués de *C. p. fatigans*

Nombre de jours après le lâcher	50 m.			100 m.			150 m.			200 m.			250 m.			Total		
	T	m	%	T	m	%	T	m	%	T	m	%	T	m	%	T	m	%
1	291	30	103,0	87	2	23,0	105	4	38,0	126	3	23,8	133	2	15,0	742	41	55,3
2	287	19	66,2	96	2	20,8	88	1	11,4	109	1	9,2	142	2	14,1	722	25	34,6
3	285	9	31,5	114	3	26,3	87	—	—	132	3	22,7	145	—	—	763	15	19,7
4	266	12	45,1	134	3	22,4	101	1	9,9	149	2	13,4	165	—	—	815	18	22,1
5	322	4	12,4	137	1	7,3	92	—	—	226	2	8,8	155	—	—	932	7	7,5
6	308	7	22,7	154	4	26,0	144	3	20,8	252	2	7,9	196	4	20,4	1 054	20	19,0
7	283	5	17,7	134	—	—	171	2	11,7	238	—	—	182	—	—	1 008	7	6,9
8	236	1	4,2	123	—	—	200	—	—	167	2	12,0	213	2	9,4	939	5	5,3
9	207	2	9,7	123	—	—	214	—	—	152	—	—	219	—	—	915	2	2,2
10 ...	174	—	—	137	1	7,3	181	2	11,0	138	1	7,2	225	—	—	855	4	4,7
11 ...	159	3	18,9	146	—	—	166	1	6,0	154	—	—	195	—	—	820	4	4,9
12 ...	140	—	—	121	—	—	136	—	—	146	1	6,8	167	—	—	710	1	1,4
13 ...	144	—	—	152	—	—	158	—	—	153	1	6,5	167	—	—	774	1	1,3
Total .	3 102	92	29,6	1 658	16	9,7	1 843	14	7,6	2 142	18	8,4	2 304	10	4,3	11 049	150	13,6

T = total des moustiques capturés.
m = moustiques marqués.

TABLEAU 10
Portée de vol des mâles marqués de *C. p. fatigans*

Nombre de jours après le lâcher	Zones de captures														Total									
	25-50 m			50-100 m			100-200 m			200-300 m			400-500 m			600-700 m			800-900 m			m	T	‰
	m	T	‰	m	T	‰	m	T	‰	m	T	‰	m	T	‰	m	T	‰	m	T	‰			
1	2	18	111,1	4	49	81,6	1	59	16,9	1	113	8,8	151	—	186	—	151	—	8	727	11,00			
2	3	24	125	6	50	120,0	1	51	—	1	83	12,0	113	—	139	—	92	—	10	552	18,12			
3	26	—	—	64	—	—	1	75	13,3	81	—	—	255	—	215	—	127	—	1	843	1,19			
4	3	35	85,7	1	80	12,5	2	80	25,0	2	104	19,2	400	—	231	—	136	—	8	1 066	7,50			
5	32	—	—	92	—	—	1	169	5,9	169	5,9	5,9	672	—	328	—	206	—	1	1 607	0,62			
6	23	—	—	1	77	13,0	94	—	—	169	—	—	1	622	1,6	404	—	252	—	2	1 641	1,22		
7	43	—	—	103	—	—	1	156	6,4	167	—	—	582	—	394	—	354	—	1	1 799	0,56			
8	37	—	—	137	—	—	170	—	—	136	—	—	416	—	459	—	461	—	1	1 816	—			
9	40	—	—	148	—	—	173	—	—	90	—	—	279	—	288	—	334	—	1	1 352	—			
10	7	—	—	177	—	—	127	—	—	167	—	—	245	—	350	—	359	—	1	1 432	—			
11	24	—	—	161	—	—	124	—	—	148	—	—	257	—	562	—	335	—	1	1 611	—			
12	22	—	—	182	—	—	87	—	—	227	—	—	393	—	587	—	447	—	1	1 945	—			
13	26	—	—	121	—	—	132	—	—	223	—	—	1	414	2,4	530	—	432	—	1	1 878	0,53		
Total	8	357	22,4	12	1 441	8,33	5	1 436	3,48	5	1 877	2,66	2	4 783	0,48	4 673	—	3 686	—	32	18 269	1,75		

m : moustiques marqués.

T : total des moustiques capturés.

TABLEAU 11
Déplacements de *C.p. fatigans* en milieu rural

Lieux de récolte	Distance approximative du point de lâcher en m	Moustiques récoltés			
		♂	♀	Date de capture (Nombre de jours après le lâcher)	Stade de réplétion des femelles
Village bâti sur une colline bordant la route ..	800 m	—	—	—	—
Hameau situé en bordure de la piste	800 m	—	2	4	une femelle gorgée, une femelle semi-gravide
Village éloigné de la piste	2 kilomètres	1	—	4	—
Groupe de maisons en bordure de la piste	2,5 km	—	1	2	gorgée.
Village en bordure de la piste	3,5 km	—	1	2	gorgée.

