REVUE CRITIQUE

ZOOPROPHYLAXIE DU PALUDISME

Par E. BRUMPT

La zooprophyllaxie, branche de la prophylaxie agronomique, a pour but de fixer, dans les abris où vivent divers animaux domestiques, le plus grand nombre possible d'anophèles s'attaquant plus ou moins fréquemment à l'homme. Ce rôle protecteur du bétail peut également être joué par les gens qui habitent à la périphérie d'une ville située dans une région palustre. Ce sont eux qui arrêtent les moustiques pathogènes, en leur offrant l'habitat favorable que ces derniers recherchent, et c'est ainsi que les habitants du centre de la ville sont protégés. *L'homme protège l'homme* (1), a écrit très justement L. Colin, en 1870, dans son *Traité des fièvres intermittentes* où il signale également l'importance de l'accroissement de la population et l'augmentation des cultures qu'elle entraîne dans la lutte antipaludique.

L'hypothèse du rôle d'écran protecteur joué par les animaux domestiques, qui attirent et fixent les anophèles dans les locaux qu'ils habitent, est de date assez récente. D'après Roubaud (1937), la priorité en revient à Bonservizi qui, en 1903 et 1905, signalait dans un journal lombard, à peu près ignoré même en Italie, que dans la province de Mantoue, riche en eaux stagnantes et en anophèles (2), ces derniers se tenaient surtout dans les étables toujours garnies de nombreux animaux, qui protégeaient ainsi l'homme du paludisme. D'autres auteurs, en particulier Grassi (1901), Celli et Gasperini (1901), Mühlens (1909), Kinoshita à Formose, Leon (1910),

(1) Signalons cependant que le bétail sur lequel s'égarent les parasites du paludisme joue également le rôle du piège en détruisant les sporozoïtes, tandis que l'homme piqué et inoculé devient un malade et plus tard un porteur de gamètes, susceptibles d'entretenir un degré plus ou moins grand d'endémie palustre.

(2) Dans cette région, Hackett a récolté, en 1932, 176 *Anopheles messeae*, 3 *A. atroparvus* et 2 *A. melanoon*.

Legendre (1918), Lang (1918), Falleroni (1921) avaient signalé l'abondance particulière de ces insectes dans les locaux habités par les animaux domestiques, mais sans faire allusion comme Bonzer-vizi au rôle protecteur qu'ils pouvaient exercer.

Cependant, aucun de ces auteurs, pas même Grassi qui a réclamé la priorité de l'hypothèse du rôle protecteur du bétail, n'avait pensé à tirer de ces faits une méthode de prophylaxie, et c'est à Roubaud (1920) puis à Wesenberg-Lund (1920-1921), que revient le mérite d'avoir proposé la stabulation des animaux domestiques pour éloigner les anophèles de l'homme et favoriser la création ou la sélection de races zoophiles.

Comme nous le verrons plus loin, la zooprophyllaxie a fait ses preuves dans le cas de certains anophèles, ou tout au moins de certains biotypes de ces derniers, et cela tient à ce que la plupart de ces insectes, qui sont normalement zoophiles, ne s'attaquent à l'homme qu'à défaut de leurs hôtes habituels, comme d'abondants exemples le prouvent en parasitologie.

C'est ainsi que les punaises d'hirondelles, et divers ectoparasites d'oiseaux ou de mammifères, s'attaquent à l'homme quand leurs hôtes normaux émigrent ou meurent. Nous savons également que la peste bubonique humaine est due à l'agressivité pour l'homme des puces qui abandonnent les rats quand ces derniers meurent de la peste ou de quelque autre maladie.

Le succès de la zooprophyllaxie dépend donc avant tout des conditions qui déterminent les rapports des moustiques avec l'homme et de la possibilité de rompre ces rapports en interposant un écran d'animaux domestiques bien logés. Ce logement des animaux, surtout pour les anophèles entophiles, qui ne piquent que les êtres abrités, est en effet d'une importance capitale, et il semble bien établi que la nature de l'abri a plus d'importance que les hôtes qu'il héberge.

Nous savons en effet que peu de temps après leur éclosion, les anophèles s'arrêtent le plus souvent dans le premier gîte où ils rencontrent des conditions favorables, c'est-à-dire une alimentation abondante, de la chaleur, de l'humidité, de l'obscurité, et un abri contre le vent. Toutes ces conditions se trouvent réunies dans les étables, les écuries, les porcheries des pays tempérés ou froids, et c'est la raison pour laquelle les animaux peuvent servir d'écrans protecteurs.

