

**LES CAMPAGNES EXPÉRIMENTALES
D'ÉRADICATION DU PALUDISME
DANS LE NORD DE LA RÉPUBLIQUE DU CAMEROUN**

par

Ph. CAVALIÉ
Paludologue
de l'Organisation Mondiale de la Santé
(O.M.S.)

et

J. MOUCHET
Entomologiste
de l'Office de la Recherche Scientifique
et Technique Outre-Mer (O.R.S.T.O.M.)

DEUXIEME PARTIE

**Les opérations de lutte antipaludique
et leurs résultats**

Dans une première partie publiée dans cette revue (), les auteurs ont donné une esquisse de la géographie physique et humaine du Cameroun, puis ont étudié l'épidémiologie du paludisme dans cette région, en dehors des zones de Campagne antipaludique ou antérieurement à celle-ci.*

Les opérations de lutte antipaludique, qui se sont déroulées en 1960, sont relatées dans cette deuxième partie ; leurs incidences dans les domaines entomologique et parasitologique sont ensuite décrites ; enfin, ce travail se termine par l'interprétation des résultats et les conclusions qu'ils entraînent, quant à l'avenir de l'éradication du paludisme dans cette région.

I. - LES OPÉRATIONS DE LUTTE ANTIPALUDIQUE

1° Historique et but de la campagne antipaludique

La première Campagne antipaludique de masse dans le Nord Cameroun a débuté en 1953 ; elle protégeait 250.000 personnes de la Région du Diamaré (actuellement Départements du Diamaré et du Mayo-Danaï) et était basée sur la désinsectisation semestrielle des habitations avec du D.D.T. (poudre mouillable à 75 p. 100, à la dose d'émission de 3,9 g/m²) ; l'insecticide était fourni par le Fonds Inter-

(*) *Médecine Tropicale*, 21 (6), pp. 846-869, 1961.

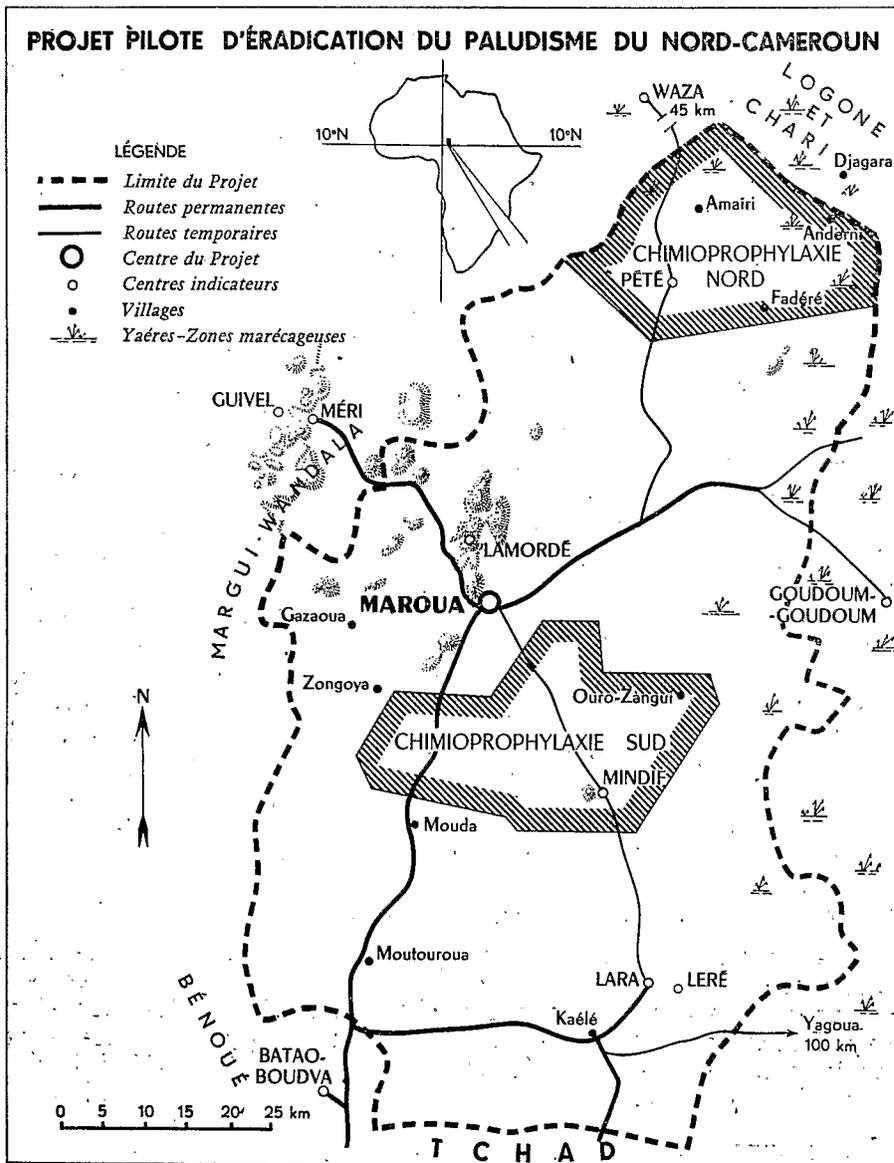
16 JANV 1965

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 16.486 ex 1

Cote : B

national de Secours à l'Enfance (U.N.I.C.E.F.) et les aspersions exécutées par le personnel médical du Cameroun. Jusqu'en 1956, les opérations ont continué au même rythme mais elles s'étendaient sur 300 et même 400.000 habitants. En 1957, une réorganisation de la Campagne prévoyait le découpage de la zone en plusieurs secteurs expérimentaux traités respectivement au D.D.T. semestriel (2 g/m^2), au γ H.C.H. semestriel ($0,8 \text{ g/m}^2$), et à la Dieldrine annuelle ($0,6 \text{ g/m}^2$); chacun de ces secteurs englobait 20.000 habitants. Le reste de l'ancienne zone était traité au D.D.T., à raison d'une seule aspersion par an. En même temps se sont déroulées plusieurs expériences de chimioprophylaxie (SCHNEIDER, LANGUILLON et DELAS, 1958),



En dehors de ces derniers travaux, le contrôle scientifique des opérations, au point de vue parasitologique et surtout entomologique, fut toujours très réduit.

En 1959, à la suite de l'apparition d'une souche d'*Anopheles gambiae* résistante à la Dieldrine (MOUCHET et CAVALIÉ, 1959), toutes les opérations furent suspendues. Un nouveau plan, immédiatement établi, fut mis en application à partir de 1960. Le nouveau programme prévoyait une Campagne centrée sur Maroua et s'étendant sur 7,500 km² à l'emplacement de l'ancienne zone (voir carte) ; elle englobait 250.000 habitants environ. Les caractéristiques géographiques et ethniques de cette région ont été esquissées dans la première partie de ce travail.

Le plan de cette Campagne avait été élaboré par les Représentants du Ministère de la Santé Publique du Cameroun, de l'O.M.S. et de l'O.R.S.T.O.M. ; son but était de fournir les informations suffisantes pour répondre à une question précise : *dans les zones de savanes sèches du Nord Cameroun, l'éradication du paludisme est-elle possible avec le seul emploi de pulvérisations intra-domiciliaires semestrielles de D.D.T. à la dose de 2 g/m² ?* En effet, la résistance d'*A. gambiae* à la Dieldrine excluait l'emploi de cet insecticide, ainsi que du H.C.H. qui présente avec lui une résistance croisée.

Une question subsidiaire était également posée : *des traitements chimioprophylactiques, basés sur une distribution unique de médicaments, peuvent-ils accélérer et compléter l'effet des aspersiones ?*

Répondant à ce double objectif, les opérations de lutte anti-paludique ont donc essentiellement consisté en des traitements insecticides des habitations et en distributions de médicaments. Mais, préalablement à toute exécution rationnelle de ces travaux, il a fallu procéder à une reconnaissance géographique du théâtre des opérations.

2° La reconnaissance géographique

La reconnaissance géographique est un acte indispensable de la phase préparatoire d'une Campagne d'éradication du paludisme ; elle peut être définie comme une opération sur le terrain, précédée et complétée d'études et de calculs ayant pour but d'évaluer le nombre des habitants, la quantité et la qualité des habitations, ainsi que leur localisation et leur accessibilité. En outre, elle doit fournir tous les renseignements nécessaires sur les mœurs, les coutumes et les déplacements des populations. Un des résultats de cette reconnaissance est la production de cartes schématiques, simples et économiques, utilisables sur le terrain par tout le personnel et à tous les stades des opérations.

Ces principes ont été mis en application en prenant pour unité de compte le village et pour unité de représentation le canton, à raison de 1 canton par carte (CAVALIÉ, 1961). Les habitations (*) de chaque village étaient décomptées individuellement, mais seule l'agglomération dans son ensemble était représentée sur la carte.

La reconnaissance a été effectuée par 2 équipes comprenant

(*) On emploie souvent par la suite le terme de « case » pour désigner une seule habitation, même si celle-ci est quelquefois occupée par des animaux.

chacune 1 chef de secteur, 1 sous-chef de secteur et 4 manœuvres, tous transportés en voiture lorsque c'était possible. L'équipe recensait de 2.500 à 3.000 cases par jour en moyenne.