3 fois. Elle avait couvert une distance considérable par rapport à la majorité des autres femelles. Il est très probable qu'une faible proportion d'individus seulement avaient volé au-delà et, dans les conditions de notre expérimentation, nous pensons pouvoir fixer approximativement la portée de vol des femelles à 1 km environ. LINDQUIST *et al.*, (1967) estiment qu'à Rangoon, la proportion d'individus volant au-delà de cette distance est négligeable, et que rares sont les femelles dépassant 1.600 mètres. Nous pensons que cette plus grande portée de vol à Rangoon, peut être mise en relation avec la plus grande distance parcourue par les femelles dans les premières heures de leur vie, et qu'elle s'explique aussi par des conditions de milieu différentes.

4.2.1.4. Déplacements des mâles.

Les mâles ne se nourrissent pas de sang et ont une tendance endophile moins marquée que les femelles. Aussi, les enseignements qu'apporte leur étude seront-ils moins nombreux.

Les tableaux 9 et 10 vont cependant nous permettre d'établir des points de comparaisons et de différences entre les deux sexes.

La partie du tableau 5 relative aux mâles montre ici aussi que le plus fort pourcentage d'individus a été récolté dans le secteur C. Un test de χ^2 destiné à comparer les récoltes de ces secteurs montre que les différences observées ne sont pas significatives ($\chi^2 = 10,24$ pour 5 degrés de liberté). Nous n'en concluons pas cependant que les déplacements des mâles en milieu urbain ne sont pas orientés. En effet, les plus forts pourcentages de mâles et de femelles ont été récoltés dans le même secteur et il nous paraît douteux qu'il s'agisse là d'une simple coïncidence. Des chiffres de capture plus

élevés auraient probablement donné pour les mâles un résultat aussi significativement différent que celui des femelles.

Dans les heures suivant l'émergence de nombreux mâles avaient effectué des vols identiques à ceux des femelles, mais certains d'entr'eux avaient parcouru des distances beaucoup plus importantes, comme l'atteste la présence d'individus marqués à toutes les distances prospectées lors des captures effectuées sur des cercles de rayon différent. Rappelons que des déplacements équivalents n'avaient été réalisés par les femelles que 24 heures plus tard (tableau 9).

Le nombre total des moustiques capturés décroît évidemment au fur et à mesure qu'on s'éloigne du point de lâcher, et ce d'autant plus rapidement que la longévité des mâles est plus courte que celle des femelles (tableau 8).

La portée de vol maximum est inférieure à celle des femelles. Cette différence n'apparaît que dans le tableau 10, puisque les plus grandes distances parcourues étaient comprises entre 400 et 500 mètres, zone dans laquelle deux mâles avaient été récoltés les sixième et douzième jour. LINDQUIST *et al.* (1967) ont observé une telle différence à Rangoon, entre mâles et femelles, mais elle semble moins nette que dans notre expérimentation. Notre observation concorde avec celles de nombreux auteurs qui avaient décrit, dans la plupart des cas, des vols de portée plus réduite chez les mâles que chez les femelles.

4.2.2. DÉPLACEMENTS EN MILIEU RURAL.

Nous avons déjà expliqué les raisons pour lesquelles nos chiffres de capture étaient très faibles. Ils nous ont permis cependant d'apprécier dans quelle mesure le

milieu influait sur les déplacements des imagos de *C. p. fatigans*.

A l'exception du premier village, bâti sur une colline, des récoltes positives ont été effectuées dans tous les lieux prospectés, jusqu'à une distance de 3,5 kilomètres (tableau 11). Cette absence de moustiques au point de capture le plus proche tendrait à prouver, comme l'avaient montré KLASSEN et HOCKING (1964), que les imagos se déplaceraient dans certaines directions privilégiées qui pourraient être celles des plus basses lignes d'horizon.

Les moustiques marqués n'ont été récoltés qu'à partir du deuxième jour, mais ils n'en avaient pas moins couvert, en une période relativement courte, une distance très supérieure à celle parcourue dans le même temps par les individus de la même espèce, en milieu urbain.

Ici aussi, les déplacements des mâles semblent de plus faible envergure que ceux des femelles.

Les déplacements de *C. p. fatigans* en milieu rural diffèrent donc de ceux accomplis en milieu urbain, au moins dans deux domaines : les distances parcourues sont beaucoup plus élevées, la vitesse du déplacement est beaucoup plus rapide.

4.2.3. DISCUSSION.

Plusieurs sortes de déplacements ont été décrites dans notre revue bibliographique. De quel type relèvent ceux effectués par *C. p. fatigans* ?

