



METHODES ET INDICES EMPLOYES POUR LES ENQUETES NATIONALES
EVALUATION DE CES ENQUETES DU POINT DE VUE ECOLOGIQUE

par

J. Mouchet¹

1. INTRODUCTION

Bien avant que l'écologie ait acquis ses lettres de noblesse, les hygiénistes ont tenté d'évaluer des populations de vecteurs dans une optique avant tout épidémiologique. Les premiers index stegomiens visaient la fréquence d'une espèce et ses fluctuations notamment après les mesures de lutte. Dans un second stade furent établies des relations mathématiques entre le vecteur, le parasite et l'hôte. Parallèlement se développait la connaissance des interrelations entre l'insecte et le milieu. Cette écologie mésologique à son tour s'avère impuissante à fournir toutes les informations nécessaires pour la programmation de nouvelles méthodes qui exige une connaissance de la dynamique des populations et du recensement des effectifs.

A côté de méthodes d'enquêtes simples à grande échelle se sont développées des techniques de plus en plus précises, de complexité croissante et de ce fait limitées à des projets pilotes, voire à des recherches en stations expérimentales.

En nous limitant aux culicidés, nous passerons en revue ces diverses méthodes, en discutant de leurs avantages, leurs inconvénients, leurs limites apparentes. Nous avons cru nécessaire de mentionner certaines techniques encore expérimentales car elles seront peut-être demain les instruments de travail des entomologistes et des écologistes.

2. METHODES D'ENQUETE SUR LES FORMES PREIMAGINALES

Les larves de chaque espèce de moustiques se développent dans un ou quelques types de biotopes. Certaines espèces comme Aedes aegypti L., dites "sténotopes", se cantonnent dans de petits gîtes (récipients domestiques, creux d'arbres, etc.) alors que d'autres comme Anopheles pharoensis Theobald, dites "eurytopes", colonisent de vastes plans d'eau. Evidemment certaines espèces occupent une situation écologique intermédiaire; Culex pipiens fatigans Wied. en fournit un bon exemple; il vit aussi bien dans des jarres d'eau que les plans de déversement des égouts. Entre grands et petits gîtes les différences ne sont pas seulement quantitatives mais aussi qualitatives. Le petit gîte généralement homogène constitue un tout par lui-même; les larves de moustiques peuvent y être recueillies et analysées in toto. Les grands gîtes présentent une certaine hétérogénéité de profondeur, de végétation, d'ensoleillement, etc.; leurs populations culicidiennes ne peuvent être étudiées que sur des échantillons provenant de prélèvements et non in toto.

Il est bien évident que les méthodes d'enquête à appliquer à des biotopes aussi différents ne feront pas appel aux mêmes techniques et les critères d'évaluation en seront différents. Aussi avons-nous séparé ces deux méthodologies.

¹ Chef de la Mission entomologique ORSTOM auprès de l'OCCGE - Bobo-Dioulasso, Haute-Volta.

The issue of this document does not constitute formal publication. It should not be reviewed, abstracted or quoted without the agreement of the World Health Organization. Authors alone are responsible for views expressed in signed articles.

Ce document ne constitue pas une publication. Il ne doit faire l'objet d'aucun compte rendu ou résumé ni d'aucune citation sans l'autorisation de l'Organisation Mondiale de la Santé. Les opinions exprimées dans les articles signés n'engagent que leurs auteurs.

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire
N° : 28697
Cote : B

2.1 Espèces sténotropes

Les dramatiques épidémies de fièvre jaune qui déferlèrent sur l'Afrique et l'Amérique latine au XIXème siècle et au début du XXème focalisèrent l'attention sur Aedes (Stegomyia) aegypti L. dès que fut connu son rôle. Avant l'invention d'un vaccin, la lutte contre le vecteur était en effet la seule prophylaxie possible.

Le niveau des populations de moustiques fut apprécié et surveillé par dénombrement des gîtes larvaires positifs dans une surface donnée. En effet, la recherche des larves dans les gîtes domestiques et périodestiques est notablement plus facile que la capture des adultes. Cette méthode simple se concrétisa par l'établissement de l'indice stegomien, simple traduction du pourcentage de maisons contenant, à l'intérieur ou à leurs abords immédiats, des gîtes positifs. Cet indice est encore utilisé actuellement et connu sous le nom d'indice-maison (= House Index). L'indice-récipient (= Container Index) est le pourcentage de récipients contenant des larves ou des nymphes par rapport au nombre total de récipients examinés; ne devraient être évidemment recensés que les récipients contenant de l'eau, seuls gîtes potentiels à une époque donnée. Certains auteurs ont comptabilisé tous les récipients susceptibles de contenir de l'eau et des larves même s'ils étaient vides; il semble que ce soit une extension abusive de cet indice.

Breteau (1954) a proposé un indice nouveau qui depuis porte son nom; combinaison des deux précédents il s'établit comme suit :

$$I.B. = \frac{\text{nombre de gîtes positifs} \times 100}{\text{nombre de maisons visitées}}$$

L'établissement de ces indices apparaît en vérité fort simple et pourtant il se heurte à des difficultés sérieuses qui rendent malaisée la normalisation des résultats dont quelques-unes ont déjà été évoquées par nous (Mouchet, 1970).