Le résultat de ce travail a été :

- 1) Le dénombrement des habitations : 250.000 environ.
- 2) Le calcul du nombre moyen d'habitants par case : 0,97.
- 3) L'évaluation de la surface moyenne à traiter par maison : 65 m².
- 4) La mise en évidence d'un problème très mineur de migration pastorale en saison sèche (affectant moins de 2.000 habitants).
- 5) La détermination du rythme de reconstruction ou de réfection des habitations (les toits de chaume sont en effet changés tous les 3 ans et les maisons sont reconstruites tous les 10 ou 12 ans).
- 6) L'établissement de cartes (*) au 1/50.000^e, sur lesquelles étaient représentés tous les villages avec le nombre de leurs cases et leurs voies d'accès, ainsi que l'orographie, l'hydrographie et les limites administratives. Des cartes au 1/25.000^e étaient dressées pour certaines régions à forte densité de population.

A la fin de la période de reconnaissance, on se trouvait en possession d'une documentation suffisante pour aborder les opérations de pulvérisation et de chimioprophylaxie.

3° Les opérations de pulvérisation

L'insecticide utilisé pour les aspersiones a été le D.D.T., en poudre mouillable à 75 p. 100 de produit technique, lequel contenait 75 p. 100 d'isomère pp'. Suivant les recommandations du Comité des Experts du Paludisme (6^e Rapport 1957) et du Comité des Experts des Insecticides (10^e Rapport 1960) de l'Organisation Mondiale de la Santé, le dosage adopté a été de 2 g/m², à raison de 2 pulvérisations par an (une tous les six mois).

Suivant les conditions épidémiologiques et aussi les possibilités de circulation, les cycles de traitements furent bloqués sur 2 mois. Ils ont été fixés à mai-juin et novembre-décembre, périodes qui précèdent et qui suivent la saison des pluies, qui est aussi celle de la transmission la plus intense du paludisme. Il s'est avéré, par la suite, que le choix des périodes avait été heureux ; en effet, RICKENBACH et col. (1960) ont montré, à Bobo-Dioulasso, que le D.D.T. « sorbé » par les parois de terre remonte en surface lorsque l'humidité est très élevée ; son activité insecticide atteint donc son plafond en saison des pluies, ce qui était évidemment le résultat recherché.

Au milieu de la saison des pluies, un cycle d'entretien a permis de traiter les maisons nouvellement construites ou celles dont le toit avait été refait ; ce cycle, exécuté par des agents circulant à pied, était évidemment beaucoup plus réduit.

(*) Les documents de base qui ont servi à dresser ces cartes sont les cartes au 1/100.000^e et au 1/200.000^e du Service Géographique de l'A.E.F.-Cameroun.

Pour arriver à traiter toutes les cases, dans cette région où l'habitat est quelquefois très dispersé, chaque manœuvre devait disposer d'une certaine autonomie. Il transportait donc avec lui le matériel lui permettant de travailler pendant toute une journée, à savoir : un appareil de pulvérisation « Hudson 02 », un seau pour préparer le mélange insecticide et un sac de jute contenant 12 charges de D.D.T. en sachets de plastique. Le D.D.T., préalablement réparti en petits dépôts dans chaque village, était pesé et distribué tous les soirs par le chef d'équipe ; ce dernier contrôlait 5 manœuvres et remplissait un rapport journalier succinct (cases traitées et non traitées, charges utilisées par homme et par village). Le chef de sous-secteur coiffait 5 équipes ; il disposait d'un camion, transportait le personnel, contrôlait et distribuait le travail, entretenait et réparait le matériel. Un chef de secteur, responsable vis-à-vis du technicien sanitaire, dirigeait 2 sous-secteurs.

Chefs d'équipe et manœuvres avaient été entraînés pendant une semaine, mais le « rodage » sur le terrain a demandé 2 semaines. Au deuxième cycle, on a utilisé le même personnel et le rendement des premiers jours s'est trouvé amélioré.

Le traitement s'est déroulé dans les meilleures conditions possibles ; plus de 99 p. 100 des habitations ont été traitées à chaque cycle (496.711 dans les 2 cycles) et la surveillance a été très efficace ; toutes les habitations contrôlées étaient apparemment bien aspergées ; chaque manœuvre a traité en moyenne 2.975 m², rendement plus que satisfaisant.

Au cours de chaque cycle, la couverture a donc été pratiquement totale et il semble difficile d'obtenir actuellement de meilleures aspersions dans une Campagne de masse en Afrique.

Les travaux ont été toujours accueillis très favorablement par la population qui a manifesté le meilleur esprit de coopération.

4° Les opérations de chimioprophylaxie

En sus des aspersions, il a été procédé à des expériences de chimioprophylaxie associée, dans deux parties de la zone ; ces expériences avaient pour but de diminuer brutalement le nombre de porteurs d'hématozoaires pour arriver plus rapidement et plus complètement à une interruption de la transmission palustre. La chimioprophylaxie était basée sur la distribution et l'absorption contrôlée d'une « dose de charge » unique d'un mélange de Chloroquine et de Pyriméthamine (en comprimés de 200 mg de Chloroquine et 16,5 mg de Pyriméthamine). La distribution s'adressait à tous les habitants de la zone choisie, à l'exclusion des nourrissons de 0 à 3 mois ; la posologie était la suivante : enfants de 3 mois à 3 ans : 1 comprimé ; enfants de 4 à 9 ans : 2 comprimés ; enfants au-dessus de 9 ans et adultes : 3 comprimés. Ces expériences se sont déroulées dans 2 secteurs :

Secteur Sud. — Dans ce secteur de 700 km² environ, deux distributions, en juillet et en novembre, se sont adressées à 22.500 personnes chaque fois. Les taux de présence furent de 92 p. 100 la première fois et de 76 p. 100 la seconde. L'absentéisme, marqué surtout chez les adultes en novembre, est dû en partie à des facteurs agricoles.

Secteur Nord. — Une seule distribution a été faite, en novembre, à 7.000 personnes occupant 1.100 km². Il n'y a pratiquement pas eu d'absentéisme. Aucun incident clinique n'a été enregistré sur les 45.000 traitements administrés ; il est toutefois recommandé de préparer le médicament sous forme de sirop pour le faire absorber aux petits enfants.

Mais bien que la population soit disciplinée et bienveillante, la répétition des rassemblements pour la distribution des médicaments et les prises de sang provoque une certaine lassitude qui se traduit par une recrudescence de l'absentéisme.

5° Prix de revient des opérations

Le prix de revient des diverses opérations de lutte antipaludique qui se sont déroulées dans le Nord Cameroun en 1960 est résumé dans le tableau VII.

TABLEAU VII (*)
Prix de revient *per capita* et par an

Eléments	Prix total <i>per capita</i> et par an		%	Décomposition du prix <i>per capita</i> (Fr. CFA)					
	Fr. CFA	U.S. Dollar		Per- sonnel	Pour- cen- tage	Trans- port	Pour- cen- tage	Maté- riel	Pour- cen- tage
Reconnaissance géographique.	4,50	0,018	3	2,00	44	1,30	29	1,28	27
Pulvérisation ..	90,50	0,362	52	15,00	17	11,25	12	64,25 (a)	71
Entomologie ..	25,60	0,100	15	18,90 (b)	74	5,55	21	1,15	5
Parasitologie ..	4,00	0,016	3	2,00	50	1,00	25	1,00	25
Chimioprophylaxie	10,00	0,040	6	1,00	10	0,70	7	8,30	83
Administration ..	36,35	0,145	21	22,00 (c)	60	4,35	12	10,00	28
TOTAL	170,95	0,681	100	30,90	35	24,15 (d)	14	85,98	51

N.B. — (a) dont F 64 de D.D.T. et 0,25 de matériel (U.N.I.C.E.F. pour les deux).

(b) Salaires personnel O.R.S.T.O.M. compris (15,60 F).

(c) Salaires O.M.S. compris (12,50 F).

(d) Y compris l'amortissement des véhicules (O.M.S. et U.N.I.C.E.F.).

Ce tableau appelle quelques remarques :

— le prix de revient du mètre carré de surface traitée est de 1,27 Fr CFA,

— dans les calculs des prix de revient, on ne prend généralement pas en considération le coût du personnel international. Si nous défalquons les prix afférents à celui-ci, nous obtenons un prix de revient de 142,80 Fr CFA par personne protégée, soit 0,57 US Dollar.

(*) Le numérotage des tableaux et figures continue celui de la première partie de ce travail.

Il est à noter que le prix de revient sur le continent africain a été estimé à 0,80 US Dollar ou Fr 200 CFA, alors que le prix de revient « mondial » est aux environs de 0,45 US Dollar, soit 112,5 Fr CFA. Il est certain que dans une campagne de grande envergure, le prix de revient serait abaissé, du fait qu'un certain nombre de services (Entomologie, Parasitologie et Administration) seraient peu augmentés.

II. - LES INCIDENCES DES OPÉRATIONS DE LUTTE ANTIPALUDIQUE SUR L'ANOPHÉLISME ET LE PALUDISME

Les aspersions de D.D.T. ont eu une action marquée sur les populations anophéliennes vectrices (*A. gambiae* et *A. funestus*) qui s'est répercutée sur la transmission palustre ; les fluctuations de celle-ci, ainsi que l'action directe des médicaments chimioprophylactiques, ont ensuite conditionné les variations des indices paludométriques.

