

ESSAI D'ANALYSE STATISTIQUE
DU PHÉNOMÈNE D'IRRITABILITÉ AU DDT

par

J. MOUCHET et J. DÉJARDIN

WORLD HEALTH
ORGANIZATION

ORGANISATION MONDIALE
DE LA SANTE

COMITE D'EXPERTS DES INSECTICIDES
(LUTTE CONTRE LES VECTEURS ET
RESISTANCE AUX INSECTICIDES)

Ins.13/Document de travail N° 5.14.13
25 octobre 1962

Genève, 20-26 novembre 1962

ORIGINAL : FRANCAIS.

ESSAI D'ANALYSE STATISTIQUE DU PHENOMENE D'IRRITABILITE AU DDT

par

J. MOUCHET & J. DEJARDIN

INTRODUCTION.

L'effet irritant du DDT sur les moustiques a été signalé pour la première fois aux Etats-Unis par METCALF et coll. (1945). Deux ans plus tard, MUIRHEAD-THOMSON (1947) observait le même phénomène au Nigéria. Les A. gambiae quittaient, en forte proportion, les huttes expérimentales traitées au DDT sans en avoir absorbé une dose létale. TRAPIDO (1952-54), à Panama, signalait qu'à la suite d'une douzaine de cycles d'aspersions au DDT, les A. albimanus étaient devenus hyper-irritables à cet insecticide et il considérait ce phénomène comme une forme de résistance de comportement.

En 1960, MUIRHEAD-THOMSON a fait une revue des travaux sur le problème de l'irritabilité des anophèles, dans laquelle il a montré l'importance épidémiologique du comportement "évitement protecteur" (tendance des moustiques à éviter les surfaces traitées au DDT). En 1959, de ZULUETA a étudié les relations entre l'irritabilité et la résistance physiologique; en 1962, il a publié une mise au point sur la signification de ce phénomène dans l'éradication du paludisme.

A la suite de l'échec de la campagne de lutte antipaludique dans le nord du Cameroun, l'un de nous a été amené à étudier l'action irritante du DDT sur les différentes espèces d'anophèles vecteurs de cette région : A. gambiae et A. funestus

(MOUCHET, CAVALIE, CALLIES & MARTICOU, 1961).¹ Un essai d'analyse statistique des résultats avait été tenté à cette occasion. Nous reprendrons ici un certain nombre de ces données en essayant de dégager les méthodes susceptibles d'être utilisées par les entomologistes au cours de leurs travaux.

CONDUITE DE L'EXPERIMENTATION - CRITERES UTILISES.

FAY & SHEPPARD (1949), BARRERA et coll. (1959) et BROWN (1958) ont proposé diverses techniques pour évaluer l'irritabilité des anophèles. En 1960, le Comité d'Experts des Insecticides de l'OMS a proposé une méthode standardisée, s'inspirant largement des travaux du dernier de ces auteurs. Les moustiques sont placés individuellement dans une chambre d'exposition, au contact d'une feuille de papier imprégné d'insecticide. On note le temps du premier envol et le nombre d'envols en 15 minutes. Il est également prévu d'opérer avec des lots de 5 insectes et de noter le nombre total des envols en 15 minutes.

C'est ce mode opératoire qui a été appliqué dans le Nord-Cameroun. Toutefois, une légère modification y a été apportée par suppression du temps de préexposition de 3 minutes prévu par la méthode OMS. On a commencé l'observation de chaque spécimen au début du temps de repos le plus long au cours des trois premières minutes. On a noté le temps qui s'écoulait à partir de ce moment jusqu'au premier envol, et c'est sur ces données qu'est basée la classification des anophèles suivant leur temps de premier envol. Un exemple fera mieux comprendre la méthode : il arrivait souvent qu'un anophèle, après son introduction sous le cône d'exposition, se posait, puis s'envolait au bout de quelques secondes, se reposait et s'envolait à nouveau, enfin au bout d'un certain temps il semblait trouver sa position de repos et ne s'envolait plus que 3 à 4 mn plus tard. On considérait que le temps du premier envol était alors de 3 à 4 mn et non pas de quelques secondes. Il n'en est pas moins vrai que pour de nombreux spécimens, le temps de premier envol n'était effectivement que de quelques secondes.

Certains facteurs modifient le comportement des moustiques : température, humidité, luminosité (CULLEN & de ZULUETA, 1962), degré de réplétion, âge physiologique (HAMON & EYRAUD, 1961). Pour réduire ces causes d'erreur, on a toujours testé des femelles fraîchement gorgées et placées dans des conditions climatiques aussi semblables que possible

¹ Nous renvoyons les lecteurs à ce travail pour toutes précisions sur les détails techniques relatifs à cette étude.

Dès les premiers essais, il a semblé quasiment impossible de tester des groupes de 5 spécimens; l'oeil humain peut en effet difficilement suivre les évolutions simultanées de tous les insectes dans le cas d'espèces très mobiles. Seule, donc, fut retenue la technique d'observation individuelle.

L'analyse statistique du nombre d'envols en 15 minutes a été peu révélatrice. L'étude des fréquences cumulées sur papier gaussien-logarithmique aboutit à l'obtention de courbes qui ne sont pas susceptibles d'une représentation algébrique usuelle. Tout au plus peut-on calculer la médiane, valeur centrale qui sépare la distribution en 2 parties égales, laissant 50 % des observations de chaque côté.¹ Ces médianes sont de 4 envols pour A. funestus et 17 pour A. gambiae.

On pourrait également calculer la moyenne arithmétique des nombres d'envols (somme des nombres d'envols/nombre de moustiques), mais ceci est d'un intérêt assez restreint.

Ces seules données ne semblent pas suffisantes pour comparer le comportement de diverses populations de moustiques, et ne peuvent avoir, à elles seules, qu'une valeur indicative. Aussi, avons-nous reporté notre attention sur l'étude du temps de premier envol qui permet des analyses statistiques beaucoup plus utilisables et révélatrices.

ETUDE DU TEMPS DE PREMIER ENVOL CHEZ A. GAMBIAE AU CAMEROUN.

Un premier échantillon de 120 A. gambiae, provenant tous de la même localité, a été testé dans des conditions aussi constantes que possible. Les temps de premier envol ainsi obtenus ont été classés suivant deux échelles, arithmétique et logarithmique dont nous allons envisager les avantages respectifs.

A. Groupement arithmétique des résultats.

L'intervalle de classe adopté est la minute. On a ainsi groupé les moustiques s'envolant pour la première fois entre 0 et 1 mn (14 dans le cas présent),² 1 et 2 mn (28), 2 et 3 mn (22), etc.. L'ensemble des résultats est résumé dans le

¹ Les tableaux d'où sont tirées ces conclusions figurent dans le travail de MOUCHET et coll. (1961).

² Dans la classe 0-1 mn, sont en fait groupés les moustiques qui s'envolent entre 0 et 59 s, dans la classe 1-2 mn, ceux qui s'envolent entre 1 mn et 1 mn 59 s, etc..

tableau de fréquence (I, 1) et représenté graphiquement par l'histogramme 1 du graphique I. Cet histogramme est nettement dissymétrique, plus étalé vers les grandes valeurs. La distribution n'est pas gaussienne; sa moyenne arithmétique (somme des temps d'envols/nombre de moustiques) est $\bar{t} = 4 \text{ mn } 49 \text{ s}$.

Le polygone des fréquences cumulées correspondant, sur papier gaussio-arithmétique (graphique I, 2), présente la courbure caractéristique des distributions dissymétriques et conduit à penser que le logarithme du temps de premier envol est distribué selon un modèle gaussien.

Le graphique (I, 3) représente les mêmes fréquences cumulées sur papier gaussio-logarithmique. Les points représentatifs peuvent valablement être considérés comme placés sur une droite, ainsi qu'il sera montré par un test ultérieur (cf. B, ci-dessous, troisième paragraphe). Ceci confirme que l'on est bien en présence d'une distribution logarithmico-normale.

La médiane de la distribution est de 2 mn 49 s. Elle peut se déduire facilement du diagramme des fréquences cumulées; c'est l'abscisse du point d'intersection de la droite d'ordonnée 50 % et du segment du polygone des fréquences cumulées qui la coupe.