Le concept de maison ou de pièce si simple dans les pays industrialisés devient incertain dans beaucoup de régions en voie de développement. Dans les savanes de l'Ouest africain par exemple, chaque famille vit dans un ensemble de huttes, servant de chambres à coucher, de cuisines, de resserres, etc.; le nombre d'unités bâties peut varier de deux à vingt, et même plus, par famille suivant l'importance de celle-ci. Que signifie alors le terme de maison, est-ce une unité bâtie ou l'ensemble des unités utilisées par un ménage souvent polygame ? Certaines ethnies comme les Lobi du Ghana et de Haute-Volta construisent de véritables édifices communautaires, grands blocs où plusieurs familles cohabitent sans séparations nettement visibles.

A l'intérieur des habitations le relevé des gîtes ne pose pas de problème mais très fréquemment ceux-ci se trouvent à l'extérieur des constructions, les stocks d'eau de boisson étant dans des cours sous des vérandas; les gîtes périodestiques (poteries,alebasses, boîtes de conserves, etc.) se trouvent quelquefois à des distances de 20, 50, 100 mètres des villages. Il devient difficile de les inclure dans des indices basés sur la maison. Il en est de même pour les stocks de pneus et les ferrailles entreposés dans les garages et entreprises; pourtant la productivité de ces types de gîtes est souvent supérieure à elle seule à la productivité de tous les gîtes domestiques d'un village. On peut évidemment les inclure dans l'indice de Breteau mais il faut alors prospecter tout le village ou tout un quartier, opération très longue.

Ces difficultés nous apparaissent si manifestes que pour interpréter les résultats d'une prospection en Tanzanie (Mouchet, 1970) nous avons établi un indice-maison intérieur, un indice-maison extérieur, un indice-récipient intérieur, un indice-récipient extérieur, un indice de Breteau et un classement séparé des gîtes de la végétation. Malgré cette multiplication des indices nous n'avons pu inclure certaines situations particulières dans nos

tableaux surtout en ce qui concerne les gîtes de végétation (creux d'arbres, aisselles des feuilles, etc.) très importants en Afrique de l'est pour Ae. aegypti et Ae. simpsoni Theobald. Ces gîtes peuvent être inclus dans l'indice de Breteau, lorsque l'arbre jouxte l'habitation, mais cette éventualité n'est pas toujours réalisée. Gillett (1969), après avoir établi une liste des gîtes potentiels d'Ae. simpsoni au Chaggaland, Tanzanie, a déterminé le pourcentage de ceux contenant des larves de ce moustique. Cette méthode d'enquête encore expérimentale pourrait être étendue sur d'assez grandes surfaces, notamment dans les bananeraies d'Afrique de l'est et d'Ethiopie où Ae. simpsoni est un vecteur potentiel de fièvre jaune très important.

En Asie du Sud-Est l'équipe OMS de l'Aedes Research Unit de Bangkok a proposé de prélever une seule larve dans chaque gîte pour établir les indices d'Aedes aegypti. Cette méthode est difficilement applicable en Afrique où plusieurs espèces sont fréquemment associées à ce moustique : Ae. simpsoni, Eretmapodites chrysoqaster Graham, Culex p. fatigans, Cu. nebulosus Theobald.

Les indices en usage ne fournissent souvent que des informations écologiques fragmentaires, tant sur le plan qualitatif que quantitatif. Dans les enquêtes il est nécessaire de préciser le type de gîtes et leur situation surtout si des campagnes de lutte sont envisagées. D'autre part, la productivité réelle des différentes sources n'est pas prise en considération. Les stocks d'eau de boisson où l'on puise constamment pour les besoins ménagers contiennent beaucoup de jeunes larves mais très peu de nymphes; ils fonctionnent toute l'année. Par contre, les gîtes péridomestiques de saison des pluies produisent proportionnellement beaucoup plus de nymphes. Ces deux biotopes n'ont donc pas la même signification écologique et cette dualité fonctionnelle n'apparaît pas dans les indices. Cet aspect quantitatif serait à prendre en considération pour l'interprétation épidémiologique des résultats.

La détection de la présence d'Ae. aegypti par des pondoires-pièges a été largement utilisée pour évaluer la campagne d'éradication de ce moustique aux Etats-Unis. Cette méthode s'est avérée plus sensible que l'inspection directe des gîtes. Elle offre de plus l'avantage de pouvoir être standardisée (Jakob & Bevier, 1969; Tanner, 1969). Elle permet même d'évaluer les fluctuations d'une population et pourrait permettre une estimation des effectifs lorsque les coefficients de corrélation avec la population naturelle seraient établis (Tanner, 1969; Evans & Bevier, 1969). Dans les régions où il y a une longue saison sèche durant laquelle les gîtes naturels ou domestiques sont rares, les pondoires-pièges pourraient attirer sélectivement les femelles et fausser ainsi les estimations. Cette méthode demande à être évaluée très précisément.

Une technique similaire a été utilisée avec un certain succès aux Etats-Unis pour la recherche d'Ae. triseriatus (Say) par Loor & De Foliart (1969).