Ces différents points vont être examinés tour à tour :

1° Action de la désinsectisation sur les populations anophéliennes

A) FLUCTUATIONS DE LA DENSITÉ ANOPHÉLIENNE.

Pendant les trois mois qui suivirent les aspersions, la densité anophélienne, dans les villages traités, a considérablement décru ; ensuite, elle a repris une courbe ascendante, très accentuée au cours des 5^e et 6^e mois. Ces deux derniers mois, septembre et octobre, coïncidaient, il est vrai, avec une période de pullulation d'*A. gambiae* et d'*A. funestus* dans le Nord Cameroun.

Cette densité est évaluée d'après le nombre de piqûres par homme et par heure, la nuit, dans les centres indicateurs (*) ; les résultats de ces contrôles sont donnés au tableau VIII.

Par comparaison entre le tableau I (1^{re} partie) et ce tableau VIII, il apparaît qu'en certains villages comme Mindiff, la densité des piqûres d'*A. gambiae* était aussi élevée en novembre 1960 après le traitement au D.D.T., qu'en novembre 1959 avant ce traitement. Seul, le village de Lamordé, situé sur un massif montagneux, constitue une exception ; il n'y a pas de gîte larvaire à proximité et la régression de la population anophélienne s'est maintenue.

Les traitements insecticides n'ont pas affecté un bon nombre d'*A. gambiae* se nourrissant temporairement sur les animaux et d'*A. funestus* n'ayant avec l'homme que des contacts réduits ; immédiatement après les aspersions, on trouvait toujours de très riches gîtes larvaires d'*A. gambiae*, souvent à faible distance de villages. C'est probablement grâce à la présence de ces anophèles « non-domestiques » que la densité anophélienne a pu se reconstituer aussi vite. En effet, dans cette région *A. gambiae* et *A. funestus* piquent en apparence indifféremment homme ou bétail, suivant les circonstances. Il existe peut-être des souches zoophiles et anthropophiles d'*A. gambiae* en Afrique de l'Ouest, comme en Afrique sud-orientale, mais jusqu'ici elles n'ont pas été mises en évidence. D'autre part, le

(*) Ces centres indicateurs de la zone traitée ont déjà été décrits dans la première partie de ce travail ; ce sont les villages de Lamordé, Mindiff, Pété et Lara-Léra.

TABLEAU VIII

Nombre moyen d'Anophèles, par homme et par heure de capture (a), dans les centres indicateurs de la zone traitée.

Date de capture	Lamordé traité le 8-6-1960		Pété traité le 27-4-1960		Mindiff traité le 5-5-1960		Lara-Léra traité le 24-5-1960	
	int.	ext.	int.	ext.	int.	ext.	int.	ext.
<i>Anopheles gambiae</i>								
Juillet	0	0	0,008	0,04				
Août					0,05	0,006	0,006	0,006
Octobre	0	0,008	0,02	0,15				
Novembre ...					0,4	0,64	0,03	0,03
<i>Anopheles funestus</i>								
Juillet	0	0	0	0				
Août					0	0,006	0	0,08
Octobre	0	0,008	0,37	0,23				
Novembre ..					0,07	0,05	0,05	0,05

(a) Cette moyenne Anophèle/homme/heure a été calculée sur 160 à 240 heures de capture, dans chaque station, à l'intérieur et à l'extérieur des habitations ; les captures ont été faites à toutes les heures de la nuit.
int. : moyenne homme/heure des Anophèles capturés à l'intérieur.
ext. : moyenne des Anophèles capturés à l'extérieur.

D.D.T., seul insecticide utilisé du fait de la résistance à la Dieldrine, ne semble pas avoir une efficacité suffisante pour sélectionner une souche zoophile en détruisant la souche anthropophile, comme l'a fait le H.C.H. au Swaziland par exemple.

En résumé, il apparaît que l'effet des traitements au D.D.T., sur les populations anophéliennes vectrices, était assez peu marqué au bout de 5 mois.

B) PRÉFÉRENCES TROPHIQUES ET CYCLES D'AGRESSIVITÉ DES ANOPHÈLES.

Après les aspersions de D.D.T., les préférences trophiques des anophèles n'ont pas été modifiées (tableau IX) ; dans les habitations comme dans les abris extérieurs, la proportion des ♀♀ gorgées de sang animal par rapport aux ♀♀ gorgées de sang humain n'est pas significativement différente avant et après les traitements. De même, cette proportion n'était pas différente dans les villages traités au D.D.T. depuis 1953, et les centres vierges de toute application d'insecticide (cf. tableau V, 1^{re} partie). Il n'y a aucune preuve qu'il y ait eu sélection d'une souche zoophile.

D'autre part, *A. gambiae* et *A. funestus* n'ont pas changé leur comportement d'agressivité. Ils continuent à entrer dans les maisons traitées et à se nourrir sur leurs occupants. Le rapport : Nombre de

piqûres/homme/heure à l'intérieur — Nombre de piqûres/homme/heure à l'extérieur, n'est pas significativement différent en zone traitée et non traitée. Ce rapport est d'ailleurs très variable, suivant les localités et les conditions atmosphériques, et ne fournit que des renseignements qualitatifs. La plupart des auteurs travaillant en Afrique tropicale ont également constaté que *A. gambiæ* et *A. funestus* continuaient à entrer dans les maisons traitées et à s'y nourrir. (HOCKING [1947], MUIRHEAD-THOMSON [1947 et 1950], HADAWAY [1950], DAVIDSON [1958], CHOUMARA, HAMON et col. [1959].)

TABLEAU IX

Résultats des analyses de repas de sang (a) des Anophèles capturés dans les villages traités

Nature du sang ingéré	Type d'abri où les moustiques ont été récoltés				Totaux
	Case homme	Case bœuf	Case inhabitée	Abri extérieur	
<i>Anopheles gambiæ</i>					
Homme	12		5	14	31
Bœuf	4	2	1	3	10
Cheval	4		1		5
Mammifères indéterminés			1		1
TOTAUX	20	2	8	17	47
<i>Anopheles funestus</i> ..					
Homme	27	1	19	25	72
Bœuf	8	1	1	8	18
Cheval	1			6	7
Mammifères indéterminés	3			3	6
TOTAUX	39	2	20	42	103

(a) Les analyses des repas de sang ont été exécutés par M. le Docteur WEITZ, du Lister Institute of Preventive Medicine, que nous tenons à remercier ici.

C) LIEUX DE REPOS ET MORTALITÉ DES ANOPHÈLES.

Mais si les anophèles entrent dans les maisons traitées, on rencontre peu de ♀♀ gorgées posées sur les murs dans la journée, bien que les deux espèces soient endophiles (cf. 1^{re} partie). Cette constatation pose le problème de savoir si les ♀♀ qui sont entrées dans les maisons ont été tuées par l'insecticide mural ou, au contraire, ont fui ces habitations traitées pour chercher un refuge à l'extérieur. Seules des recherches basées sur l'utilisation de cases expérimentales munies de pièges de sortie, permettraient de répondre directement à cette question. Mais le Programme minimum de recherches entomo-

logiques fixé par la Réunion Technique de Brazzaville (1959) ne prévoyait pas de travaux de ce genre, qui n'ont donc pas été exécutés à Maroua. On doit donc essayer de répondre à la question posée par des moyens indirects.

1) La baisse de densité anophélienne, immédiatement consécutive aux aspersions de D.D.T., prouve qu'à cette époque une partie très importante des anophèles a été détruite ; donc qu'une partie s'était posée assez longtemps sur les murs pour absorber une dose létale d'insecticide.

2) Cinq mois après les traitements insecticides (septembre et octobre) il n'est plus possible d'arriver aux mêmes conclusions.

En effet, un certain nombre d'anophèles trouvent, à l'intérieur même des maisons, des lieux de repos favorables où ils séjournent sans être intoxiqués par l'insecticide mural (tableau XIII).

D'autre part, deux séries d'observations supportent l'hypothèse qu'un nombre important d'anophèles quittent les cases traitées sans être intoxiqués et cherchent ensuite un lieu de repos non toxique.

a) Les captures de jour comparatives, dans les maisons traitées et les rares habitations non traitées des mêmes villages, montrent dans ces dernières une densité anophélienne très élevée (tableau X). Cette densité de femelles gorgées et gravides est anormalement élevée eu égard à la densité de piqûres enregistrée dans ces villages. Il est donc logique de penser que ces habitations non traitées ont servi de refuge à des anophèles ayant pris leur repas de sang dans d'autres maisons, d'autant qu'à cette époque de l'année tout le monde couche à l'intérieur.

b) Dans les abris extérieurs, le nombre des captures de ♀♀ gorgées était supérieur aux chiffres correspondants de 1959. La plupart des insectes ainsi capturés étaient gorgés de sang humain et ne pouvaient s'être nourris que dans des habitations pour les raisons exposées au paragraphe précédent.

Il apparaît donc qu'au bout de 5 à 6 mois après le traitement au D.D.T., un nombre important d'anophèles trouvent, après leur repas de sang, un lieu de repos non toxique dans les maisons où ils ont piqué ou bien quittent celles-ci, sans avoir été intoxiqués, pour chercher un autre refuge.

