

Echecs des campagnes d'éradication du paludisme dus au comportement des vecteurs

PAR

J. MOUCIËT et J. HAMON

Entomologistes médicaux O. R. S. T. O. M

1. - INTRODUCTION.

De grands progrès ont été réalisés dans le monde depuis quelques années dans l'éradication du paludisme, quoique en Afrique la majorité des campagnes marquent le pas ou soient même abandonnées. Dans certaines régions notamment, malgré une couverture insecticide totale, la transmission du paludisme persiste, et ceci bien que les anophèles vecteurs soient normalement sensibles aux produits utilisés.

Cette persistance de la transmission résulte généralement d'un ensemble de phénomènes parmi lesquels les facteurs entomologiques tiennent une large place. Mais le comportement du vecteur est lui-même étroitement lié à celui de l'homme qui lui fournit nourriture et souvent gîte. De plus, la survie du moustique dépend, aussi, étroitement de l'environnement. Ces facteurs sont si intimement imbriqués qu'il est difficile d'évaluer exactement leur importance respective et d'envisager l'étude séparée de chacun d'entre eux.

Il n'est donc pas étonnant que les auteurs étudiant la persistance de la transmission dans les régions traitées aient rarement pu donner une explication simple de ces phénomènes complexes mettant en jeu de nombreux facteurs. De plus, la plupart des équipes travaillant sur le terrain ne disposent pas de moyens suffisants pour étudier ces problèmes qui relèvent parfois du domaine de la recherche.

Nous envisagerons successivement les divers facteurs qui concourent au maintien de la transmission du paludisme, puis nous discuterons de leur importance dans divers programmes de lutte antipaludique de la région africaine.

2. - CAUSES DE PERSISTANCE DE LA TRANSMISSION DU PALUDISME DANS LES REGIONS TRAITEES

La transmission du paludisme peut se faire soit à l'intérieur, soit à l'extérieur des habitations, ou simultanément dans ces deux situations.

2.1. TRANSMISSION INTRADOMICILIAIRE.

Elle est le fait d'anophèles piquant à l'intérieur des habitations. Ces anophèles sont sensibles à l'action des insecticides pulvérisés sur les murs dans la mesure où ils se posent sur les parois avant de piquer l'homme, ou pour digérer après leur repas. Il arrive que certaines espèces ou certains individus ne se posent pas assez longtemps sur les surfaces traitées pour absorber une dose létale d'insecticide et ressortent indemnes des habitations traitées, continuant alors leur cycle gonotrophique hors des habitations. La cause de cet exode rapide hors des maisons traitées peut être soit une tendance naturelle à l'exophilie, soit l'action directe ou indirecte des dépôts insecticides.

2.1.1. TENDANCE NATURELLE A L'EXOPHILIE

Même dans les régions non traitées, tous les anophèles n'ont pas la même tendance à demeurer dans les habitations pendant la digestion de leur repas de sang. Certaines espèces, comme *A. mouchei* et, en Afrique continentale, *A. gambia* et *A. funestus*, accomplissent souvent la presque totalité de leur cycle gonotrophique dans les maisons. Au contraire, d'autres espèces comme *A. nili* et *A. pharansis* restent assez peu de temps à l'intérieur après avoir pris leur repas de sang. Au sein d'une même espèce, le degré d'endophilie (Hamon et Mouchet, 1961) peut varier suivant les conditions d'environnement, d'une région à une autre ou, dans une même région, suivant les saisons (Hamon et coll., 1959 a).

2.1.2. EFFET IRRITANT DES TRAITEMENTS INSECTICIDES.

Depuis Metcalf et coll. (1945), de très nombreux auteurs ont signalé l'effet irritant du D.D.T., et cet effet, en moins marqué, est caractéristique de nombreux insecticides. Les moustiques posés sur une paroi recouverte de D.D.T. s'envolent plus ou moins rapidement suivant leur degré d'irritabilité, à la recherche d'un lieu de repos plus satisfaisant. Dans les conditions naturelles, cela se traduit par une tendance des anophèles à quitter rapidement les habitations traitées au D.D.T., avant ou après la prise de leur repas de sang. Ce phénomène a été observé par la plupart des entomologistes étudiant le comportement des anophèles dans des maisons traitées à l'aide de trappes de sortie.

