

LES FACTEURS ENTOMOLOGIQUES IMPLIQUÉS DANS LA PERSISTANCE DE LA TRANSMISSION PALUDÉENNE AU COURS DES CAMPAGNES D'ÉRADICATION

par

J. MOUCHET

Entomologiste médical O. R. S. T. O. M.

1 - INTRODUCTION

Elaborée depuis moins de dix ans, la doctrine de l'éradication du paludisme (1) a entraîné une promotion spectaculaire de la lutte contre cette affection. Les gros progrès réalisés depuis lors sont, en grande partie, dus à une rationalisation de l'organisation des programmes ainsi qu'à l'emploi généralisé de techniques efficaces et normalisées. Néanmoins, dans certaines campagnes d'éradication, subsistent des foyers où la transmission paludéenne persiste malgré une excellente exécution des traitements. De plus, dans certaines vastes zones, comme les savanes d'Afrique de l'Ouest, il a même été impossible d'obtenir l'arrêt de la transmission par les techniques actuellement préconisées et c'est d'ailleurs une des causes qui ont fait différer la mise en application de programmes d'éradication dans cette partie du globe (2).

Cette persistance de la transmission, en présence d'une couverture insecticide, implique un certain nombre de facteurs entomologiques intéressant la physiologie (résistance) et le comportement des anophèles vecteurs. Mais ceux-ci pour leur nutrition et leurs abris sont tributaires de l'homme et de l'environnement. Nous envisagerons donc l'aspect entomologique en relation avec les contextes humain et écologique et nous replacerons ces données dans leur cadre épidémiologique.

(1) Sixième rapport du Comité d'Experts du Paludisme de l'O.M.S. - 1957 - Rapport technique n° 123 - O.M.S. - Genève.

(2) Troisième conférence africaine du paludisme - Yaoundé - Juillet 1962 WHO/Mal/376.

2 - LA RÉSISTANCE PHYSIOLOGIQUE AUX INSECTICIDES

Il n'entre pas dans nos intentions de discuter l'importance opérationnelle de la résistance aux insecticides, sujet récemment revu par HAMON et GARRETT-JONES (1963). Jusqu'ici les problèmes posés par la résistance à un seul insecticide ont pu être résolus en employant un autre insecticide (remplacement du DDT par Dieldrine ou HCH et vice-versa) et même dans un cas la résistance au DDT n'a pas entraîné de reprise dans la transmission (résistance d'*A. culicifacies* Giles, dans l'Etat de Gujerat aux Indes). La situation devient par contre beaucoup plus alarmante dans les cas de double résistance (au DDT et au groupe Dieldrine - HCH) déjà signalés chez *A. albimanus* Wied, en Amérique Centrale (in DAVIDSON, 1963), chez *A. aconitus* Dönitz, à Central Java (SOERENO et MUIR, 1962), chez *A. sacharovi* Favr., en Grèce (HADJINICOLAOU, 1954), chez *A. stephensi* Liston, en Iran (MOFIDI, 1960). Ces phénomènes se sont accompagnés d'une reprise de transmission plus ou moins intense suivant le degré de résistance du vecteur au DDT et l'importance du réservoir de parasites. Sans aucun doute les doubles résistances hypothèquent fortement les succès des campagnes d'éradication dans les pays où elles se manifestent. Il faut espérer que les recherches en cours, sur les Composés organophosphorés et les Carbamates, permettront de trouver rapidement de nouveaux insecticides de remplacement.

3 - PERSISTANCE DE LA TRANSMISSION DUE AU COMPORTEMENT DES VECTEURS

Mais il est des cas où les vecteurs, bien que sensibles aux insecticides utilisés, continuent à assurer un certain degré de transmission. Pour que ceci se réalise il faut d'abord que l'insecte échappe à l'effet des insecticides pariétaux lorsqu'il doit entrer dans les habitations traitées puis qu'il trouve, dans son environnement, des conditions écologiques lui permettant de survivre pendant l'accomplissement du cycle sporogonique du *Plasmodium*.