2.2 Espèces eurytopes

Le dénombrement des oeufs durables de certains Aedes (Ochlerotatus) a été envisagé comme une méthode possible pour évaluer les populations de ces insectes et leur taux de reproduction par Lopp (1957). Mais ce procédé, compliqué, n'a jusqu'ici été utilisé que dans des études d'écologie fine et ne semble pas actuellement valable pour de grands projets. Le dénombrement des pontes de Culex fatigans dans des gîtes répertoriés a été utilisé pour apprécier la densité de ce moustique dans des travaux expérimentaux.

L'évaluation des populations larvaires sur des gîtes de grande étendue ne peut s'envisager que par le prélèvement rationnel d'échantillons dans différentes parties du gîte. Les prélèvements se font en général avec un récipient (plateau, louche) ou un filet de dimensions connues, plongé un certain nombre de fois en des points déterminés. Les auteurs anglo-saxons rappellent cette technique, le dipping. Le coup de main de l'expérimentateur peut considérablement modifier les résultats; aussi importe-t-il que l'évaluation soit toujours menée par la même personne. Pour éliminer le coefficient individuel, Welch & James (1960)

préconisent l'utilisation d'un cylindre creux enfoncé dans le fond, qui permet la capture de toutes les larves sur une superficie et un volume d'eau connus; les résultats dépendent de la composition du fond; excellents sur des fonds meubles sans végétation, ils sont moins bons sur les fonds encombrés ou rocheux. Les lâchers et recaptures de larves marquées par des éléments radioactifs ou des colorants ne sont utilisables que dans des projets de recherches. Mais Rioux et coll. (in litt. Gabineau, comm. pers.) ont évalué les trois techniques (dipping, cylindre, marquage) dans des gîtes à Aedes caspius du midi de la France pour une estimation des effectifs; le prélèvement à la louche s'est avéré la méthode la plus rapide, aussi satisfaisante sinon plus que les précédentes. Les indices établis généralement par cette méthode offrent donc une garantie raisonnable.

De très nombreux indices larvaires ont été proposés : Belkin (1954) a établi un indice de production (Breeding Index) pour les gîtes à anophèles dans le Pacifique.

$$B.I. = \frac{SA \times PD \times TLP}{ND \times ND \times 10}$$

SA = Surface du gîte.

PD = Nombre de prélèvements positifs.

TLP = Nombre total de larves et de pupes.

ND = Nombre total de prélèvements après le premier positif.

Dans l'esprit de son auteur, c'était un élément du contrôle de routine des opérations de désinsectisation.

Dans la même optique, Tonn et al. (1970), en Corée, a effectué des transects dans les rizières en effectuant 50 prélèvements de 100 cm² chacun sur 20 mètres de long; il déduit le nombre de larves de Cu. tritaeniorhynchus pour 100 m². Cates (1968), à Taïwan, a calculé le nombre moyen de larves par litre d'eau du gîte dans les rizières. Dans l'Utah, Etats-Unis, Graham et al. (1960) ont recensé le nombre de gîtes positifs et évalué la densité par gîte de Culex tarsalis Coquillett; ils ont ainsi étudié les fluctuations de l'espèce au cours des saisons d'une année à l'autre, et après les traitements insecticides; les résultats obtenus par cette méthode étaient en corrélation avec les informations fournies par les pièges lumineux sur les populations adultes; ils considéraient l'inspection des gîtes comme un bon moyen de surveillance épidémiologique.

Toutes les méthodes d'étude de populations larvaires envisagées fournissent de très intéressantes informations écologiques surtout dans le domaine quantitatif; or c'est là un aspect essentiel pour les développements futurs de la lutte biologique et génétique. L'analyse des échantillons recueillis lors de tels travaux a en outre permis l'établissement de tables de vie pour certaines espèces, notamment Anopheles gambiae en Haute-Volta (Davidson et al., 1970) et au Kenya (Service, 1970).

Si les études sur les formes préimaginales sont relativement aisées dans des milieux artificiels comme les rizières, elles deviennent beaucoup plus difficiles dans des milieux naturels variés et en continuelle évolution. Elles exigent un personnel nombreux, bien formé en écologie. Avant qu'elles ne deviennent des opérations de routine il serait bon de dégager plus clairement les paramètres essentiels nécessaires aux écologistes, aux épidémiologistes et aux démousticateurs. Actuellement il est généralement plus facile d'évaluer les populations de moustiques eurytopes au stade adulte.

3. METHODES D'ENQUETE SUR LES MOUSTIQUES ADULTES

Trois types de méthodes sont utilisés pour échantillonner les populations imaginaires de moustiques, les captures sur appâts, les récoltes dans les lieux de repos et les pièges.

