

J. P. ADAM

**LA LUTTE ANTIPALUDIQUE  
et certains de ses aspects  
en UNION SOVIÉTIQUE**

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER



LA LUTTE ANTIPALUDIQUE ET CERTAINS DE SES

ASPECTS EN UNION SOVIETIQUE

par

J.P. ADAM

-----

Avertissement : Les renseignements sur les méthodes de lutte utilisées en Union Soviétique ont été extraits des conférences suivies par l'auteur du 16 Juillet au 29 Octobre 1962 à Moscou, dans le cadre du "Cours international sur l'éradication du paludisme" organisé par le gouvernement soviétique sous l'égide de l'O.M.S. - Ont été utilisés en particulier les exposés faits par les personnalités suivantes :

Professeur P.G. SERGUIEV  
Professeur V.A. NABOKOV  
Professeur V.N. BECLEMICHEV  
Professeur Ch.D. MOSHKOVSKI

Docteur T.S. DETINOVA  
Docteur A. LYSSENKO

ainsi que les observations personnelles de l'auteur au cours des séances pratiques sur le terrain.

Ce rapport comprend cinq parties :

- 1 - Le problème de la lutte contre le paludisme.
- 2 - La lutte contre le paludisme en U.R.S.S.
- 3 - Protection des personnes travaillant en zones infestées de diptères vulnérants.
- 4 - Technique de capture des moustiques et autres diptères vulnérants.
- 5 - Méthodes d'évaluation du danger épidémiologique des populations.

## 1) LE PROBLEME DE LA LUTTE CONTRE LE PALUDISME

L'histoire des efforts de l'homme pour se débarrasser du fléau du paludisme est celle de sa lutte contre toutes les maladies infectieuses. On peut y distinguer trois périodes :

1°) - Une longue époque de mesures empiriques de quarantaine visant à séparer les malades de la population saine.

2°) - Une période de mesures rationnelles contre la transmission des maladies infectieuses. Cette période, qui commence à la fin du XVIIIème siècle, est liée à la découverte de l'agent causal des principales maladies transmissibles, et à la mise à jour du mécanisme de leur transmission.

3°) - La dernière période est celle où nous vivons. Elle a vu naître et se développer des campagnes de lutte à l'échelle d'un pays ou d'un continent, visant à une réduction telle d'une maladie que celle-ci cesse de constituer un problème pour les gouvernements. C'est l'époque aussi où est née et se développe la notion d'éradication ayant pour but de faire totalement disparaître une maladie d'un pays, d'un continent ou même, pour le paludisme, du globe tout entier.

On a connu, à la fin du XIXème siècle, une campagne d'éradication de la rage menée en Angleterre.

L'éradication de la fièvre jaune menée à Cuba au début du XXème siècle n'avait connu qu'un succès partiel par suite de l'ignorance, à l'époque, des foyers sylvestres. Un programme d'éradication de la variole avait été mené en U.R.S.S. en 1934. La XIème assemblée mondiale de la santé a recommandé d'entreprendre un programme d'éradication de la variole à l'échelle du globe par les efforts unis de tous les gouvernements. Mais le paludisme est la première infection que l'homme ait décidé d'éradiquer une fois pour toutes de l'ensemble du globe.

La notion d'"éradication du paludisme", telle qu'elle est définie dans le VIème rapport du Comité des Experts du paludisme, s'exprime ainsi :

"par éradication du paludisme on entend la cessation de la transmission du paludisme et l'élimination du réservoir de cas infectieux par une campagne limitée dans le temps et parvenue à un tel degré de perfection que, lorsqu'elle est terminée, il n'y a plus de reprise de la transmission".

Ce concept s'oppose à celui d'"éradication du vecteur".

En effet, à la fin d'une campagne d'éradication du paludisme, il y aura, dans la région intéressée, anophélisme sans paludisme. Au contraire, l'éradication du vecteur suppose la destruction de tous les individus de l'espèce (ou des espèces) vectrice à tous les stades de leur développement, ainsi que la mise en oeuvre de mesures contre leur réintroduction sur la surface considérée.

Une troisième notion enfin, est celle de "lutte contre le paludisme". On peut la définir comme l'ensemble des "opérations visant à réduire la propagation du paludisme à un niveau tel qu'il ne représente plus un problème important de Santé Publique".

#### LUTTE CONTRE LE PALUDISME, ERADICATION DU VECTEUR, ERADICATION DU PALUDISME.-

Trois façons d'aborder un même problème qui ne doit comporter qu'une seule solution : la délivrance de l'humanité d'un des plus grands fléaux qu'elle supporte.

Il faut remarquer que la notion d'éradication s'oppose à celle de lutte en ce que l'éradication est un complexe d'opérations visant à obtenir l'élimination du parasite en un temps donné. La lutte, par contre, se manifeste par une répétition incessante des procédés visant à réduire la morbidité de la maladie, mais sans qu'on puisse fixer ni le résultat final, ni la date vers laquelle il doit être obtenu. On peut dire aussi que si l'éradication représente un changement qualitatif (absence de la maladie par opposition à sa présence antérieure), la lutte n'aboutit, le plus souvent, qu'à un changement quantitatif (réduction du nombre des cas). L'aspect le plus important de cette opposition est que, quelle que soit la réduction du nombre des cas obtenue par une campagne de lutte contre le paludisme, ce nombre peut recommencer à augmenter dès que l'on relâche les efforts, et ceci même en l'absence d'importation de cas nouveaux. Au contraire, après la réussite de l'éradication, la maladie ne peut pas réapparaître spontanément, le réservoir de plasmodia étant tari.

Dans la plupart des pays où sévissait le paludisme, les mesures les plus anciennement prises entraient dans le cadre d'une lutte contre le paludisme. Ce n'est qu'avec l'avènement des insecticides à effet rémanent, vers les années 40, que s'est imposée l'idée d'éradication, dont la théorie repose sur deux faits :

a) - le paludisme, en l'absence de tout traitement et de toute réinfection, est une anthroponose à évolution limitée dans le temps (maximum 18 mois pour P. falciparum, 3 ans pour vivax);

b) - l'utilisation des insecticides à effet rémanent permet d'obtenir une interruption de la transmission du paludisme dans n'importe quel foyer pour un temps considérable.

Il est ainsi théoriquement possible d'éradiquer le parasite en supprimant, pendant une période suffisamment longue, la possibilité de transmission.

Nombreux sont les pays dans le monde qui souffrent du paludisme. Certains ont visé l'éradication du vecteur. C'est ainsi que, par lutte anti-larvaire, le Brésil et l'Egypte ont réussi à éliminer Anopheles gambiae de leur territoire où il venait de s'introduire. Ailleurs, on a cherché à détruire une espèce indigène comme en Sardaigne (1946-1950) et à Chypre (1947-1960), avec un succès limité. Il faut noter toutefois que l'éradication du vecteur entraîne celle du paludisme, mais les frais entraînés sont considérables. Dans d'autres contrées, comme en Union Soviétique, on a eu recours à une lutte antipaludique menée avec le maximum de moyens et en attaquant les trois chaînons du processus épidémiologique : le vecteur, le réservoir de "virus", le mécanisme de transmission. Dans tous les pays où furent adoptées les recommandations de l'O.M.S., la lutte d'abord, l'éradication plus tard, reposaient sur un choix très simplifié de procédés et les activités étaient en fait réduites à la seule pulvérisation d'insecticides à effet rémanent.

Plus tard, le développement des programmes en des zones différentes et en particulier en Afrique, ébranla sérieusement la belle confiance que les experts de l'O.M.S. mettaient en cette dernière mesure, élément capital sur lequel repose la théorie de l'éradication : "l'utilisation des insecticides à effet rémanent permet d'obtenir une interruption de la transmission du paludisme dans n'importe quel foyer pour un temps considérable". En effet, tandis que des phénomènes de résistance des vecteurs à divers insecticides apparaissaient en des régions de plus en plus nombreuses (d'où la décision d'abandonner la lutte pour l'éradication), des souches de Plasmodium se montraient résistantes à leur tour aux antipaludiques de synthèse, Pyriméthamine en particulier, employés de plus en plus largement comme mesure complémentaire au "house spraying".

Devant ces difficultés imprévues, les experts de l'O.M.S. recommandent de plus en plus le recours aux systèmes basés sur l'association de procédés divers, le choix des méthodes qui peuvent compléter les mesures de pulvérisations ou les remplacer dépendant des types de foyers et des moyens disponibles.