Dans les pays chauds et secs comme l'Algérie, les anophèles se rencontrent par centaines, en été, sous les tentes obscures et relativement humides des nomades, sous lesquelles ne vit pourtant

aucun bétail, mais pour l'excellente raison que ces abris sont les meilleurs de la région.

Les rapports étroits entre l'homme et les moustiques, rapports conditionnés par le milieu ambiant et par la biologie des anophèles en cause, expliquent la fréquence du paludisme.

Puisque, d'une façon générale, les moustiques sont plus attirés par les animaux que par l'homme, on conçoit très bien pourquoi ils se trouvent plus nombreux dans les étables que dans les maisons, en général propres, mieux ventilées et plus claires. Mais, même en plein air, la zoophilie de nombreux anophèles a été établie depuis longtemps. En 1916, par exemple, à Panama, Leprince et Orenstein signalèrent qu'ils ne furent pas piqués une seule fois en une heure pendant qu'ils capturaient de très nombreux *Anopheles albimanus* sur un cheval.

Comme c'est la nature de l'abri où existe le microclimat le plus favorable qui attire les anophèles dans les étables, il ne faut pas être surpris de l'indifférence souvent très grande de ces insectes en ce qui concerne le choix de l'hôte. La plupart des anophèles, dits zoophiles, s'attaquent à l'homme quand ce dernier couche dans le même local que les animaux, comme cela s'observe encore de nos jours en Hollande où les lits clos sont installés dans les murs de l'étable. L'homme peut être piqué aussi quand il dérange les moustiques en les capturant et les malariologistes ont pu s'en apercevoir à leurs dépens, parfois même en plein jour. Il en est de même pour les gens qui viennent traire les vaches au crépuscule ou à l'aurore. D'ailleurs, la plupart des anophèles récoltés dans les étables piquent l'homme dans des conditions expérimentales, ainsi que de nombreux auteurs ont pu le constater. En général, ce sont les mammifères les plus grands, présentant la plus grande surface corporelle dont la température est la plus élevée et la transpiration la plus abondante, qui exercent la plus forte attraction. Il existe cependant quelques exceptions apparentes à cette règle : certaines espèces semblent plus attirées par le bétail que par les porcs ou les chevaux, et inversement ; mais cela tient en grande partie à la nature des abris dans lesquels ces animaux sont élevés.

Certains anophèles semblent avoir pour l'homme une préférence marquée et se rencontrent toujours plus nombreux dans l'habitation humaine où ils se montrent gorgés de sang humain ; mais cette anthropophilie est en général locale et ne se rencontre pas partout dans l'aire de distribution de l'espèce, soit en raison de la création de races géographiques particulières, soit plutôt par suite de la différence entre les logements humains suivant les régions.

Nous étudierons la zoophylaxie dans le cas des régions où se rencontrent certains biotypes de l'*A. maculipennis*, au sujet desquels on possède de nombreux documents, puis nous examinerons le cas de divers anophèles pathogènes des régions chaudes.

1° Zoophylaxie dans le cas d'*Anopheles maculipennis* et ses divers biotypes

Dès 1919, Roubaud a signalé l'existence de deux races biologiques d'*Anopheles maculipennis*, l'une à zoophilisme indifférencié, s'attaquant à l'homme et aux animaux, l'autre à zoophilisme différencié, s'attaquant aux animaux domestiques. C'est ainsi que les anophèles des régions agricoles assainies appartiendraient à une race particulière qui, par l'exploitation facile des animaux, se serait détournée de l'homme : la déviation zoophile anophélienne se produirait ainsi.

Wesenberg-Lund (1920-1921), cité par Roubaud (1937), avait émis l'hypothèse que les peuplements zoophiles devaient être pourvus de pièces buccales plus puissantes que ceux s'attaquant à l'homme dont les téguments sont plus faciles à percer. C'est ce que Roubaud a établi en étudiant particulièrement les mâchoires des deux races d'anophèles. Cet auteur a montré, dans le cas d'*A. maculipennis*, que le nombre de dents des maxilles est plus élevé dans les peuplements zoophiles que dans les autres, et il a établi un indice maxillaire qui permettrait de prévoir les hôtes choisis par les moustiques.