B. Groupement logarithmique des résultats.

La distribution étant supposée logarithmico-normale, on a été amené¹ à regrouper les mesures dans des classes en progression géométrique de raison simple, 2. Les classes ainsi adoptées, avec les conventions de la note infra-paginale p. 3, sont les suivantes : 15 à 30 s, 30 s à 1 mn, 1 à 2 mn, 2 à 4 mn, 4 à 8 mn, 8 à 16 mn, 16 à 32 mn, au-delà de 32 mn.

Le tableau de fréquence correspondant, (I, 2) ainsi que l'histogramme 4 du graphique I, montrent une symétrie avec rapprochement de la médiane ($M = 2 \text{ mn } 49 \text{ s}$) et de la moyenne géométrique ($t_g = 3 \text{ mn}$). Le diagramme des fréquences cumulées, graphique (I, 5), est linéaire.

Le test d'adéquation de la distribution observée à une distribution normale donne $X^2 = 2,54$ à 4 degrés de liberté, nettement inférieur à sa valeur critique au seuil 5 % : 9,49.

¹ CALLIES & MARTICOU (in MOUCHET et coll. 1961) avaient déjà proposé ce mode de groupement.

La comparaison entre la distribution observée et la distribution normale de même moyenne et même écart-type, est donnée au tableau (I, 2), ainsi que sur l'histogramme (I, 4), où elle est représentée par des traits interrompus; sur le diagramme des fréquences cumulées (I, 5) la ligne droite représente sa fonction de répartition.

En conclusion, il apparaît que le temps de premier envol de l'échantillon d'A. gambiae étudié est distribué de façon logarithmico-normale. Le groupement logarithmique des résultats permet l'obtention d'une distribution gaussienne; il semble d'ailleurs, a priori, logique d'utiliser un tel mode de groupement, étant donné qu'en général la réaction d'un être vivant à un stimulus donné n'est pas proportionnelle à celui-ci mais à son logarithme.

De ce fait, il sera donc possible, par la suite, de comparer facilement plusieurs populations par les tests statistiques classiques de comparaison.

De l'étude de cette distribution, il ressort également que la moyenne géométrique est une valeur beaucoup plus représentative de la tendance centrale des temps d'envol d'une population de moustiques que la moyenne arithmétique; c'est pourtant cette dernière, moins utile, que les expérimentateurs ont calculée jusqu'à maintenant.

La moyenne géométrique peut être :

- a) soit calculée en cherchant la moyenne arithmétique des logarithmes des temps de premier envol et en prenant l'antilogarithme de la valeur trouvée;
- b), soit, plus simplement, déterminée graphiquement en faisant passer à vue une droite entre les points du diagramme des fréquences cumulées sur papier gaucco-logarithmique. La moyenne est l'abscisse du point d'intersection de cette droite avec la droite d'ordonnée 50 %.

Cette moyenne géométrique observée, très voisine de la médiane pour des populations à loi de distribution symétrique, pourrait servir d'indice d'irritabilité d'une population de moustiques. L'irritabilité relative d'une population par rapport à une autre serait alors définie par le simple rapport des 2 moyennes. A titre d'exemple cf. infra : comparaison de A. gambiae et de A. funestus dans le Nord-Cameroun :

Observations :

- a) Pour la commodité des groupements, les temps d'observation des moustiques peu mobiles devraient être poursuivis jusqu'à 32, voire 64 mn.

- b) La taille de l'échantillon (120 individus) constitue un minimum susceptible de conduire à des conclusions valables. On ne saurait trop recommander aux expérimentateurs de tester le plus grand nombre possible de moustiques sans descendre au-dessous de 100 spécimens pour chaque population à étudier.

ETUDE DU TEMPS DU PREMIER ENVOL CHEZ A. GAMBIAE EN OUGANDA.

En 1962, M. COLUZZI a proposé une méthode expérimentale pour déterminer l'irritabilité des moustiques. On mesure, comme dans les tests OMS, le temps du premier envol et le nombre d'envols en 15 mn. Mais les spécimens sont préalablement "conditionnés", ce qui évite le temps de préobservation de 3 mn.

Des tests ont été effectués par cette méthode en Ouganda (A. COLUZZI, CULLEN, de ZULUETA, 1962). Parmi les résultats donnés par ces auteurs, nous avons analysé les temps de premier envol de 100 spécimens d'une souche d'A. gambiae d'élevage (colonie de Kihihi). Nous avons groupé les résultats en classes identiques à celles précédemment utilisées avec, toutefois, une incertitude pour la classe 30 s à 1 mn, qui, en fait, peut contenir des individus se classant entre 15 et 30 s. Ceci n'a d'ailleurs aucune importance pour l'étude de fréquences cumulées.

Les données sont présentées dans le tableau de fréquence II, qui permet de construire l'histogramme 1 du graphique II et le diagramme des fréquences cumulées (II, 2). Ce dernier montre des points non en ligne droite. Le logarithme du temps de premier envol n'est donc pas ici distribué normalement. Ceci est confirmé par le test de comparaison de la distribution observée à la distribution normale de même moyenne ($\log = 0,73150$, soit $T_g = 5 \text{ mn } 23 \text{ s}$) et de même écart-type ($s \log = 0,34297$) qui donne un χ^2 de 17,16 à 2 degrés de liberté, supérieur à sa valeur critique au seuil 5 % : 5,99. Le tableau de fréquence II, ainsi que l'histogramme (II, 1) montrent les effectifs des classes dans le cas de cette distribution normale.

Il est à noter que la moyenne géométrique : 5 mn 23 s, est ici inférieure à la médiane : 6 mn 35 s, la distribution de log t étant elle aussi asymétrique. Dans ce cas elle ne peut valablement être considérée comme un indice d'irritabilité.

On peut rendre cette distribution normale en utilisant comme variable non plus log t, mais log (t + t₀), ainsi que le montre le graphique des fréquences cumulées (II, 2). Les 3 diagrammes de droite correspondent aux trois valeurs de t₀ : 15 mn, 30 mn et 45 mn. Pratiquement, les points de ces 3 diagrammes sont obtenus en ajoutant respectivement 15 mn, 30 mn et 45 mn aux limites supérieures des classes

primitives. Ainsi qu'on le constate, ces points sont pratiquement en ligne droite.

Il est difficile d'expliquer les raisons de cette distribution non normale pour $\log t$ mais normale pour $\log (t + t_0)$. On a constaté un phénomène analogue chez les Aedes aegypti observés par ces mêmes auteurs dans les mêmes conditions. Une hypothèse peut toutefois être formulée, celle d'une modification de comportement due à la mise en condition des insectes avant l'expérimentation.

L'écart-type, caractéristique d'étalement de la distribution, est plus faible que ceux observés dans le Nord-Cameroun dont nous parlerons plus bas (page 8). Ceci revient à dire qu'une très forte proportion de ces A. gambiae présentent un temps de premier envol assez voisin de la valeur médiane (6 mn 35 s); 67 % s'envolent, en effet, entre 4 et 9 mn. Cette homogénéité de comportement peut être expliquée par le fait que l'expérimentation a été faite sur des insectes d'élevage, donc plus sélectionnés que des populations sauvages.

COMPARAISON DE DIFFERENTES POPULATIONS D'ANOPHELES.

A. Comparaison de 2 populations d'A. gambiae du Nord-Cameroun.

Un des buts principaux des études faites, au Nord-Cameroun, était de vérifier si, dans les zones traitées, l'irritabilité des anophèles n'avait pas augmenté. On avait donc testé 160 A. gambiae provenant d'une région traitée au DDT depuis 7 ans et 158 prélevés dans une zone non encore désinsectisée. Une étude statistique des résultats avait été donnée par CALLIES & MARTICOU (in MOUCHET et coll., 1961).

On a repris ici les données de ces auteurs, dans le tableau III (3 et 4) qui a permis de construire les histogrammes 1 et 2 du graphique III, ainsi que les diagrammes des fréquences cumulées (sur papier gaussien-logarithmique) correspondants (graphique IV, droites 1 et 2).