D'ailleurs, dans la région assez voisine, au point de vue écologique et épidémiologique, du Sokoto occidental (Nigeria du Nord), KUHLOW (1961) a observé que dans les trois premiers mois après les traitements au D.D.T., plus de 70 p. 100 des *A. gambiæ* et des *A. funestus* entrés dans les maisons, étaient tués par les traitements intradomiciliaires ; dans les 3 mois suivants, une très large proportion des moustiqués quittaient les maisons sans avoir absorbé une dose létale d'insecticide et se retrouvaient dans les pièges-fenêtres ; la mortalité dans les maisons était alors de 19 p. 100 pour *A. gambiæ* et de 26 p. 100 pour *A. funestus*.

Ces résultats obtenus avec une expérimentation différente de la nôtre, ainsi d'ailleurs que les résultats parasitologiques exposés plus loin, ne peuvent que renforcer notre hypothèse.

TABLEAU X
Densité anophélienne dans les habitations traitées et non traitées

Temps écoulé depuis la dernière aspersion	Densité anophélienne par case traitée (a).	Localité de capture	Densité anophélienne par case témoin non traitée dans le même village (b).
De 1 à 2 mois	0,017	Pété	—
	0,1	Mindiff	12
	1,4	Amairi	—
	0,1	Maroua	—
De 2 à 3 mois	0,4	Pété	62
	0,6	Yagoua	12
De 3 à 4 mois	0,5	Pété	—
	0,7	Fadéré	30
De 4 à 5 mois	0,1	Mouda	—
De 5 à 6 mois	2,3	Léra	60
	1,8	Lara	6,5
	1,1	Pété	62
	1,2	Mindiff	7
	2,2	Ouro-Zangui	—
	1,8	Gazawa	—
	3,3	Fadéré	30
	0	Lamordé	—

(a) Densité établie sur plus de vingt maisons.

(b) Il s'agit de cases construites postérieurement aux aspersions et considérées comme témoins.

Le fait que des anophèles puissent quitter les maisons traitées, où ils se sont nourris, sans avoir absorbé une dose létale d'insecticide, pose le problème de la valeur des traitements domiciliaires au D.D.T. et du comportement des moustiques au contact des parois traitées avec cet insecticide.

D) COMPORTEMENT DES ANOPHÈLES AU CONTACT DU D.D.T.

Depuis les observations de METCALF et col. (1945), l'effet irritant du D.D.T. est un phénomène bien connu. En utilisant des maisons munies de pièges de sortie, différents auteurs ont observé, en Afrique, cette action irritante à l'égard d'*A. gambiae* et d'*A. funestus*; une forte proportion de moustiques quittent les maisons traitées après s'être gorgés, parce qu'ils ne trouvent pas de lieu de repos dans celles-ci, étant irrités par le dépôt mural de D.D.T. Parmi les principaux travaux sur cette question, il faut retenir ceux de MUIRHEAD-THOMSON (1947 et 1950), HADAWAY (1950), DAVIDSON (1953) et KUHLOW (1961).

Dans le Nord Cameroun, l'irritabilité au D.D.T. d'*A. gambiae* et d'*A. funestus* a été étudiée d'après la méthode provisoire proposée par le Comité des Experts des Insecticides de l'O.M.S. (10^e Rapport); les données obtenues par cette méthode semblant insuffisantes, une nouvelle technique a été proposée par nous-mêmes (MOUCHET et CAVALIÉ, 1961) (*); c'est une modification de la précédente méthode

(*) Depuis cette époque, COLUZZI (1961) a proposé une méthode plus précise de la mesure de l'irritabilité et ELLIOTT (1961) a mis au point un appareil permettant d'évaluer l'aptitude des moustiques à fuir les surfaces recouvertes d'insecticide.

qui met le moustique, placé sous un cône de matière plastique, en contact avec une surface dont 50 p. 100 seulement sont recouverts de D.D.T. ; elle permet de mesurer les mortalités qui résultent de cette exposition élective et d'observer l'aptitude des moustiques à éviter les surfaces traitées. Les résultats des recherches effectuées avec les deux méthodes sont les suivants :

A. gambiae et *A. funestus* sont tous deux irrités par le D.D.T., mais la première de ces espèces est trois fois plus irritable que la seconde d'après la mesure du temps du premier envol. L'effet irritant est indépendant de la concentration du D.D.T.

L'irritabilité des *A. gambiae* provenant de zones traitées au D.D.T. depuis 7 ans n'est pas significativement différente de celle des populations originaires de zones n'ayant jamais subi de traitements insecticides ; c'est-à-dire qu'il n'y a pas de preuve de l'apparition de résistance de comportement.

Les deux espèces ont apparemment une égale aptitude à éviter les surfaces recouvertes de D.D.T., malgré leur différence d'irritabilité. Ceci explique une partie des résultats de KUHLOW au Nigéria, qui a constaté que les deux espèces avaient une égale tendance à quitter les maisons traitées. Cette aptitude à éviter les surfaces recouvertes de D.D.T. est, suivant l'expression de MUIRHEAD-THOMSON (1960), un *comportement naturel d'évitement* (« natural protective avoidance »).

Les moustiques exposés pendant 1 heure sur une surface dont 50 p. 100 seulement sont recouverts de D.D.T., ont un très faible taux de mortalité comparé à celui d'anophèles de même origine, exposés pendant le même temps, sur une surface entièrement traitée.

E) TOXICITÉ DES DÉPÔTS MURAUX DE D.D.T.

La méthode préconisée par l'O.M.S. pour mesurer la toxicité des dépôts muraux de D.D.T., est un test biologique standardisé (10^e Rapport du Comité des Experts des insecticides). Des lots de 5 à 10 moustiques placés sous des cônes de matière plastique sont exposés, pendant une demi-heure, sur la surface dont on veut évaluer la toxicité. Les insectes sont ensuite retirés et mis en observation pendant 24 heures, temps au bout duquel on enregistre la mortalité. Cette méthode permet d'apprécier la toxicité d'un dépôt insecticide, mais ne permet pas de conclure que ce dépôt, même actif, tuera les insectes qui pénètrent dans une maison ; en effet, nous avons vu que dans le cas du D.D.T., beaucoup de moustiques limitent justement leurs contacts avec ces dépôts.

Les tests biologiques effectués dans le Nord Cameroun ont donné les résultats résumés dans le tableau XI.

La rémanence sur les parois de terre est bonne et, au bout de 5 mois, la mortalité dépasse 60 p. 100. Les phénomènes de « sorption » ne semblent donc pas très importants.

Par contre, sur les parois de paille, l'insecticide semble assez éphémère. Cette faible rémanence (*) ne saurait s'expliquer par des

(*) Par analyse chimique on avait au préalable contrôlé la bonne qualité du D.D.T. employé et nous remercions M. PRESS, de l'O.M.S., et M. SUSINI, de l'O.R.S.T.O.M., qui se sont chargés de ce travail

TABLEAU XI
 Résultats des tests biologiques de rémanence sur des parois
 traitées au D.D.T. (2 g/m²) (a)

Temps écoulé depuis le traitement	Parois de terre		Parois de paille	
	Nombre d'anophèles exposés	Pourcentage mortalité	Nombre d'anophèles exposés	Pourcentage mortalité (b)
1 à 30 jours ..	39	79 p. 100	131	90 p. 100
31 à 60 jours ..	115	85 »	28	57 »
61 à 90 jours ..	142	85 »	92	51 »
91 à 120 jours ..	105	75 »	45	26 »
121 à 150 jours ..	68	64 »	34	23 »

(a) La durée du temps de contact a été d'une demi-heure, et l'espèce employée était *A. gambiae*.

(b) Les relevés de mortalité ont été faits après 24 heures de mise en observation.

phénomènes de « sorption » ou d'altération chimique. L'insecticide est en effet seulement « posé » sur la paille et non incorporé aux matériaux. Il peut donc facilement en être détaché par contact ou frottement avec un objet étranger ou tous autres facteurs de dégradation des parois.

Dans les maisons, toitures et parois de paille se dégradent assez vite ; les brins enlevés découvrent les couches sous-jacentes qui n'ont pas été touchées par les insecticides. Hommes et animaux altèrent également très fréquemment la couverture de D.D.T. Aussi n'est-il



pas étonnant que dans les maisons traitées, construites entièrement en paille (voir photo), les anophèles trouvent de multiples places vierges d'insecticides pour se reposer (tableau XII). Les places sur lesquelles ces moustiques sont posés pendant la journée sont supprimées sans insecticide pour deux raisons ; d'une part parce que les individus ainsi récoltés survivent 24 heures et n'ont donc pas été intoxiqués (*) [tableau XIII] ; d'autre part, parce qu'étant donné leur comportement d'évitement, ces anophèles ne seraient pas restés aussi longtemps (plusieurs heures) sur un support contenant du D.D.T., même en faible proportion.

TABLEAU XII

Densité comparée des anophèles dans les cases de terre et de paille, traitées au D.D.T.

Localités prospectées en novembre	Cases en terre				Cases en paille			
	Nombre de cases	Nombre de <i>gambiae</i>	Nombre de <i>funestus</i>	Densité par case	Nombre de cases	Nombre de <i>gambiae</i>	Nombre de <i>funestus</i>	Densité par case
Pété	12	0	6	0,5	13	4	13	1,3
Fadéré	7	9	3	1,7	5	37	8	9

La rapide dégradation d'une partie du revêtement insecticide sur les surfaces de paille est un phénomène très important dans le Nord Cameroun où plus de 90 p. 100 des toits et plus de 30 p. 100 des « murs » sont construits en paille (plus de 50 p. 100 des parois au total). D'autre part, les parois de paille constituent les meilleurs lieux de repos pour les anophèles (première partie, planche I).