D'autres caractères morphologiques des divers biotypes de cette espèce collective ont été trouvés ultérieurement par Falleroni (1926) par l'examen des ornements de l'exochorion des œufs déposés par des femelles capturées dans la nature, et nous savons que la structure des œufs a permis de reconnaître douze biotypes (1) dans l'espèce linnéenne *maculipennis*, à la suite des très importantes recherches de Van Thiel, Swellengrebel, Hackett et Missiroli, Roubaud, Roubaud et Treillard (1936).

La possibilité d'identifier les biotypes par la structure de l'œuf a permis d'établir la distribution géographique de divers types, de bien étudier leur biologie dans les diverses régions ainsi que leur rôle pathogène. Si, dans les autres espèces d'anophèles, il n'est que rarement possible d'identifier les biotypes qu'elles présentent par l'étude des œufs, celle-ci permet toutefois de distin-

(1) Voici la liste des douze biotypes : *atroparvus*, *cambournaci*, *elutus*, *fallax*, *freeborni*, *labranchiae*, *melanoon*, *messeae*, *occidentalis*, *sicaulfi*, *subalpinus*, *typicus*.

guer des espèces qui, à l'état adulte, semblent identiques, ce qui est déjà d'un immense secours pendant les enquêtes épidémiologiques. C'est la notion des biotypes d'anophèles qui permet actuellement de prévoir dans quels cas particuliers la zooprophyllaxie pourra nous permettre d'espérer une réduction du paludisme dans une région donnée, et peut-être même sa disparition, comme dans les contrées à anophélisme sans paludisme.

Comment arriver à favoriser la formation de races zoophiles ?

En premier lieu, il est permis d'affirmer que le climat ne joue aucun rôle, car, dans une même étale, il est possible de récolter plusieurs biotypes de *maculipennis*, les uns très attirés par l'homme comme *labranchiæ* et *elutus*, d'autres à peu près strictement zoophiles, comme *typicus*, *messeæ* et *melanoon* par exemple. Quand ces divers types coexistent, est-il possible de créer des conditions favorables pour les espèces zoophiles non dangereuses et de leur permettre de faire disparaître les autres ?

Nous pouvons répondre par l'affirmative dans quelques cas encore assez peu nombreux. Nous savons par exemple que *labranchiæ*, *elutus* et assez fréquemment *atroparvus* se développent abondamment dans les eaux saumâtres. Il suffit donc parfois de mettre le sol en valeur par le drainage et l'irrigation, d'empêcher l'eau de mer de refluer vers les terres au moyen de vannes et de débarrasser la terre du sel qu'elle renferme, pour voir des espèces d'eau douce, peu pathogènes, prendre la place d'espèces redoutables, entraînant ainsi une régression rapide du paludisme. C'est ce que Missiroli (1933) a observé en Italie dans le delta du Pô et dans quelques localités des Marais pontins.

Il est probable que, dans un certain nombre de cas, l'anophélisme sans paludisme n'a pas d'autre explication.

Roubaud a insisté sur ces questions à diverses reprises, et a récemment, en 1937, résumé ses idées sur la concurrence que les anophèles de biotypes différents pourraient se faire, soit à l'état adulte, soit à l'état larvaire : il admet que, par suite de la trop grande abondance d'anophèles et de l'insuffisance du bétail, une concurrence s'établit et les insectes à armature maxillaire faible, ne piquant que difficilement le bétail, tendent à retourner vers l'homme ; il se produirait ainsi une race particulière. Sans contester la possibilité de mutations biologiques brusques (1), arrivant à

(1) C'est ainsi que Raffaele, cité par Hackett (1937), a obtenu à la huitième génération, en partant de *Culex pipiens* capturés dans la nature, deux souches, dont l'une attaquait les canaris et la seconde se nourrissait sur des reptiles et refusait de piquer les oiseaux et les mammifères. Il existe de semblables races dans le cas de *Culex fatigans*.

créer ces races, nous ne croyons pas que cela soit dû à l'impossibilité pour certains anophèles de perforer la peau largement exposée de grands animaux domestiques, car une quantité d'anophèles exotiques, ayant une armature maxillaire plus faible que les biotypes d'*A. maculipennis*, sont zoophiles et s'attaquent à des animaux à peau épaisse, comme les bovidés, les buffles, les chevaux ou les porcs.