En 1960, Muirhead-Thomson a fait une mise au point sur le comportement des vecteurs devant les traitements insecticides. Pour désigner la tendance des moustiques à fuir les surfaces traitées, il a introduit le terme général de « comportement d'évitement » (behaviouristic avoidance) qui englobe le comportement naturel d'évitement existant l'émblee chez de

nombreuses populations anophéliennes, et la « résistance de comportement » acquise seulement à la suite de la pression sélective des insecticides. Le cas le plus représentatif de ce dernier phénomène est la population d'*A. albimanus* du Rio Chagres (Panama) devenue hyperirritable par le D.D.T. après 20 cycles de pulvérisation de cet insecticide (Trapido, 1952 et 1954), sous réserve que les déductions faites d'après des observations sur le terrain soient confirmées de façon irréfutable par des observations au laboratoire. De toute façon, naturel ou acquis, ce comportement d'évitement est un des facteurs majeurs contribuant à provoquer l'exode des anophèles hors des maisons traitées. La rapidité avec laquelle les moustiques peuvent quitter les habitations traitées dépend évidemment du type de construction et de la fréquence des issues vers l'extérieur, qu'elles soient dues au constructeur ou au délabrement des parois.

2. 1. 3. SURVIE DES ANOPHÈLES DANS LES MAISONS TRAITÉES.

La durée du séjour dans les habitations traitées et la toxicité des parois sont les deux éléments qui, combinés, provoquent la mort ou permettent la survie des anophèles entrant dans les maisons traitées. La toxicité du revêtement insecticide décroît généralement plus ou moins régulièrement au cours des mois suivant les aspersion par disparition chimique ou physique de l'insecticide, altération mécanique des parois, introduction de nouvelles surfaces non traitées, etc. Par contre, la durée du contact « anophèle-insecticide » varie peu, au moins dans le cas du D.D.T., l'action irritante du toxique semblant indépendante de sa concentration ou de la dose persistant par unité de surface (Dupont et coll., 1959; Mouchet et coll., 1961). Il en résulte que, plus le traitement est ancien, plus la mortalité des anophèles entrant dans les habitations diminue. Kuhlow (1961) a constaté dans le Nord-Ouest Nigeria que la mortalité des *A. gambiae* et *A. funestus* entrant dans des cases expérimentales traitées au D.D.T. à 2 g/m² était supérieure à 70 % pendant les trois premiers mois suivant le traitement et tombait en dessous de 30 % au cours des trois mois suivants. Même peu de temps après le traitement des habitations, les chances de survie des anophèles peuvent être très élevées pour des espèces ne se reposant que peu de temps sur les parois traitées.

2. 1. 4. CONDITIONS DE LA PERSISTANCE DE LA TRANSMISSION.

Le fait d'échapper aux traitements insecticides domiciliaires n'implique pas automatiquement la possibilité, pour une espèce anophélienne vectrice, de devenir infectante (Van Thiel, 1951; Gabaldon, 1953).

2. 1. 4. 1. Période où se produit l'effet irritant.

Si l'action irritante de l'insecticide se manifeste toujours avant que le moustique ait piqué l'homme, le moustique ne peut ni s'infecter ni, s'il est infectant, transmettre. Si le phénomène n'est que partiel, il se produit seulement une diminution du contact homme - anophèle qui peut être favorable aux campagnes d'éradication du paludisme. Un tel phénomène a été observé par Zulieta (1959) chez *A. sacharovi* en Grèce, et par Luen et Shalaby (*in*

Hamon et Garrett-Jones, 1962) chez *A. culicifacies* dans l'État de Gujrat, Indes. Par contre, si l'action irritante se produit sur les moustiques fraîchement gorgés, elle tend à favoriser le maintien de la transmission. Dans la région de Bobo-Dioulasso, Haute-Volta, les deux actions coexistent, comme probablement en beaucoup d'autres régions d'Afrique, et entraînent une persistance de la transmission du paludisme humain, à un niveau très réduit, par *A. gambiae*, *A. funestus* et *A. nili* (Hamon et coll., 1959 a).