3-1. Les possibilités pour les vecteurs d'éviter l'effet des traitements insecticides

Pour qu'un moustique transmette le paludisme il faut qu'il pique l'homme au moins deux fois, pour s'infecter d'abord, pour inoculer ensuite les sporozoïtes ; entre temps, suivant ses préférences trophiques et les ressources nutritionnelles il peut se nourrir sur l'homme ou des animaux. C'est au cours de ses contacts avec l'homme que l'anophèle pourra risquer de succomber aux insecticides intradomiciliaires. Pour les éviter il dispose de deux possibilités : être strictement exophage ou quitter les maisons traitées avant d'avoir absorbé une dose létale de toxique.

3-1-1. L'exophagie

Toutes les espèces anophéliennes anthropophiles peuvent, dans certaines circonstances, se nourrir à l'extérieur des habitations, ce comportement étant exclusif chez quelques-unes (rarement d'ailleurs chez les vecteurs). Mais le plus souvent le moustique pique son hôte préférentiel là où il se trouve. Il est exophage lorsque l'homme se trouve à l'extérieur, endophage

s'il est dans les maisons. L'exophagie des anophèles est donc conditionnée par le comportement humain. Quelles que soient les mœurs des autochtones, il arrive toujours que des gens soient dehors à la tombée de la nuit, ou même que quelques personnes s'y trouvent à une heure plus avancée, mais, dans ces cas-là, seule une faible proportion de moustiques aura l'occasion de se nourrir à l'extérieur. Au contraire, lorsque les autochtones couchent à l'extérieur, les vecteurs seront exophages. Il est bien évident que les traitements domiciliaires n'affecteront pas les moustiques exophages, au moins lors de la prise de leur repas de sang.

3-1-2. Possibilités pour les anophèles de survivre à leur passage dans les maisons traitées

Dans la grande majorité des cas, même après les aspersions, les moustiques continuent à entrer et très fréquemment à piquer dans les maisons traitées. Un certain nombre d'entre eux réussissent à quitter ces habitations sains et saufs. Ce sont ceux qui ne restent que peu de temps au contact du toxique mural soit parce qu'ils sont irrités par l'insecticide (dans le cas du DDT), soit du fait de leur tendance naturelle à l'exophilie. Cette survie des anophèles est, de plus, favorisée par l'architecture de certains types d'habitations et par les pertes de toxicité du revêtement insecticide.

3-1-2-1. L'effet irritant de l'insecticide

Les moustiques placés sur une paroi recouverte de DDT s'envolent rapidement. L'effet irritant de ce produit est connu depuis 1945 (METCALF et Coll.). En pratique ce phénomène se traduit par une tendance de l'insecte à abrégé son séjour dans les maisons traitées. C'est ce que montra, dès 1947, MUIRHEAD - THOMSON, au Nigéria avec *A. gambiae* Giles. Depuis cette date de nombreux auteurs sont arrivés à la même conclusion. Cette tendance à fuir les dépôts de DDT, par suite de l'effet irritant de ce produit, se rencontre pratiquement chez toutes les espèces d'anophèles et MUIRHEAD - THOMSON l'a dénommée en 1960 : **comportement d'évitement** ("behaviouristic avoidance") ; pour notre part nous préférons l'expression : **comportement de fuite**. Ce comportement pourrait être exacerbé à la suite de plusieurs cycles de traitements au DDT par sélection de souches hyperirritables. Ce phénomène, qui fut considéré comme une résistance de comportement, a été signalé à Panama par TRAPIDO (1952 et 1954) avec *A. albimanus* et à Java par SUNDARARAMAN (1958) avec *A. sundaicus* Rod.

Actuellement, l'O.M.S. préconise plusieurs tests permettant d'évaluer l'irritabilité d'une souche de moustiques. La sélection de souches hyperirritables n'a pas encore été vraiment confirmée par ces méthodes dont les objectifs sont d'ailleurs limités. En effet, des tests, dont les modes d'interprétation ne sont d'ailleurs pas encore standardisés, ne permettent pas de relier le degré d'irritabilité observé en laboratoire à l'aptitude du moustique à quitter indemne les maisons traitées. Il apparaît même que l'irritabilité d'une espèce n'est pas liée à son aptitude à fuir les surfaces toxiques. C'est ainsi que *A. funestus* Giles, qui est trois fois moins irritable que *A. gambiae*, fuit tout aussi bien que ce dernier les surfaces recouvertes de DDT (MOUCHET et Coll., 1961).