La concurrence larvaire entre les exemplaires d'un même biotype, et entre exemplaires de divers biotypes, est plus facile à concevoir. Tous les auteurs qui ont fait des élevages d'anophélinés ont pu constater des cas de cannibalisme fréquents ; mais, jusqu'à ce jour, il n'a pas été démontré que, dans la nature, les larves de biotypes différents se recherchent pour se détruire. Il serait intéressant de faire des expériences sur ce sujet, en mélangeant des œufs de plusieurs biotypes dans une cuve d'élevage, et d'identifier les adultes obtenus, ce qui ne serait d'ailleurs pas facile, étant donné que certains types eurygames ne pourraient pondre. D'ailleurs, des études poursuivies dans la nature ont permis de constater, dans un même gîte, l'existence de plusieurs espèces de larves et de nymphes d'anophèles.

De même si, au laboratoire, il est difficile d'obtenir une grande densité larvaire, ce n'est pas seulement par suite de cannibalisme, mais c'est aussi parce que les conditions ne sont pas toujours très favorables car, en Corse et en Camargue, il nous est arrivé de compter de 800 à 1.000 larves de *maculipennis* au mètre carré dans des zones à *Ceratophyllum*. Donc, nous ne pouvons admettre la concurrence larvaire comme explication du changement de faune anophélienne, sauf si ce gîte est transformé par addition de sel ou par disparition de ce dernier ; dans ces deux cas, il n'y a plus concurrence, mais simplement sélection déterminée par le milieu favorable aux uns et défavorable aux autres.

La zooprophyllaxie, en ce qui concerne les pays à paludisme où les vecteurs sont les divers biotypes de *maculipennis*, ne pourra être efficace que si le bétail est installé dans des étables favorables à la fixation des anophèles et si les surfaces d'eau constituées par les gîtes larvaires habituels demeurent à peu près constantes. C'est ce que Roubaud a étudié sous le nom de *stabilisation des conditions hydrologiques*. Ce serait pour cet auteur un des facteurs essentiels qui ont permis en Europe un état d'assainissement progressif, en favorisant la sélection de plus en plus étroite de peuplements à tendances zoophiles. C'est ce que l'on peut observer en Sologne, dans les Dombes, les marais vendéens, le Cotentin où les surfaces

d'eau régularisées, toujours étendues et produisant de nombreux anophèles, auraient permis à ces derniers d'équilibrer leur développement avec leurs appétits zoophiles. Pour Roubaud, cette sélection ne peut être obtenue que par une modification des habitudes agricoles aboutissant à la pratique permanente de la stabulation, ainsi qu'à l'usage d'étables convenablement closes et d'un conditionnement approprié à la fixation des moustiques. Roubaud estime que si l'on veut favoriser le développement des peuplements zoophiles d'anophèles au détriment des espèces s'attaquant fréquemment à l'homme et obtenir une prophylaxie trophique, on devra poursuivre le double but suivant :

1° Réaliser les conditions favorables aux anophèles zoophiles par le développement et l'adaptation des abris de stabulation.

2° Eliminer les conditions favorables aux anophèles anthropophiles par la suppression des abris humains trop accessibles, et leur remplacement par des habitations plus confortables et plus hygiéniques. Et pour conclure son intéressant exposé de 1937, Roubaud écrit les lignes suivantes où il exprime sa foi dans la possibilité d'une transformation de la faune anophélienne sous l'influence des abris accordés aux biotypes de *maculipennis*, même dans les régions à *A. labranchiæ* :

« C'est seulement lorsque les conditions du milieu humain, par une évolution généralisée accompagnée du développement de la stabulation, auront préparé les voies à une exploitation régulière des animaux domestiques par les anophèles, que l'on pourra voir s'établir la dominance durable de peuplements zoophiles, à l'image de ceux qui ont envahi les régions assainies de l'Europe agricole. C'est ici le lieu de se demander si l'introduction massive, artificielle, de semblables peuplements provenant des régions classiques à anophélisme sans paludisme, ne facilitera pas alors les résultats recherchés, c'est-à-dire le refoulement des races dangereuses autochtones, par des peuplements concurrents, d'habitudes franchement zoophiles. »

Missiroli (1930), comme Roubaud l'a admis depuis 1919, croit au remplacement d'une race par une autre en Italie, sous l'influence du bétail stabulé.

L'influence de la zoophilie plus ou moins grande des divers biotypes d'*A. maculipennis* sur la fréquence du paludisme a été considérée tantôt comme favorable tantôt comme défavorable.

A. — Parmi les observations favorables à la zooprophyllaxie, citons celles de :

Rizzi (1919) à Trinitapoli (Foggia, Pouilles) où se rencontre

cependant surtout le biotype *labranchiæ* à zoophilie indifférenciée.