TABLEAU XIII

Taux de survivance des anophèles capturés dans les habitations traitées

Espèce	Nombre d'individus capturés	Nombre de survivants après 24 heures d'observation	Pourcentage mortalité
<i>A. gambiae</i>	66	48	12
<i>A. funestus</i>	47	44	6,4

F) RÉSUMÉ DES RÉSULTATS ENTOMOLOGIQUES.

1) Après une baisse de densité consécutive aux aspersions, la population anophélienne des villages a marqué une nette recrudescence au bout de 5 à 6 mois.

2) Les anophèles continuent à entrer et à piquer dans les maisons traitées.

3) Un certain nombre d'anophèles gorgés quittent indemnes les maisons traitées pour chercher un refuge, soit à l'extérieur, soit dans des cases non traitées.

(*) Il a été évidemment vérifié (1^{re} partie) qu'*A. gambiae* et *A. funestus* étaient très sensibles au D.D.T. dans cette région.

4) *A. gambiæ* et *A. funestus* ont un très net comportement d'évitement vis-à-vis des surfaces recouvertes de D.D.T., qui explique le phénomène précédent.

5) Les dépôts insecticides, surtout sur les parois de paille, subissent des dégradations rapides ; des moustiques trouvent alors des lieux de repos non toxiques à l'intérieur même des habitations traitées.

2° L'évolution du paludisme à la suite des opérations de lutte antipaludique

A) FLUCTUATION DES INDICES PARASITAIRES.

D'une part les traitements insecticides, agissant sur les anophèles vecteurs, d'autre part les distributions de médicaments chimio-prophylactiques, ont contribué à réduire les indices parasitaires dans la zone étudiée. Pour apprécier l'efficacité des diverses méthodes d'intervention, nous avons suivi les fluctuations des indices parasitaires dans les 4 centres indicateurs de la zone traitée ; accessoirement, on a comparé ces résultats à ceux obtenus dans les centres non traités. Les résultats des examens sont donnés dans le tableau XIV et le graphique II.

TABLEAU XIV

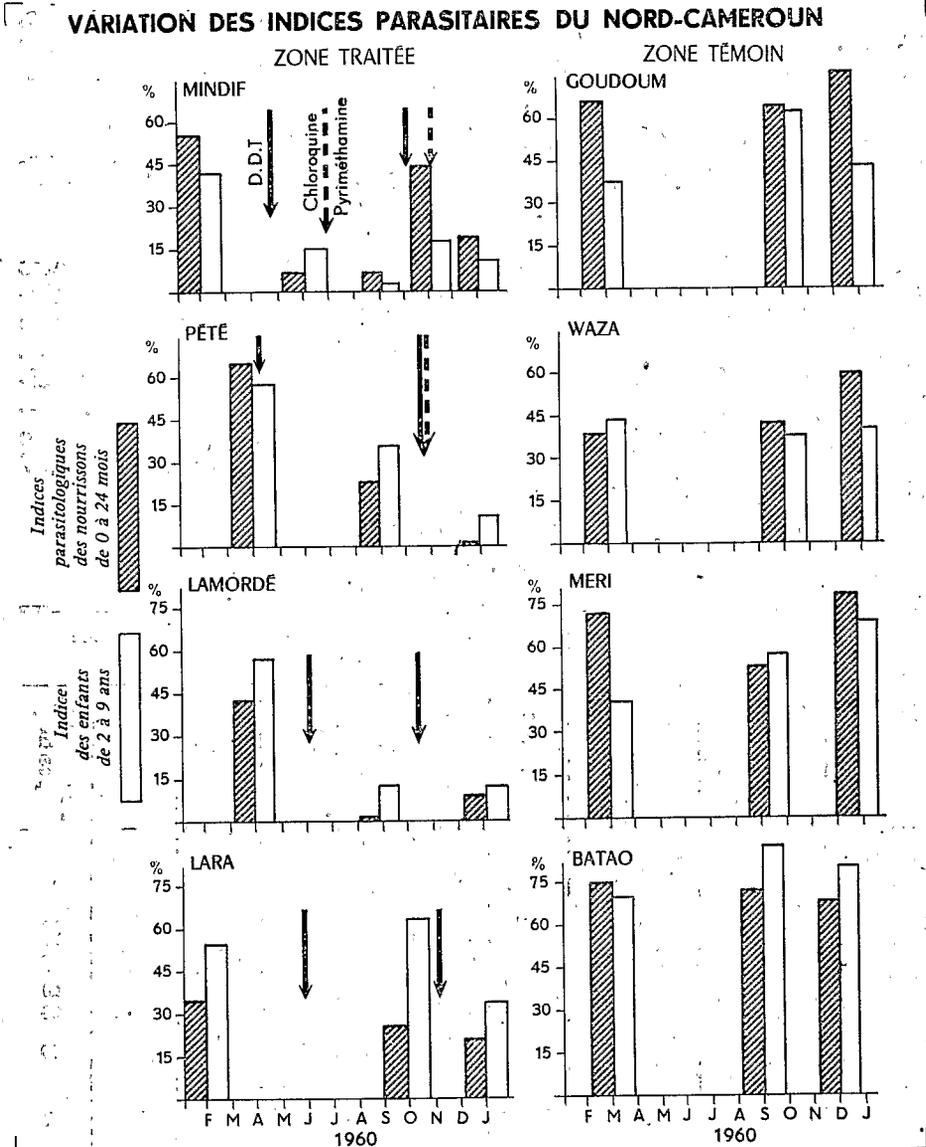
Résultats des examens parasitologiques dans les centres indicateurs

Centre	Traitement	Date examen	Population positive/Population examinée par groupe d'âge							Total	Pourcentage positif
			0-3 mois	4-6 mois	7-9 mois	10-24 mois	2-9 ans				
Témoin..	aucun	Sept. 1960	3/14	9/16	12/17	44/67	292/469	360/583	61		
	aucun	Janv. 1961	9/15	4/7	14/17	55/75	274/437	356/551	64		
Lamordé.	D.D.T. juin	Sept. 1960	0/4	0/7	0/2	0/4	10/83	10/100	10		
	D.D.T. nov.	Janv. 1961	0/2	0/2	0/7	2/14	24/198	26/223	11		
Lara.....	D.D.T. mai	Oct. 1960	1/11	2/4	3/18	13/47	38/62	57/142	40		
	D.D.T. nov.	Janv. 1961	0/3	0/7	1/8	8/24	8/23	17/65	26		
Pété.....	D.D.T. mai	Oct. 1960	0/17	6/24	2/14	8/23	62/174	78/252	30		
	D.D.T. oct. Chimio.	nov. Janv. 1961	0/10	1/32	0/16	0/22	26/276	27/346	7		
Mindiff .	D.D.T. mai	Juill. 1960	0/17	0/26	1/19	8/87	27/179	36/328	10		
	Chimio.	juill. Sept. 1960	2/19	2/26	1/20	4/85	2/126	11/276	4		
	D.D.T. nov. Chimio.	Nov. 1960	1/9	10/21	6/16	51/117	12/71	80/234	34		
	nov.	Janv. 1961	0/7	1/10	3/13	19/82	13/111	36/223	16		

N.B. — 1) A l'exception de 13 cas d'infection mixte, *P. falciparum* et *P. malariae*, les 888 cas positifs étaient des infections par *P. falciparum* seul.

2) La proportion des lames de *P. falciparum*, présentant à la fois des formes sexuées et asexuées, était de 10 p. 100 chez les témoins, 17 p. 100 dans les centres traités au D.D.T. seul, et 38 p. 100 dans les centres traités au D.D.T. et chimioprophylactisés.

Le tableau XIV et le graphique ci-dessous font ressortir 3 séries d'observations.



1) Dans la zone témoin, les indices varient peu entre septembre et janvier ; la diminution naturelle de la transmission au début de la saison sèche, assez retardée cette année, commençait à peine à se faire sentir et n'avait pas eu le temps d'entraîner une forte modification des indices.

2) Dans la zone traitée au D.D.T., il faut faire une place à part au centre de Lamordé. Dans ce village de montagne, dont nous avons rappelé plus haut la situation particulière et où les anophèles avaient

presque disparu à la suite des aspersions, les indices parasitaires des nourrissons sont restés négatifs. Dans les centres de Lara et Pété, il étaient très élevés en octobre ; à Lara, ils avaient baissé en janvier à la suite de la deuxième aspersion concomitante à la fin de la saison de transmission.

3) Dans les centres traités au D.D.T. et chimioprophylactisés (Mindiff), après une régression très nette des indices durant les 2 mois consécutifs aux traitements, il a été observé une remontée non moins nette des indices hématologiques en octobre et novembre. Nous allons donc essayer d'évaluer les résultats des traitements chimioprophylactiques.

B) VALEUR DE LA CHIMIOPROPHYLAXIE.

A Mindiff, lors de la distribution de médicaments en juillet (2 mois après les aspersions), les indices étaient très bas chez les nourrissons et relativement élevés chez les enfants ; ceci s'expliquait par le fait que les traitements au D.D.T. avaient pris le relais de la très forte diminution naturelle de la transmission qui se produit en fin de saison sèche.