Les femelles, nous l'avons vu, effectuent leur premier vol au plus tard 24 heures après l'émergence. Certaines sont âgées de quelques heures seulement. Un tel vol est-il orienté ? Nous ne le pensons pas. En effet ces femelles sont trop jeunes pour prendre un repas de sang et attendront, avant de le faire, d'avoir des follicules au stade II début. D'autre part le vol destiné à la recherche d'un abri paraît peu probable. Rappelons en effet que les puisards d'où elles sont issues offrent généralement un abri parfait. La surface de l'eau étant généralement au-dessous du niveau du sol elles peuvent se poser sur les parois du gîte, tandis que les divers objets qui obstruent souvent l'ouverture les protègent contre la plupart des causes de nuisance. D'ailleurs les études sur les lieux de repos de cette espèce ont montré que les jeunes femelles venant d'éclore cherchaient refuge dans des puits secs, ou contenant de l'eau mais creusés sur le modèle des gîtes productifs (SUBRA, 1970). Certaines femelles quittent donc les gîtes d'où elles sont issues pour se réfugier dans les abris offrant des conditions de milieu semblables et il nous paraît peu probable dans ces conditions que de tels vols soient orientés. Nous pensons donc que ce premier vol est du type dispersif et qu'il correspond au « non-appetential flight » des auteurs anglo-saxons. Il répondrait de la part de

l'insecte à un besoin de déplacement que LINDQUIST *et al.* (1967) dénomment « an urge to flight ».

Les autres vols seront sans doute du type « appetential-flight » puisqu'ils sont déterminés par la recherche d'un hôte, ensuite de lieux de repos appropriés, et enfin d'un gîte convenable pour l'oviposition. Le déplacement suivant l'oviposition semble dans certains cas plus étendu que les autres. Il n'est pas impossible qu'il soit aussi de nature différente. Plusieurs auteurs ont admis, en tous cas, qu'après le premier repas sanguin, les femelles de certaines espèces de moustiques étaient susceptibles d'entreprendre des vols à grande distance, non déterminés par un besoin végétatif quelconque. Nous rappellerons à ce sujet les travaux de GARRET-JONES (1962) et ceux de WADA *et al.* (1969). Dans le cas de *C. p. fatigans*, il est malheureusement impossible de prouver l'existence de tels vols, étant donné la faiblesse des déplacements effectués en milieu urbain.

Il est possible, en milieu urbain, de fixer approximativement la distance parcourue par les femelles lors du vol non orienté qui suit le départ du gîte, après l'émergence. En effet, la recherche d'un lieu de repos ou d'un hôte n'exigeant pas de déplacements importants, les captures effectués le premier jour permettent de s'en faire une idée assez exacte.

En milieu rural, cette évaluation est plus difficile. Lorsque le vol non orienté sera terminé, la femelle se mettra en quête d'un abri. La recherche d'un hôte exigera ensuite un nouveau déplacement qui pourra être important s'il n'y a pas d'hôte à proximité. Mais il ne nous est pas possible en milieu rural de fixer l'importance du vol non orienté et des vols orientés. Les chances pour que le vol non orienté s'achève à proximité d'une source de sang sont tout de même minimes. Aussi nous pensons que les deux types de vols sont plus importants qu'en milieu urbain, ce qui pourrait être l'explication au moins partielle aux différences de distances parcourues dans l'un et l'autre cas.

4.3. Conclusions.

Nous pouvons conclure de ces observations que la nature des déplacements effectués par *C. p. fatigans* est considérablement influencée par le milieu dans lequel vit l'insecte. Les distances parcourues et la rapidité du vol en zone urbaine sont loin d'atteindre les possibilités réelles du moustique, comme l'a montré l'étude faite hors de Bobo-Dioulasso. Dans le premier cas, les déplacements semblent donc limités par la nature du milieu où vit l'insecte, dans le deuxième cas, cette limite serait uniquement déterminée par les capacités de vol de l'espèce.

Comme dans le cas de la longévité, il sera discuté ultérieurement de l'influence de ces déplacements sur la dynamique des populations imaginales de *C. p. fatigans* (SUBRA, *sous presse*).

REMERCIEMENTS

Nous adressons nos remerciements aux personnes qui nous ont apporté leur aide au cours de la réalisation de notre travail : M. le Professeur BERGERARD, M. le Professeur GRENIER, M. J. HAMON, M. R. LE BERRE, M. le Docteur B. DE MEILLON, M. J. MOUCHET. Nous remercions également M^{me} RAZAFINDRASOLO et M. P. SALES qui ont exécuté les figures illustrant ce travail.