Mais bien que l'on ne connaisse pas dans leurs détails les mécanismes qui incitent les moustiques à fuir les surfaces recouvertes de DDT, on doit constater que ce phénomène est le principal facteur qui contribue à réduire la durée de leur séjour dans les maisons traitées. Naturel ou acquis par sélection, ce comportement permet à une partie d'entre eux de quitter indemnes les habitations et d'atteindre le milieu extérieur sans avoir été intoxiqués.

Nous discuterons plus loin dans quelle mesure cet effet irritant du DDT est un phénomène favorable ou non à la persistance de la transmission.

3-1-2-2. Tendance naturelle à l'exophilie

En l'absence de tout traitement insecticide, on constate que, dans la même espèce, certains individus exophiles quittent les maisons rapidement dans la même nuit où ils ont pris leur repas de sang ; d'autres endophiles y accomplissent, au contraire, la totalité de leur cycle gonotrophique. Entre ces deux extrêmes existent tous les cas intermédiaires. Le degré d'exophilie ou d'endophilie d'une population d'anophèles est donc le pourcentage d'individus exophiles ou endophiles de cette population et cet aspect de la biologie des vecteurs a été bien étudié chez de nombreuses espèces. Mais à la suite des aspersions, lorsqu'on a constaté qu'un certain pourcentage de moustiques pouvaient quitter indemnes les habitations, il a été difficile de démontrer les rôles respectifs de ce comportement naturel et de l'effet irritant de l'insecticide. Il n'y a pas de preuve que la tendance naturelle à l'exophilie ait été, à elle seule, une cause de persistance de la transmission, mais elle peut la favoriser en synergisant l'action irritante des insecticides.

3-1-2-3. Architecture des habitations

Lorsqu'un moustique est irrité et cherche à sortir d'une maison, la rapidité avec laquelle il pourra gagner l'extérieur dépendra de la facilité avec laquelle il trouvera une issue. Dans la recherche d'une issue vers l'extérieur, les anophèles irrités sont guidés par la faible clarté qui, la nuit, signale les ouvertures. Une habitation pourvue de larges ouvertures, architecturales ou dues au délabrement des parois, offrira beaucoup plus d'issues qu'une demeure close. Les chances d'un anophèle d'échapper aux insecticides pariétaux seront d'autant plus grandes que les habitations présenteront plus d'ouvertures. (RACHOU, 1961), à Costa Rica, a considéré que les nombreuses ouvertures favorisaient la persistance de la transmission par *A. albimanus*. Dans les cas extrêmes, lorsqu'une, deux ou trois faces des parois manquent, comme c'est le cas dans certains abris de culture, le contact vecteur-insecticide devient de moins en moins obligatoire et on retombe progressivement dans le cas des vecteurs exophages. C'est ainsi que s'explique en partie, par exemple, la persistance de la transmission par *A. balabacensis* Baisas, chez certains agriculteurs de la jungle cambodgienne (1) et du Siam.

3-1-2-4. Qualité du revêtement insecticide

Effet irritant de l'insecticide, tendance naturelle à l'exophilie, architecture des habitations, déterminent la durée du contact moustique-insecticide. C'est la toxicité du revêtement mural qui, combinée au temps de contact, déterminera le pourcentage de mortalité des anophèles dans une maison. La toxicité du revêtement mural diminue au cours des mois qui suivent l'aspersion, peut-être plus par suite d'altérations mécaniques que par perte de l'activité de l'insecticide lui-même, les phénomènes étant d'ailleurs différents dans le cas des surfaces sorbantes et non sorbantes (2). Par contre, les parois traitées au DDT restent suffisamment irritantes pour inciter les moustiques à s'enfuir. Il en résulte une baisse graduelle de leur mortalité au cours des mois qui suivent les aspersions. C'est ainsi que KUHLOW (1961), au Nord Nigeria, a constaté que la mortalité des *A. gambiae* et des *A. funestus* dans des cases expérimentales était supérieure à 70% pendant les trois premiers mois qui suivaient le traitement et tombait ensuite au-dessous de 30% dans les trois mois suivants. Les chances qu'un moustique de quitter indemne une maison traitée augmentent donc graduellement au cours des mois qui suivent l'aspersion. Dans certains cas même, un mois seulement après le traitement, les chances de survie peuvent être très élevées, pour des espèces se reposant peu de temps sur les parois recouvertes de DDT (cas de *A. albimanus* à Salvador (3)).