En septembre, huit semaines après la première distribution de médicaments, les indices étaient légèrement remontés chez les nourrissons dont beaucoup n'avaient pas été traités parce que trop jeunes ; par contre, les indices des enfants avaient considérablement diminué.

TABLEAU XV

Résultats des examens parasitologiques des deux secteurs de chimioprophylaxie

Date de l'examen	Date de la distribution de médicament	0 à 6 mois		7 à 24 mois		2 à 9 ans		% général d'infestation	
		p/c (a)	% i (b)	p/c	% i	p/c	% i		
		<i>Secteur Sud</i>							
(c)									
Juillet 1960	Juillet 1960	1/190	0,5	42/432	10	119/596	20	13	
Septembre 1960	id.	7/217	3,2	13/408	3,2	25/518	4,8	3,9	
Novembre 1960	Nov. 1960	52/154	34	295/666	44	783/1555	50	47,5	
Janvier 1961	id.	6/135	4,4	51/514	10	97/1506	6,4	7	
		<i>Secteur Nord</i>							
Novembre 1960	Nov. 1960	24/66	36	34/75	45	207/272	76	65	
Janvier 1961		1/48	2	1/58	1,7	29/360	8	6,7	

(a) p/c = $\frac{\text{nombre de porteurs de parasites}}{\text{nombre de sujets examinés}}$

(b) % i = pourcentage d'infestation

(c) En juillet et en novembre, les prises de sang ont été faites avant la distribution de médicament.

En novembre, avant la deuxième distribution, tous les indices étaient remontés à un niveau élevé par suite de la reprise d'une transmission qui sera discutée plus loin.

En janvier, les indices sont à nouveau descendus de façon très nette, sans toutefois revenir à leur niveau de septembre.

Comme on le voit, la distribution d'une dose de charge unique de Chloroquine et Pyriméthamine (cf. Posologie, p. 99) a provoqué dans tous les groupes d'âge une chute importante des indices parasitaires. Mais la remontée extrêmement rapide de ceux-ci (de 4 à 47 p. 100) pourrait jeter un doute sur l'efficacité du traitement.

On pourrait en effet penser que les médicaments n'ont pas fait disparaître les parasites, mais ont seulement amené ceux-ci à une densité si faible qu'ils devaient difficilement décelables par les méthodes d'examen employées. A l'encontre de cette hypothèse, retenons le fait que les contrôles ont été faits huit semaines au moins après la prise du médicament ; dans ces conditions, il semble difficile d'admettre que les doses employées aient pu masquer la réapparition des parasites pendant un temps aussi long, l'activité du médicament ne dépassant guère un mois dans les conditions les plus favorables. D'ailleurs, la reprise de la transmission, qui sera envisagée plus loin, suffit à expliquer ces remontées des indices.

Il reste toutefois difficile d'apprécier la portée exacte de l'expérience de chimioprophylaxie. Il est incontestable qu'il y a eu abaissement du nombre des porteurs d'hématozoaires à la suite d'une seule prise de charge de médicaments combinés ; il est vrai, également, que le traitement en question s'est avéré insuffisant pour « blanchir » certains sujets chez lesquels les hématozoaires ont persisté. D'une façon générale, le « lessivage » du réservoir de parasites par une dose unique s'est avéré insuffisant pour empêcher une rapide remontée des indices, lors de la reprise de la transmission.

III. - LES CAUSES D'ÉCHEC DE LA CAMPAGNE DU NORD CAMEROUN

L'arrêt de la transmission du paludisme ne semble avoir été effective que dans le Centre de Lamordé, à la situation si particulière. Encore faut-il être très prudent dans cette affirmation, du fait du petit nombre de nourrissons examinés, la population de ce village évitant les contacts avec les étrangers, blancs ou noirs, surtout dans le domaine médical.

Dans les trois autres centres, la transmission n'a pas été interrompue, loin de là. Immédiatement après les aspersions, la baisse des indices traduit bien une réduction de cette transmission mais, même à cette période, l'arrêt n'a pas été total ; en effet, à Lara et à Mindiff, des nourrissons, nés postérieurement aux aspersions, étaient porteurs d'hématozoaires en septembre.

Mais c'est surtout en septembre et octobre que se situe une nette reprise de la transmission ; cette période correspond à la remontée de la densité anophélienne. Les travaux entomologiques, très réduits dans ce domaine, n'ont fait que corroborer les résultats parasitologiques ; 1 seul *A. gambiae* (Lara), sur 147 disséqués, était porteur d'hématozoaires, mais aucun des 165 *A. funestus* examinés n'était positif.

Le but de la Campagne expérimentale du Nord Cameroun était de vérifier si l'arrêt de la transmission du paludisme pouvait être obtenu par des pulvérisations semestrielles intra-domiciliaires de D.D.T., à 2 g/m². Après un an de travail, la réponse à cette question est absolument négative. L'exécution simultanée de traitements chimioprophylactiques, tels que nous les avons décrits, ne permet pas davantage d'atteindre ce résultat.

Nous allons maintenant examiner les causes de cet échec et ses conséquences pour l'avenir de l'éradication du paludisme dans cette région.

1° Causes de la non-interruption de la transmission palustre dans la Campagne du Nord Cameroun

Il faut tout d'abord éliminer quatre causes d'échec possibles :

1) Le nomadisme ou les déplacements saisonniers des populations qui sont pratiquement négligeables ici.

2) Les mauvaises aspersions ; en effet, le traitement a été aussi bien fait qu'il est possible dans la région et le contrôle a été très strict ; plus de 99 p. 100 des cases ont été traitées et l'insecticide était de bonne qualité.

3) La résistance des vecteurs au D.D.T. ; en effet, *A. gambiae* et *A. funestus* étaient normalement sensibles à cet insecticide, comme on l'a vu dans la première partie.

4) L'exophilie des habitants entraînant exophagie et exophilie des moustiques ; ce phénomène, qui pourrait avoir une certaine importance en saison sèche, ne joue ici qu'un rôle très accessoire, car les habitants couchent à l'intérieur pendant la saison humide qui a été celle de la transmission la plus intense.

La cause principale de la non-interruption de la transmission palustre dans le Projet-Pilote est l'insuffisance d'efficacité du D.D.T. ; c'est-à-dire que le revêtement mural de D.D.T. ne tue pas un pourcentage assez élevé des anophèles qui entrent et qui piquent dans les maisons. Ce sont, en grande majorité, ces moustiques qui échappent à l'action du D.D.T. qui sont responsables de la persistance de la transmission du paludisme. Pour comprendre ce phénomène, nous allons faire un bref tour d'horizon des travaux antérieurs sur cette question de la mortalité des anophèles dans les maisons traitées.

2° La mortalité des anophèles dans les maisons traitées en Afrique

Depuis 1947, divers auteurs ont essayé d'évaluer l'efficacité des dépôts insecticides muraux, notamment de D.D.T., vis-à-vis d'*A. gambiae* et d'*A. funestus* ; ils ont expérimenté dans différents types de huttes-pièges ou dans des habitations de type local munies de pièges-fenêtres. Ils ont obtenu des résultats assez discordants.

Pour MUIRHEAD-THOMSON (1947 et 1950), l'aspersion des murs avec une solution de D.D.T. dans le pétrole (2,8 g/m²), ou même une poudre mouillable (4,4 g/m²), ne provoque pratiquement pas de mortalité sur les *A. gambiae* qui ressortent indemnes des cases expérimentales.

Pour HOCKING (1947), au contraire, un traitement au D.D.T. à 2,2 g/m² des divers types d'abris provoque une très forte mortalité des moustiques (voisine de 100 p. 100) pendant 4 mois. WILKINSON (1951) a obtenu une mortalité de 100 p. 100 pendant 4 mois dans des pièges de type « Magoon » traités à 3,7 g/m² de D.D.T., mais cette mortalité n'était que de 57 p. 100 dans des cases en terre aspergées avec 1,6 g/m² du même produit. DAVIDSON (1953) a obtenu, au Kenya, des mortalités de 40 à 70 p. 100 en utilisant une poudre mouillable de D.D.T. ou une suspension de cristaux de faible dimension (30 à 40, p. 100). BURNETT a relaté une mortalité supérieure à 50 p. 100 pendant 8 mois.

Les résultats des quatre derniers auteurs s'opposent à ceux de MUIRHEAD-THOMSON. MACDONALD et DAVIDSON (1953) expliquent les différences de résultats par les différences de formulation du D.D.T., les cristaux de 60 μ utilisés par MUIRHEAD-THOMSON étant trop gros et peu actifs.

En 1961, KUHLOW, en Nigeria du Nord, a montré qu'en utilisant la poudre mouillable de D.D.T. (*) à 2 g/m², on obtenait une bonne mortalité (plus de 70 p. 100) pendant les trois premiers mois, puis qu'ensuite cette mortalité tombait aux environs de 25 p. 100.