3.1 Les captures sur appât

Capter un moustique lorsqu'il vient piquer est certainement une des méthodes les plus simples pour aborder l'étude de ces insectes. L'appât choisi est soit l'homme, soit un animal. Le captureur peut récolter les moustiques sur lui-même ou sur un autre sujet ou animal; l'appât a pu être remplacé dans quelques cas par un bloc de carboglace (Harden et al., 1970). La capture peut se faire pendant 24 heures consécutives, se limiter à la période d'activité du moustique ou encore, dans le cas d'espèces très abondantes, être fractionnée en interventions de 15 ou 30 minutes. Dans ce cas, il faut tenir compte du dérangement causé par l'introduction de l'appât dans le milieu. Certaines espèces se précipitent sur l'intrus puis leur agressivité diminue et tend vers un palier alors que d'autres peu sensibles au dérangement n'attaquent qu'au bout d'un certain temps. Dans le midi de la France, dès la mise en place du captureur, les attaques d'*Aedes caspius* Pallas sont massives puis se ralentissent au bout de 5 à 10 minutes, alors que *Culex modestus* Ficalbi n'arrive qu'au bout d'une dizaine de minutes. Lors des captures fractionnées, il faudra donc rejeter les spécimens récoltés pendant la période de mise en place pour ne tenir compte que de ceux réellement attirés par l'appât.

Le travail de nuit demande une grande vigilance et certains expérimentateurs ont placé leurs appâts sous moustiquaires-pièges (cf. 3.3).

Les captures sur appâts peuvent s'effectuer dans les milieux les plus divers, à l'extérieur et à l'intérieur des habitations.

Ces méthodes fournissent de très nombreuses informations d'ordre écologique et épidémiologique aussi bien avant que pendant et après les campagnes de lutte.

- a) Etablissement de la liste des espèces agressives pour un hôte donné, et en particulier pour l'homme.
- b) Détermination du cycle nyctéméral d'agressivité de chaque espèce et de ses variations au cours des saisons.
- c) Etude comparative de l'agressivité de chaque espèce dans diverses situations écologiques; dans les maisons et à l'extérieur; en forêt et en terrain découvert; au sol et en haut des arbres, etc.
- d) Evaluation de la densité relative de l'espèce d'après le nombre de piqûres par homme (ou un autre appât) pendant un laps de temps donné; 24 heures, une nuit, etc. Le "landing rate", nombre de moustiques qui se posent sur l'appât pendant X minutes, s'applique aux espèces très abondantes; il est établi en tenant compte des remarques faites au 1er paragraphe de ce chapitre.
- e) Des captures poursuivies pendant toute l'année (ou toute la période d'activité) permettent de dresser un profil des fluctuations saisonnières de la population, donc de sa dynamique en utilisant les paramètres définis au paragraphe précédent. L'action temporaire des agents météorologiques sur l'activité d'une espèce, vent, pluie, froid, peut être suivie de façon précise.
- f) Les moustiques capturés étant généralement à jeun, un examen de leurs trachéoles ovariens permet de calculer le pourcentage de pares et de nullipares (Detinova, 1963), donc d'établir la structure de la population par groupe d'âge. A partir de là se calcule aisément

l'espérance de vie de l'espèce (Coz et al., 1961). Cette dernière donnée peut aussi s'obtenir par comparaison des indices sporozoïtiques immédiats et différés (Macdonald, 1957). Accessoirement, l'examen de l'état de réplétion et de l'évolution des ovocytes permet d'établir le pourcentage de femelles qui prennent un deuxième repas de sang au cours de leur cycle gonotrophique.

g) Sur le plan épidémiologique, l'intérêt n'est pas moins grand. Dans les études sur les arbovirus, la capture sur appâts fournit des lots importants de moustiques dont la plupart à jeun sont immédiatement utilisables. Mais c'est certainement dans le domaine du paludisme que cette méthode fournit les informations les plus utiles. Macdonald (1957), dans sa théorie mathématique sur l'épidémiologie du paludisme, fait appel aux paramètres entomologiques suivants :

- La densité des anophèles en relation avec l'homme.
- Le nombre d'anophèles qui piquent l'homme chaque jour.
- L'indice sporozoïtique.
- L'espérance de vie.
- Les repas de sang pris sur homme pendant 24 heures.
- La durée du cycle extrinsèque du parasite.

Or, quatre premiers paramètres peuvent être fournis directement par ce mode de capture. Le cinquième est obtenu à partir des récoltes dans les lieux de repos et le dernier est à déterminer expérimentalement. Pratiquement, les captures sur appâts ont été à la base d'un grand nombre d'études épidémiologiques sur le paludisme et du contrôle des campagnes antipaludiques. En effet, la réduction du nombre de piqûres permet d'apprécier la diminution de la population ou d'une fraction de population d'une espèce à la suite des mesures de lutte chimique, mécanique ou biologique. La modification des structures de la population, l'examen des paramètres de la transmission permettent d'évaluer la réduction, voire l'interruption, de la transmission.

Les captures sur appâts présentent cependant certaines lacunes. Elles ne procurent que les espèces ou les fractions de population de ces espèces attirées par l'appât et ne rendent pas compte d'une éventuelle hétérogénéité des préférences trophiques. Evidemment, seules les femelles sont attirées et les mâles sont ignorés. Bien qu'elle permette de récolter les espèces exophiles difficiles à trouver dans leurs lieux de repos, cette méthode ne fournit aucune information sur ces derniers. Pourtant, leur connaissance est essentielle pour comprendre l'écologie d'une espèce et souvent nécessaire pour établir des méthodes de lutte rationnelle.

De plus, mais ceci s'adresse à toutes les méthodes d'enquête sur les adultes, elle ne donne pas d'information sur les effectifs réels d'une espèce, mais seulement sur les fluctuations de ces effectifs.