Les distributions des logarithmes des temps de premier envol des A. gambiae des deux provenances sont normales. La normalité a été testée par le χ^2 . Les valeurs obtenues sont respectivement de 7,34 (4 degrés de liberté) pour l'échantillon de zone non traitée et 1,80 (4 degrés de liberté) pour la zone traitée; chacune de ces valeurs est inférieure à 9,49, valeur critique de ces χ^2 au seuil 5 %. D'ailleurs, le simple examen des diagrammes des fréquences cumulées (graphique IV)¹ montre des points en ligne droite, caractéristiques d'une distribution logarithmico-normale.

¹ Pour la clarté du graphique, les points expérimentaux n'ont pas été représentés; il sera facile au lecteur de les placer d'après le tableau III (3, 4 et 5).

La comparaison de ces deux échantillons par le χ^2 , faite par les auteurs précités, n'infirmes pas leur identité. En effet, $\chi^2 = 5,02$ à 6 degrés de liberté inférieur à sa valeur critique au seuil 5 % : 12,58.

Sur le plan pratique, cette simple comparaison a permis de constater qu'il n'y avait pas de différences significatives entre des temps d'envol des A. gambiae provenant de zones traitées au DDT depuis 7 ans et ceux des spécimens ordinaires de zones non traitées. De ce fait, on écartait l'hypothèse de la sélection par les traitements insecticides d'une souche hyper-irritable au DDT, et d'une résistance de comportement imputable à ce phénomène.

B. Comparaison de deux espèces : A. gambiae et A. funestus dans le Nord-Cameroun.

Ici encore, nous reprendrons simplement le travail de MOUCHET et coll. Les distributions des temps d'envol des A. gambiae des deux origines n'étant pas différentes, on a groupé toutes les observations faites sur cette espèce (318) dans le tableau (III,5), d'où est tiré l'histogramme (III, 3). Comme il était prévu, la distribution des temps d'envol des A. gambiae ainsi groupés est normale.

On a ensuite comparé cette espèce à des A. funestus provenant de zone non traitée, toujours du Nord-Cameroun; les résultats des tests d'irritabilité effectués avec cette dernière espèce figurent au tableau (III, 6), qui a permis la construction de l'histogramme 4 du graphique III. Une analyse des temps de premier envol d'A. funestus, n'infirmes pas l'hypothèse de normalité ($\chi^2 = 6,93$ à 4 degrés de liberté, inférieur, sa valeur critique au seuil 5 % : 9,49).

Un examen des diagrammes des fréquences cumulées des distributions des 2 espèces (graphique V) montre 2 droites parallèles, donc 2 distributions de même écart type mais différentes par leur moyenne. Le calcul confirme cette appréciation, en effet :

les moyennes sont : 0,43261 pour A. gambiae, soit 2 mn 42 s
0,89305 pour A. funestus, soit 7 mn 49 s

Les écarts types sont : 0,48556 pour A. gambiae
0,49044 pour A. funestus

Les moyennes de ces deux populations ont été comparées par le test classique de comparaison de moyennes, applicable ici, car toutes les hypothèses à la base de ce test sont vérifiées. Elles se révèlent bien significativement différentes (écart réduit de la différence : 87,9, de loin supérieur à : 2, valeur critique de cet écart réduit au seuil 5 %).

Les variances (carré de l'écart type), en revanche, ne sont pas significativement différentes : les droites peuvent donc bien être considérées comme parallèles.

On reprendra simplement les conclusions des auteurs précités. "La distribution d'A. funestus se déduit de celle d'A. gambiae par une translation positive de valeur log 3. Pratiquement, ceci se traduit par la proposition suivante : A. funestus placé sur une surface recouverte de DDT s'envole de cette surface après une station trois fois plus longue que celle d'A. gambiae placé dans les mêmes conditions.

"Si la moyenne est considérée comme un indice d'irritabilité, on a :

$$\frac{\text{Moyenne des temps d'envol d'A. gambiae}}{\text{Moyenne des temps d'envol d'A. funestus}} \neq 1/3$$

c'est-à-dire qu'A. gambiae est trois fois plus irritable qu'A. funestus dans le Nord-Cameroun".

C. Comparaison entre les A. gambiae du Cameroun et ceux d'Ouganda.

Si le logarithme du temps de premier envol des A. gambiae du Cameroun est normalement distribué, il n'en est pas de même pour celui de l'échantillon d'Ouganda. Le test classique de comparaison de moyennes ne peut donc, en toute rigueur être appliqué ici. Toutefois, les caractéristiques de tendance centrale des deux distributions peuvent être comparées par un test de la médiane.

Le principe en est de déterminer la médiane générale des 2 distributions préalablement groupées, puis de regrouper à l'intérieur de chaque distribution les observations en deux classes, supérieure et inférieure à cette médiane. On obtient ainsi un tableau 2 x 2 d'effectifs qui conduit au calcul d'un χ^2 à 1 degré de liberté.

Dans le cas présent, cette médiane est de 3 mn 34 s. On l'obtient soit par calcul, soit, plus simplement, par détermination graphique : c'est l'abscisse du point d'intersection de la droite d'ordonnée 50 % avec le segment de droite du polygone des fréquences cumulées (2 distributions groupées) qui la coupe.

Le tableau IV donne les distributions avant et après groupement, ainsi que les fréquences cumulées; il permet de tracer le graphique VI. Ensuite, on compte le nombre des individus de l'échantillon Cameroun qui présente un temps de premier envol inférieur à 3 mn 34 s : il y en a 188, nombre qui figure dans la première case en haut et à gauche du tableau ci-dessous; les 130 autres, qui présentent un

temps d'envol supérieur à 3 mn 34 s, se placent dans la case du bas de la même colonne. On opère de même pour l'échantillon d'Ouganda et on obtient le tableau ci-dessous :

	<u>A. gambiae</u> du Cameroun	<u>A. gambiae</u> d'Ouganda	Total
Inférieur à la médiane commune	188	21	209
Supérieur à la médiane commune	130	79	209
TOTAL	318	100	418

Le χ^2 calculé à partir de ce tableau et corrigé de la continuité, est de : 42,7 à 1 degré de liberté, nombre de beaucoup supérieur à sa valeur critique au seuil 5 % : 3,84.

Les deux distributions sont donc différentes en position et A. gambiae d'Ouganda doit être considéré comme moins irritable que celui du Nord-Cameroun.

Toutefois, il est difficile d'évaluer cette différence d'irritabilité; en effet, le mode expérimental ne fut pas le même d'une part, et, d'autre part, la distribution du logarithme du temps d'envol des A. gambiae d'Ouganda n'étant pas normale, la moyenne géométrique de ces temps n'a que relativement peu de sens.

Il est bon de noter que ce test de comparaison des médianes, qui est le seul utilisable dans ce dernier cas, peut aussi être utilisé pour comparer des distributions normales mais il est moins efficace et donne moins d'information que la comparaison classique des moyennes.

INTERET ET LIMITES DES TESTS D'IRRITABILITE.

L'analyse statistique du temps de premier envol fait apparaître de graves lacunes dans nos connaissances du phénomène d'irritabilité en lui-même. Chez les anophèles du Cameroun, les réactions au stimulus irritant peuvent être représentées par un modèle simple de distribution logarithmico-normale, mais il n'en est pas de même chez A. gambiae d'Ouganda.

Avant de pousser plus loin les études sur l'irritabilité, il importerait de connaître les lois qui régissent ce phénomène. Il faudrait pouvoir étudier les distributions des temps d'envol chez diverses populations de différentes espèces de moustiques pour :

- a) déterminer si les différentes méthodes expérimentales déjà proposées : préobservation de 3 minutes (OMS), conditionnement des spécimens (Coluzzi) ou observation directe (Mouchet et coll.) modifient les distributions du temps du premier envol. Ceci amènerait à adopter la technique qui donnerait les résultats les plus maniables statistiquement;
- b) une fois une méthode adoptée, essayer de dégager les lois de distribution dans les différentes populations;
- c) essayer d'analyser les nombres d'envols pendant les 15 minutes qui suivent le premier envol; leur étude pourrait être plus révélatrice que celle des nombres d'envols pendant seulement les 15 minutes qui suivent la mise en exposition (méthode OMS).