2. 1. 4. 2. Milieu écologique extérieur.

Seules les femelles qui s'échappent après la prise de leur repas de sang peuvent devenir épidémiologiquement dangereuses, mais sous réserve qu'elles vivent assez longtemps pour que s'accomplisse le cycle extrinsèque des *Plasmodium*. Or, pour une espèce normalement endophile, le milieu extérieur peut être défavorable soit à la survie de l'espèce, soit au déroulement du cycle extrinsèque du *Plasmodium*. Il y aura donc de grandes différences dans la réponse des anophèles aux traitements insecticides dans les différentes parties de l'aire de répartition d'une même espèce, et en une zone donnée, en fonction des saisons (Hamon, 1962). Un des exemples les plus caractéristiques est la réponse d'*A. funestus* aux traitements insecticides : en Afrique orientale et dans les zones de forêt d'Afrique occidentale il disparaît, alors que, dans les zones de savanes d'Afrique occidentale, il se maintient et conserve parfois son rôle vecteur (Livadas et coll., 1958; Gillies et Smith, 1960; Cavalieri et Mouchet, 1961; Escudé et coll., 1962). Le fait que certaines femelles puissent sortir indemnes des habitations traitées, après s'être gorgées sur l'homme, aura donc une signification épidémiologique différente suivant les conditions de vie qu'elles trouveront à l'extérieur.

2. 1. 4. 3. Densité des vecteurs et sources de repas de sang autres que l'homme.

La persistance de la transmission du paludisme dans les régions traitées est en relation directe avec la densité des vecteurs et peut ne se produire qu'à la saison de leur pullulation, car en dessous d'une certaine densité critique la transmission du paludisme régresse (Macdonald, 1957). Le maintien de l'espèce, malgré les traitements insecticides, entre les périodes de pullulation, peut être favorisé par la présence de bétail ou de gros gibier permettant aux femelles de se nourrir et leur de se reproduire, sans entrer dans les maisons traitées. De plus, certains moustiques qui se sont infectés sur l'homme peuvent ensuite se nourrir plusieurs fois sur d'autres hôtes, devenir infectants et transmettre le paludisme à un nouveau minimum de contacts avec les parois traitées. Les tentatives de traitement peuvent donc, dans certaines conditions, être un facteur de persistance de la transmission du paludisme dans des régions traitées.

2. 1. 4. 4. Degré d'endémicité palustre.

Tous les phénomènes mentionnés précédemment n'auront pas la même signification dans une région de paludisme hyper-endémique et dans une aire holo-endémique. Il est possible qu'une mortalité supplémentaire assez

able des vecteurs dans les habitations traitées soit capable d'arrêter la transmission d'un paludisme peu intense alors qu'elle serait sans effet dans des zones de haute endémicité. Jusqu'ici le taux de mortalité nécessaire pour amener l'arrêt de la transmission dans une région donnée n'a pu être établi que sur des bases théoriques, sans que l'on ait pu faire de vérifications expérimentales.

2. 2. TRANSMISSION EXTRADOMICILIAIRE.

Tous les anophèles anthropophiles piquent à l'extérieur des habitations lorsque leur hôte s'y trouve; d'autre part, il n'existe pas de groupement humain dont tous les membres s'enferment dans leurs maisons dès le crépuscule. Donc, tant que les vecteurs n'ont pas été éradiqués, des cas de transmission extradomiciliaire sont possibles dans toutes les campagnes d'éradication du paludisme. Ce n'est pas une raison pour faire de ce facteur le responsable de l'échec de nombreux projets. En fait, pour que la transmission extradomiciliaire ne soit pas un simple accident sans importance épidémiologique et devienne un problème à prendre en considération au cours d'une campagne d'éradication, il faut qu'un certain nombre de circonstances se trouvent réunies.