(1) D'après les rapports périodiques O.M.S. de RONNEFELDT, CERVONE et KAO-PHAM de 1958 à 1960.

(2) Nous ne discuterons pas ici les questions bien complexes de la rémanence des insecticides sur les divers types de parois.

(3) Observations de RACHOU d'après une communication personnelle de YEKUTIEL.

Enfin, il faut signaler que, dans certains cas, les dégradations mécaniques causées au revêtement insecticide sont telles que 2 à 3 mois après les aspersions, les anophèles peuvent trouver, dans les maisons traitées, des emplacements où ils peuvent se reposer sans être intoxiqués. C'est le cas de *A. gambiae* et *A. funestus* dans les cases en paille du Nord-Cameroun (CAVALIE et MOUCHET, 1962).

3-2. La survie des moustiques dans la nature

Les moustiques ayant évité les traitements insecticides doivent encore, pour devenir transmetteurs, survivre assez longtemps pour que les *Plasmodium* éventuellement ingérés accomplissent leur cycle sporogonique. Durant cette période, ils devront donc trouver des lieux de repos favorables et des sources de nourriture. En fin de compte, le nombre de survivants dépendra de la façon dont ils auront surmonté ces deux obstacles et également de la densité initiale de l'espèce.

3-2-1. Les lieux de repos extérieurs

Si l'on excepte les cas où ils peuvent se reposer à l'intérieur des maisons traitées, les anophèles devront trouver à l'extérieur des lieux de repos offrant des conditions écologiques et microclimatiques correspondant à leur besoin. Les abords des villages des régions équatoriales et tropicales, au moins à certaines époques de l'année, offrent en général quantité d'abris présentant des conditions favorables à la survie des moustiques. C'est ainsi qu'en Haute-Volta (Bobo-Dioulasso) la longévité de *A. gambiae* est identique à l'intérieur et à l'extérieur (HAMON, 1959). Par contre, dans les régions tempérées et désertiques, ces biotopes sont souvent rares. Beaucoup de vecteurs ont de grosses difficultés pour survivre jusqu'à un âge épidémiologiquement dangereux lorsqu'ils sont privés de l'abri des maisons ; c'est le cas de *A. labranchiae* Fall et *A. sacharovi* en Italie (A. et M. COLUZZI, 1961). La présence de grands abris naturels comme les grottes présentant des conditions microclimatiques favorables peut au contraire, permettre leur survie dans des régions de climats très durs ; ce rôle des cavernes a été mis en évidence dans des foyers de persistance de la transmission par *A. sergenti* (Theo.) dans la vallée du Jourdain (FARID, 1956) et par *A. superpictus* Grassi, dans le nord du Khorassan en Iran où l'aspersion des abris naturels avait même été recommandée (CHARLES, 1960).

D'une façon générale, les anophèles survivront d'autant mieux dans le milieu extérieur qu'ils seront dans leur aire naturelle de dispersion. Certaines espèces qui, en s'adaptant à l'homme, ont colonisé des zones où elles n'existaient pas auparavant, n'y ont pas survécu aux traitements insecticides, c'est le cas d'*A. darlingi* dans les villes côtières du Venezuela (GABALDON, 1953). D'ailleurs, dans les villes où existent peu de refuges extérieurs et où les conditions écologiques s'éloignent beaucoup des conditions naturelles, nombre d'espèces ne trouvent d'autres abris que les constructions et, de ce fait, n'échappent plus à l'action des insecticides.