Une fois ces travaux préliminaires accomplis, il serait peut-être possible de mettre au point des méthodes graphiques simples d'interprétation des tests d'irritabilité analogues à celles qui sont utilisées dans l'étude de la résistance physiologique. On devrait également essayer de caractériser l'irritabilité par un indice simple se prêtant aux manipulations ultérieures.

Malgré leurs imprécisions, les méthodes actuellement utilisées, peuvent cependant fournir des données susceptibles de permettre des comparaisons valables entre certaines populations de moustiques, étudiées dans des conditions similaires. On peut notamment détecter un éventuel accroissement de l'irritabilité à la suite des traitements insecticides prolongés, donc l'apparition d'une résistance de comportement.

La comparaison entre plusieurs populations est facile lorsque leur temps de premier envol suit un modèle simple et identique de distribution logarithmico-normale (par exemple A. gambiae et A. funestus dans le Nord-Cameroun). Elle devient plus délicate lorsqu'il s'agit de comparer des populations qui n'ont pas le même modèle théorique de distribution (par exemple : A. gambiae du Cameroun et d'Ouganda).

Il doit être également possible d'étudier les relations entre l'irritabilité et la résistance physiologique, problème qui avait été abordé par de ZULUETA, en 1959.

Mais, même bien standardisées, les méthodes d'évaluation de l'irritabilité, du type de celles proposées par l'OMS, restent d'un emploi limité. En effet, la réaction des moustiques dans ces tests, ne permet pas de prévoir leur comportement dans des habitations traitées au DDT; or, l'étude de ce comportement reste un des objectifs majeurs du travail de l'entomologiste dans une campagne d'éradication du paludisme.

A l'heure actuelle, les tests d'irritabilité restent surtout des techniques de laboratoire, minutieuses et longues, plutôt que des méthodes d'évaluation à généraliser. Leur emploi sur le terrain n'est indispensable que là où l'on soupçonne une résistance de comportement due à la sélection d'une souche de moustiques hyper-irritables à un insecticide.

REMERCIEMENTS.

Nous tenons à remercier Messieurs les Docteurs COLUZZI et de ZULUETA, ainsi que M. CULLEN, qui nous ont aimablement autorisés à utiliser leurs résultats. Nous exprimons également nos remerciements à Melle D. LAIDET, qui a réalisé les graphiques illustrant cette étude et Mme D. SCHWARTZ, qui a effectué la plupart des calculs.

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
BONDY (Seine) FRANCE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARRERA, R., HECHT, O. & MANCERA, A. (1959).- Estimacion cuantitativa de la excitacion producida por el contacto con superficies tratadas con DDT en tres especies de anofelinos mexicanos. Riv. di Malariol., 38, 213-236.
- BROWN, A.W.A. (1958).- Laboratory studies on the behaviouristic resistance of Anopheles albimanus in Panama. Bull. OMS, 19, 1053-61.
- COLUZZI, M. (1962).- Essai d'élaboration d'une méthode expérimentale pour déterminer l'irritabilité des moustiques adultes aux insecticides. WHO/Insect./130, Doc. ronéot. OMS du 30 avril 1962.
- COLUZZI, A., CULLEN, J.R. & ZULUETA, J. de (1962).- Essai sur le terrain, en Ouganda, d'une nouvelle méthode pour déterminer l'irritabilité des moustiques en présence d'insecticides. WHO/Insect./141. Doc. ronéot. OMS, du 2 mai 1962.
- CULLEN, J.R. & ZULUETA, J. de (1962).- Observations sur l'irritabilité des moustiques au DDT en Ouganda. WHO/Mal./331. Doc. ronéot. OMS du 30 janvier 1962.
- FAY, R.W. & SHEPPARD, E.H. (1949).- J. nat. Mal. Soc., 8, 197 in Muirhead-Thomson, 1960.
- HAMON, J. & EYRAUD, M. (1961).- Etude des facteurs physiologiques conditionnant, chez les anophèles, l'irritabilité au DDT. Riv. di Malariol., 40, 219.
- METCALF, R.L., HESS, A.D., SMITH, G.E., JEFFERY, G.M. & LUDWIG, G.W. (1945).- Observations on the use of DDT for the control of Anopheles quadrimaculatus. Publ. Hlth Rep., 60, 753-74.
- MORICE, E. & CHARTIER, F. (1954).- Méthode statistique, Vol. II : Analyse statistique, Paris, Imp. nat.
- MOUCHET, J., CAVALIE, Ph., CALLIES, J.M. & MARTICOU, H. (1961).- L'irritabilité vis-à-vis du DDT d'Anopheles gambiae et d'A. funestus dans le Nord-Cameroun. Riv. di Malariol., 40, 1-27.
- MUIRHEAD-THOMSON, R.C. (1947).- The effect of house spraying with Pyrethrum and DDT on Anopheles gambiae and A. melas in West Africa. Bull. ent. Res., 38, 449.

MUIRHEAD-THOMSON, R.C. (1960).- The significance of irritability, behaviouristic avoidance and allied phenomena in Malaria Eradication. Bull. OMS, 22 (6), 721-31.

Organisation mondiale de la Santé - 10ème rapport du Comité d'Experts des Insecticides, Genève, 1960.

TRAPIDO, H. (1952).- Modified response of Anopheles Albimanus to DDT residual house spraying in Panama. Am. J. trop. Med., 1, 853.

TRAPIDO, H. (1954).- Recent experiments on possible resistance to DDT by Anopheles albimanus in Panama. Bull. OMS, 2, 885.

ZULUETA, J. de (1959).- Insecticide resistance in Anopheles sacharovi. Bull. OMS, 20, 797-822.

ZULUETA, J. de (1962).- The irritability of mosquitos to DDT and its importance in Malaria Eradication. Rapp. pour le Comité d'Experts du Paludisme, 1962.

TABLEAU I. DISTRIBUTION DU TEMPS DE PREMIER ENVOL DU PREMIER ECHANTILLON
D'A. GAMBIAE DU NORD-CAMEROUN

1. Classes en progression arithmétique			
Classes de temps de premier envol	Nombre de moustiques par classe	Effectifs cumulés	Fréquences cumulées en %
0 mn - 1 mn	14	14	11,7
1 " - 2 "	28	42	35,0
2 " - 3 "	22	64	53,3
3 " - 4 "	14	78	65,0
4 " - 5 "	6	84	70,0
5 " - 6 "	7	91	75,8
6 " - 7 "	6	97	80,8
7 " - 8 "	3	100	83,3
8 " - 9 "	3	103	85,8
9 " - 10 "	5	108	90,0
10 " - 11 "	1	109	90,8
11 " - 12 "	1	110	91,7
12 " - 13 "	1	111	92,5
13 " - 14 "	2	113	94,2
14 " - 15 "		113	94,2
15 " - 16 "		113	94,2
16 " - 17 "		113	94,2
17 " - 18 "	1	114	95,0
18 " - 19 "		114	95,0
19 " - 20 "		114	95,0
20 " - 21 "	2	116	96,7
21 " - 22 "		116	96,7
22 " - 23 "	1	117	97,5
23 " - 24 "	1	118	98,3
24 " - 25 "		118	98,3
25 " - 26 "		118	98,3
26 " - 27 "		118	98,3
27 " - 28 "		118	98,3
28 " - 29 "		118	98,3
29 " - 30 "	2	120	100,0
30 " - 31 "			
31 " - 32 "			
TOTAL	120		

TABLEAU I. DISTRIBUTION DU TEMPS DE PREMIER ENVOL DU PREMIER ECHANTILLON
d'A. GAMBIAE DU NORD-CAMEROUN (Suite)

2. Classes en progression géométrique					
Classes de temps de premier envol	Nombre de moustiques par classe	Effectifs cumulés	Fréquences cumulées en %	Effectifs théoriques (loi normale)	Rappel des effectifs observés
15 s - 30 s	3	3	2,5	3,96	3
30 s - 1 mn	11	14	11,7	11,64	11
1 mn - 2 "	28	42	35,0	25,09	28
2 " - 4 "	36	78	65,0	33,28	36
4 " - 8 "	22	100	83,3	27,23	22
8 " - 16 "	13	113	94,2	13,67	13
16 " - 32 "	7	120	100,0	5,14	7
TOTAL	120			$\chi^2 = 2,54$ $\nu = 4$ χ^2_c à 5% = 9,49 N.S.	