Manuscrit reçu au S.C.D. le 25 novembre 1971

BIBLIOGRAPHIE ³

- AARONS (T.), WALKER (J. R.), GRAY (H. F.) and MEZGER (E. G.), 1951. — Studies of the flight range of *Aedes squamiger* (Coquillett). *Proc. Pap. 19th ann. Conf. Calif. Mosq. Centr. Ass.*, 65-69.
- ABDEL-MALEK (A. A.) and ABDEL-AAL (M. A.), 1966. — Study of the dispersion and flight range of *Anopheles sergenti* Theo. in Siwa oasis using radioactive isotopes as markers. *Bull. Org. mond. Santé*, **35**, 368-973.
- AFRIDI (M. K.) and MAJID (S. A.), 1938 a. — Observations on the range of dispersion of *Culex fatigans* and its infiltration into Delhi urban area. *J. Malar. Inst. India*, **1**, 155-167.
- AFRIDI (M. K.) and MAJID (S. A.), 1938 b. — Malaria in Bahrein Islands (Persian Gulf). *J. Malar. Inst. India*, **1**, 427-472.
- AFRIDI (M. K.), MAJID (A.) and SHAH (I. H.), 1940. — Studies on the behaviour of adult *Anopheles culicifacies*. Part II. *J. Malar. Inst. India*, **3**, 23-51.
- ANDREWARTHA (H. G.), 1961. — Introduction to the study of animal populations. *Phoenix Sc. Ser.*, The University of Chicago Press, Chicago, 281 p.
- ANONYME, 1964. — Terminologie du paludisme et de l'éradication du paludisme. *Org. mond. Santé*, Genève, 176 p.
- ASAHINA (S.), 1970. — Transoceanic flight of mosquitoes on the Northwest Pacific. *Japan. J. med. Sci. Biol.*, **23**, 255-258.
- BANG (F. B.), QUINBY (G. E.) and SIMPSON (T. W.), 1943. — Studies on *Anopheles walkeri* Theobald conducted at Reelfoot Lake, Tennessee, 1935-1941. *Amer. J. trop. Med.*, **23**, 247-273.
- BARROWMAN (B.), 1939. — Replanting and Malaria. *J. Malaya Br. Brit. med. Ass.*, **3**, 170-174.
- BATES (M.), 1949. — The natural history of mosquitoes. The Macmillan company, New York, 379 p.
- BONNET (D. D.) and WORCESTER (D. J.), 1946. — The dispersal of *Aedes albopictus* in the territory of Hawaii. *Amer. J. trop. Med.*, **26**, 465-476.
- BRUCE-CHWATT (L. J.), 1950. — Recent studies in insects vectors of yellow fever and malaria in British West Africa. *J. trop. Med.*, **53**, 71-79.
- BRUCE-CHWATT (L. J.), 1956. — Radioisotopes for research and control of mosquitoes. *Bull. Org. mond. Santé*, **15**, 491-511.
- BURCA (B. de), 1939. — Note on anti-malaria measures in Quetta Cantonment during 1938. *J. Malar. Inst. India*, **2**, 121-130.
- CAMBOURNAC (F. J. C.) and HILL (R. B.), 1938. — The biology of *Anopheles maculipennis* var. *atroparvus* in Portugal. *Acta Conv. ter. Malar. Morb.*, **2**, 178-184.
- CHAUVET (G.), 1969. — Etudes, en particulier au moyen de radioisotopes, sur l'éthologie et la physiologie comparées des espèces A et B du complexe *Anopheles gambiae* dans une zone de sympatrie à Madagascar. *Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Ent. méd. Parasitol.*, **7**, 61-91.
- CLARK (L. R.), GEIER (P. W.), HUGHES (R. D.) and MORRIS (F. F.), 1967. — The ecology of insect populations in theory and practice. METHUEN and Co., London, 232 p.
- CLARKE (J. L.), 1943. — Studies of the flight range of mosquitoes. *J. econ. Ent.*, **36**, 121-122.
- CLEMENTS (A. N.), 1963. — The physiology of mosquitoes. Pergamon Press, Oxford, London, New York, Paris, 393 p.
- COLLESS (D. H.), 1953. — Observations on the flight range of *A. balabacensis* Baisas (= *A. leucosphyrus*, auct.). *Med. J. Malaya*, **7**, 179-184.
- CORREA (R. R.), LIMA (F. O.) and CODA (D.), 1950. — Observations on the flight and longevity in nature of *Anopheles albitarsis domesticus*. *J. nat. Malar. Soc.*, **9**, 280-284.
- COZ (J.), GRUCHET (H.), CHAUVET (G.) et COZ (M.), 1961. — Estimation du taux de survie chez les anophèles. *Bull. Soc. Path. exot.*, **54**, 1353-1358.
- DAGGY (R. H.), 1945. — The biology and seasonal cycle of *Anopheles farauti* on Espiritu Santo, New Hebrides. *Ann. ent. Soc. Amer.*, **38**, 1-13.
- DAVIDSON (G.), ODETOYINBO (J. A.), COLUSSA (B.) et COZ (J.), 1969. — A field attempt to assess the mating competitiveness of sterile males produced by crossing two members species of the *Anopheles gambiae* complex. *Bull. Org. mond. Santé*, **42**, 55-67.
- DETINOVA (T. S.), 1963. — Méthodes à appliquer pour classer par groupes d'âge les diptères présentant une importance médicale. *Org. mond. Santé, Sér. Monogr.*, **47**, 220 p.
- DOW (R. P.), REEVES (W. C.) and BELLAMY (R. E.), 1965. — Dispersal of female *Culex tarsalis* into a

(3) Les références marquées d'un astérisque (*) n'ont pas été consultées dans leur langue originale ; nous en avons pris connaissance par un résumé en langue anglaise.