Sur le plan pratique, ces méthodes demandent l'emploi d'un personnel nombreux, consciencieux, et une supervision impeccable. La mise en place d'une surveillance à l'échelon national basée sur ces méthodes serait très onéreuse et demanderait de la part du personnel un très gros effort.

3.2 Les captures dans les lieux de repos

L'étude des lieux de repos des moustiques pose plus de problèmes qu'elle n'en résout dès que l'on ne s'adresse plus aux populations ou aux fractions de populations domestiques ou péri-domestiques.

Les femelles se reposent après l'éclosion en attendant de partir à la recherche de leur hôte; ensuite après chaque ponte elles se reposent à nouveau en attendant de prendre le repas suivant. Nous sommes sûrs de ceci mais nous ignorons le plus souvent le lieu et la durée de ce repos. Il peut d'ailleurs être variable dans la même espèce. C'est ainsi que chez

A. gambiae les femelles qui pondent au début de la nuit se nourrissent généralement au cours de la même nuit, donc après un repos très court, alors que celles qui pondent à la fin de la nuit se regorgent souvent la nuit suivante, donc après plus de 12 heures de repos.

Après le repas de sang, la femelle se repose durant la digestion. Beaucoup d'anophèles restent dans la maison où ils se sont nourris durant une partie ou la totalité du temps nécessaire à la maturation de leurs ovaires; ils sont dits endophiles. Ce sont pratiquement les seules espèces pour lesquelles les captures dans les lieux naturels de repos fournissent des données numériquement valables. Toutes les espèces piquant à l'extérieur ou quittant les maisons après leur repas se reposent généralement à l'extérieur. La recherche de leurs lieux de repos est ardue, hasardeuse et ne fournit que des indications qualitatives et non quantitatives. On a essayé de tourner la difficulté en construisant des abris artificiels dont nous discuterons plus loin.

Enfin, dans les régions tempérées et froides, les femelles de certains genres (Culex, Anopheles, Culiseta, Uranotaenia) hibernent dans des abris construits par l'homme (maisons, étables) ou naturels (grottes), certains fort précaires (roselières). Les abris artificiels se montrent quelquefois très attractifs mais les données recueillies n'ont eu jusqu'à ce jour qu'une valeur qualitative (Mouchet et al., 1969).

La recherche des mâles près des gîtes larvaires ou dans tout type de végétation reste aléatoire. S'ils se retrouvent dans les maisons, ce n'est généralement qu'en petit nombre. Ils sont plus nombreux dans les abris artificiels.

Nous nous bornerons à discuter des captures dans les constructions et les abris artificiels, les seules qui fournissent des résultats quantitatifs interprétables actuellement.

La densité par maison ou par pièce est établie après des récoltes à la main ou au pyrèthre. Pour les espèces endophiles, c'est un bon élément d'appréciation de la densité de la population et de ses fluctuations. Les deux indices utilisés sont le nombre de moustiques par pièce ou par maison, et nombre de moustiques par heure de capture mais ce dernier tend à être abandonné. L'établissement de l'indice par maison se heurte aux difficultés de définition de la maison ou de la pièce.

Les moustiques obtenus dans ces conditions se prêtent bien à deux types d'examen : l'analyse des contenus stomacaux d'où dérive l'index d'anthropophilie et l'examen du tractus ovarien au cours du cycle gonotrophique qui, associé à quelques artifices expérimentaux, permet de déterminer la durée de ce cycle. Ces deux informations permettent de calculer le nombre de repas sur homme que chaque spécimen prend chaque jour. Par exemple, en Haute-Volta, A. gambiae prend 0,4 repas de sang sur homme par jour étant donné que le cycle est de 48 heures et l'anthropophilie de 80 % (Choumara et al., 1959). Les spécimens récoltés dans les maisons ou les abris sont souvent à un stade ovarien avancé et les techniques d'étude de l'âge physiologique sont plus difficiles (Polovodova, 1949). Par contre, ils gardent toute leur valeur pour l'établissement des indices sporozoïtiques. Mais l'indice moustique par maison cesse d'avoir toute signification après les traitements insecticides. En effet, certains produits comme le DDT ont un effet irritant et les anophèles ne restent plus dans les maisons après leur repas. D'autre part, les moustiques morts sur le sol sont écrasés ou détruits par les prédateurs et ne peuvent donc être dénombrés. Tout au plus peut-on dire que la présence en nombre important de moustiques dans les maisons traitées, à condition qu'ils survivent à 24 heures d'observation, signe une inefficacité du traitement.

Plusieurs types d'abris artificiels ont été proposés pour l'étude des moustiques se reposant hors des habitations : "Gillies temples", fûts couchés, puits de Muirhead-Thomson. Des récoltes régulières dans de tels abris devraient permettre de mesurer les fluctuations de population à la suite des traitements insecticides et d'établir les préférences trophiques d'une autre partie de la population. En fait, il est encore difficile de se prononcer sur la valeur de cette méthode d'échantillonnage tant que n'est pas clairement établie l'identité des populations des abris et des maisons.

Les captures dans les maisons ont été largement utilisées dans les études épidémiologiques sur le paludisme car elles sont faciles et relativement rapides, permettant de prospecter de grandes étendues. Malheureusement, elles n'intéressent que les espèces endophiles et fournissent peu d'informations sur les résultats des campagnes.