On assiste ainsi à un rapprochement graduel du système de l'O.M.S. vers celui adopté depuis 1921 par l'U.R.S.S., où la lutte contre le paludisme poussée jusqu'à son "éradication pratique", a été basée, dès le début, sur l'application de mesures mises au point en tenant compte des particularités de chaque foyer et faisant appel à toutes les techniques accessibles.

En U.R.S.S. on estime qu'un groupe de procédés, parmi les autres, est obligatoire dans tous les cas : c'est le recours aux antipaludiques. Ceux-ci doivent être administrés à chaque personne cliniquement malade ou porteur asymptomatique. Ils sont donnés aussi à titre prophylactique. En dehors du fait qu'elles sauvent des vies humaines et protègent la santé de l'homme, la chimioprophylaxie et la chimiothérapie augmentent la capacité de travail de la population dont elles contribuent à améliorer les conditions de vie.

Par ailleurs, l'usage des antipaludiques facilite, dans une mesure importante, l'interruption de la transmission du paludisme en réduisant l'importance du réservoir de "virus".

Cette notion sépare nettement les paludologues soviétiques de leurs collègues de l'O.M.S. Leurs conceptions ont encore différé sur l'importance accordée à l'éducation sanitaire de la population et à la création d'une infrastructure sanitaire solide que les soviétiques ont, dès le début de leur lutte, entreprises avec une grande vigueur et un plein succès. Ces aspects de la lutte sont à ce point primordiaux (et les responsables américains de l'E.R.L.A.A.S. - Centre Régional de lutte Anti-anophélienne en Sardaigne - l'avaient parfaitement compris eux aussi), qu'ils ont contraint l'O.M.S., lorsqu'elle en a pris conscience, à stopper tous les projets africains d'éradication pour les transformer en projets de prééradication. Cette désignation est en fait une étiquette qui couvre une entreprise de longue haleine visant l'éducation sanitaire de la population, la formation de personnel, la création d'un réseau de santé publique suffisamment étendu, et au besoin toute une base administrative et économique solide susceptible, l'éradication une fois obtenue, de supporter la lourde tâche d'assurer le maintien de cet état privilégié jusqu'à ce que le paludisme soit éradiqué de l'ensemble du globe.

Avec l'organisation, au Maroc, du premier programme de prééradication, les conceptions de l'O.M.S. rejoignent ainsi définitivement celles qui, depuis quarante années, sont adoptées par l'Union Soviétique. Nous ne pouvons que leur souhaiter le même succès.

## 2) LA LUTTE CONTRE LE PALUDISME EN U.R.S.S.

(d'après les conférences du Professeur SERGUIEV sur l'Eradication du Paludisme en U.R.S.S.):

Au début du siècle, le paludisme était répandu sur la presque totalité du territoire Russe et plusieurs millions d'habitants subissaient chaque année ses atteintes; des épidémies meurtrières apparaissaient périodiquement. A partir de 1921, le Gouvernement soviétique s'inquiétant de cette situation, institua la déclaration et l'enregistrement obligatoires des cas de paludisme. Il débloqua simultanément des sommes importantes pour l'achat à l'étranger de quinine, seul médicament spécifique connu à l'époque. C'est dans la même période que fut créé, sur l'initiative du Professeur MARTSINOVSKI, un "Institut des Maladies à Protozoaire et de Chimiothérapie" qui porte aujourd'hui son nom et est devenu l'"Institut de parasitologie médicale et de médecine tropicale". Cet Institut était chargé de l'étude scientifique des problèmes liés au paludisme et assura dès le début la formation de spécialistes pour les stations antipaludiques qui commençaient à s'implanter dans tout le pays.

Dans les dix années qui suivirent, des Instituts pour l'étude scientifique de la lutte contre le paludisme furent créés en Ukraine, Transcaucasie et Asie Centrale. Centres de la lutte contre le paludisme dans les zones où ils fonctionnaient, ils étaient particulièrement chargés d'étudier les particularités régionales de l'épidémiologie, de la parasitologie et de la clinique du paludisme.

Les bases scientifiques de la lutte contre la malaria étant ainsi créées, un plan fut élaboré et un décret publié en 1934, par le gouvernement soviétique, prévoyant des mesures prophylactiques ainsi que le recensement systématique de tous les paludéens. Une extension considérable du réseau des stations antipaludiques était aussi prévue, ainsi que la création d'un budget spécial annuel permettant le financement des mesures de lutte contre le paludisme.

### Les Aspects de la lutte

Elle est menée dans trois directions simultanément, et comporte :

1°) Des mesures dirigées contre le réservoir de "virus" qui comprennent :  
dépistage actif et passif des cas avec diagnostic exact;  
enregistrement et traitement radical des malades et des porteurs asymptomatiques de parasites;  
actions préventives contre les rechutes et la parasitémie asymptomatique;  
chimio prophylaxie de masse en été pour éviter l'infection des Anophèles sur les malades et les porteurs de parasites.

2°) La lutte contre les vecteurs des plasmodia :  
destruction ou réduction des gîtes larvaires,  
mesures préventives contre la formation de nouveaux marécages et assèchement des  
nappes d'eau stagnantes,  
rectification des berges des cours d'eau,  
extermination des vecteurs du paludisme aux stades larvaire et adulte par tous  
moyens disponibles.

3°) La protection de la population contre les piqûres de moustiques :  
tracé des plans des nouvelles agglomérations en tenant compte des exigences de la  
zooprophyllaxie (déviation animale de Roubaud),  
mesures de protection mécanique individuelles et collectives et emploi de ré-  
pulsifs.

La bonne exécution et le succès de ces mesures dépendent, bien entendu,  
de la coordination de l'activité des divers organismes chargés de les mettre au  
point, de les appliquer sur le terrain ou d'en surveiller la réalisation. Ils  
sont subordonnés plus encore à la compréhension de la population et à sa parti-  
cipation active. C'est pourquoi la propagande et l'éducation sanitaire ont re-  
tenu particulièrement l'attention des responsables de la lutte antipaludique.  
Les kolkhoziens eux-mêmes contribuent activement, sous la direction des spécia-  
listes des stations antipaludiques, au colmatage des petits gîtes larvaires, à  
l'assainissement des réseaux d'irrigation, au drainage des terres inondables et  
à l'assèchement des marais.

Un autre élément de cette participation active des habitants est la  
formation, chaque année pendant la période de lutte active, de dizaines de  
milliers de volontaires. Ces individus retourneront ensuite dans leurs entreprises,  
ou leurs kolkhoses, pour y travailler comme "bonificateurs" et distributeurs  
d'antipaludiques.

Dans le cadre de ce plan général, une étude très poussée a été faite  
des conditions épidémiologiques, du niveau de morbidité de la population, ainsi  
que des particularités géographiques et économiques de chaque région. Un plan  
tenant compte de tous ces facteurs est alors tracé et appliqué qui s'adapte au  
mieux aux diverses zones de cet immense pays.

Le financement des opérations de lutte, de l'achat d'insecticides et  
d'appareils épandeurs et de la distribution gratuite des antipaludiques à la po-  
pulation est assuré par le gouvernement.

La lutte, telle que nous l'avons décrite, a amené une réduction régu-  
lière de la morbidité du paludisme d'environ 20 % chaque année et, en 1960, elle  
avait atteint le niveau le plus bas des vingt années précédentes, tandis que la  
mortalité par paludisme et le nombre des journées d'incapacité de travail dimi-  
nuaient parallèlement.



On peut retracer les grandes étapes des améliorations apportées au plan primitif comme suit :

- 1934 : Mise au point de la production industrielle du plasmocide (gamétocide employé surtout en chimioprophylaxie);
- 1936 : Démarrage de l'usine "Akrikhine" fournissant au pays tous les besoins en schizontocides (traitement et chimioprophylaxie).
- Emploi massif du "Vert de Paris" pour la destruction des larves.
- Mise au point et utilisation sur une grande échelle d'équipements spéciaux pour la pulvérisation par avion (extermination des larves dans les deltas de Volga et Dniepr; traitement des tourbières et rizières).

La seconde guerre mondiale a arrêté l'exécution des mesures antipaludiques dans les régions occupées par l'ennemi entraînant une remontée des indices paludométriques. Cependant, la continuation des travaux dans les parties libres du pays et leur reprise rapide dès la libération des territoires ont fait que cette augmentation n'a nulle part dépassé de plus de 30 % la morbidité de l'avant-guerre.