- larvicided area. *Amer. J. Trop. Med. Hyg.*, **14**, 656-670.
- EDDY (G. W.), ROTH (A. R.) and PLAPP jr. (F. W.), 1962. — Studies on the flight habits of some marked insects. *J. econ. Ent.*, **55**, 603-607.
- EDMAN (J. D.) and BIDLINGMAYER (W. L.), 1969. — Flight capacity of blood-engorged mosquitoes. *Mosq. News*, **29**, 386-392.
- ELMORE (C. M.) and SCHOOF (H. F.), 1963. — Dispersal of *Aedes taeniorhynchus* Wiedemann near Savannah, Georgia. *Mosq. News*, **23**, 1-7.
- EYLES (D. E.), 1944. — A critical review of the literature relating to the flight and dispersion habits of Anopheline mosquitoes. *Publ. Hlth Bull.*, **287**, 1-39.
- EYLES (D. E.), SABROSKY (C. W.) and RUSSEL (J. C.), 1945. — Long range dispersal of *Anopheles quadrimaculatus*. *Publ. Hlth. Rep.*, **60**, 1265-1273.
- FAY (R. W.), BAKER (J. T.) and JENSEN (J. A.), 1959. — Radioactive tagging of *Culex quinquefasciatus* (Say) with P32. *Mosq. News*, **19**, 139-143.
- FOLEY (H.), 1930. — Mœurs et médecine des touaregs de l'Ahaggar, Alger, 130 p.
- FUSSELL (E. M.), 1964. — Dispersal studies on radioactive-tagged *Culex quinquefasciatus* Say. *Mosq. News*, **24**, 422-426.
- GARRETT-JONES (C.), 1957. — Migratory flight in anopheline mosquitos in the Middle East. *Bull. endemic Dis.* (Baghdad), **2**, 79-87.
- GARRETT-JONES (C.), 1962. — The possibility of active long-distance migrations by *Anopheles pharoensis* Theobald. *Bull. Org. mond. Santé*, **27**, 299-302.
- GILLIES (M. T.), 1953. — The duration of the gonotrophic cycle in *Anopheles gambiae* and *Anopheles funestus* with a note on the efficiency of hand catching. *E. afr. med. J.*, **30**, 129-135.
- GILLIES (M. T.), 1955. — The pre-gravid phase of ovarian development in *Anopheles funestus*. *Ann. trop. Med. Parasit.*, **49**, 320-325.
- GILLIES (M. T.), 1961. — Studies on the dispersion and survival of *Anopheles gambiae* Giles in East Africa, by means of marking and release experiments. *Bull. ent. Res.*, **52**, 99-127.
- GILLIES (M. T.), 1963. — Observations on nulliparous and parous rates in some common African mosquitoes. *Ann. trop. Med. Parasit.*, **57**, 235-442.
- GILLIES (M. T.) and WILKES (T. J.), 1963. — Observations on nulliparous and parous rates in population of *Anopheles funestus* in East Africa. *Ann. trop. Med. Parasit.*, **57**, 204-213.
- GILLIES (M. T.) et al., 1961. — Guide d'entomologie appliquée à la lutte antipaludique dans la région africaine de l'O.M.S. Org. mond. Santé, Brazzaville.
- HAIKOVA (Z.), 1966. — A study on gonotrophic cycles of the mosquito *Aedes vexans* Meig. in South Moravia. *Folia Parasitol.*, **13**, 361-370.
- HAMON (J.), 1953. — Etudes biologique et systématique des Culicidae de l'île de La Réunion. *Mém. Inst. scient. Madagascar (E)*, **4**, 521-541.
- HAMON (J.), ADAM (J. P.) et GRJEBINE (A.), 1956. — Observations sur la répartition et le comportement des anophèles d'Afrique équatoriale française, du Cameroun et d'Afrique Occidentale. *Bull. Org. mond. Santé*, **15**, 549-591.
- HAMON (J.) et al., 1967. — *Culex pipiens fatigans* Wiedmann, *Wuchereria bancrofti* Cobbold, et le développement de l'Afrique tropicale. *Bull. Org. mond. Santé*, **37**, 217-237.
- HARDEN (F. W.) and CHUBB (H. S.), 1960. — Observations of *Aedes taeniorhynchus* dispersal in extreme south Florida and the Everglades National Park. *Mosq. News*, **20**, 249-255.
- HAYASHI (S.) and KURIHARA (T.), 1965. — Studies on the age of mosquitoes. I. The determination of physiological age of *Culex pipiens pallens* by the relics formed at ovarioles after oviposition. *Jap. J. sanit. Zool.*, **16**, 29-33.
- HOLMES (W. E.), 1939. — The adult Anopheles survey as a routine anti-malarial measure. *J. Malaya Br. Brit. med. Ass.*, **2**, 213-218.
- HOLWAY (R. T.), 1958. — Preliminary notes on light traps and *Culex quinquefasciatus* (Say) dispersal in Hawaii. *Proc. Pap. 26th ann. Conf. Calif. Mosq. Contr. Ass.*, 19-28.
- HORSFALL (W. R.), 1954. — A migration of *Aedes vexans* Meigen. *J. econ. Ent.*, **47**, 544.
- HORSFALL (W. R.) and PORTER (D. A.), 1946. — Biologies of two malaria mosquitoes in New Guinea. *Ann. ent. Soc. Amer.*, **39**, 549-560.
- HUFFAKER (C. B.) and BACK (R. C.), 1945. — A study of the effective flight range, density, and seasonal fluctuations in the abundance of *Anopheles quadrimaculatus* Say in Delaware. *Amer. J. trop. Med.*, **25**, 155-161.
- ITO (S.), 1964. — Collections of mosquitoes by light traps at four stations in Nagasaki. *End. Dis. Bull. Nagasaki Univ.*, **6**, 231-241.
- * IVANOVA (L. V.), 1942. — Observations on dispersion and migration of *Anopheles maculipennis* females in villages on the Istra barrage-lake. *Med. Parasitol.*, **11**, 15-20.
- JENKINS (D. W.) and HASSETT (C. C.), 1951. — Dispersal and flight range of subarctic mosquitoes mar-