Wesenberg-Lund (1920-1921) estime que la régression du paludisme au Danemark et en Europe, au nord des Alpes, est due à l'augmentation du bétail et à la construction d'étables pour l'abriter.

Sella (1921), au cours d'observations faites à Caceres, en Espagne, région où abonde le biotype *atroparvus*, constate que les anophèles pénètrent dans les habitations en été seulement, au moment où le bétail n'est plus stabulé, mais il attribue aussi ce fait aux conditions microclimatiques favorables que ces insectes trouvent alors dans les maisons.

Korteweg et Swellengrebel (1921) montrent que l'infection palustre se contracte pendant la semi-hibernation du biotype *atroparvus* qui, durant l'été, est dévié ainsi que le *messeæ* par le bétail et n'attaque l'homme, sur lequel il s'infecte de nouveau, que très rarement.

Rukhadze (1926) constate qu'un village de colons esthoniens, installés en Géorgie (U.R.S.S.), dans une région très marécageuse et où le bétail est stabulé, présente beaucoup moins de cas de paludisme que les habitants russes et géorgiens de villages mieux situés, mais où le bétail est plus rare et non stabulé. Il est probable que les biotypes *messeæ* et *typicus* sont en cause dans cette région.

E. Brumpt (1925) observe en Corse, dans le domaine de Padulone, une protection très nette de l'habitation humaine par des étables placées entre elles et les gîtes à *Anopheles elutus* et *labranchiæ*.

Falleroni (1929) admet que l'élevage rationnel du bétail stabulé en divers points d'Italie permettrait de faire disparaître le paludisme.

Fermi (1929) admet que le bétail peut jouer un rôle utile en Italie s'il est bien logé et si les étables sont placées à 45-90 mètres des habitations. Nous verrons plus loin qu'en 1928 cet auteur était plutôt défavorable à la zooprophylaxie.

Missiroli (1930) qui, d'après ses multiples observations en Italie, estime que parmi toutes les améliorations agricoles ayant produit une diminution du paludisme, c'est l'introduction de la stabulation du bétail qui a joué un rôle décisif.

Rossaro (1931) admet que la régression du paludisme aux environs de Mantoue et de Parme est due à la suppression des rizières et à la stabulation du bétail à laquelle se sont habitués les gens du pays. Nous savons actuellement que cette région héberge les quatre biotypes *messeæ*, *typicus*, *melanoon* et *atroparvus*, ce dernier étant le plus abondant et probablement le seul vecteur du paludisme.

Butyagina (1934) qui, dans les tourbières à *messeæ* des environs

de Moscou, estime qu'il y aurait intérêt à installer des étables entre les gîtes larvaires et les habitations des travailleurs.

Tagliabue et Perelli (1936) constatent que dans certaines régions de la province de Milan, où le paludisme est encore endémique, la grande réduction de cette maladie depuis quelques années est due à la grande abondance du biotype *messeæ* qui est facilement dévié par le bétail. Les régions où le paludisme persiste présentent toujours le biotype *labranchiæ* associé au *messeæ* et au *typicus*.

Dans les lignes qui précèdent, nous avons signalé des observations épidémiologiques qui ne valent certainement pas des résultats expérimentaux. S'il semble vrai que le bétail logé protège efficacement l'homme, il aurait néanmoins fallu démontrer cette hypothèse et retirer le bétail de quelques localités choisies pour se rendre compte de l'augmentation éventuelle du paludisme : cette expérience n'a encore jamais été faite. Nous verrons cependant plus loin que la réduction du bétail aux Indes, à la suite de famines ou d'épizooties, semble avoir eu un rôle épidémiologique important (Cragg, 1923).

Les résultats d'une zooprophyllaxie expérimentale ont été recherchés en Italie par Escalar (1934) et Pecori et Escalar (1935) à Ardea, dans la campagne romaine, région où abonde le redoutable biotype *labranchiæ*. Ces auteurs, en installant, de 1932 à 1934, trente-deux porcheries d'un modèle déterminé, ont vu l'indice malarique descendre de 32,26 à 5,3 dans une population de 530 à 660 habitants.

Avant l'installation des porcheries, sur 4.791 anophèles capturés en 1931, 70 % provenaient des habitations, soit 3.353 spécimens. En 1932, sur 24.276 anophèles, 9,7 % seulement étaient récoltés dans les maisons, soit au total 2.354 exemplaires. Ce chiffre tomba à 613 en 1933, date à laquelle 2,3 % seulement des 26.657 anophèles récoltés ont été capturés dans les maisons. Enfin, en 1934, l'indice domiciliaire est descendu à 2,03 et 553 anophèles seulement ont été capturés.