A la fin de 1945, un plan quinquennal prévoyant l'intensification des mesures de 1946 à 1950 a été mis sur pied. Tenant compte des plus récentes acquisitions de la science, ce plan a été considérablement amélioré d'année en année :

- Emploi du "bigoumal" (très efficace contre P. falciparum);
- Utilisation à partir de 1949 du D.D.T. et du H.C.H.;
- Etude biologique et écologique des Anophèles permettant de préciser le calendrier d'application le plus efficace pour les insecticides, dans les différentes conditions climatiques et géographiques de l'Union;
- Mise au point d'application des insecticides en "barrière" et en "foyer";
- Création et construction massive de nouveaux appareils pulvérisateurs;
- Emploi courant, dès 1956, de la "quinocide" (très efficace contre les formes exoérythrocytaires de P. vivax).

A partir de 1949, les progrès considérables des méthodes de lutte et la diminution corrélative du nombre des cas de paludisme ont permis de penser pour la première fois à la possibilité de l'"éradication pratique" du paludisme, en tant que maladie de masse, c'est-à-dire à la réduction du nombre des cas à moins de 1 pour 10.000 habitants. En 1951, l'éradication totale était prévisible. Afin de l'obtenir plus rapidement, les équipes de spécialistes, devenues inutiles dans les zones assainies, étaient envoyées en renfort dans les services antipaludiques des régions encore infectées.

La régression du nombre des cas a été spectaculaire :

3.364.502 enregistrés en 1946

2.504 " en 1958

1.599 " en 1959

362 " en 1960 (dont 61 importés et 200 rechutes et incubations prolongées).

360 " en 1961

Les responsables de l'immense programme de lutte antipaludique estiment avoir obtenu l'éradication pratique. Désormais, leur effort épaulé par les organismes de la santé publique et les instituts scientifiques, porte sur une surveillance épidémiologique sans faille permettant de déceler et de traiter rapidement et radicalement tous cas importés.

LES FACTEURS DU "LOIMOPOTENTIEL" (MOCHKOVSKI)

(intensité de la transmission à l'homme du paludisme)

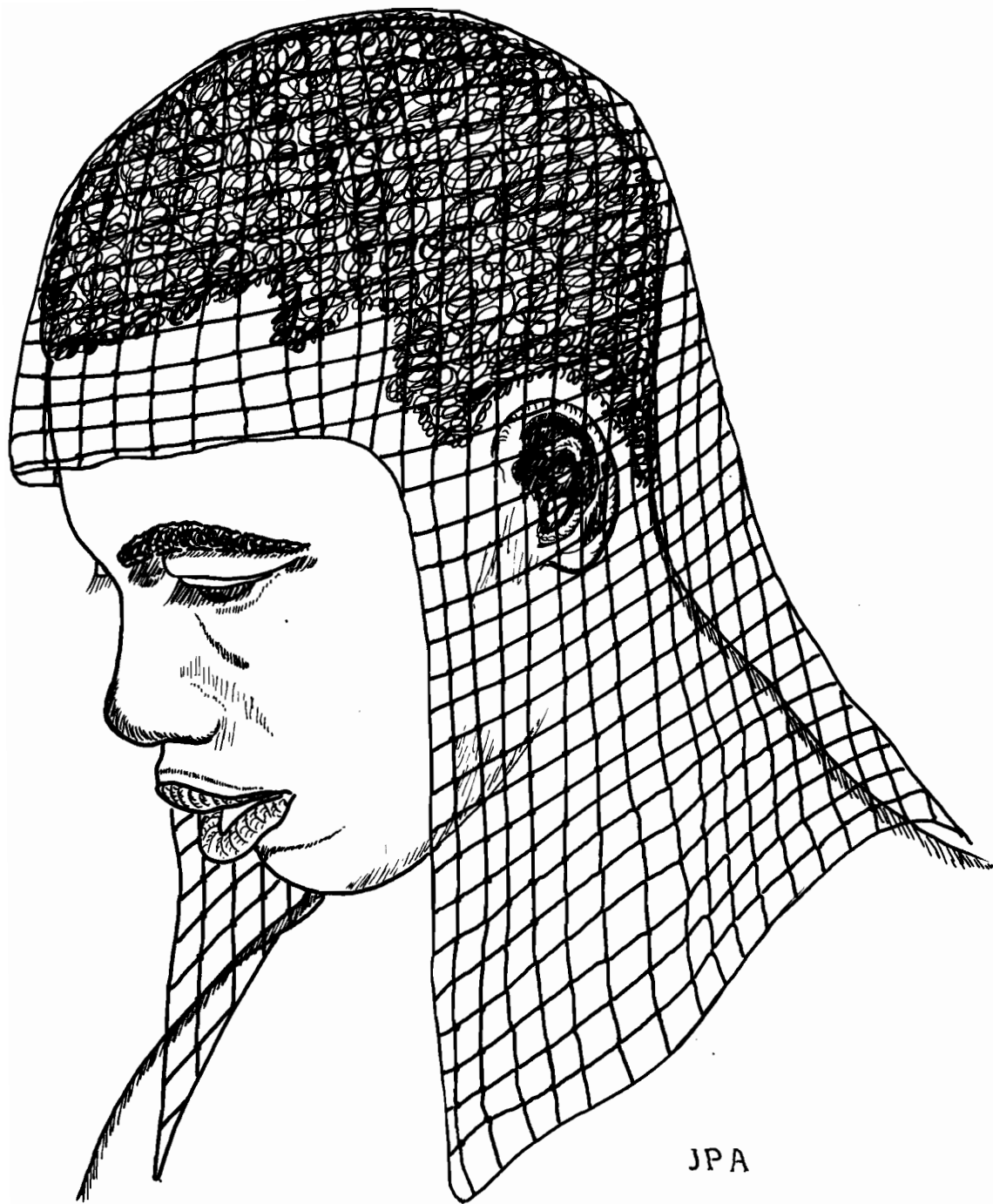
Loïmopotentiel - (Nombre de piqûres infectantes par personne et par jour.)	Nombre de moustiques (par habitant) survivant jusqu'à la fin de la sporogonie	Nombre de moustiques qui pourraient devenir infectants	Probabilité pour le moustique de s'infecter	1) m - Proportion de personnes infectées dans la population.	Communicabilité de la maladie =
				2) i - Infectiosité (pour le moustique) des personnes hébergeant des plasmodia.	
				3) u1 - Agressivité des moustiques.	
				4) n - Susceptibilité des moustiques au plasmodium.	
				5) b1 - Exposition (accessibilité) des personnes infectées, aux piqûres de moustiques.	
				6) A - Densité relative des moustiques par rapport à la population humaine (nombre de moustiques par habitant).	
				7) S - Probabilité moyenne de la survie du moustique jusqu'à la fin de la sporogonie.	
				8) V - Durée moyenne de la vie du moustique après la maturation des sporozoïtes.	
				9) u2 - Agressivité des moustiques infectés.	
				10) b2 - Exposition de la population en général aux piqûres des moustiques.	

Ce tableau montre les divers points sur lesquels on peut agir pour diminuer l'intensité de la transmission. On remarque que chaque facteur est l'un des termes d'un produit ; si l'un d'eux est égal à 0 (de 1 à 8) le produit est nul et la possibilité de transmission est nulle. Si l'un des facteurs est 2, 3, x fois moindre, la possibilité de transmission est 2, 3, x fois moins grande. Remarquons aussi que certains facteurs entrent deux fois dans le calcul du Loïmopotentiel (dans le cas de l'exposition aux piqûres : b1 et b2, la transmission sera 5 x 5 = 25 fois moins importante : b1 = l'exposition passe de 5 % à 1 % et b2 = l'exposition ... passe également de 5 % à 1 %).

Les épidémiologistes russes estiment que l'établissement d'un programme opérationnel pour obtenir l'éradication du paludisme demande une étude approfondie des divers facteurs du Loïmopotentiel et de leurs interactions.