- ked with radiophosphorus. *Canad. J. Zool.*, **29**, 178-187.
- JEPSON (W. F.), MOUTIA (A.) and COURTOIS (C.), 1947. — The malaria problem in Mauritius: the bionomics of Mauritian anophelines. *Bull. ent. Res.*, **38**, 177-208.
- JOHNSON (C. G.), 1969. — Migration and dispersal of insects by flight. Methuen and Co. Ltd, London, 763 p.
- KETTLE (D. S.), 1960. — The flight of *Culicoides impunctatus* Goetghebuer (Diptera, Ceratopogonidae) over moorland and its bearing on midge control. *Bull. ent. Res.*, **51**, 461-489.
- KETTLE (D. S.), 1962. — The bionomics and control of *Culicoides* and *Leptoconops* (Diptera, Ceratopogonidae = Heleidae). *Ann. Rev. Ent.*, **7**, 401-418.
- KLASSEN (W.) and HOCKING (B.), 1964. — The influence of a deep river valley system on the dispersal of *Aedes* mosquitos. *Bull. ent. Res.*, **55**, 289-304.
- LACOUR (P.), 1937. — Etude biologique de la race rurale de *Culex pipiens*. Thèse, Paul Vallier édit., Clermont-Ferrand, 125 p.
- Le BERRE (R.), 1966. — Contribution à l'étude biologique et écologique de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae). *Mém. ORSTOM, Paris*, **17**.
- LEVI-CASTILLO (R.), 1945. — *Anopheles pseudopunctipennis* in the los Chillos Valley of Ecuador. *J. econ. Ent.*, **38**, 385-388.
- LINDQUIST (A. W.), IKESHOJI (T.), GRAB (B.), MEILLON (B. de) and KHAN (Z. H.), 1967. — Dispersion studies of *Culex pipiens fatigans* tagged with ³²P in the Kemmendine area of Rangoon, Burma. *Bull. Org. mond. Santé*, **36**, 21-37.
- LINLEY (J. R.), 1965. — The ovarian cycle and egg stage in *Leptoconops (Holoconops) bequaerti* (Kieff.) (Diptera, Ceratopogonidae). *Bull. ent. Res.*, **56**, 37-56.
- MACDONALD (W. W.), SEBASTIAN (A.) and TUN (M. M.), 1968. — A mark-release-recapture experiment with *Culex pipiens fatigans* in the village of Okpo, Burma. *Ann. trop. Med. Parasit.*, **62**, 200-209.
- MAYNE (B.), 1928. — The influence of relative humidity on the presence of parasites in the insect carrier and the initial seasonal appearance of malaria in a selected area in India. *India J. med. Res.*, **15**, 1073-1084.
- MEILLON (B. de), 1934. — Observations on *A. funestus* and *A. gambiae* in Transvaal. *Publ. S. afr. Inst. med. Res.*, **6**, 195-248.
- MEILLON (B. de), SEBASTIAN (A.) and KHAN (Z. H.), 1967 a. — Exodus from a breeding place and the time of emergence from the pupa of *Culex pipiens fatigans*. *Bull. Org. mond. Santé*, **36**, 163-167.
- MEILLON (B. de), SEBASTIAN (A.) and KHAN (Z. H.), 1967 b. — Time of arrival of gravid *Culex pipiens fatigans* at an oviposition site, the oviposition cycle and the relationship between time of feeding and time of oviposition. *Bull. Org. mond. Santé*, **36**, 39-46.
- MEILLON (B. de), SEBASTIAN (A.) and KHAN (Z. H.), 1967 c. — Cane-sugar feeding in *Culex pipiens fatigans*. *Bull. Org. mond. Santé*, **36**, 53-65.
- MOUCHET (J.) et GARIOU (J.), 1960. — Anophélisme et paludisme dans le département bamiléké (Ouest Cameroun). *Recherches Etudes camerounaises*, **1**, 92-114.
- NEWHOUSE (B. A.), 1953. — A progress report of the *Aedes* flight range studies in Kern County. *Proc. Pap. 22nd ann. Conf. Calif. Mosq. Contr. Ass.*, 80-81.
- PHIPPS (J.), 1957. — Observations on the behaviour of culicine mosquitoes in African huts. *Bull. ent. Res.*, **48**, 275-288.
- PROVOST (M. W.), 1952. — The dispersal of *Aedes taeniorhynchus* I. Preliminary studies. *Mosq. News*, **12**, 174-190.
- PROVOST (M. W.), 1957. — The dispersal of *Aedes taeniorhynchus*. II. The second experiment. *Mosq. News*, **17**, 233-247.
- QUAN (S. F.), HARTWELL (W. V.), SCOTT (K. G.) and PENG (C. T.), 1957. — Cerium 144 as a tag for arthropods of medical importance. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **51**, 87-88.
- QUARTERMAN (K. D.), JENSEN (J. A.), MATHIS (W.) and SMITH (W. W.), 1955. — Flight dispersal of rice field mosquitoes in Arkansas. *J. econ. Ent.*, **48**, 30-32.
- QURAIISHI (M. S.), FAGHIH (M. A.) and ESGHI (N.), 1966. — Flight range, lengths of gonotrophic cycles, and longevity of P³²-labelled *Anopheles stephensi mysorensis*. *J. econ. Ent.*, **59**, 50-55.
- ROCKSTEIN (M.), 1964-1965, — The physiology of insecta. Academic Press, New York and London, 3 vol., 640 + 905 + 692 p.
- ROSS (R.), 1905. — The logical basis of the sanitary policy of mosquito reduction. *Brit. med. J.*, **1**, 1025-1029.
- ROUBAUD (E.), 1929. — Cycle autogène d'attente et générations hivernales suractives inapparentes chez le moustique commun *Culex pipiens* L. *C.R. Acad. Sc., Paris*, **188**, 735.
- ROULE (L.), 1963. — Les radioéléments en parasitologie humaine. *Monographies C.E.A., Paris*, **31**, 58 p.
- ROWLEY (W. A.) and GRAHAM (C. L.), 1968 a. — The effect of age on the flight performance of female *Aedes aegypti* mosquitoes. *J. Insect Physiol.*, **14**, 719-728.