De tous ces résultats expérimentaux, il ne semble pas que l'on puisse déduire de façon certaine que le D.D.T. intra-domiciliaire ait une efficacité suffisante pour détruire un pourcentage de moustiques assez important pour arrêter la transmission, au moins lorsque les vecteurs atteignent des densités élevées. MACDONALD et DAVIDSON (1953) ont écrit qu'il était nécessaire d'obtenir une mortalité d'au moins 65 p. 100 des anophèles entrant dans les maisons pour arriver à un bon contrôle du paludisme, et qu'une mortalité de 85 p. 100 serait souhaitable dans des conditions très sévères. Or, les mortalités relatées par les précédents auteurs sont généralement inférieures à 65 p. 100 et n'atteignent jamais 85 p. 100, sauf dans les huttes « Magoon » où les conditions sont très artificielles. De plus, il semble bien que dans les conditions naturelles, la mortalité soit inférieure à celle observée dans les cases expérimentales; en effet, à Bobo Dioulasso, CHOU MARA, HAMON et col. (1959) ont constaté que la mortalité des anophèles provoquée par le traitement des villages au D.D.T. était « infiniment plus faible que ne le laissent supposer les travaux de WILKINSON, de DAVIDSON et de BURNETT », qui, tous, s'étaient déroulés dans des conditions expérimentales. Il se pourrait aussi, évidemment, que le comportement d'évitement chez *A. gambiae* soit moins marqué en Afrique Orientale.

D'après ces données théoriques, il était difficile de penser que le D.D.T. à 2 g/m² puisse provoquer l'arrêt de la transmission du paludisme dans des conditions très sévères. Or, dans le Nord Cameroun, ces conditions sont réalisées en fin de saison des pluies (septembre-octobre), période où les traitements au D.D.T. ont été, effectivement, inaptes à contenir l'intense poussée de transmission palustre.

Mais comment expliquer cette inefficacité des traitements au D.D.T. ?

(*) La formulation utilisée par KUHLOW est celle préconisée par l'O.M.S. et qui a également été employée au Nord Cameroun.

3° Causes de l'insuffisance d'efficacité des traitements domiciliaires au D.D.T.

Cette insuffisance d'efficacité des traitements au D.D.T. ne peut s'expliquer que par l'intervention de plusieurs facteurs concomitants :

a) La diminution de toxicité de certaines parois traitées au D.D.T., notamment celles en paille, phénomène qui s'accroît au fil des mois, après les aspersions.

b) Le comportement d'évitement des anophèles vis-à-vis de ces surfaces recouvertes de D.D.T., comportement qui, nous l'avons vu, est indépendant de la concentration de l'insecticide.

Il est facile de comprendre ce qui se passe. Pendant les premiers mois qui suivent les aspersions, lorsque les parois sont très toxiques, une grande proportion des anophèles, bien qu'irrités par le D.D.T., absorbent néanmoins une dose létale de ce produit avant de trouver l'issue qui leur permettra de quitter la maison où ils ont pris leur repas de sang. Ceci s'est traduit, dans les villages du Nord Cameroun, par la baisse marquée de la densité anophélienne qui a suivi les aspersions. Les probabilités d'intoxication des moustiques s'abaissent ensuite lorsque la toxicité des parois diminue, car l'effet irritant de ces parois ne change pas. Au bout de 4 à 5 mois, une proportion très importante des moustiques réussit à quitter les maisons traitées sans avoir absorbé une dose létale d'insecticide ; quelquefois même ces insectes trouvent, à l'intérieur même des maisons traitées, un emplacement où ils sont à l'abri de l'intoxication. C'est à ce moment-là que l'on a assisté, dans le Nord-Cameroun, à une forte reprise de la transmission palustre. Il reste toutefois difficile d'évaluer, dans ce phénomène complexe, l'importance respective du comportement d'évitement des moustiques et de la perte de toxicité des parois.

c) Enfin, circonstance aggravante, cette diminution de l'activité insecticide du traitement au D.D.T., a coïncidé avec la période d'intense pullulation des anophèles vecteurs : *A. gambiae* et *A. funestus*.

4° Les perspectives d'avenir de l'éradication du paludisme dans le Nord Cameroun

Il faut maintenant examiner dans quelle mesure les conclusions qui se dégagent du Projet de Maroua peuvent être étendues aux autres régions du Nord Cameroun. Les possibilités d'éradication du paludisme, par les méthodes actuelles, sont tout aussi réduites dans les départements du Logone et Chari, du Mayo-Danaï et de la Benoué ; en effet, les conditions épidémiologiques y sont tout aussi sévères que dans le Diamaré et, circonstance aggravante, la population humaine est beaucoup plus instable, voire semi-nomade en certains points ; de plus, les difficultés à surmonter pendant une grande partie de l'année nuiraient au déroulement des cycles d'aspersions. Seule, une partie du département du Margui-Wandala présenterait des conditions plus favorables à des opérations de lutte antipaludique ; dans ces régions de montagne, dont le centre indicateur de Lamordé est un assez bon exemple, le paludisme est, en bien des points, saisonnier ; il est possible que dans un tel milieu, les traitements domiciliaires au D.D.T. donnent un bon résultat.

Mais à côté de ce bilan négatif, le Projet Pilote d'éradication du paludisme du Nord Cameroun a mis en relief des points fort intéressants. Tout d'abord, il a mis en évidence la nécessité d'exécuter des projets pilotes avant d'entreprendre de nouvelles campagnes de masse, au moins dans les régions d'holo-endémicité palustre de l'Afrique de l'Ouest. Les succès probants dans ces régions sont rares et les causes d'insuccès de nombreux Projets demeurent encore obscures. Il est évident que de graves lacunes existent encore dans nos connaissances sur le comportement des anophèles en présence d'insecticide et sur l'efficacité réelle des traitements intra-domiciliaires au D.D.T. Or, il est indispensable que l'insecticide proposé pour une Campagne d'éradication soit capable de provoquer, dans les maisons traitées, une mortalité des anophèles suffisante pour amener l'arrêt de la transmission palustre. C'est seulement lorsque le paludologue sera assuré de disposer d'un tel produit qu'il pourra entreprendre, avec quelque chance de succès, une campagne de masse, tout au moins dans les conditions du Nord Cameroun. Le problème du comportement des vecteurs et de l'efficacité des insecticides ne peut être étudié que par une équipe spécialisée et précisément au cours de travaux expérimentaux. Ce n'est d'ailleurs pas le seul problème qui se posera aux responsables des Campagnes antipaludiques dans cette région d'Afrique; tous les travaux devront s'entourer de la plus grande rigueur scientifique et nécessiteront l'emploi des moyens techniques les plus modernes.

RESUME DES DEUX PARTIES

PREMIÈRE PARTIE

Les auteurs donnent d'abord un tableau de la géographie physique et humaine du Nord Cameroun, région de climat tropical et de végétation sahélo-soudanienne. En dehors des zones de campagne antipaludique ou antérieurement à ces campagnes, l'endémicité palustre est très élevée (indices parasitaires supérieurs à 50 p. 100 chez les enfants) et l'hématozoaire est *P. falciparum* dans 95 p. 100 des cas; *P. malariae* se trouve dans 5 p. 100 des cas seulement.

Dans la région du Diamaré, les seuls vecteurs du paludisme sont *Anopheles gambiae* et *A. funestus*. Le rythme annuel d'*A. gambiae* est lié au régime des pluies ou des cours d'eau et on n'a pas pu mettre en évidence de processus d'estivation; cet insecte est très souvent endophile, mais peut aussi vivre sans entrer dans les habitations; on n'a pas démontré l'existence de souches à préférence trophique tranchée, zoophile ou anthropophile; cette espèce est partout sensible au D.D.T. mais il a été détecté une souche résistante à la Dieldrine.

A. funestus a un rythme également lié aux précipitations, mais la pullulation de l'espèce persiste assez longtemps après la saison des pluies, surtout dans les zones marécageuses; il n'a pas été constaté de phénomènes d'estivation. Les préférences trophiques des individus sont variées; si l'espèce est souvent endophile, elle peut également subsister sans contact avec l'homme. Aucun phénomène de résistance aux insecticides n'est à signaler.

Le paludisme est holo-endémique dans les régions de plaine mais, en montagne, en saison sèche, les indices régressent parfois au-dessous de 25 p. 100 chez les enfants. La transmission est intra-domiciliaire pendant la majeure partie de l'année, mais elle peut avoir lieu aussi à l'extérieur, surtout en saison sèche où, il est vrai, elle est relativement réduite.

DEUXIÈME PARTIE

Dans le Projet Pilote d'Éradication du paludisme dans le Nord Cameroun, les opérations de lutte antipaludique ont essentiellement consisté en des aspersions intra-domiciliaires semestrielles de D.D.T. à 2 g/m²; 250.000 habitations ont été ainsi traitées, sur 7.500 km², occupées par 230.000 personnes. Des expériences de chimio-prophylaxie par distribution d'une « dose de charge » unique de Chloroquine et Pyriméthamine ont été faites sur 32.000 habitants.

Après une baisse de densité, consécutive aux aspersion, la population anophéline des villages a marqué une nette recrudescence au bout de 5 à 6 mois. On a constaté que les deux espèces continuaient à entrer et à piquer dans les habitations traitées d'où un certain nombre de femelles gorgées peuvent s'échapper, indemnes pour se reposer ensuite à l'extérieur ou dans des locaux non traités. *A. gambiae* et *A. funestus* ont, vis-à-vis du D.D.T., un comportement d'évitement très marqué, qui explique le phénomène précédent. Les dépôts insecticides sur les parois perdent une partie de leur toxicité au cours des 6 mois du cycle, surtout dans le cas des parois de paille.

Les indices parasitaires, qui avaient beaucoup régressé (surtout dans les zones soumises à la chimioprophylaxie) à la suite des opérations antipaludiques, ont fait une remontée spectaculaire 5 mois environ après celles-ci, signant une intense reprise de la transmission palustre.