LES METHODES DE LUTTE ANTIPALUDIQUE MISES EN OEUVRE EN U.R.S.S.

a) Lutte contre les sources d'infection	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enquêtes médicales dans la population</li> <li>Chimioprophylaxie individuelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Traitement des malades et porteurs sains</li> <li>Traitement systématique de certaines collectivités</li> <li>Traitement préventif des rechutes</li> <li>Chimioprophylaxie gamétocide</li> <li>Saisonnaire</li> <li>Préépidémique</li> </ul>
b) Education sanitaire et Lutte contre les Vecteurs.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mesures préventives contre la formation des gîtes</li> <li>Elimination des collections d'eau à gîtes larvaires</li> <li>Réduction des surfaces des gîtes larvaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Surveillance et contrôle sanitaires des ouvrages hydrotechniques</li> <li>Observation du régime régulier d'exploitation des ouvrages hydrauliques</li> <li>Importants travaux de drainage</li> <li>Petites bonifications</li> <li>Destruction de la végétation des collections d'eau</li> <li>Reboisement des rives pour ombrager</li> <li>Pollution volontaire des cours d'eau (sels minéraux)</li> </ul>
	Destruction des Vecteurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>Destruction des larves                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Application de larvicide au sol</li> <li>Pulvérisations aériennes</li> <li>Elevage de poissons larviphages</li> <li>Assèchements périodiques des canaux d'irrigation</li> <li>Irrigation intermittente des rizières et autres terrains de cultures.</li> </ul> </li> <li>Destruction des images                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Pulvérisations des parois par insecticides rémanents.</li> <li>Aérosols, fumigants et autres imagocides</li> <li>Extermination mécanique, pièges</li> <li>Pulvérisation du bétail par insecticides rémanents.</li> </ul> </li> </ul>
c) Protection contre les piqûres des moustiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planification rationnelle des localités</li> <li>Zooprophylaxie</li> <li>Protection mécanique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grillage à mailles fines</li> <li>Moustiquaires</li> </ul>



RESILLE A EFFET REPULSIF

### 3) PROTECTION DES PERSONNES TRAVAILLANT EN ZONES INFESTÉES DE DIPTÈRES VULNÉRANTS

Le dispositif adopté pour les travailleurs de la "Taïga" (Pavlovski) consiste en une simple résille faite d'un filet à larges mailles imprégné, par trempage, d'un mélange de Diméthylphthalate et d'éthyle (ou d'actyl) cellulose. Ce filet est placé sur la tête qu'il recouvre, tombant dans le dos et sur les épaules mais laissant le visage à découvert. L'expérience a prouvé que ce système assure une protection très efficace durant 1 mois à condition de conserver le filet dans un étui en plastique imperméable en dehors des périodes d'utilisation.

Je crois que ce procédé pourrait rendre service dans certaines zones d'Afrique où le travail est quasi-impossible soit par suite des attaques des Mansonioïdes (Ile M'Bamou) des Simulies (site du barrage sur le Mono au Togo) des Ceratopogonides (nombreuses localités du pays Eton au Cameroun) ou simplement des Malipones (certaines parties boisées du Fouta Djallon et du Cameroun : région d'Edéa).

Un tel filet de protection pourrait être utilisé aussi en portière, à l'entrée d'une tente ou d'une pièce dans les régions où les Anophèles attaquent en masse dès la tombée de la nuit (Sud Dahomey-Cotonou). Tout en connaissant l'existence de ce système de protection, je n'avais jamais eu l'occasion de le voir utilisé ni de pouvoir apprécier son efficacité et le peu de gêne que son emploi apporte aux activités des individus qui l'utilisent.

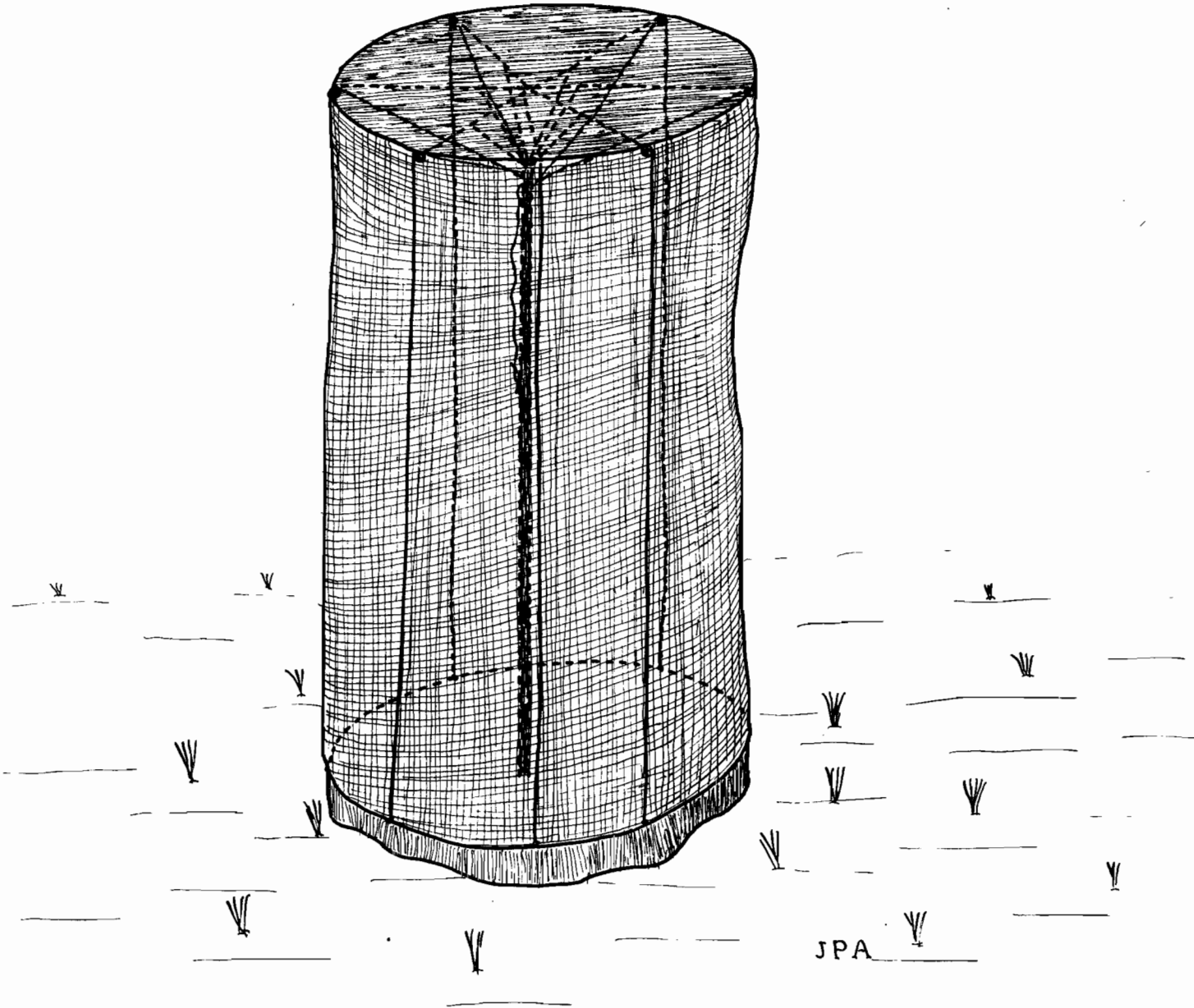
### 4) TECHNIQUES DE CAPTURE DES MOUSTIQUES ET AUTRES DIPTÈRES VULNÉRANTS

#### a) Cloche de Montchasky

Le dispositif mis au point par le professeur Montchasky est constitué d'un cylindre de tulle, à mailles plus ou moins fines suivant l'insecte que l'on étudie, fermé à une extrémité par un disque de toile blanche. A l'autre extrémité maintenue ouverte par un cercle de métal, le tulle est remplacé sur une trentaine de centimètres par de la toile blanche. Ce cylindre dont la hauteur est de 2 m. environ et le diamètre de 1 m., est supporté en position verticale par un mât central que l'on plante en terre et qui comporte, à sa partie supérieure, une série de tiges radiales montées comme les "baleines" d'un parapluie. Le cylindre de tulle étant enfilé sur l'armature ouverte, le disque qui ferme l'autre extrémité vient reposer sur les "baleines de parapluie". Le cylindre se déploie alors jusqu'au sol. Un système de cordelettes, reposant sur des poulies, permet de remonter le cylindre de tulle en le plissant comme un accordéon contre son extrémité supérieure ou de le laisser retomber jusqu'au sol.

Le fonctionnement est le suivant :

CLOCHE DE MONTCHASKY



Sous l'appareil maintenu relevé, un homme s'installe et demeure, appât immobile, durant un temps plus ou moins long (5 à 10 minutes en général). Il déclenche alors la retombée du voile cylindrique et effectue la recherche et la capture des moustiques (ou autres diptères antropophiles) qui, dérangés au cours de leur repas, se trouvent emprisonnés sous la "cloche".