3-2-2. Les sources de nourriture

Pendant l'évolution du cycle sporogonique du *Plasmodium*, le moustique doit prendre un certain nombre de repas de sang avant de devenir infectant. C'est ainsi que *A. funestus* doit prendre au moins 3 repas de sang, après le repas où il s'est infecté, pour devenir épidémiologiquement dangereux (DETINOVA et GILLIES, 1963). Si l'anophèle a la possibilité de prendre ces repas sur un hôte alternatif - le bétail, par exemple - il verra ses chances de survie devenir appréciables. Si, au contraire, il doit se nourrir sur l'homme, soit du fait de ses préférences trophiques, soit par suite de l'absence d'hôtes alternatifs, la situation se présentera tout autrement. Dans le cas où l'homme peut être atteint à l'extérieur, le moustique

n'aura pas de contact avec les insecticides. Mais, dans le cas où l'homme se trouvera à l'intérieur, il devra entrer à nouveau plusieurs fois dans une habitation traitée et ses possibilités d'en ressortir indemne seront les mêmes que lors du premier repas. Ses chances de survie se trouveront alors beaucoup diminuées.

Outre qu'elle permet aux moustiques d'atteindre plus facilement un âge épidémiologiquement dangereux, la présence d'hôtes alternatifs favorise le maintien de populations anophéliennes résiduelles ; ces populations sont toujours prêtes à "exploser" et à envahir les habitations lors de circonstances climatiques favorables et de défaillances de la couverture insecticide. L'exemple d'*A. gambiae* au Cameroun illustre bien le rôle des hôtes alternatifs. Dans la région forestière (zone pilote de Yaoundé), sa seule source de nourriture est l'homme qui couche toujours à l'intérieur des maisons. Donc pratiquement l'insecte doit entrer dans les maisons pour chacun de ses repas. A la suite des traitements insecticides au DDT ou à la Dieldrine, il a totalement disparu même dans les gîtes larvaires de 1957 à 1959 (LIVADAS et Coll., 1958). Au contraire, dans le Nord Cameroun où le bétail est abondant, *A. gambiae* a toujours persisté malgré les traitements au DDT. Si sa densité était réduite dans les villages, elle restait élevée dans les gîtes dispersés dans la nature (CAVALIE et MOUCHET, 1962). Ces différences dans les résultats des traitements s'expliquent bien en partie par des facteurs écologiques mais elles sont surtout dues à l'absence dans un cas et la présence dans un autre d'hôtes alternatifs.

Il faut noter ici un cas récemment signalé de modification des habitudes trophiques d'*A. aquasalis* en Guyane. Primitivement zoophile, ce moustique est devenu anthropophile et vecteur à la suite de la diminution du bétail ; il a provoqué une épidémie dans une région où le paludisme avait disparu depuis seize ans et où les traitements insecticides avaient été arrêtés depuis plus de dix ans. Une seule aspersion de DDT a suffi pour enrayer l'épidémie (GIGLIOLI, 1963). La raréfaction du bétail a donc été ici à l'origine d'une reprise de la transmission, mais ceci n'a pu se produire qu'en l'absence de couverture insecticide. Rien ne permet de penser que ces modifications d'habitude trophiques poseraient des problèmes spéciaux dans les zones en cours de traitement. Par contre, ce pourrait être une source d'ennuis lors des ultimes phases de l'éradication après cessation des aspersions.

3-2-3. Densité anophélienne

Seule une certaine proportion d'individus pourront devenir infectants après avoir surmonté les difficultés qui s'opposent à leur survie dans les régions traitées et cette proportion est la même que l'espèce soit rare ou abondante. En définitive, le nombre des moustiques infectants d'une espèce dans une région donnée et à une saison donnée sera donc intimement lié à la densité de cette espèce. On n'a pas d'exemple précis, à notre connaissance, d'espèce devenue rare et continuant à assurer une persistance de la transmission. Ce serait plutôt celles qui réussissent à se maintenir en nombre appréciable qui seront dangereuses même si intrinsèquement ce sont de moins bons vecteurs.

3-3 Interprétation épidémiologique du comportement des vecteurs

L'évaluation entomologique n'est qu'une partie de l'évaluation épidémiologique et à ce titre toutes les observations entomologiques doivent être interprétées dans leur cadre épidémiologique.