TABLEAU II. DISTRIBUTION DU TEMPS DE PREMIER ENVOL DE A. GAMBIAE
D'UGANDA

(Classes en progression géométrique)

(Données numériques de A. Coluzzi et coll., 1962)

Classes de temps de premier envol	Effectifs	Effectifs cumulés	Fréquences cumulées en %	Effectifs théoriques (loi normale)	Rappel des effectifs observés
15 s - 30 s					
30 s - 1 mn	6	6	6,0	1,65)	6)
1 mn - 2 "	6	12	12,0	8,82)	6) 12
2 " - 4 "	11	23	23,0	24,84	11
4 " - 8 "	46	69	69,0	33,84	46
8 " - 16 "	28	97	97,0	22,44	28
16 " - 32 "	3	100	100,0	8,41	3
TOTAL	100			$\chi^2 = 17,16$) = 2 χ^2_c à 5 % = 5,99	S.

TABEAU III. TABLEAU COMPARATIF DES DISTRIBUTIONS DE FREQUENCE
DES DIFFERENTES POPULATIONS D'ANOPHELES

		1	2	3	4	5	6
		<u>A. gambiae</u> du Nord-Cameroun 1er échant.	<u>A. gambiae</u> d'Ouganda	<u>A. gambiae</u> du Nord-Cameroun			<u>A. funestus</u> du Nord-Cameroun
				zone non traitée	zone traitée	groupés	
Limites des classes du temps de premier envol	15 s-30 s	3		14	13	27	1
	30 s- 1 mn	11	6	16	17	33	4
	1 mn- 2 mn	28	6	36	32	68	13
	2 mn- 4 mn	36	11	29	43	72	14
	4 mn- 8 mn	22	46	28	30	58	21
	8 mn-16 mn	13	28	26	17	43	33
	16 mn-32 mn	7	3	9	8	17	23
	32 mn-64 mn						11
T O T A L		120	100	158	160	318	120
Loi de distribution du log décimal du temps de premier envol	Moyenne	0,47662 soit 3 mn	0,73150 soit 5 mn 23 s	0,44582 soit 2 mn 47 s	0,41956 soit 2 mn 38 s	0,43261 soit 2 mn 42 s	0,89305 soit 7 mn 49 s
	Ecart-type	0,42318	0,34297	0,50334	0,46854	0,48556	0,49044
	Hypothèse de normalité	acceptable	non accept.	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable

¹ - acceptable si au lieu de log t on utilise comme variable log (t + t₀)

TABLEAU IV. GROUPEMENT DES DISTRIBUTIONS DES A. GAMBIAE DU CAMEROUN ET D'UGANDA POUR LA DETERMINATION DE LA MEDIANE COMMUNE

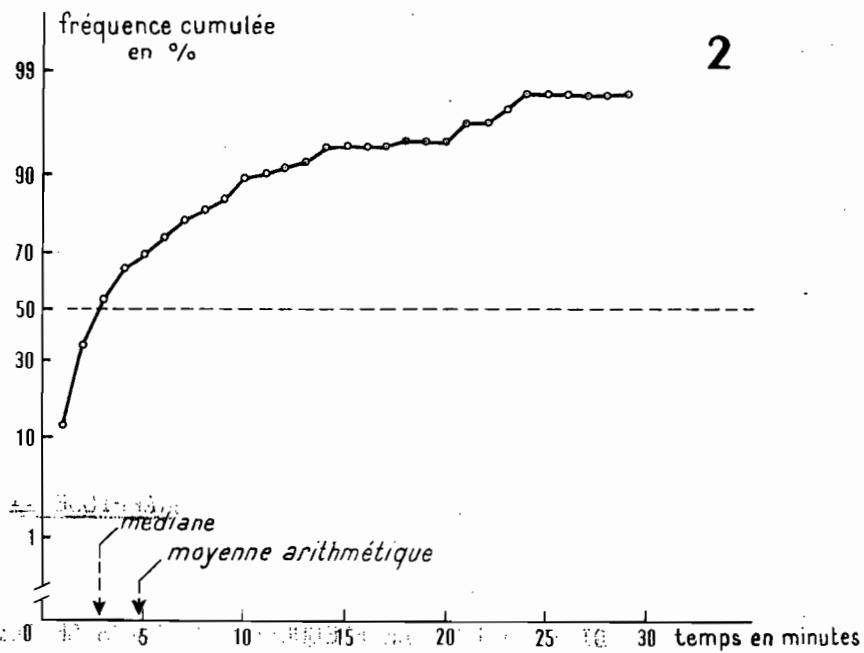
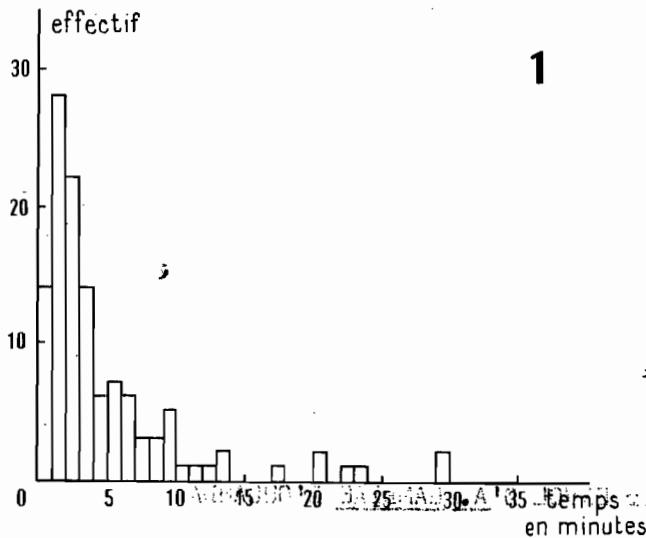
Classes de temps du premier envol	effectifs			effectifs groupés cumulés	fréquences cumulées en %
	<u>A.gambiae</u> Cameroun	<u>A.gambiae</u> Ouganda	groupés		
15 s - 30 s	27		27	27	6,5
30 s - 1 mn	33	6	39	66	15,8
1mn - 2 mn	68	6	74	140	33,5
2mn - 4 mn	72	11	83	223	53,4
4mn - 8 mn	58	46	104	327	78,2
8mn -16 mn	43	28	71	398	95,2
16mn -32 mn	17	3	20	418	100,0
TOTAL	318	100	418		
Médiane des distributions groupées : 0,55129 soit 3 mn 34 s.					