Ces faits sont éloquents et ils démontrent que même dans le cas du *labranchiæ*, attaquant aussi bien l'homme que les animaux, la présence de ces derniers à une certaine distance des habitations a pu, malgré l'augmentation du nombre des insectes capturés, passer de 3.353 à 553 en trois ans dans les habitations. Cependant, comme cette méthode ne semble pas s'être généralisée en Italie, malgré les constructions neuves antipaludiques effectuées dans les régions à biotypes *labranchiæ* et *elutus*, il est probable que la défense par une zone de porcheries est un procédé difficile à généraliser, par suite du prix des constructions, de l'élevage des porcs et de la main-

d'œuvre qu'il faut utiliser pour soigner ces animaux et récolter les aliments qui leur sont nécessaires.

En 1942, Raevsky affirme que l'utilisation des animaux domestiques pour la prophylaxie du paludisme ne peut être efficace qu'en U.R.S.S. par suite de la propriété collective du bétail dans les villages où l'Etat peut contrôler la zooprophyllaxie. Six auteurs russes donnent les résultats obtenus en diverses régions du Caucase, de Sibérie occidentale et de Kazan, où les variétés *typicus messeæ* se rencontrent ; tous sont unanimes à déclarer que cette méthode s'est montrée très efficace. Ces faits ont été confirmés par Beklemishev et Serguief (1942).

B. — Parmi les auteurs qui ne semblent pas croire à la zooprophyllaxie citons Grassi (1922) qui estime que les animaux domestiques ne protègent pas l'homme du paludisme et que si, en particulier, la ville de Padoue est plus palustre que Vérone, cela tient surtout à ce qu'elle présente beaucoup plus de gîtes saumâtres dans lesquels naissent des anophèles spécialement aptes à transmettre le paludisme.

D'autre part, Fermi (1928), après une enquête dans divers villages italiens, ne trouve aucun rapport entre le nombre d'animaux domestiques par tête d'habitant et la fréquence du paludisme. Sa statistique indiquerait plutôt une correspondance entre l'importance du bétail et celle du paludisme.

De leur côté, Barber et Rice (1935) constatent qu'en Macédoine grecque, la présence pendant la nuit de 44 chevaux ou ânes, 120 bovins ou buffles, 6 porcs et au moins 22 moutons ou chèvres par 100 habitants n'avait même pas réussi à éviter le contact des biotypes *messeæ* et *typicus* avec l'homme, car 6 % d'entre eux renfermaient du sang humain.

En Grèce, Cardamatis (1931) trouve le paludisme aussi fréquent dans les habitations où les gens vivent en contact intime avec le bétail que dans les maisons sans bétail.

2° Zooprophyllaxie dans le cas d'espèces anophéliennes autres que l'*A. maculipennis*

Au Bengale, où existent dix espèces pathogènes d'anophèles, Fry (1922) estime qu'il y aurait un grand intérêt à installer les étables autour des villages pour les protéger.

Schüffner et Walch (1921), à Sumatra, constatent que la construction d'étables à buffles dans la région est de Sumatra n'a eu aucune influence sur l'endémie palustre qui est propagée par l'*Anopheles hyrcanus sinensis*.

Cependant, en 1923, Walch admet, à la suite d'un certain nombre d'expériences, que dans une région à rizières de Delhi, où 12 % d'*A. hyrcanus sinensis* étaient infectés, l'installation d'étables à buffles semble avoir donné de bons résultats et l'auteur estime qu'à raison d'un buffle pour vingt hommes, la protection a été efficace.

Cragg (1923) fait remarquer qu'au Pendjab (Indes), une saison très pluvieuse, suivant une ou plusieurs années de sécheresse, est souvent le signe précurseur d'une épidémie de paludisme et émet l'hypothèse que la réduction du nombre de têtes de bétail due à la sécheresse et l'augmentation du nombre d'anophèles due aux pluies, sont la raison de la fréquence de cette infection.