Parmi les divers facteurs susceptibles de favoriser la persistance de la transmission, l'irritabilité au DDT est certainement celui qui a été le plus discuté. Il faut tout d'abord noter que lorsque le moustique a coutume de se poser sur les murs avant de piquer, l'effet irritant au DDT peut l'amener à quitter la maison traitée avant d'avoir attaqué l'homme. Il y a donc rupture du contact homme-anophèle, très favorable à l'éradication du paludisme. C'est ce

qui s'est passé en Grèce avec *A. sacharovi* (ZULUETA, 1959) et aux Indes avec *A. culicifacies* (1). Lorsque le contact avec l'insecticide a lieu après la prise du repas de sang, il peut arriver que le moustique, obligé de vivre en exophilie, devienne inoffensif du fait de la réduction de longévité dans les conditions de vie à l'extérieur. Enfin, la réduction de mortalité provoquée par l'effet irritant du DDT retarde l'apparition de la résistance au DDT. Ce sont évidemment là, comme le fait remarquer ZULUETA (1962), autant de facteurs favorables à l'éradication du paludisme.

Mais le plus souvent pourtant l'effet irritant du DDT est, au contraire, un des facteurs responsables de la persistance de la transmission en diminuant la durée du contact des moustiques avec les insecticides et en favorisant ainsi la survie des premiers. Il est notamment très fortement impliqué dans les échecs des tentatives d'interruption de la transmission par *A. gambiae* et *A. funestus* dans les savanes d'Afrique de l'ouest (MOUCHET et HAMON, 1963) ; il a également une part de responsabilité dans la persistance de foyers de transmission par *A. albimanus* et *A. pseudopunctipennis* au Mexique (ZULUETA et GARRETT-JONES) (2) et par *A. albimanus* en Amérique centrale (3). Ce ne sont là que quelques exemples et nous sommes persuadés que, lorsque les foyers de transmission seront mieux étudiés, l'effet irritant du DDT sera de plus en plus fréquemment inculpé.

Les conséquences du comportement des vecteurs sont donc différentes d'un pays à l'autre et suivant l'espèce incriminée. Chaque foyer *sensu lato* est un cas particulier qui doit être étudié comme tel. Par exemple, dans une région de paludisme hyperendémique, une survie de 30% des anophèles bons vecteurs qui pénètrent dans les maisons traitées, peut être suffisante pour assurer la persistance d'une très appréciable transmission. Au contraire, un traitement domiciliaire provoquant la même mortalité d'anophèles moins bons vecteurs dans une zone hypoendémique peut être suffisant pour interrompre toute transmission. En fait, aucun facteur entomologique ne doit être interprété sans être replacé dans l'ensemble du contexte épidémiologique.

4 - CONCLUSION

Rechercher les causes de persistance de la transmission paludéenne dans un foyer ou une zone est, en général, un travail ardu. En effet, le comportement du moustique en zone traitée est inséparable de l'habitat et des mœurs des autochtones ainsi que des variations dans le temps et l'espace de la toxicité des traitements insecticides. Des facteurs écologiques et trophiques interviennent ensuite dans la survie des anophèles. Enfin, tous ces phénomènes ont une signification différente suivant le cadre épidémiologique où ils se déroulent.

Aussi, lorsque les enquêtes épidémiologiques ont détecté des foyers de transmission dans une région bien traitée, est-il rare que l'on puisse attribuer cette persistance de la transmission à une cause bien définie. C'est généralement la conséquence d'un ensemble de facteurs entomologiques, humains, écologiques, voire opérationnels, qu'entomologistes et paludologues devront étudier ensemble. Il est la plupart du temps impossible d'évaluer exactement la part respective de chacun des facteurs impliqués, qui peut varier au fil des saisons et d'un lieu à l'autre.

(1) WHO/insecticides/29 décembre 1961.

(2) Rapport O.M.S. d'une mission au Mexique (9 mai-23 août 1962)

(3) Observations de RACHOU rapportées par YEKUTIEL (comm. pers.)

On doit pourtant essayer de déterminer par tous les moyens disponibles les différents facteurs qui favorisent la persistance de la transmission lorsque ce phénomène se manifeste. Il est regrettable que, dans de nombreux projets, on se borne à observer que la transmission persiste dans des foyers plus ou moins vastes, sans essayer vraiment d'en connaître les raisons. Et pourtant une analyse précise de tous les facteurs impliqués dans la persistance de la transmission paludéenne est indispensable au progrès de l'éradication du paludisme dans les "zones difficiles".