- ROWLEY (W. A.), and GRAHAM (C. L.), 1968 b. — The effect of temperature and relative humidity on the flight performance of female *Aedes aegypti*. *J. Insect Physiol.*, **14**, 1251-1257.
- ROWLEY (W. A.), 1970. — Laboratory flight ability of the mosquito, *Culex tarsalis* Coq. *J. med. Ent.*, **7**, 713-716.
- RUSSEL (P. F.), KNIPE (F. W.), RAMACHANDRA RAO (T.) and PUTNAM (P.), 1944. — Some experiments on flight range of *Anopheles culicifacies*. *J. exp. Zool.*, **97**, 135-163.
- SAMARAWICKREMA (W. A.), 1967. — A study of the age-composition of natural populations of *Culex pipiens fatigans* Wiedemann in relation to the transmission of filariasis due to *Wuchereria bancrofti* (Cobbold) in Ceylon. *Bull. Org. mond. Santé*, **37**, 117-137.
- SCHNEIDER (F.), 1962. — Dispersal and migration. *Ann. Rev. Ent.*, **7**, 223-242.
- SHAPIRO (J.-M.), SALITERNIK (Z.) and BELFERMAN (S.), 1944. — Malaria survey of the Dead Sea Area during 1942, including the description of a mosquito flight test and its results. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **33**, 95-116.
- SHEMANCHUK (J. A.), SPINKS (J. W. T.) and FREEDEN (F. J. H.), 1953. — A method of tagging prairie mosquitoes (Diptera: Culicidae) with radio-phosphorus. *Canad. Ent.*, **85**, 269-272.
- SHEMANCHUK (J. A.), FREEDEN (F. J. H.) and KRISTJANSON (A. M.), 1955. — Studies on flight range and dispersal habits of *Aedes flavescens* (Müller) (Diptera: Culicidae) tagged with radio-phosphorus. *Canad. Ent.*, **87**, 376-79.
- SINGH (M. V.), AGARWALA (R. S.) and SINGH (N.), 1963. — Note on the flight range of *Culex fatigans*. *Indian J. Malar.*, **17**, 295-296.
- SMITH (G. E.), WATSON (R. B.) and CROWELL (R. L.), 1941. — Observations on the flight range of *Anopheles quadrimaculatus*, Say. *Amer. J. Hyg.*, **34**, 102-113.
- SNOW (W. F.), 1970. — An observation on the effect of vegetation on the flight pattern of *Anopheles melas* and *Aedes chamboni* in the Gambia, West Africa. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **64**, 477.
- SNOW (W. F.) and WILKES (T. J.), 1970. — The height and direction of non-host oriented flight, and the age of *Anopheles melas* in relation to wind direction in the Gambia, West Africa. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, **64**, 477.
- SOUTHWOOD (T. R. E.), 1966. — Ecological methods. Methuen and Co, London, 391 p.
- STRAHAN (J. H.), 1940. — A review of the results of malaria control on rubber estates in Negri Sembilan South from 1931-1939. *J. Malaya Br. Brit. med. Ass.*, **4**, 53-65.