2. 2. 1. FACTEURS HUMAINS.

Il est nécessaire qu'une forte fraction de la population couche dehors pendant la partie de la nuit où les vecteurs sont actifs. Cela suppose des nuits chaudes et sans pluies, ce qui ne se rencontre qu'une partie de l'année, et surtout en région de savane ou de sahel.

2. 2. 2. FACTEURS ENTOMOLOGIQUES.

Il faut que les vecteurs soient assez abondants pendant la période de l'année où les habitants couchent à l'extérieur. Or, en Afrique, les vecteurs sont généralement peu abondants en saison sèche et chaude. Ensuite, après avoir piqué, les femelles devront trouver à l'extérieur des conditions favorables, leur permettant de vivre assez longtemps pour devenir infectantes (cf. paragraphe 2. 1. 4. 2.). Cet ensemble de conditions n'est pas réalisé aussi fréquemment qu'il semblerait à première vue. La situation mériterait d'être examinée avec soin dans certains projets où la transmission extradomiciliaire est donnée comme la cause d'échec des campagnes d'éradication.

3. - PROBLEMES TECHNIQUES DUS AU COMPORTEMENT DES VECTEURS DANS LA REGION AFRICAINE.

En Afrique tropicale, où l'éradication du paludisme a relativement peu progressé, c'est le comportement des deux vecteurs majeurs, *A. gambiae* et *A. funestus*, qui a entraîné l'échec de nombreuses campagnes et projets pilotes. Nous devons malheureusement noter que bien peu de renseignements ont été diffusés sur les campagnes du Sénégal, Togo, Dahomey, Libéria, Ghana, Nord Nigeria et Sud Cameroun, ce qui rend difficile l'étude des causes de succès ou d'échec.

3 1. AFRIQUE OCCIDENTALE.

En Afrique occidentale, la résistance d'*A. gambiae* à la dieldrine a entraîné l'emploi généralisé du D.D.T. Dans les trois campagnes de zone de savane sur lesquelles nous avons des renseignements, Nord Cameroun (Cavalié et Mouchet, 1962), Nord Nigeria (Kuhlrow, 1961) et Haute Volta, la principale cause d'échec semble être le comportement d'évitement d'*A. gambiae* et d'*A. funestus*, et il semble s'y être ajouté dans les deux premières campagnes la rapide perte d'efficacité des dépôts de poudre mouillable de D.D.T. sur les surfaces de chaume.

En zone de forêt, les résultats semblent meilleurs (Livadas et coll., 1958) du fait peut-être des conditions d'environnement moins favorables à *A. gambiae* et à *A. funestus*. Cependant en 1960 la transmission du paludisme n'était pas arrêtée dans la zone traitée du centre Liberia et elle a repris récemment dans la zone-pilote du Sud Cameroun avec l'apparition d'une population anophélienne résistante à la dieldrine. Dans ces deux cas, le paludisme résiduel peut être attribué au seul *A. gambiae*.

3 2. AFRIQUE ORIENTALE.

En Afrique orientale, du fait de l'altitude ou des hautes latitudes, la vie en exophilie ne favorise guère la transmission du paludisme et les projets pilotes et campagnes d'éradication du paludisme semblent avoir eu plus de succès qu'en Afrique occidentale. En outre, la résistance d'*A. gambiae* aux insecticides du groupe dieldrine-HCH ne s'est pas manifestée, ce qui a permis d'éviter l'emploi du D.D.T.