GRAPHIQUE I

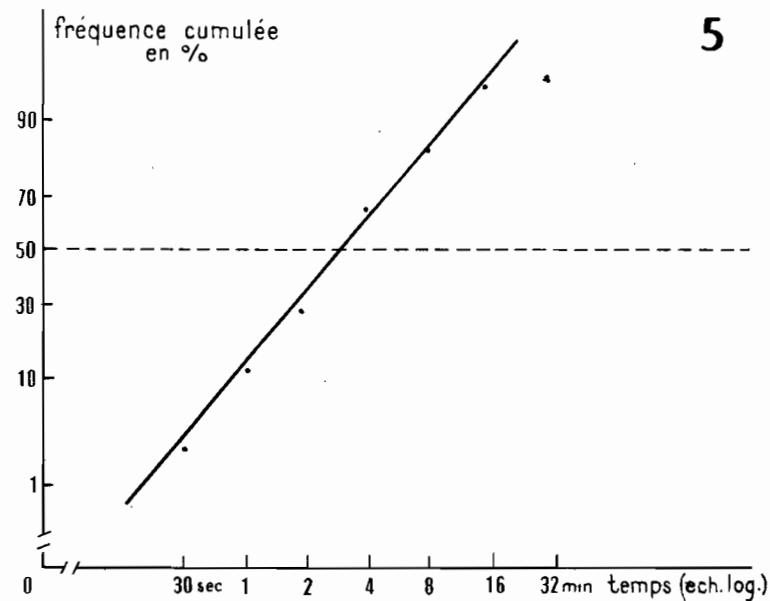
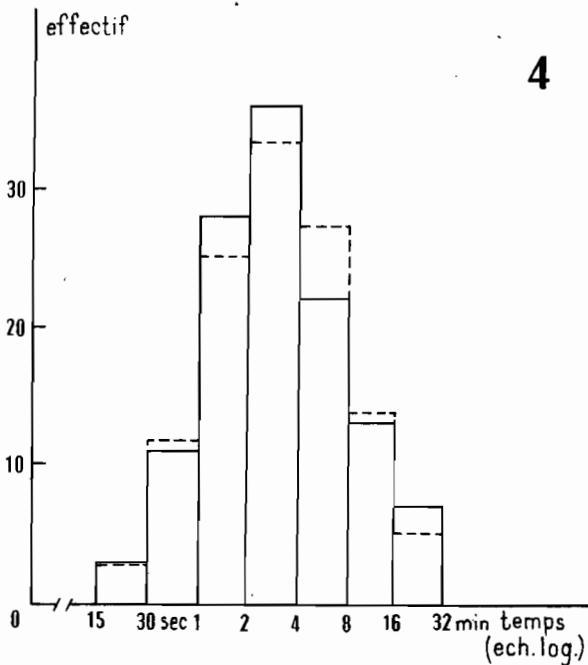
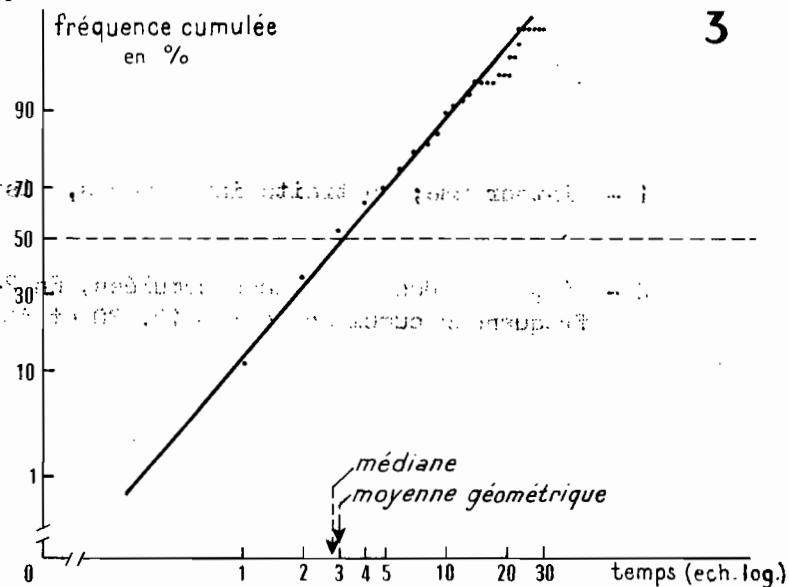
DISTRIBUTION DE FREQUENCE DU TEMPS DE 1er ENVOL d'A. GAMBIAE DU CAMEROUN

(1er ECHANTILLON)

- 1 - Histogramme, classes en progression arithmétique.
- 2 - Diagramme des fréquences cumulées, classes en progression arithmétique, papier gaussien-arithmétique.
- 3 - Diagramme des fréquences cumulées, classes en progression arithmétique, papier gaussien-logarithmique.
- 4 - Histogramme, classes en progression géométrique.
En traits interrompus, distribution normale correspondante.
- 5 - Diagramme des fréquences cumulées, classes en progression géométrique, papier gaussien logarithmique.



Graphique 1

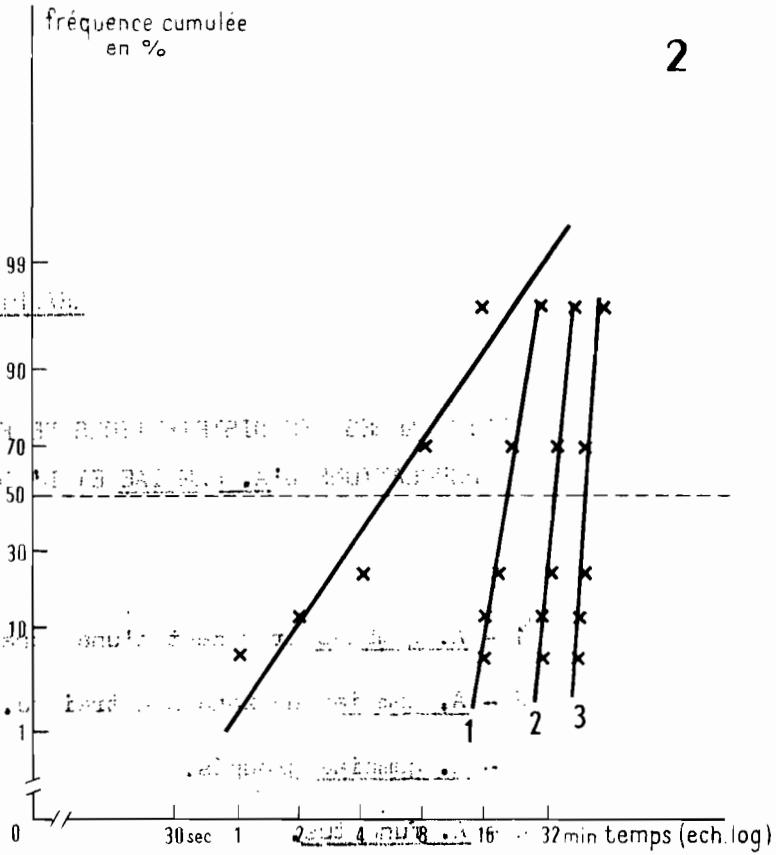
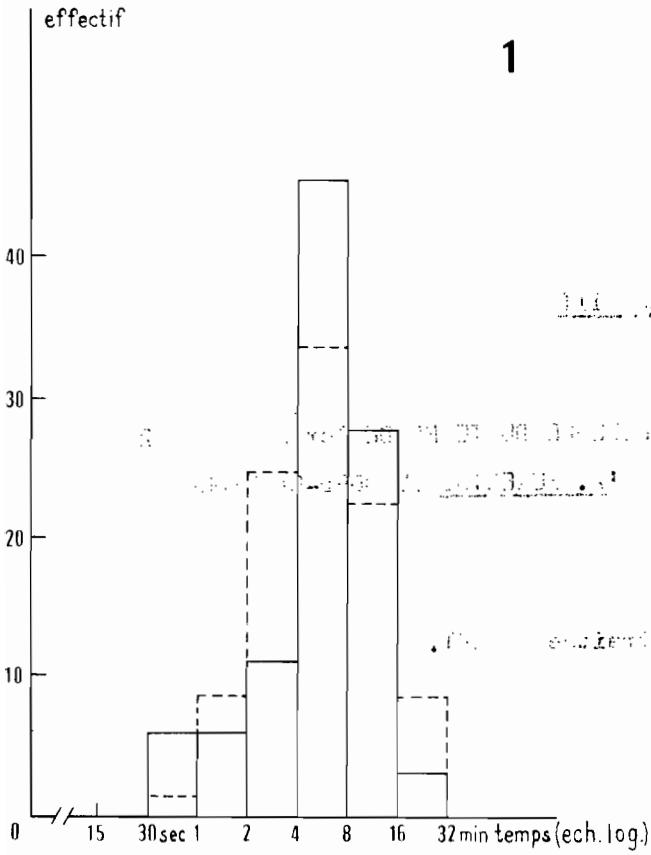


GRAPHIQUE II

DISTRIBUTION DE FREQUENCE DU TEMPS DE 1er ENVOL D'A. GAMBIAE D'UGANDA

- 1 - Histogramme; en traits interrompus, distribution normale correspondante.
- 2 - Diagramme des fréquences cumulées. En 2-1, 2-2 et 2-3, diagramme des fréquences cumulées de $t + 15$, 30 et 45 min.