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
Centre Scientifique et Technique, Bondy (Seine), France

SUMMARY

Entomological factors in persisting transmission in malaria eradication programmes

In many eradication programmes insecticide treatments normally applied were not able to break malaria transmission. This occurs in limited foci or sometimes in large areas. Entomological factors are implied in this persisting transmission.

Many times by changing of insecticides the consequences of resistance could be avoided. But double resistances (DDT - DLN) occurring now in several places in the world are highly preoccupying.

Some vectors are insufficiently controlled by DDT because of their exophagy or their ability to avoid insecticides deposits in treated houses. This behaviour results of the irritant effect of DDT and sometimes of their natural tendency to exophily. Poor housing in tropical countries facilitates mosquito exodus. Insecticides wall deposits often lost their efficiency all along the months following the spraying because of chemical, physical or mechanical alterations.

To reach an epidemiologically dangerous age anophelines which escaped the insecticides treatments have to find biological conditions allowing them to live long enough for the accomplishment of sporogonic cycle. They must find outside resting places with adequate microclimates. These conditions are easier to find in tropical countries than in temperate or arid ones. Alternative hosts (cattle for exemple) greatly favours mosquito survival. The peak of vectors generally is correlated to persisting transmission.

Anopheline mortality per hut should be much higher in holoendemic areas than in hypoendemic ones.

These factors show how DDT treatment which were successful in numerous countries could be unable to break transmission in certain difficult areas the so called "problem areas" by W.H.O.

RESUMEN

Los factores entomológicos implicados en la persistencia de la transmisión a través de las campañas de erradicación

En numerosos programas de erradicación de la malaria la aplicación de insecticidas siguiendo los normas internacionales no ha permitido obtener el paro de la transmisión. Un cierto número de factores entomológicos intervienen en esta persistencia de la transmisión.

Las consecuencias de la resistencia han podido ser evitadas cambiando insecticidas pero los casos de doble resistencia (DDT + DLN) que se multiplican son de preocupación.

Ciertos vectores son insuficientemente controlados por el DDT por sus exofilia ó por su posibilidad de evitar el efecto del insecticida en las habitaciones tratadas. Esto resulta de su tendencia natural a la exofilia y sobretodo del efecto irritante del DDT. La arquitectura frecuentemente rudimentaria de las habitaciones en las regiones tropicales favorece el exodo de los anófeles. El revestimiento insecticida pierde frecuentemente su eficacia a través del mes que siguen las rociadas por su alteración química, física o mecánica.

Para llegar a la edad epidemiológica peligrosa los mosquitos tienen que encontrar enseguida condiciones que les permitan vivir suficiente tiempo para que se complete el ciclo esporogónico de *Plasmodium*. Deben encontrar lugares de reposo exteriores con microclima favorable, lo que es muy fácil tanto en regiones tropicales como en regiones templadas o desérticas (papel de las cuevas). Igualmente la presencia de huéspedes alternantes (bestias) favorece la supervivencia de los mosquitos. En fin la persistencia de la transmisión se manifiesta sobre todo en el momento cuando los vectores tienen una gran densidad.

La mortalidad de los vectores en las habitaciones debe ser mucho más elevada en las zonas holoendémicas que en las zonas hipoendémicas.

Estas razones explican que los tratamientos con DDT que han dado excelentes resultados en numerosos lugares, hayan podido ser insuficientes par interrumpir la transmisión en ciertas zonas difíciles que la O.M.S. llama "problem areas".