Cependant au Tanganyika (Pare-Tavela), les traitements à la dieldrine effectués tous les 8 mois ont simplement réduit considérablement l'intensité de la transmission, sans toutefois l'arrêter. L'espèce responsable de la transmission est certainement *A. gambiae*, mais les causes exactes de l'échec ne sont pas connues avec certitude (Smith et Draper, 1959; Draper et Smith, 1960), mais parmi les plus probables figurent l'exophilie, l'exophagie, et la zoophilie. Il est possible, aussi, que les conclusions pessimistes aient été faites prématurément après trop peu d'années d'aspersions, le laps de temps nécessaire pour obtenir l'éradication pouvant atteindre 5 ans (Gabaldon, 1956).

4. - CONCLUSIONS

Les problèmes techniques évoqués ci-dessus intéressent une vaste zone s'étendant au moins du Sénégal au Soudan et du Congo jusqu'à la limite Sud du Sahara, à l'exception peut-être des zones de grande forêt ou d'altitude. Ils peuvent intéresser d'autres régions, car les projets pilotes ne sont pas très nombreux en Afrique, et les résultats de beaucoup d'entre eux ne sont pas connus.

l'importance de résoudre ces problèmes avant d'implanter de vastes campagnes d'éradication. Dans les régions où la dieldrine ne peut être employée à cause du fait de la résistance d'*A. gambiae*, le D.D.T. semestriel à 2 g./m² ne donne pas de résultats très satisfaisants et il est difficile de rapprocher les cycles de traitement à cause des difficultés de circulation en saison des pluies, et aussi du fait que le prix de revient élevé de ces traitements.

De nouvelles recherches devraient déterminer les conditions optimum d'utilisation des insecticides existants et surtout viser à la mise au point d'insecticides nouveaux actifs et non irritants.

O. C. C. G. E., Bobo-Dioulasso (Haute-Volta).

O. R. S. T. O. M., Paris

BIBLIOGRAPHIE

- CAVALIE (P.) et MOUCHET (J.). 1961. — La campagne expérimentale d'éradication du paludisme dans le Nord de la République du Cameroun. II. Les opérations de lutte antipaludique et leurs résultats. *W. H. O./Mal/323*, Genève.
- BRAPER (C. C.) et SMITH (A.). 1960. — Malaria in the Parc area of Tanganyika. Part II. Effects of three years spraying of huts with dieldrin. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, 54, 342-357.
- DUPORT (M.), SANDULESCO (M.), COMBIESCO (I.) et CRISTESCO (A.). 1959. — Irritabilité des anophèles adultes au D.D.T. *W. H. O./Insecticides/94*, et *Add. 1*, Genève.
- ESCUDIE (A.), HAMON (J.) et SCHNEIDER (J.). 1962. — Résultats d'une chimioprophylaxie antipaludique de masse par l'association « amino-4 quinoléine/amino-8 quinoléine » en milieu rural africain de la région de Bobo-Dioulasso (République de Haute-Volta). Etude comparée en zone traitée au D.D.T. et hors cette zone. *Médecine tropicale*, sous presse. 22.
- GABALDON (A.). 1953. — Possible effects of residual insecticides in the interruption of malaria transmission. *Riv. Malariol.*, 32, 155-171.
- GABALDON (A.). 1956. — The time required to reach eradication in relation to malaria constitution. *Am. J. trop. Med. Hyg.*, 5, 966-976.
- GILLIES (M. T.) et SMITH (A.). 1960. — The effect of a residual house-spraying campaign in East Africa on species balance in the *Anopheles funestus* group. The replacement of *A. funestus* Giles by *A. rivulorum* Leeson. *Bull. ent. Res.*, 51, 243-252.
- HAMON (J.). 1962. — Etude de l'âge physiologique des femelles d'anophèles dans les zones traitées au D.D.T. et dans celles non traitées de la région de Bobo-Dioulasso, Haute-Volta. *Bull. Org. mond. Santé*, sous presse.
- HAMON (J.), CHOUMARA (R.), ADAM (J.-P.) et BAILLY (H.). 1959 a. — Le paludisme dans la zone pilote de Bobo-Dioulasso, Haute-Volta. 2^e partie : Enquêtes entomologiques. *Cahiers de l'O.R.S.T.O.M.*, 1, 37-61, Paris.