Ce système permet des études de l'agressivité de divers insectes et semble en particulier intéressant pour les simulies et les moustiques dans les zones où ceux-ci sont très nombreux. On peut évidemment remplacer l'homme par un animal. Il faut disposer l'appareil sur une partie dénudée du sol et éloigner de lui les appâts possibles "libres" (hommes ou animaux). A n'utiliser que par temps calme.

b) Piège de Scoufin :

Il repose sur le même principe que celui des pièges à glossines type Harris etc.. Il est formé d'un parallépipède d'étoffe noire tendu sur une armature et dont les bords inférieurs pendent à 15 ou 20 cm du sol.

La face supérieure, horizontale, de cette sorte de tente est percée d'un orifice carré dans lequel s'ajuste parfaitement une petite cage tendue de tulle blanc. Cette cage comporte un dispositif empêchant la sortie des insectes qui y ont pénétré.

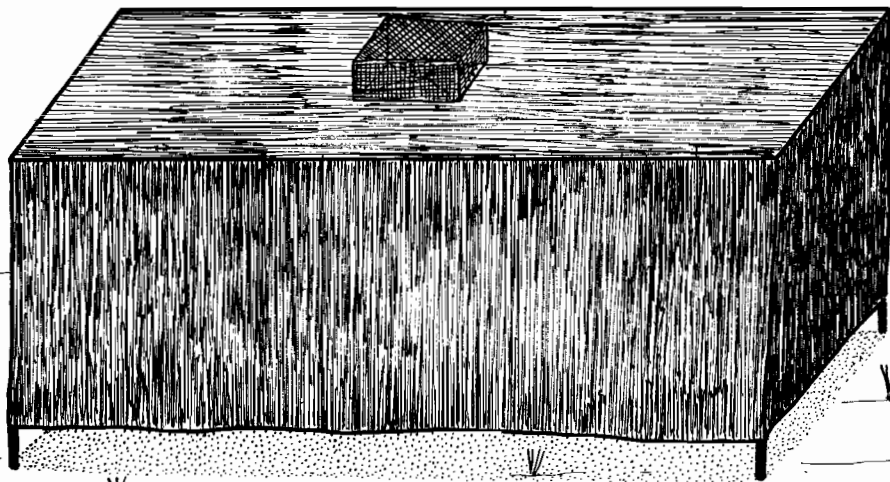
D'après le professeur Montchasky, ce dispositif fonctionne très bien pour les simulies.

Une variante en forme de tronc de cône en tissu noir surmonté d'une cage cylindrique en tulle blanc, ne comporte qu'un mât central et est de pose et de déplacement plus rapides; l'armature ne comporte que 2 cercles; l'un fixé horizontalement au sommet du mât, l'autre de plus grand diamètre cousu au bord inférieur du tronc de cône de tissu noir qu'il maintient tendu par son seul poids à 15 ou 20 cm. du sol.

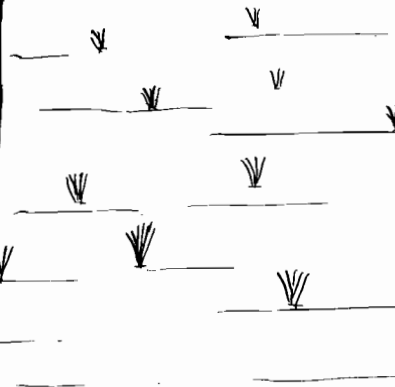
BRAZZAVILLE, le 18 Février 1963.



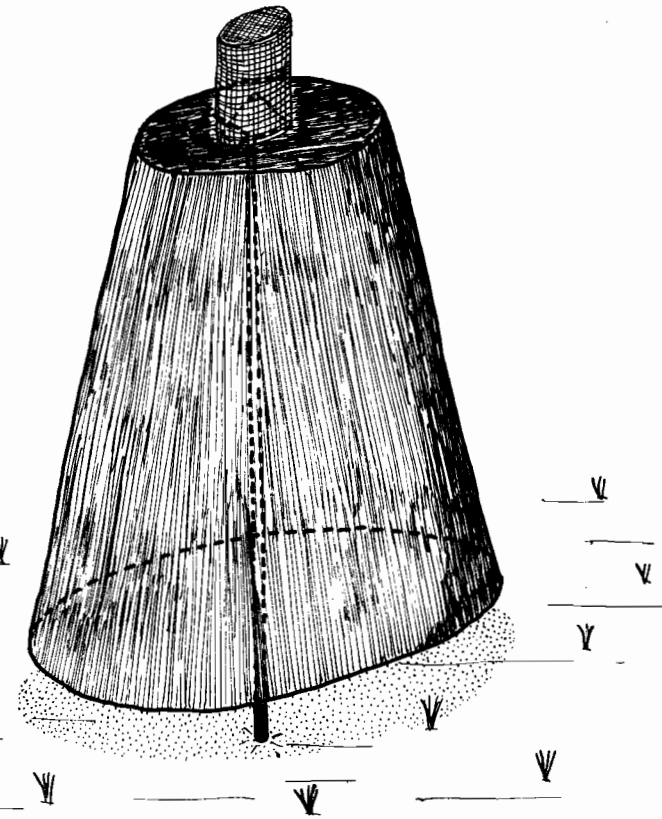
# PIÈGE DE SCOUFIN



1<sup>ère</sup> Version



JPA



2<sup>ème</sup> Version facilement  
déplaçable

## 5) METHODES D'EVALUATION DU DANGER EPIDEMIOLOGIQUE DES POPULATIONS ANOPHELIENNES

### EN REGIONS TEMPEREES

L'importance épidémiologique des populations d'anophèles est conditionnée par de nombreux facteurs.

Parmi les principaux, on peut citer : le nombre d'anophèles appartenant à une espèce vectrice, le degré d'agressivité des femelles, l'importance de leur anthropophilie, le pourcentage de femelles vivant jusqu'à la fin de la sporogonie, la susceptibilité des femelles à l'infection plasmodiale, etc... Chacun de ces facteurs déterminant du "danger épidémiologique" de la population anophélienne, se trouve soumis aux variations de la température, de l'humidité, de l'ensoleillement, et des autres éléments du climat. Si, en régions tropicales, ces variations sont relativement peu marquées, il n'en est pas de même en zones tempérées où les saisons sont en particulier marquées par des écarts considérables de la température et de l'humidité. Il en résulte que dans les régions tropicales la possibilité de transmission du paludisme existe pendant toute l'année ou une partie très importante de celle-ci. Dans les régions tempérées par contre, la période pendant laquelle la transmission est possible ne représente qu'une fraction de l'année et cette durée dépendant étroitement des conditions micro-climatiques (Grassi, 1911) doit être étudiée dans chaque cas particulier.

Les vecteurs les plus dangereux sont ceux appartenant aux espèces les plus abondantes, habitant les villages, et dont les femelles sont anthropophiles, très réceptives à l'infection plasmodienne et ayant une grande longévité. La réduction d'un de ces indices peut d'ailleurs être compensée par l'élévation des autres.

La densité et le degré d'anthropophilie se déterminent par des captures dans les habitations et les abris naturels ainsi que par des captures nocturnes sur appâts humains. Le degré d'anthropophilie peut être établi en utilisant les réactions de précipitation ou d'agglutination.

La réceptivité des femelles à l'infection plasmodienne s'évalue par dissection et examen des glandes salivaires et de l'estomac, et par des infestations expérimentales d'anophèles d'élevage.

Un indice important du danger épidémiologique d'une population d'anophèles est donné par sa composition d'après l'âge des individus qui la constituent et surtout par le pourcentage, dans cette population, des femelles capables de rester vivantes jusqu'à la fin de la sporogonie éventuelle. Comme l'infection réelle n'a pas été mise en évidence chez ces femelles, elles sont désignées comme "potentiellement dangereuses". Pour évaluer l'âge physiologique des femelles

"potentiellement dangereuses", il faut connaître la durée de la sporogonie et celle de tous les cycles gonotrophiques de la femelle qui ont eu lieu pendant la même période. L'âge cherché est trouvé par la comparaison de ces données : le nombre des cycles gonotrophiques étant déterminé par l'observation des dilata-tions présentes sur les funicules des ovarioles (Polovodova). En région tro-picale, où la durée des cycles gonotrophiques et celle des cycles sporogoniques est pratiquement constante, l'âge minima des femelles potentiellement dangereuses doit être à peu près constant lui aussi. Il n'en est pas ainsi en zone tempérée. Lorsque la température, pendant la saison de transmission du paludisme, est in-férieure à 25° centigrades, les durées des cycles sporogoniques et gonotrophiques ne sont pas des valeurs constantes.