Graphique II

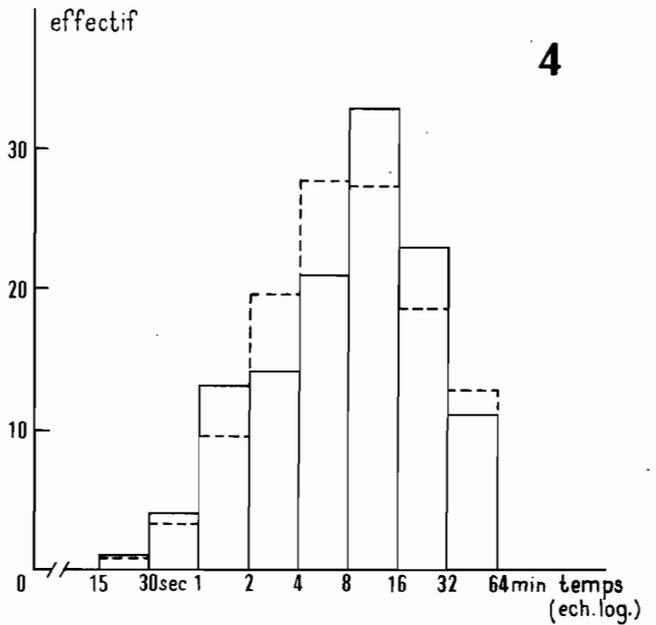
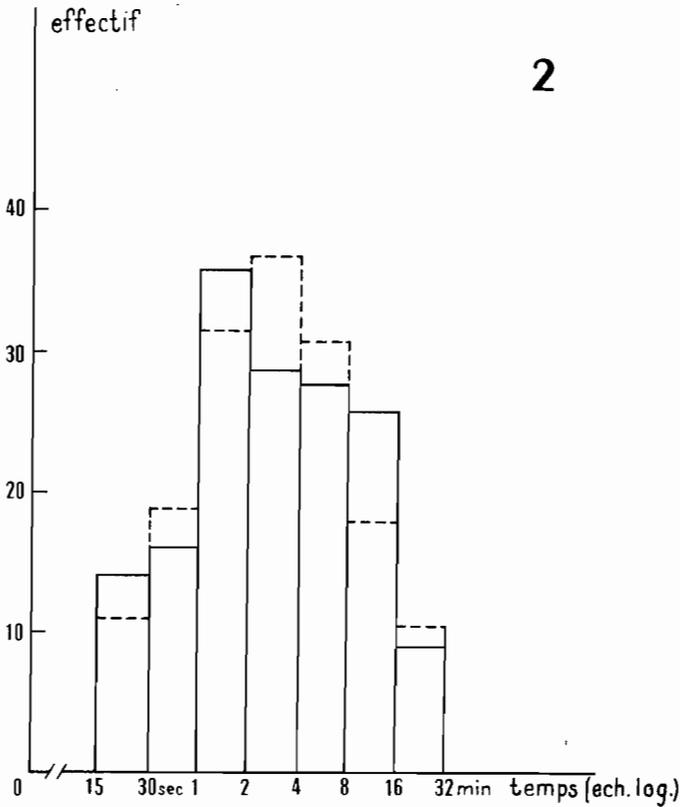
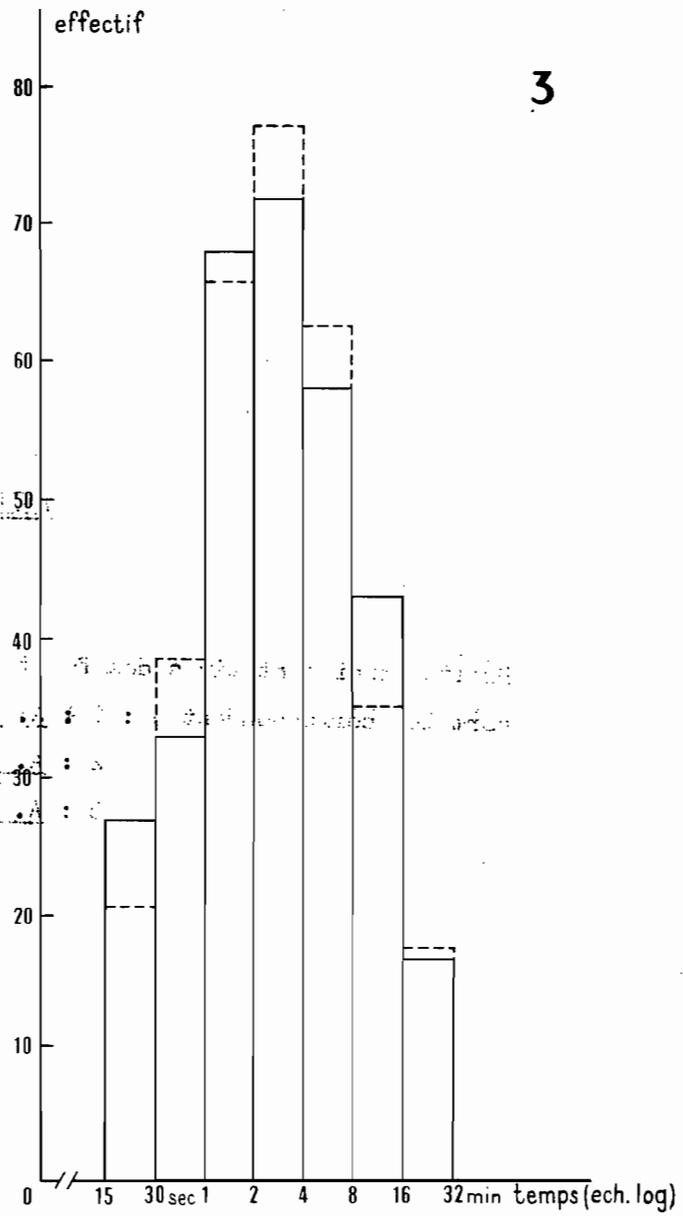
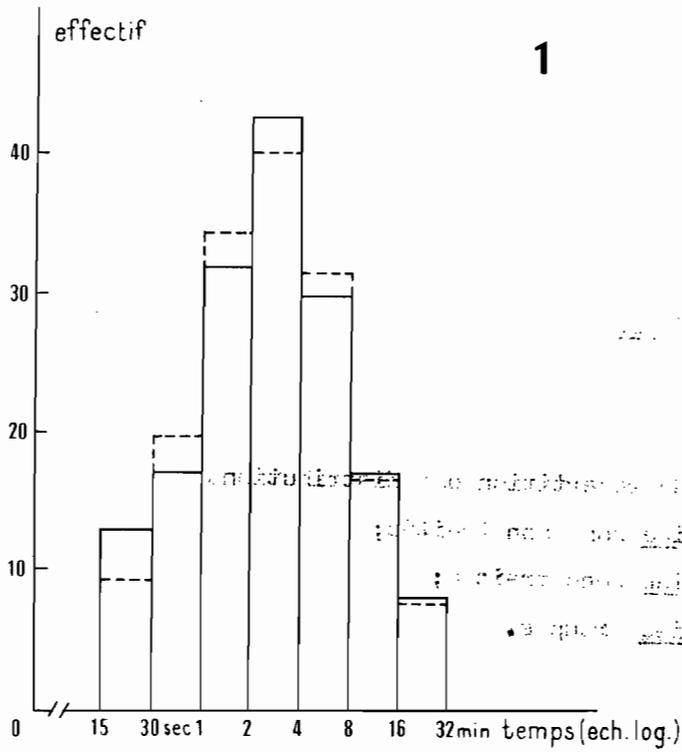


GRAPHIQUE III

HISTOGRAMMES DES DISTRIBUTIONS DE FREQUENCE DU TEMPS DE 1er ENVOL de 2
POPULATIONS D'A. GAMBIAE ET D'UNE D'A. FUNESTUS DU NORD-CAMEROUN

- 1 - A. gambiae provenant d'une zone traitée au DDT.
- 2 - A. gambiae de zone non traitée.
- 3 - A. gambiae groupés.
- 4 - A. funestus.