- HAMON (J.), CHOUMARA (R.), ADAM (J.-P.) et FAMILLY (H.). 1959 b. - Le paludisme dans la zone pilote de Bobo-Dioulasso, Haute Volta, 3^e partie : Résultats des enquêtes entomologiques. *Cahiers de l'O.R.S.T.O.M.* 1, 63-98, Paris.
- HAMON (J.) et GARRETT-JONES (C.). 1962. - Insecticide resistance in major vectors of malaria and its operational importance. *W. H. O. Bull.*, Genève.
- HAMON (J.) et MOUCHET (J.). 1961. - Les vecteurs secondaires du paludisme humain en Afrique. *Médecine tropicale*, 21, 643-660.
- KUHLOW (F.). 1961. - Etude du comportement des vecteurs du paludisme humain dans une hutte traitée au D.D.T. et dans une hutte non traitée. (Nigeria septentrional). *W. H. O./Mal/310*, Genève.
- 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. Malariol.*, 37, 229-256.
- MACDONALD (G.). 1957. - *The epidemiology and control of malaria*. Oxford University Press, London.
- METCALF (R. L.), HESS (A. D.), SMITH (G. E.), JEFFERSON (M.) et LUDWIG (G. W.). 1945. - Observations on the use of D.D.T. for the control of *Anopheles quadrimaculatus*. *Publ. Hlth. Rep.*, 60, 753-774.
- MUIRHEAD-THOMSON (R. C.). 1960. - The significance of irritability, behaviouristic avoidance and allied phenomena in malaria eradication. *Bull. Org. mond. Santé*, 22, 721-734.
- SMITH (A.) et DRAPER (C. C.). 1959. - Malaria in the Taveta area of Kenya and Tanganyika. Part II. Results after three and a half years' treatment of huts with dieldrin. *East Afr. med. J.*, 36, 633-639.
- TRAPIDO (H.). 1952. - Modified response of *Anopheles albimanus* to D.D.T. residual house spraying in Panama. *Am. trop. Med. Hyg.*, 1, 853-861.
- TRAPIDO (H.). 1954. - Recent experiments on possible resistance to D.D.T. by *Anopheles albimanus* in Panama. *Bull. Org. mond. Santé*, 11, 885-889.
- VAN THIEL (P. H.). 1951. - The repellent effect of contact insecticides. *Doc. Neerl. Indou. Monb. Trop.*, 3, 117.
- ZULUETA (J. de). 1959. - Insecticide resistance of *Anopheles sacharovi*. *Bull. Org. mond. Santé*, 20, 797-822.

Organisation de coopération et de coordina-
-tion pour la lutte contre les grandes endémies

O. C. C. G. E.

Ent.

BULLETIN SEMESTRIEL
1963

(N° 2, JUILLET 1963)

SOMMAIRE

	<i>Pages</i>
<i>PREAMBULE</i> , par le Comité de rédaction de l'O. C. C. G. E.	5
Qu'est-ce que l'O. C. C. G. E. ? par le Médecin Général Inspecteur Pierre RICHEL, Secrétaire général de l'O. C. C. G. E.	7
Organigramme de l'O. C. C. G. E.	14
Echecs des campagnes d'éradication du paludisme dus au comportement des vecteurs, par MM. J. MOUCHET et J. HAMON, Entomologistes médicaux de l'O.R.S.T.O.M.	15
L'opération O.M.N.E.S., par le docteur Jacques GRANEL, Directeur du Service des Grandes Endémies au Niger	23
Une enquête sur certains caractères épidémiologiques et cliniques de la lèpre en Afrique de l'Ouest (Haute-Volta). Premiers résultats, par le Médecin-Commandant Hubert SANSARRICQ, de l'Institut Marehoux.	47

O. R. S. T. O. M.

Collection de l'Entomologiste

10386