De plus, la durée de ces deux processus varie inégalement quand la tem-pérature varie, ce qui s'explique par la différence existant entre les valeurs inférieures des températures permettant le déroulement de chacun de ces cycles. Ainsi par exemple, pour une humidité de 70 à 80 %, le seuil inférieur de tempé-rature, au-dessus duquel commencent les processus actifs de la digestion du sang et du développement des ovaires, est de 9°9 (Chlenova, 1938) et le seuil pour que la sporogonie de P. vivax se déroule est de 16° (Nikolaev, 1935). L'abaissement de la température augmente donc plus la durée du cycle sporogonique que celle des cycles gonotrophiques, c'est pourquoi l'âge minima des femelles potentiellement dangereuses change. En effet, plus la température est basse et plus le nombre des repas de sang durant le cycle de sporogonie est grand. Comme une partie des femelles périt, lors de chaque cycle gonotrophique, c'est une partie moins grande de la population qui atteint l'âge potentiellement dangereux quand le nombre de ces cycles augmente.

A) Calcul de la durée de la sporogonie.

1°) Méthode d'Oganov-Raievski

Les auteurs utilisant les données expérimentales de Nikolaev et leurs expériences propres ont établi la durée de la sporogonie à diverses températures constantes. Ils ont calculé ensuite quelle est, pour chaque température entre 16 à 28°, la fraction du cycle qui se produit en 24 h., la durée totale du cycle étant considérée comme égale à 100.

Par exemple, à 16° la durée du cycle serait de 55 jours. Chaque jour il y a donc, à cette température,  $\frac{100}{55} = 1,82$  % du cycle de réalisé :

A une température de 17°, l'ensemble du processus demanderait 38,5 jours. Chaque jour on a donc  $\frac{100}{38,5} = 2,5$  % du cycle.

A une température de 18°,5, le développement sporogonique aurait lieu en 26 jours soit  $\frac{100}{26} = 3,85$  % par 24 h.

La température constante utilisée dans les calculs est la température moyenne journalière.

Dans la pratique, on opère ainsi :

A partir du jour où l'on veut calculer la durée de la sporogonie, on note les températures journalières moyennes et on calcule le pourcentage de progression de la sporogonie pour ce jour. Les jours où la température est inférieure à 16° sont marqués 0 puisque le cycle ne progresse pas ce jour-là. On fait ensuite le total des pourcentages journaliers de progression jusqu'à atteindre le nombre 100. Le jour où ce total est atteint donne la date de la fin de la sporogonie. Le jour pris comme origine des calculs est celui où les femelles ont pris leur repas infestant.

Pour déterminer la date éventuelle d'apparition des premiers moustiques infectants parmi ceux qui ont hiberné et ceux de la 1ère génération, c'est-à-dire pour déterminer le début de la saison d'impaludation, il faut commencer les calculs d'évaluation de la durée de la sporogonie à partir du jour où la température est montée à 16° pour la première fois de la saison.

L'examen des colonnes 1, 2 et 3 du tableau I montre une application de ce que nous venons d'expliquer.

TABLEAU I

Méthode de l'établissement de la durée de la sporogonie d'après OGANOV-RAIEVAKI

Date	température journalière moyenne	pourcentage du développement de la sporogonie en un jour complet par rapport au processus achevé	Période de l'évolution de la sporogonie
15 Juillet	23,0	8,0	15-26 Juillet
16 Juillet	24,0	9,09	
17 Juillet	25,5	10,00	
18 Juillet	24,9	9,52	
19 Juillet	23,5	8,33	
20 Juillet	23,3	8,33	
21 Juillet	22,9	8,0	
22 Juillet	22,7	7,7	
23 Juillet	21,0	5,8	
24 Juillet	23,0	8,0	
25 Juillet	24,5	9,52	
26 Juillet	23,0	8,0	
		100,29	
27 Juillet	19,5	4,55	16-28 Juillet
28 Juillet	19,7	4,76	
		101,6	

2°) Méthode de Moshkovski

Moshkovski a lui aussi démontré que pour accomplir la sporogonie, chaque espèce d'hématozoaire a besoin d'une certaine "somme de température"

TABLEAU II

	Seuil inférieur de température permettant le développement	"Somme de température" pour le calcul du temps nécessaire à l'achèvement de la sporogonie
Plasmodium vivax	14°,5	105
Plasmodium falciparum	16°,0	111
Plasmodium malaria	16°,0	144

A ces données correspondent les équations suivantes permettant de calculer la durée de la sporogonie de chaque espèce de Plasmodium à température constante.

$$Sv = \frac{105}{T-14,5}$$

$$Sf = \frac{111}{T-16}$$

$$Sm = \frac{144}{T-16}$$

Où Sv - Sf - Sm sont les durées de la sporogonie de Pl. vivax, Pl. falciparum et Pl. malaria à la température de T° centigrade.

Ainsi, par exemple, avec une température journalière moyenne de 20° on aura :

$$Sv = \frac{105}{20-14,5} = 19 \text{ jours}$$

$$Sf = \frac{111}{20-16} = 28 \text{ jours}$$

$$Sm = \frac{144}{20-16} = 36 \text{ jours}$$

Comme dans les conditions naturelles la température moyenne journalière ne se maintient en général pas à la même valeur pendant plusieurs jours, il est important, dans la pratique, de déterminer la durée de la sporogonie aux températures changeantes de l'air.

Moshkovski opère de la façon suivante :

Il soustrait à la température moyenne de chaque journée 14°,5 pour vivax ou 16° pour falciparum ou malariae.

Les différences ainsi obtenues (degré-jour) sont additionnées jusqu'à ce que l'on obtienne un nombre égal à la "somme des températures" caractéristique de l'espèce plasmodiale en cause (voir tableau précédent).

L'exemple suivant illustre la méthode.

TABLEAU III

	Température journalière moyenne	Différences ou "Degré-jour"		
		<u>Pl. vivax</u>	<u>Pl. falciparum</u>	<u>pl. malariae</u>
20 Juin	19°,0	4,5	3,0	3,0
21 Juin	21°,5	7,0	5,5	5,5
22 Juin	22°,5	8,0	6,5	6,5
23 Juin	23°,0	8,5	7,0	7,0
24 Juin	22°,5	8,0	6,5	6,5
25 Juin	24°,5	10,0	8,5	8,5
26 Juin	22°,0	7,5	6,0	6,0
27 Juin	25°,0	10,5	9,0	9,0
28 Juin	25°,5	11,0	9,5	9,5
29 Juin	24°,0	9,5	8,0	8,5
30 Juin	24°,0	9,5	9,0	9,0
1er Juillet	25°,0	10,5		
		104,5		
2 Juillet	25°,0		9,0	9,0
3 Juillet	26°,0		10,0	10,0
4 Juillet	23°,0		7,5	7,0
			112,5	
5 Juillet	23°,0			7,0
6 Juillet	22°,0			6,0
7 Juillet	23°,0			7,0
8 Juillet	22°,0			6,0
9 Juillet	22°,0			6,0
				144,5

On voit en outre, sur le tableau ci-dessus, que des anophèles ayant pris un repas infectant dans la nuit du 20 Juin deviendraient infectants à leur tour le 1er Juillet si le Plasmodium en cause était vivax; le 4 Juillet, il s'agissait de falciparum, et le 9 Juillet pour malariae.

Pourquoi prend-on dans le calcul de la durée de la sporogonie par la méthode Moshkovski 14°,5 comme température minimale pour Pl. vivax et 16° pour falciparum et malariae alors que les travaux de nombreux auteurs ont donné comme seuil inférieur 16° pour vivax, 18° pour les deux autres espèces (et probablement aussi pour ovale) ?

Si l'on porte sur deux axes de coordonnées rectangulaires en abscisse les températures et en ordonnées la durée du cycle sporogonique, on obtient un arc d'hyperbole (hyperbole de Blunck) répondant à l'équation  $s = \frac{K}{C-n}$  où S est la durée de l'évolution du cycle, n la limite inférieure de la température permettant cette évolution, C la température et K une constante (Figure 1).

Si l'on porte en ordonnée, au lieu des durées, le pourcentage de progression journalier par rapport à l'ensemble du processus, on obtient une représentation linéaire du phénomène (Figure 2) entre 16° et 22°. Aux extrémités la courbe s'infléchit. Moshkovski a pris pour valeur de n, dans ses calculs, la température correspondant au point où la courbe prolongée coupe l'axe des abscisses. C'est le point théorique où la vélocité du phénomène est nulle.