Dans une région ouest de Java, où neuf espèces d'anophèles ont été identifiées et où 80 % appartiennent à l'espèce *A. aconitus*, Mangkoewinoto (1923) constate qu'après l'installation de trois étables à buffles situées à 2 mètres, 150 mètres et 350 mètres d'une ferme, le nombre des anophèles diminue beaucoup dans l'habitation humaine et que dans le cas d'*A. aconitus*, la moyenne journalière de capture est de 5 pour les maisons et de 109 pour les étables.

Bull (1923) admet que dans les régions des Etats-Unis où le paludisme se maintient difficilement, il serait facile de rompre la chaîne épidémiologique en augmentant le nombre de têtes de bétail.

Iyengar (1924) estime que parmi les trente-cinq espèces d'anophèles des Indes qu'il classe en quatre groupes (1), les vecteurs des trois premiers groupes, qui se nourrissent sur les animaux et sur l'homme, pourront être déviés de ce dernier par les premiers, sauf dans le cas de divers anophèles, tels qu'*A. minimus*, *A. fluviatilis*, *A. varuna* et *A. stephensi* qui constituent le quatrième groupe sur lequel la présence du bétail serait sans effet.

En Annam, Borel (1926) admet que les Annamites employés dans une plantation de café sont moins infectés que les aborigènes, par suite de la présence, dans leurs habitations, de bétail qui attire l'*A. maculatus*, dominant dans la région.

Au Brésil, Prado (1929) attribue l'absence de paludisme dans une ferme de l'Etat de São-Paulo à l'absence d'anophèles dans les

(1) Classification biologique des anophèles des Indes d'après Iyengar :

a) Espèces sauvages, attaquant normalement les animaux sauvages, parfois les animaux domestiques et rarement l'homme (*A. barbitrostris*, *A. lindesayi*, *A. plumbeus*).

b) Espèces vivant sur les animaux et sur le bétail et parfois sur l'homme (*A. hyrcanus*, *A. fuliginosus*, *A. maculatus*, *A. maculipalpis*).

c) Espèces préférant l'homme, mais attaquant aussi les animaux (*A. vagus*, *A. rossi*, *A. culicifacies*).

d) Espèces s'attaquant exclusivement à l'homme (*A. minimus*, *A. listoni*, *A. stephensi*, *A. minimus* var. *varuna*).

habitations, alors que des moustiques appartenant à l'espèce *A. brasiliensis* (= *argyritarsis*) étaient capturés en grand nombre sur le bétail.

Signalons encore qu'en Afrique équatoriale, où les deux vecteurs importants sont *A. gambiae* et *A. funestus*, la présence de bétail, hébergé pendant la nuit, et même durant toute leur vie, dans les huttes des indigènes, ne protège pas l'homme, ainsi qu'il résulte des examens sérologiques faits par Symes en 1930, puis par Kauntze et Symes en 1934, au Kénia.

Aux Etats-Unis, Boyd (1930) admet, dans le cas d'*A. quadrimaculatus*, que la présence du bétail, la nuit, au voisinage des habitations est associée à une certaine réduction dans la fréquence du paludisme, ce qui serait dû à une déviation effectuée par le bétail.

En Assam, Ramsay (1930), puis Harrisson et Ramsay (1933) estiment que la zoophilie de l'*A. maculatus* local l'empêche d'avoir un rôle pathogène comme dans les localités où, en l'absence de bétail, il se nourrit sur l'homme ; c'est le cas dans quelques régions montagneuses de l'Assam. Cependant, dans les mêmes conditions, l'*A. minimus* continue à fréquenter l'habitation humaine et la dissection de nombreux exemplaires a montré un indice d'infection de 6,63.

Au Pendjab (Indes), où se rencontrent surtout *A. culicifacies*, *A. stephensi* et *A. fluviatilis*, au cours de la grande épidémie de paludisme de 1908, la ville d'Amritsar, située en pleine zone d'élevage fut l'une des plus éprouvées (Cowell, 1931).

Walch (1932), se servant de l'épreuve des précipitines, démontre qu'à Sumatra les buffles stabulés font tomber de 90 à 83 % le nombre d'*A. hyrcanus sinensis* ayant piqué l'homme. Mais ce même auteur signale qu'en ce qui concerne l'*A. maculatus*, très zoophile, le pourcentage d'insectes ayant piqué l'homme descend de 97 à 11, ce qui prouve qu'un écran animal peut être sans influence dans un cas et efficace dans un autre suivant l'espèce d'anophèle en cause.