3.3 Les pièges

Les captures sur appâts étant onéreuses et pénibles, celles dans les lieux de repos de valeur limitées, beaucoup d'auteurs ont tenté de mettre au point des méthodes de piégeage. Les Etats-Unis qui ont à faire face à des moustiques exophiles, où la main-d'oeuvre est onéreuse et où la technologie est très avancée, ont pris le "leadership" de ce mouvement et il ne se passe guère de trimestre sans que les revues spécialisées ne nous présentent un nouvel appareil mis au point par un cerveau inventif. Enumérer tous les pièges nécessiterait un catalogue et nous nous bornerons à discuter des différents types qui utilisent les effets attractifs de la lumière, d'appâts animaux ou humains, de produits chimiques (CO₂) ou la combinaison de différents facteurs.

3.3.1 Description des techniques

Depuis 1964, le plus utilisé des pièges lumineux est le "CDC miniature light trap", appareil miniaturisé fonctionnant sur batterie d'accumulateur et aisément maniable (Sudia & Chamberlain, 1962).

Les pièges à appâts utilisant de gros animaux comme celui de Magoon (1935) ne sont guère utilisés que pour des propos expérimentaux de même que la "Trinidad trap" de Brooks-Worth & Jonkers (1962) où sont exposés de petits vertébrés.

L'homme est utilisé comme appât dans les maisons expérimentales munies de nasses d'entrées et de sorties destinées à étudier le comportement des moustiques et l'efficacité des imagocides ainsi que dans les moustiquaires-pièges.

Le CO₂ sous forme de carboglace a remplacé l'appât animal dans le cylindre nasse de Bellamy & Reeves (1952) et dans le "Trinidad trap" de Service (1969a). Il a servi à renforcer l'effet attractif de la lumière des "CDC light trap" (Newhouse et al., 1966; Fraissignes et al., 1968). Le CO₂ peut aussi être directement obtenu à partir de bouteilles avec manodétendeur (Cornet, comm. pers.).

Les pièges à aspiration mécanique semblent encore limités aux recherches localisées d'écologie fine (Service, 1969b) et les nasses montées sur voitures ou bateaux fournissent un échantillonnage dont la valeur écologique est à préciser. Ces méthodes qui ne sont pas biaisées par des effets attractifs fourniront peut-être dans l'avenir d'excellents outils d'investigation.

3.3.2 Informations fournies par les pièges

Les pièges lumineux ne s'adressent qu'aux espèces totalement ou partiellement nocturnes attirées par la lumière. Ils permettent de suivre les grandes fluctuations des populations. Dans l'Utah, les profils de Culex tarsalis obtenus d'après ces appareils étaient en corrélation avec ceux fournis par les prospections larvaires (Graham et al., 1960; Collett et al., 1964). En Corée, les "CDC light traps" ont permis la détection de femelles de Culex tritaeniorhynchus Giles dès le milieu d'avril alors que cette espèce n'avait jamais été capturée par les méthodes manuelles avant la fin de mai. Mais l'intérêt très certain de cette méthode est minimisé par l'inconstance des résultats. Le vent, la pluie, la clarté sont souvent invoqués pour expliquer la très grande variation de la masse des captures d'un jour à l'autre mais d'autres facteurs restent inconnus (Barr et al., 1963; Horsefall, 1943; Onishi, 1959). En Haute-Volta (Coz et al., 1971), les pièges CDC fonctionnent beaucoup mieux à l'intérieur qu'à l'extérieur des maisons; cependant, les espèces préférentiellement attirées sont celles qui font de courts séjours dans les habitations, Anopheles nili Theobald, An.

flavicosta Edwards; mais seulement 50 % des espèces endophiles (An. gambiae Giles et An. funestus Giles) entrant dans la pièce étaient retrouvées dans le piège. Les informations épidémiologiques fournies furent satisfaisantes. Mais les variations du nombre de captures de maison à maison et de jour à jour étaient telles que les auteurs ne purent les interpréter. Si les résultats de Haute-Volta ont été aussi longuement exposés, c'est que les pièges lumineux sont précisément envisagés comme moyen d'évaluation des résultats des campagnes anti-paludiques. Des recherches sont cependant encore nécessaires pour perfectionner les méthodes en tenant compte des facteurs locaux et pour évaluer la valeur de l'échantillonnage qu'elles fournissent.

Mais, dès maintenant, le "CDC light trap" de maniement aisé est utilisé aux Etats-Unis pour évaluer le niveau des populations de moustiques soit dans des opérations de surveillance des arbovirus (Taylor et al., 1968), soit dans le contrôle des opérations de désinsectisation.

L'adjonction d'une source de CO₂ augmente d'au moins quatre fois le rendement du "CDC light trap" (Newhouse et al., 1966) et corrige partiellement les irrégularités constatées. Siverly & de Foliart (1968) ont ainsi pu établir d'excellents profils annuels des populations de moustiques du Wisconsin. De plus, le piège fonctionne alors également avec les espèces diurnes, et l'action du CO₂ est quelquefois prépondérante sur celle de la lumière comme nous l'avons observé en Camargue.