#### B) Calcul de la durée du cycle gonotrophique

Le calcul de la durée du cycle gonotrophique repose sur le fait que ce cycle comporte trois phases (Beklemichev, 1940).

- a) recherche de l'hôte et prise du repas sanguin
- b) digestion du sang et évolution des ovaires
- c) recherche des collections d'eau favorables et ponte.

Il a été établi que les première et troisième phases étaient de longueur à peu près constante : 24 heures au total pour A. maculipennis messeae. La durée de la seconde phase est par contre étroitement liée aux conditions microclimatiques de l'habitat de la femelle d'anophèle.

Chlenova (1938) a calculé, en utilisant l'équation de l'hyperbole de Blunck  $S = \frac{k}{C-n}$  où S est la durée de la digestion du sang

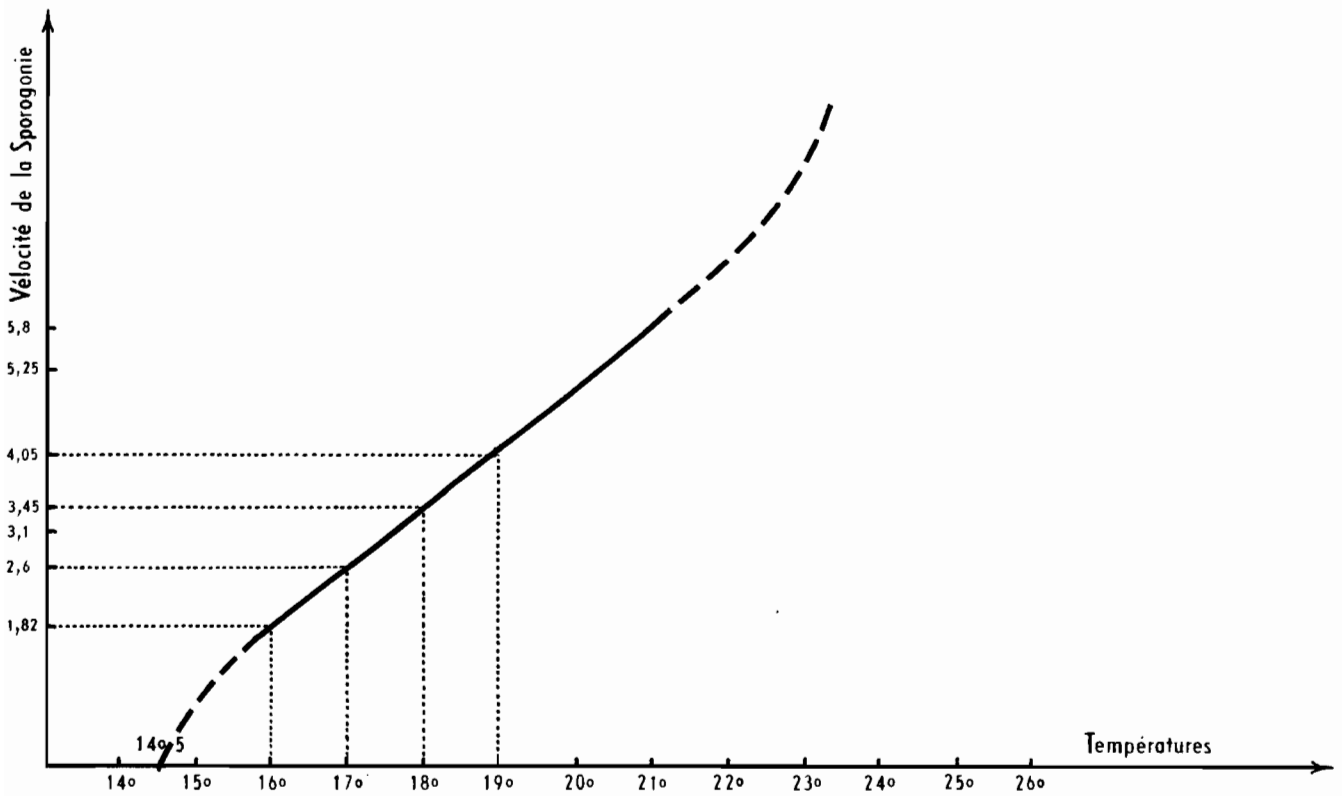
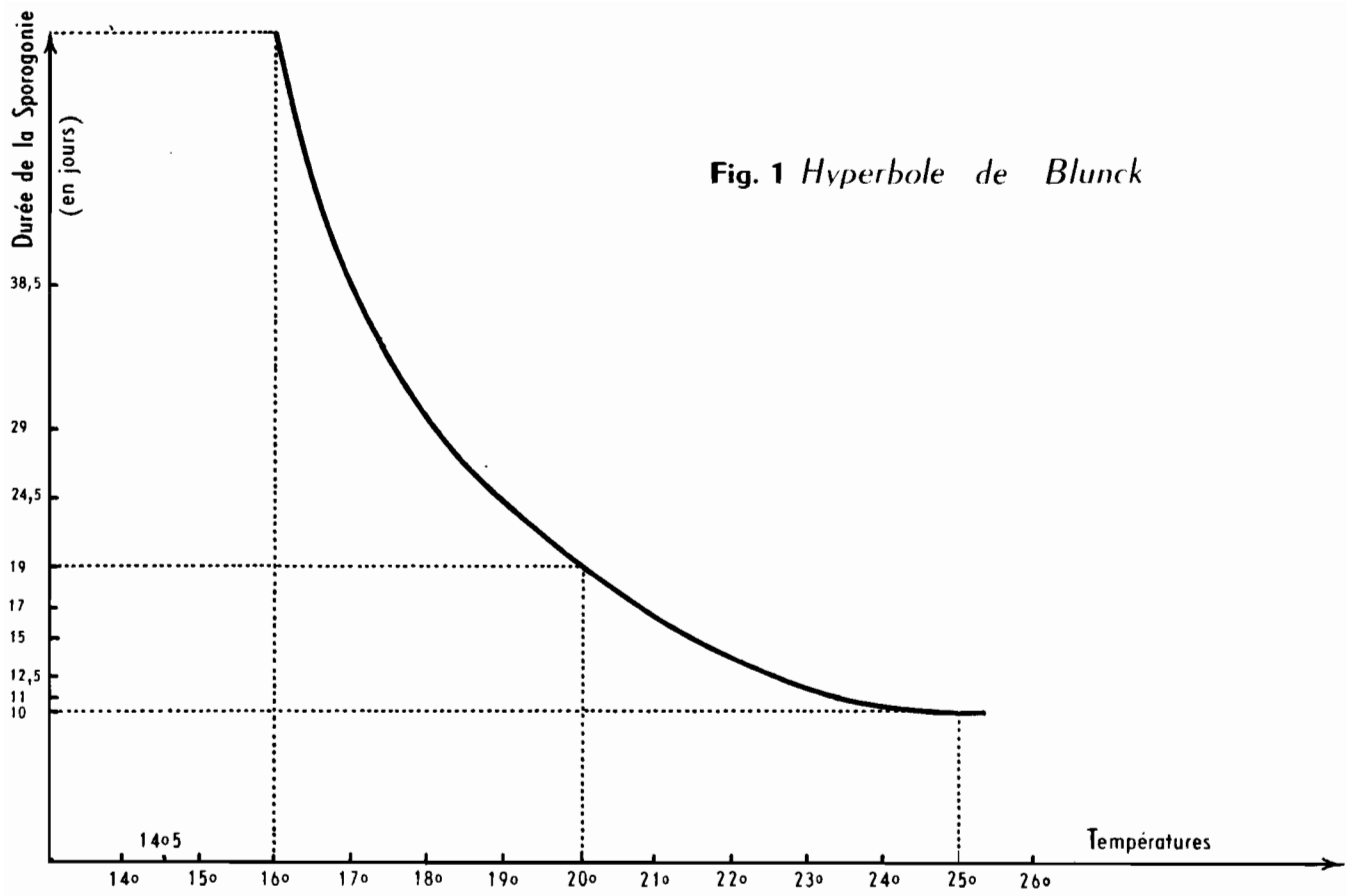
n = la limite inférieure de la température permettant la digestion et l'évolution des ovaires.

C = la température journalière moyenne

k = une constante.

dans les conditions d'élevage en laboratoire, la vitesse de digestion du sang à des humidités différentes et a déterminé les constantes et les limites inférieures des températures permettant à la digestion de se produire pour chaque valeur de l'hygrométrie.