- SUBRA (R.), 1970. — Etudes écologiques sur *Culex pipiens fatigans* Wiedemann, 1828 (Diptera, Culicidae) dans une zone urbaine de savane soudanienne ouest-africaine. Lieux de repos des adultes. *Cah. ORSTOM, Sér. Ent. Méd. Parasitol.*, **8**, 353-376.
- SUBRA (R.), BOUCHITE (B.) et GATRAL (Ph.), 1970. — Evaluation à grande échelle du dursban et de l'abate pour le contrôle des larves de *Culex pipiens fatigans* Wiedemann 1828, dans la ville de Bobo-Dioulasso (Haute-Volta). *Méd. trop.*, **30**, 393-402.
- SWELLENGREBEL (N. H.), 1929. — La dissociation des fonctions sexuelles et nutritives (dissociation gonotrophique) d'*Anopheles maculipennis* comme cause du paludisme dans les Pays-Bas et ses rapports avec l'« infection domiciliaire ». *Ann. Inst. Pasteur, Paris*, **43**, 370-1389.
- VISWANATHAN (D. K.), RAMACHANDRA RAO (T.) and RAMA RAO (T.S.), 1945. — The behaviour of *Anopheles fluviatilis*. Part IV. Experiments on the behaviour of gravid females. *J. Malar. Inst. India*, **6**, 243-245.
- WADA (Y.), KAWAI (S.), ODA (T.), MIYAGI (I.), SUENAGA (O.), NISHIGAKI (J.), OMORI (N.), TAKAHASHI (K.), MATSUO (R.), ITOH (T.) and TAKATSUKI (Y.), 1969. — Dispersal experiment of *Culex tritaeniorhynchus* in Nagasaki area (Preliminary Report) *Trop. Med., Nagasaki*, **11**, 37-44.
- WALLACE (R. B.), 1939. — The range of flight of *Anopheles maculatus*. *J. Malaya Br. Brit. med. Ass.*, **3**, 22-32.
- WATTAL (B. L.) and KALRA (N. L.), 1963. — Studies on Culicine mosquitoes. 3. Laboratory studies on the effects of the blood of different vertebrates on egg-production and biology of *Culex fatigans* Wied. *Indian J. Malar.*, **17**, 75-73.
- WHITE (G. B.), 1970. — Evidence for *Anopheles squamosus* migration. *Nature, London*, **227**, 739-740.
- WHITEHEAD (F. E.), 1957. — Flight range of rice field mosquitoes. *Bull. Ark. agric. Exp. Sta.*, **590**, 7 p.
- WOLFENBARGER (D. O.), 1946. — Dispersion of small organisms. Distance dispersion rates of bacteria, spores, seeds, pollen, and insects; incidence rates of diseases and injuries. *Amer. Midl. Nat.*, **35**, 1-152.
- WOLFINSOHN (M.) and GALUN (R.), 1953. — A method for determining the flight range of *Aedes aegypti* (Linn.). *Bull. Res. Coun. Israel*, **2**, 433-436.
- YASUNO (M.) and HARINASUTA (C.), 1968. — The studies of the behavior of *Culex pipiens fatigans* with special reference to dispersal, mating and feeding. *Jap. J. Expt. Med.*, **37**, 525-534.
- ZUKEL (J. W.), 1945. — Marking *Anopheles* mosquitoes with fluorescent compounds. *Science*, **102**, 157.