Les pièges lumineux et à CO₂ fournissent souvent de grandes quantités de moustiques très utiles aux recherches des arbovirologues mais des informations écologiques très partielles. On ignore encore s'ils n'attirent pas préférentiellement une fraction de la population. Morriss & de Foliart (1969) ont observé un pourcentage plus élevé de femelles pares dans les pièges de CO₂ que dans les pièges CDC. Si les mâles viennent à la lumière, ils ne sont pas attirés par le CO₂. Les préférences trophiques et les lieux de repos restent ignorés dans les deux cas.

Enfin, il faut souligner que dans les pays en voie de développement il est difficile de se procurer et de conserver la carboglace; le transport des cylindres à CO₂ est difficile et onéreux.

Les pièges à appâts animaux sont d'un rendement faible, souvent inférieur au piège lumineux (Taylor et al., 1966). Les informations qu'ils donnent sur les préférences trophiques peuvent être fallacieuses si elles ne sont pas interprétées avec grand soin (Service, 1969a). Il n'apparaît pas qu'ils puissent, sous leur forme actuelle, équiper les projets nationaux. Il en est de même des maisons expérimentales qui fournissent pourtant d'excellentes informations sur le comportement des vecteurs et l'efficacité des insecticides au stade expérimental. Mais elles sont onéreuses, exigent un personnel qualifié et une supervision constante. C'est pourquoi elles restent entre les mains des organismes de recherche plutôt que d'exécution. Les moustiquaires-pièges appâtées avec des hommes ou des animaux fournissent le même genre d'informations que les captures sur appât. Leur utilisation est moins fatigante pour le personnel, exige moins de supervision et permet une semi-automatisation de la récolte dont les résultats sont à peine inférieurs à ceux de la capture directe sur homme (Hamon, 1964).

L'utilisation des pièges offre de belles perspectives d'avenir, peut-être plus encore pour l'épidémiologiste que pour l'écologiste. Il reste encore de gros efforts à faire pour les perfectionner, les adapter aux vecteurs et aux conditions écologiques particuliers et pour étalonner l'échantillonnage qu'ils fournissent.

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

Les indices discutés des prospections de routine sont la base des mesures de surveillance. Ils doivent être établis par des méthodes simples n'exigeant pas une qualification de haut niveau de la part de l'enquêteur. D'autre part, ils doivent être aussi standardisés que possible pour fournir des données comparables d'un pays à l'autre, et à ce titre ils ne peuvent pas tenir compte des circonstances écologiques particulières. Ils ne sauraient donc fournir à eux seuls des bases suffisantes pour une étude épidémiologique poussée ni pour la programmation des méthodes de contrôle, qui doivent reposer sur des méthodes beaucoup plus fines. Néanmoins, la plupart des techniques exposées fournissent de bons instruments pour réunir les données indispensables.

L'amélioration de ces techniques et la mise au point de nouvelles méthodes simples et automatisées ne saurait être trop encouragées pour la promotion de l'écologie des vecteurs et par voie de conséquence de l'épidémiologie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Barr, A. R., Smith, T. A., Boreham, M. M. & White, K. B. (1963) Evaluation of some factors affecting the efficiency of light traps in collecting mosquitoes, J. econ. Ent., 56, 123-127
- Belkin, J. N. (1954) Simple larval and adult mosquito indexes for routine control operations, Mosquito News, 14, 127-131
- Bellamy, R. E. & Reeves, W. C. (1952) A portable mosquito bait-trap, Mosquito News, 12, 256-258
- Breteau, H. (1954) La fièvre jaune en Afrique occidentale française, un aspect de la médecine préventive massive, Bull. Org. mond. Santé, 11, 453-481
- Brook-Worth, C. & Jonkers, A. H. (1962) Two traps for mosquitoes attracted to small vertebrate animals, Mosquito News, 22, 18-21
- Cates, M. D. (1968) The effect of improved rice farming techniques on mosquito population in Central Taiwan, Mosquito News, 28, 582-585
- Choumara, R., Hamon, J., Bailly, H., Adam, J. P., Ricosse, J. (1959) Le paludisme dans la zone pilote antipaludique de Bobo-Dioulasso, Cah. ORSTOM (Paris), 1, 11-123
- Collett, G. C., Graham, J. E., Bradley, I. E. (1964) Relationship of mosquito light trap collection data to larval survey data in Salt Lake County, Mosquito News, 24, 160-162
- Coz, J., Chauvet, G., Gruchet, H. & Coz, M. (1961) Estimation du taux de survie chez les anophèles, Bull. Soc. Path. exot., 54, 1353-1358
- Coz, J., Hamon, J., Vervent, G. & Sales, S. (1971) Contribution à l'étude des pièges lumineux "CDC miniature light traps" comme moyen d'échantillonnage des populations anophéliennes dans le sud-est de la Haute-Volta, Cah. ORSTOM (Paris), Sér. Ent. méd. Parasit., 9, N° 4, sous presse
- Davidson, G., Odetoynbo, J. A., Colussa, B. & Coz, J. (1970) A field attempt to assess the mating competitiveness of sterile males produced by crossing 2 memberspecies of the Anopheles gambiae complex, Bull. Org. mond. Santé, 42, 55-67