**Fig. 2**

Par exemple avec une

humidité de :	la température inférieure est (n) :	et la somme des degré-heure (K)
30 à 40 % :	4°,5 :	1570
70 à 80 % :	9°,9 :	875
90 à 100 % :	7°,7 :	890

La somme K des degré-heure se compose de la somme des différences (températures effectives), pour chaque heure, entre la température réelle et celle du seuil. Lorsque cette somme atteint la valeur constante calculée par Chlenova pour l'humidité considérée (par ex 1570 à 30-40 %) la seconde phase du cycle gonotrophique est achevée.

Exemple du calcul pour une humidité de 70-80 %:

TABLEAU IV

heures	Température (C)
12	24°
13	24°,5
14	24°,5
15	25°
16	25°
17	24°
18	23°,5
19	22°
20	21°

Sachant que pour le degré d'humidité considéré (30 à 40 %) le processus de digestion du sang ne peut avoir lieu qu'au-dessus de 9°,9 la "température effective" sera pour chaque heure :

24°	-	9°,9	=	14°,1
24°,5	-	9°,9	=	14°,6
24°,5	-	9°,9	=	14°,6
25°	-	9°,9	=	15°,1
25°	-	9°,9	=	15°,1
24°	-	9°,9	=	14°,1

L'équation de Blunck prend, à différentes humidités, les valeurs :

$$S = \frac{1570}{C-4,5} \quad (h = 30 \text{ à } 40 \%)$$

$$S = \frac{875}{C-9,9} \quad (h = 70 \text{ à } 80 \%)$$

$$S = \frac{890}{C-7,7} \quad (h = 90 \text{ à } 100 \%).$$

Les travaux de Chlenova s'appliquaient à des populations d'anophèles maintenues en laboratoire à température et humidité constantes. Detinova a repris l'étude pour appliquer la méthode à des anophèles vivant dans les conditions naturelles à des températures variant constamment. Elle a pris conventionnellement la température journalière moyenne comme température constante pour les 24 h et a recalculé les constantes établies par Chlenova pour les sommes de degré-heure, en somme de degré-24 h.

Les équations de Blunck ont pris alors l'aspect :

$$\text{à } 20 - 40 \% \text{ d'humidité} \quad S = \frac{65,4}{C-4,5}$$

$$70 - 80 \% \quad S = \frac{36,5}{C-9,9}$$

$$90 - 100 \% \quad S = \frac{37,1}{C-7,7}$$

Pour établir la durée de la 2ème phase du cycle gonotrophique, il est donc nécessaire de relever les températures et humidités journalières moyennes.

Pour chaque journée, on fait la différence entre la température journalière moyenne (C) et la température du seuil (correspondant à l'humidité moyenne de ce jour).

Les différences ainsi calculées (températures effectives) se totalisent jusqu'à obtention de la constante qui indique la fin de la deuxième phase du cycle gonotrophique. Pour avoir la durée totale du cycle, on ajoute 24 h. (durée totale moyenne des 1ère et 3ème phases).

#### Méthode d'établissement de l'âge des femelles potentiellement dangereuses

Rappelons que cela suppose que l'on ait :

- a) dès que la température atteint 14°,5, noter les températures moyennes journalières.

b) relevé les humidités journalières moyennes.

On calcule alors comme exposé ci-dessus :

la durée de la sporogonie à partir de chaque jour de la saison  
la durée des cycles gonotrophiques pour la période correspondante.

On calcule le nombre total des cycles gonotrophiques qui ont pu se produire pendant le cours de la sporogonie.

Un exemple du calcul est donné dans le tableau V

TABLEAU V

Exemple du calcul de l'âge minima des femelles potentiellement dangereuses

Date	T° journalières moyennes	Pourcentage d'évolution de la sporogonie en 24 h:	Températures effectives	Observations
4 Avril	22°,1	6,06	12,2	Fin de la seconde phase, évolution des III et I phases (du cycle gonotrophique)
5 Avril	23°,0	8,0	13,1	
6 Avril	23°,6	8,33	13,7	
			39,0	
7 Avril	22°,7	7,7		Fin de la seconde phase, évolution des IIIe et Ier phases (du cycle gonotrophique)
8 Avril	21°,7	6,45	11,8	
9 Avril	19°,8	4,88	9,9	
10 Avril	13°,5	0,0	3,6	
11 Avril	15°,1	0,0	5,2	
12 Avril	17°,4	3,03	7,5	
			38,0	
13 Avril	18°,1	3,5		Fin de la seconde phase, évolution des IIIe et Ier phases.
14 Avril	22°,7	7,7	12,8	
15 Avril	21°,8	6,45	11,9	
16 Avril	22°,1	6,9	12,2	
			36,9	
17 Avril	22°,4	7,14		Fin de la seconde phase, évolution des III et Ier phases
18 Avril	21°,9	6,66	12,0	
19 Avril	21°,8	6,45	11,9	
20 Avril	20°,4	5,55	10,5	
21 Avril	20°,4	5,55	10,5	
		100,35 (fin 5,4 de la sporogonie)	44,9	
			10,4	

TABLEAU VI

Durée de la Sporogonie de Pl. vivax

Chez Anopheles maculipennis messeae à différentes températures

(Calculée d'après la méthode d'Oganov-Raïevski (Oganov, 1947)).

Température	durée de tout le processus en jours	pourcentage du développement en un jour par rapport au processus achevé.	Température	durée de tout le processus en jours	pourcentage du développement en un jour par rapport au processus achevé.
16	55	1,82	19,5	22	4,55
16,1	53	1,89	19,6	21,5	4,65
16,2	51	1,96	19,7	21	4,76
16,3	49	2,04	19,8	25	4,88
16,4	47	2,13	19,9	20	5
16,5	45	2,22	20	19	5,26
16,6	44	2,27	20,1-20,3	18,5	5,4
16,7	42,5	2,35	20,4-20,6	18	5,55
16,8	41	2,44	20,7-20,9	17,5	5,74
16,9	40	2,5	21	17	5,8
17	38,5	2,6	21,1-21,3	16,5	6,06
17,1	37	2,7	21,4-21,5	16	6,25
17,2	36	2,78	21,6-21,8	15,5	6,45
17,3	35	2,86	21,9	15	6,66
17,4	33	3,03			
17,5	32	3,12	22	15	6,66
17,6	31,5	3,17	22,1-22,2	14,5	6,9
17,7	31	3,22	22,3-22,4	14	7,14
17,8	30	3,33	22,5-22,8	13	7,7
17,9	29,5	3,39	22,9	12,5	8
18	29	3,45	23	12,5	8
18,1	28,5	3,51	23,1-23,2	12,5	8
18,2	28	3,57	23,3-23,6	12	8,33
18,3	27,5	3,64	23,7-23,9	14,5	8,7
18,4	26	3,85	24	11	9,09
18,5	26	3,85	24,1-24,4	11	9,09
18,6	25,5	3,92	24,5-24,9	10,5	9,52
18,7	25,5	3,92	25-25,5	10	10
18,8	25	4	25,6-25,9	9,5	10,52
18,9	25	4	26-26,4	9	11,11
19	24,5	4,08	26,5-26,9	8,5	11,8
19,1	24	4,16			
19,2	23,5	4,26	27-27,4	8	12,5
19,3	23	4,35	27,5-27,9	7,5	13,3
19,4	22,5	4,44	28	7	14,2

où l'on voit qu'un anophèle ayant fait un repas infectant le 4 Avril deviendra infectant lui-même le 21 du même mois, ayant fait pendant cette période 4 cycles gonotrophiques complets. Les femelles ayant 3 dilatations sur les ovarioles et des ovaires en fin d'évolution sont donc potentiellement dangereuses dans l'exemple choisi.

Etant donné que pour la sporogonie il faut des températures plus élevées que pour l'évolution des cycles gonotrophiques, il est normal que la période pendant laquelle la sporogonie est possible soit plus courte que celle de la vie "gonoactive" des femelles. En automne cependant, lors de l'abaissement de la température, les cycles gonotrophiques continuent encore tandis que les sporozoïtes murs encore présents chez les femelles restent viables; la transmission peut continuer.

BRAZZAVILLE, le 10 Avril 1963

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

*Direction générale :*

24, rue Bayard, PARIS-8<sup>e</sup>

*Service Central de Documentation :*

80, route d'Aulnay, BONDY (Seine)