La conclusion des auteurs est que : *les aspersion semestrielles de D.D.T., à 2 g/m², ne suffisent pas à interrompre la transmission palustre dans cette région, au moment de la pullulation des vecteurs.* L'adjonction de traitements chimioprophylactiques, tels qu'ils ont été exécutés, ne permet pas davantage d'atteindre ce résultat.

La cause de cette non-interruption du paludisme est essentiellement imputable à une insuffisance d'efficacité des traitements au D.D.T. Cette insuffisance est la résultante des phénomènes complexes provoqués par l'effet irritant du D.D.T. dans des locaux où la toxicité des parois a diminué et au moment de la plus intense pullulation des anophèles vecteurs.

Dans cette région de l'Afrique de l'Ouest, des travaux expérimentaux sont encore indispensables avant l'exécution rationnelle de campagnes de grande envergure d'éradication du paludisme.

SUMMARY OF THE TWO PARTS

FIRST PART

The authors gave a picture of the geographic and population characteristics of the Northern Cameroon, an area of tropical climate and arid savannah. Before spraying operations malaria incidence was very high (The parasite rate in children is above 50 %). *Plasmodium falciparum* is present in 95 % of cases and *P. malariae* in 5 % only.

In the Diamare district, *A. gambiae* and *A. funestus* are the only malaria vectors. The *gambiae* annual cycle is related to the rainfall or to the level of the rivers and no estivation has been observed; very often endophilic *gambiae* can also survive without any contact with human dwellings; there is no evidence here of the occurrence of differentiated anthropophilic and zoophilic strains. This species is normally susceptible to D.D.T., but a dieldrin resistant strain has been found in a small area previously sprayed with this insecticide.

A. funestus cycle is also related to rainfall but the density is still high several months after the rainy season, especially in the swamp areas. No evidence of estivation has been observed. Feeding habits are also varied; this species is often endophilic and can also exist without human contact. No resistance to chlorinated insecticides has been observed.

Malaria is holoendemic in plains, but in the mountains, in the dry season, the parasitic index of children can decrease below 25 %. Malaria transmission takes place in houses during the major part of the year, but can also occurs out of doors in the dry season but, at the same time at a very low level.

SECOND PART

In the North Cameroons Malaria Eradication Pilot Project operations consisted mainly of twice yearly spraying with 2 g/m² D.D.T.; 250.000 huts were sprayed in an area of 7.500 km², inhabited by 230.000 people. Chimioprophylaxis experiments by a single dose of chloroquine + pyrimethamine were carried out on 32.000 people.

Immediately after spraying a decrease in the anopheline density was observed in the village, but after five months it increased again. Both *A. gambiae* and *A. funestus* still entered in treated houses for biting purposes but a certain proportion of fed females escaped unharmed from such houses. These species have a behavioural avoidance for D.D.T., which explains this phenomenon. Insecticide wall deposits lost a part of their toxicity during the six months spraying cycle, especially on the thatch and straw surfaces.

Parasite rate, which had decreased (mainly in drug distribution areas) immediately after the treatment showed a spectacular increase five months later, evident sign of enhanced malaria transmission.

The authors conclude that 2 g/m² spraying twice yearly cannot interrupt malaria transmission in prevalent conditions here. Simultaneously drug treatments as made here, are also unable to achieve the desired result.

This malaria non-interruption is mainly due to insufficiently effective D.D.T.

spraying. It is the result of complex phenomena caused by the irritative effect of D.D.T. in huts where wall deposit toxicity has decreased at the peak population period of the anopheline vectors.

It is thought that in this part of Africa, further experiments are needed before large scale Malaria Eradication Projects can be successfully undertaken.

Ministère de la Santé Publique du Cameroun. — Service d'Hygiène Mobile et de Prophylaxie. — Organisation Mondiale de la Santé. — Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer. — Institut de Recherches Scientifiques du Cameroun.

BIBLIOGRAPHIE

- BURNETT, 1958. — Trials of residual insecticides against anophelins in African-type huts. — *Bull. Ent. Res.*, 48, 631-68.
- CAVALIÉ (Ph.), 1961. — La reconnaissance géographique du Projet Pilote d'Eradication du paludisme dans le Nord du Cameroun. — *W.H.O./Mal./304*, 24 juillet 1961.
- CAVALIÉ (Ph.) et MOUCHET (J.), 1961. — Les campagnes expérimentales d'éradication du paludisme dans le Nord de la République du Cameroun. — I. Les Vecteurs et l'épidémiologie du paludisme dans le Nord Cameroun. — *Médecine Tropicale*, 21 (6), 846-869.
- CHOUMARA (R.), HAMON (J.), ADAM (J.P.), RICOSSÉ (J.) et BAILLY (H.), 1959. — Le paludisme dans la Zone Pilote de Bobo-Dioulasso, Haute-Volta. — *Cahiers de l'O.R.S.T.O.M.*, I, Paris, 1959.
- COLUZZI (M.), 1961. — Essai d'élaboration d'une méthode expérimentale pour déterminer l'irritabilité des moustiques adultes au D.D.T. — *W.H.O./Insect.* (sous presse), O.M.S., Genève.
- COMITÉ DES EXPERTS DU PALUDISME DE L'O.M.S., 1957. — 6^{me} Rapport O.M.S., Genève.
- COMITÉ DES EXPERTS DES INSECTICIDES DE L'O.M.S., 1960. — 10^{me} Rapport O.M.S., Genève.
- DAVIDSON (G.), 1953. — Experimental effect of residual insecticides in houses against *Anopheles gambiae* et *A. funestus*. — *Bull. Ent. Res.*, 44, 231.
- ELLIOTT (R.), 1961. — Kinetic response of mosquitos to chemicals. — *W.H.O./Mal./293*, 10 May 1961. O.M.S., Genève.
- HADAWAY (A.B.), 1950. — Observations on mosquito behaviour in native huts. — *Bull. Ent. Res.*, 41, 63-78.
- HOCKING (K.S.), 1947. — The residual action of D.D.T. against *Anopheles gambiae* and *A. funestus*. — *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 40, 589.
- KUHLLOW (F.), 1961. — Field experiments on the behaviour of malaria vectors in an unsprayed hut and in a hut sprayed with D.D.T. in Northern Nigeria. — *W.H.O./Mal./310*, 24 août 1961.
- MACDONALD (G.) et DAVIDSON (G.), 1953. — Dose and cycle of insecticide applications in the control of malaria. — *Bull. O.M.S.*, 9, 785-812.
- MOUCHET (J.) et CAVALIÉ (Ph.), 1959. — Apparition, dans la zone de Campagne anti-paludique du Nord Cameroun, d'une souche d'*Anopheles gambiae* résistante à la dieldrine. — *Bull. Soc. Path. Exot.*, 52, 736-41.
- MOUCHET (J.), CAVALIÉ (Ph.), CALLIES (J.M.) et MARTICOU (H.), 1961. — Irritabilité au D.D.T. d'*Anopheles gambiae* et d'*A. funestus* dans le Nord Cameroun. — *Rivista di Malariologia* (sous presse).
- MUIRHEAD-THOMSON (R.C.), 1947. — The effect of house spraying with Pyrethrum and D.D.T. on *Anopheles gambiae* and *A. melas* in West Africa. — *Bull. Ent. Res.*, 38, 449.
- MUIRHEAD-THOMSON (R.C.), 1950. — D.D.T. and Gammexane as residual insecticides against *Anopheles gambiae* in African houses. — *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 43, 401-412.
- MUIRHEAD-THOMSON (R.C.), 1960. — The significance of irritability, behaviouristic avoidance and allied phenomena in Malaria Eradication. *Bull. O.M.S.*, 22, 6, 731-34.
- RICKENBACH (A.), CHARTOL (A.), ESCUDIE (A.) et RICOSSÉ (J.), 1960. — Le D.D.T. et sa rémanence dans la Zone Pilote de Bobo-Dioulasso. — *Médecine Tropicale*, 20, 699-712.
- SCHNEIDER (J.), LANGUILLON (J.) et DELAS (A.), 1958. — Association Chloroquine-Pyriméthamine dans la chimioprophylaxie du paludisme ; résultats après 22 mois de traitement (2^{me} note). — *Bull. Soc. Path. Exot.*, 51, 316-325.
- WILKINSON (P.R.), 1951. — Distribution and fate of *A. gambiae* and *A. funestus* in two different types of treated huts with D.D.T. and B.H.C. in Uganda. — *Bull. Ent. Res.*, 42, 45-54.

~~09~~ → 02-208⁵⁰ Ent. Med.

e d c

coll. 144/1000

**LES CAMPAGNES EXPERIMENTALES
D'ERADICATION DU PALUDISME
DANS LE NORD DE LA REPUBLIQUE DU CAMEROUN**

par

Ph. CAVALIE
Paludologue
de l'Organisation Mondiale de la Santé
(O.M.S.)

et

J. MOUCHET
Entomologiste
de l'Office de la Recherche Scientifique
et Technique Outre-Mer (O.R.S.T.O.M.)

Extrait de

" MÉDECINE TROPICALE "

Vol. XXI - N° 6 Novembre-Décembre 1961

Vol. XXII - N° 1 - Janvier-Février 1962



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

Collection de Référence -

n° 1973 ex 1

202

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 16.485-16.486 ex 1

Cpte : B