BIBLIOGRAPHIE

- CAVALIE (Ph.) et MOUCHET (J.) - 1962 - Les campagnes expérimentales d'éradication du paludisme dans le Nord de la République du Cameroun - *Médecine tropicale*, 22, (1), 95-118.
- CHARLES - 1960 - Rapp. MEI/551/12/OPER.6.
- COLUZZI (A.) et COLUZZI (M.) - 1961 - Sull'irritabilità degli *Anopheles* al DDT in rapporto all'eradicazione della malaria - *Riv. di Malariol.*, 40, (1-3), 1-8.
- DAVIDSON (G.) - 1963 - DDT - Resistance and Dieldrin - Resistance in *Anopheles albimanus* - *Bull. Org. Mond. Santé*, 28, 25-33.
- DETINOVA (T.S.) et GILLIES (M.T.) - 1963 - Rapport préliminaire sur la possibilité de déterminer l'âge physiologique chez *Anopheles gambiae* et *Anopheles funestus* - *WHO/Mal/379* 8 Fév. 1963.
- FARID (M.A.) - 1956 - The implications of *Anopheles sergenti* for malaria eradication Programmes East of the Mediterranean - *Bull. Org. Mond. Santé*, 15, 821-828.
- GABALDON - 1953 - *Proc. 5 th. Int. Congr. trop. Med. Mal.*, 2, 27
- GIGLIOLI (G.) - 1963 - Ecological change as a factor in renewed malaria transmission in an eradicated area - *Bull. Org. Mond. Santé*, 29 (2), 131-142.
- HADJINICOLAOU (J.) - 1954 - *R.C. Ist. Sup. Sanita*, Suppl. p. 160.
- HAMON (J.), CHOUMARA (R.), ADAM (J.P.) et BAILLY (H.) - 1959 - Le paludisme dans la zone pilote de Bobo-Dioulasso (Haute-Volta) - *Cahier de l'O.R.S.T.O.M. n° 1*, 3ème partie, 1939, O.R.S.T.O.M., Paris.

- HAMON (J.) et GARRETT-JONES (C.) - 1963 - La résistance aux insecticides chez les vecteurs majeurs du paludisme et son importance opérationnelle - *Bull. Org. Mond. Santé*, 28, 1-24.
- KUHLOW (F.) - 1961 - Etude du comportement des vecteurs du paludisme dans une hutte traitée au DDT et dans une hutte non traitée (Nigeria Septentrional) - *WHO/Mal/310* - 24 Août 1961.
- LIVADAS (G.), MOUCHET (J.), GARIOU (J.) et CHASTANG (R.) - 1958 - Peut-on envisager l'éradication du paludisme dans la région forestière du Sud-Cameroun - *Riv. di Malariol*, 37, 229.
- METCALF (R.L.), HESS (A.D.), SMITH (G.E.), JEFFERY (G.M.) et LUDWIG (G.W.) - 1945 - Observations on the use of DDT for the control of *Anopheles quadrimaculatus* - *Publ. Hlth. Rept.* 60, 753-74.
- MODIFI (C.) - 1960 - Studies of some technical problems related to malaria eradication in Iran - *Inst. Parasit. Mal. Téhéran*. Publ. n° 284.
- MOUCHET (J.), CAVALIE (Ph.), CALLIES (J.M.) et 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.
- MOUCHET (J.) et HAMON (J.) - 1963 - Difficultés des campagnes d'éradication du paludisme dues au comportement des vecteurs - *WHO/Mal/394*, 16 Mai 1963.
- 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.* 43, 401-402.
- MUIRHEAD-THOMSON (R.C.) - 1960 - The significance of irritability behaviouristie avoidance and allied phenomena in Malaria Eradication - *Bull. Org. Mond. Santé*, 22, 721-734.
- RACHOU (R.) - 1961 - Entomological research on malaria eradication - *Proc. 29 th ann. Conf. Calif. Mosq. control Ass.*, 43-46.
- SOERONO et MUIR (D.A.) - 1962 - Insecticide resistance and projects of the use of new insecticides in Indonesia - 4ème Conférence Asienne du Paludisme, Manille 27 Septembre 1962 - 4 AMC/W.P./11.
- SUNDARARAMAN (S.) - 1958 - The behaviour of *A. sundaicus* Rodenwalt, in relation to the application of residual insecticides in Tjilatjap ; Indonesia. *Ind. Jour. Mal.*, 12, 129-156.
- 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. Org. Mond. Santé*, 2, 885.
- ZULUETA (J. de) - 1959 - Insecticide resistance in *Anopheles sacharovi* - *Bull. Org. Mond. Santé*, 20, 797-822
- ZULUETA (J. de) - 1962 - The irritability of mosquitos to DDT and its importance in malaria eradication - *Riv. di Malariol.*, 41, (4-6) 1-12.