Graphique III

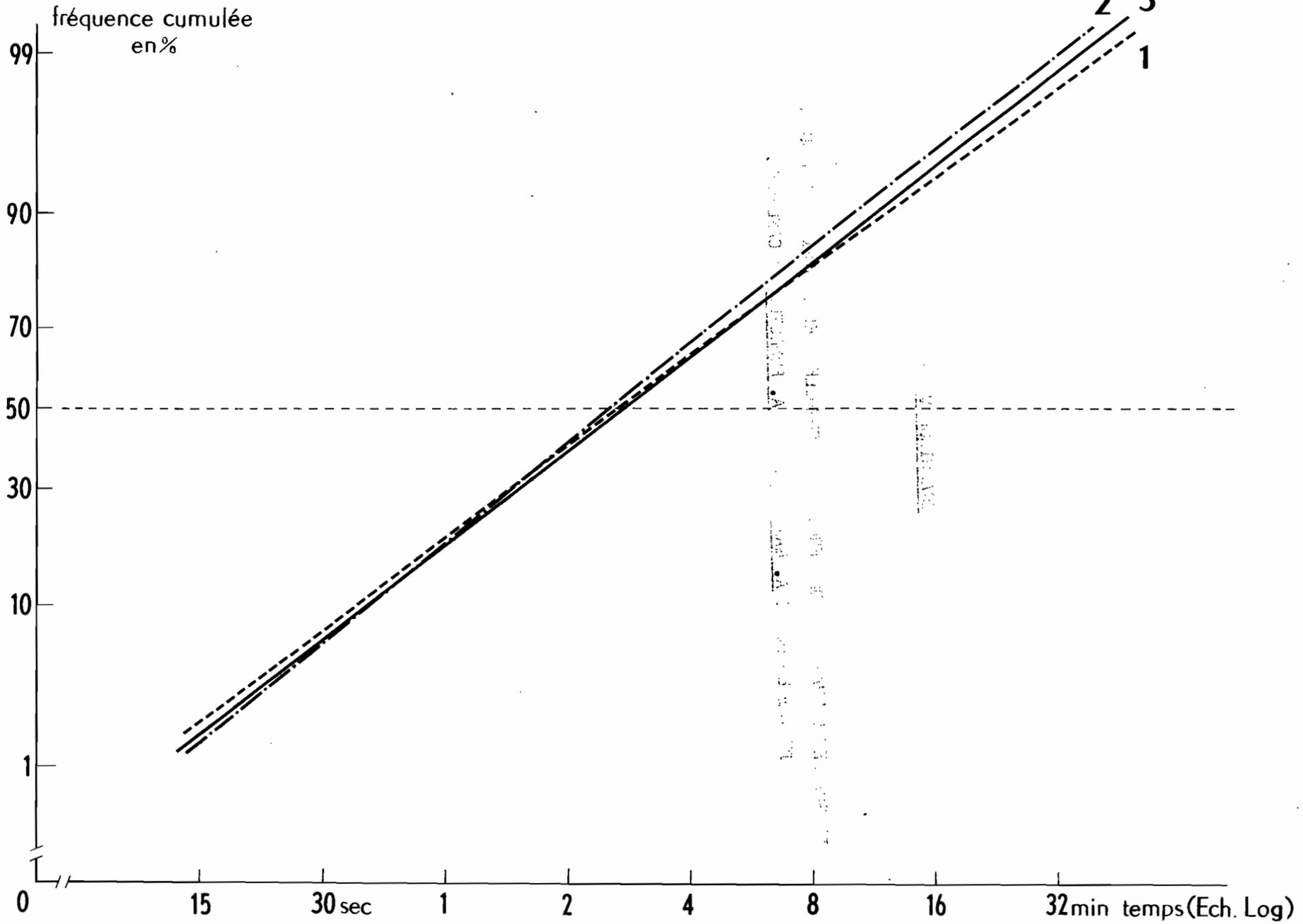


GRAPHIQUE IV

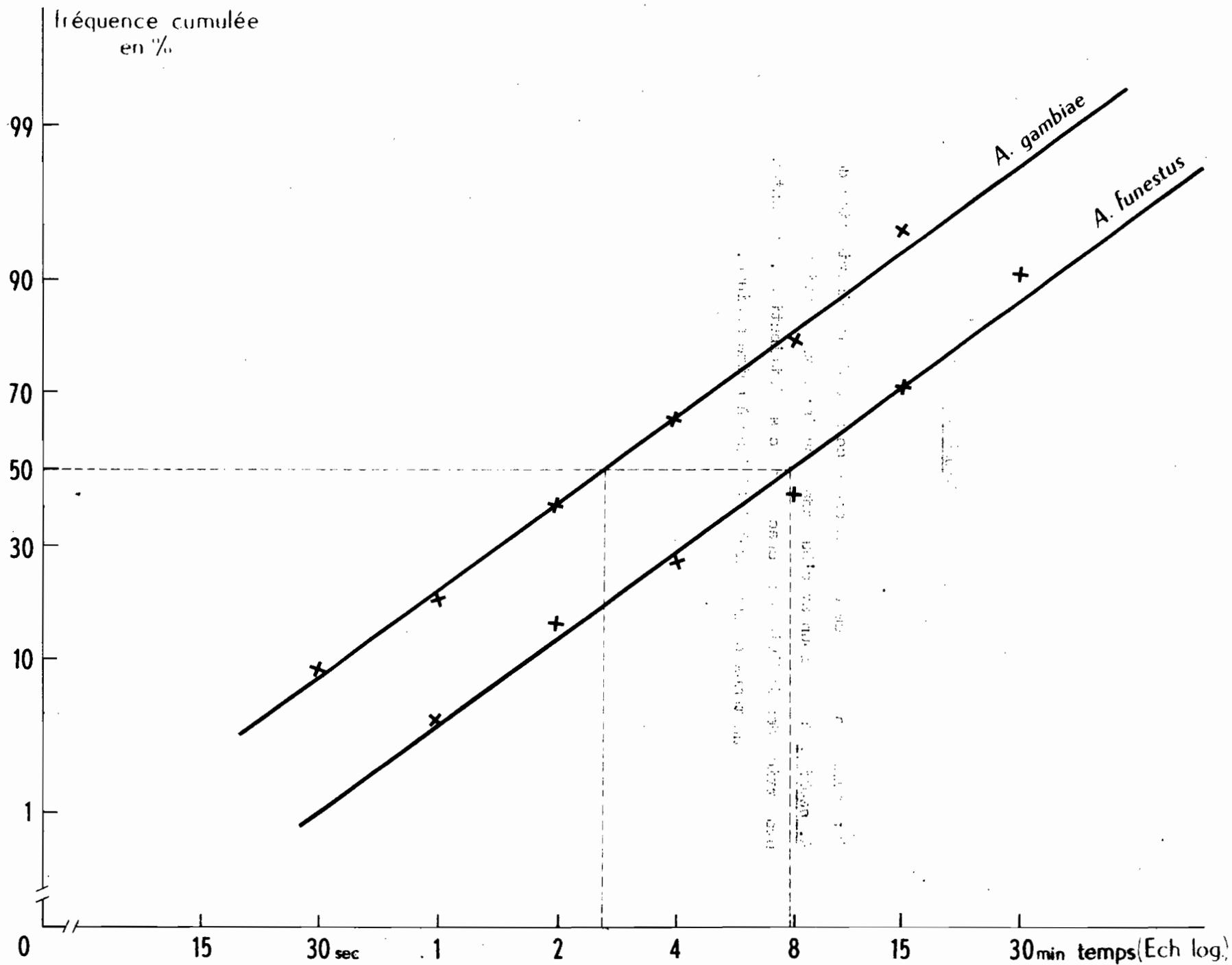
Droites représentatives des fonctions de répartition des distributions normales correspondant à :

- 1 : A. gambiae zone non traitée;
- 2 : A. gambiae zone traitée;
- 3 : A. gambiae groupés.

Graphique IV



Graphique V



GRAPHIQUE VI

Détermination graphique de la médiane commune de la distribution des A. gambiae du Cameroun et d'Uganda groupés; détermination de la proportion des individus de chacune de ces distributions, présentant un temps de 1er envol inférieur à cette médiane.