- Detinova, T. S. (1963) Méthodes à appliquer pour classer par groupe d'âge les diptères présentant une importance médicale, Org. mond. Santé Sér. Monogr. N° 47, Genève 1963, 213 pages
- Evans, B. R. & Bevier, G. A. (1969) Measurement of the field populations of Aedes aegypti with the ovitrap in 1968, Mosquito News, 29, 347-353
- Fraissignes, B., Chippaux, A. & Mouchet, J. (1968) Captures de moustiques par des pièges lumineux associés à une source de gaz carbonique, Méd. trop. (Marseille), 28, 215-221
- Gillett, J. D. (1969) Aedes simpsoni in Chaggaland, Tanzania. The biting cycle and breeding in banana axils, doc. ronéot. WHO/VBC/69.169
- Graham, J. E., Bradley, I. E. & Collett, G. C. (1960) Some factors influencing larval populations of Culex tarsalis and Western Equine Encephalitis in Utah, Mosquito News, 20, 100-103
- Hamon, J. (1964) Observations sur l'emploi des moustiquaires-pièges pour la capture semi-automatique des moustiques, Bull. Soc. Path. exot., 57, 576-588
- Harden, F. W., Poolson, B. J., Bennett, L. W. & Gaskin, R. C. (1970) Analysis of CO₂ supplemented mosquito adult landing rate counts, Mosquito News, 30, 369-374
- Horsfall, W. R. (1943) Some responses of the malaria mosquito to light, Ann. ent. Soc. Am., 36, 41-45
- Jakob, W. L. & Bevier, G. A. (1969) Application of ovitrap in the US Aedes aegypti eradication programm, Mosquito News, 29, 55-62
- Loor, K. A. & De Foliart, G. R. (1969) An oviposition trap for detecting the presence of Aedes triseriatus (Say), Mosquito News, 29, 487-488
- Lopp, O. V. (1957) Egg sampling as an Index mosquito breeding, Proc. Forty Ann. Meet., New Jersey, Mosq. Extern. Assoc., 60-63
- Macdonald, G. (1957) The epidemiology and control of malaria, Oxford University Press, Londres, 201 pages
- Magoon, E. H. (1935) A portable stable trap for capturing mosquitoes, Bull. ent. Res., 26, 263-269
- Morriss, C. D. & De Foliart, G. R. (1969) A comparaison of mosquito catches with miniature light trap and CO₂ baited traps, Mosquito News, 29, 424-426
- Mouchet, J. (1970) Prospection sur les vecteurs potentiels de fièvre jaune en Tanzanie, doc. ronéot. WHO/VBC/70.209
- Mouchet, J., Rageau, J. & Chippaux, A. (1969) Hibernation de Culex modestus Ficalbi en Camargue, Cah. ORSTOM (Paris), Sér. Ent. méd., 7, 35-37
- Newhouse, V. F., Chamberlain, R. W., Johnston, J. G. & Sudia, W. D. (1966) Use of dry ice to increase mosquito catches of the CDC miniature light trap, Mosquito News, 26, 30
- Olson, J. K., Elbel, R. E. & Smart, K. L. (1968) Mosquito collections by CDC miniature light traps and livestock baited traps at Callao, Utah, Mosquito News

- Onishi, A. (1959) Influence of moonlight on mosquito collection with a light trap, Shikoku Acta med., 15, 1993-1998
- Polovodova, V. P. (1949) Détermination de l'âge physiologique d'Anopheles femelle, Méd. Parazit. (Mosc.), 18, 352
- Service, M. W. (1969a) The use of traps in sampling mosquito populations, Ent. exp. and appl., 12, 403-412
- Service, M. W. (1969b) The use of insect suction traps for sampling mosquitoes, Trans. roy. Soc. trop. Med. Hyg., 63, 656-663
- Service, M. W. (1970) Studies on sampling larval populations of the Anopheles gambiae complex, doc. miméo. WHO/VBC/70.247
- Siverly, R. C. & De Foliart, G. R. (1968) Mosquito studies in Northern Wisconsin, Mosquito News, 28, 162-167
- Sudia, W. D. & Chamberlain, R. W. (1962) Battery operated trap an improved model, Mosquito News, 22, 126-129
- Tanner, G. D. (1969) Oviposition traps and population sampling for the distribution of Aedes aegypti, Mosquito News, 29, 116-121
- Taylor, D. J., Meadows, K. E. & Banghman, I. E. (1966) Comparison of a chick baited trap with the CDC miniature light trap, Mosquito News, 26, 502-506
- Taylor, D. J., Meadows, K. E., Lewis, A. L. & Bond, J. O. (1968) Arbovirus vector surveillance following 1962 Saint Louis encephalitis epidemic in the Tampa Bay area, Mosquito News, 28, 42-45
- Tonn, R. J., Ree, H. I., Lee, K. W. & Shin, H. K. (1970) Annual report for 1969 of the Japanese Encephalitis Vector Research Unit, doc. ronéot. WHO/VBC/70.211
- Vickery, C. A., Meadows, K. E. & Banghman, I. E. (1966) Synergism of carbon dioxide and chick as bait for Culex nigripalpus, Mosquito News, 26, 506-507