Aux Philippines, Russell (1933), expérimentant avec la variété *flavirostris* de l'*A. minimus*, et plaçant aux quatre coins d'une habitation un buffle, constate que non seulement les buffles ne protègent pas l'homme, mais qu'ils attirent de nombreux anophèles qui passent à côté d'eux et entrent, même à jeûn, dans l'habitation humaine. Cet anophèle pique d'ailleurs aussi bien l'homme que les buffles et complète assez souvent son repas sur l'un de ces deux hôtes.

Cependant, aux Philippines également, Laurel (1934) observe que

75 % des anophèles capturés dans un abri humain appartiennent à l'espèce précédente, tandis que ce pourcentage s'abaisse à 3,4 dans les abris animaux où le nombre absolu d'exemplaires de cet anophèle est pourtant plus grand que dans les habitations. Par l'étude des précipitines, Laurel constate que, suivant les localités, de 6,7 à 10,9 % seulement de ces anophèles renferment du sang humain et que, sur un ensemble de 1.433 spécimens, 94 ont piqué l'homme, 920 le bétail et 4 à la fois l'homme et le bétail, résultat qui semble indiquer une tendance nette de cette espèce à la zoophilie.

Toumanoff (1936) a observé, en Indochine méridionale, que dans des régions où les buffles sont hébergés loin des maisons, près de 80 % des anophèles (*A. minimus*, *A. aconitus*, *A. jeyporiensis*, *A. hyrcanus sinensis*) capturés dans les habitations renfermaient du sang humain, alors qu'en annexant à l'habitation des étables confortables, où les buffles étaient abrités pendant la nuit, les anophèles présentaient dans leur estomac, dans 95 à 100 % des cas, du sang animal. Même l'*A. sundanicus*, en présence de bétail parqué la nuit dans des étables de fortune, peut ainsi être dévié de l'homme.

En 1938, Hackett, Russell, Scharff et Senior White estiment que si la zooprophyllaxie ne peut être rapidement improvisée pour protéger les habitations rurales, cette méthode mérite d'être encouragée dans les régions où la biologie des anophèles pathogènes permet de croire à leur déviation de l'homme sur les animaux.

De l'exposé qui précède, il résulte que lorsqu'une espèce anophélienne pathogène s'attaque aussi bien à l'homme qu'au bétail, il y a intérêt à créer un écran d'animaux stabulés ou non, suivant les espèces en cause, à condition toutefois que l'élevage du bétail stabulé présente dans la région donnée une valeur économique. Il est néanmoins certain que pour une surface de gîtes larvaires donnée, l'abondance des anophèles est d'autant plus grande que les adultes peuvent se nourrir plus facilement. Comme ils se nourrissent avec plus d'aisance sur les animaux que sur l'homme leur nombre augmente ainsi que les chances pour l'homme d'être piqué et de contracter le paludisme. Si toutefois un équilibre favorable à l'homme s'établit entre les anophèles et le bétail, comme cela semble être le cas dans certaines régions qui, pendant leur mise en valeur par la main-d'œuvre humaine, étaient palustres et se sont assainies dès que les travaux agricoles ont été effectués par le bétail, il faut intensifier la zooprophyllaxie. Celle-ci peut néanmoins être une arme à deux tranchants si, pour des raisons diverses, le bétail disparaît subitement pour cause de maladie, famine ou

réquisition de guerre. Dans ce cas, les nombreux anophèles qui se nourrissaient sur les animaux peuvent s'attaquer à l'homme et déterminer des épidémies de paludisme.

BIBLIOGRAPHIE

- BARBER (M.-A.) et HAYNE (T.-B.). — Some notes on the relation of domestic animals to *Anopheles*. *Pub. Hlth. Repts*, XXXIX, 1924, p. 139-1944.
- BEKLEMISHEV (V.) et SERGUIEF (P.). — Rationalisation de la lutte antipaludique rurale (en russe). *Med. Parasitol.*, XI, 1942, pp. 3-11.
- BOREL (M.). — Résultats d'une enquête épidémiologique et entomologique à Yaback (Annam). *Bull. Soc. Path. exot.*, XIX, 1926, p. 845-852.
- BOYD (M.-F.). — Studies on the Bionomics of North American Anophelines. VI. Some observations on Imagines. *Amer. Journ. Hyg.*, XII, 1930, p. 449-466.
- BRUMPT (E.). — Ponte et résistance des œufs de l'*Anopheles maculipennis*. *Ann. Parasit.*, III, 1925, p. 396.
- Les anophèles de Corse. *Bull. Acad. Méd.*, XCIV, 21 juillet 1925.
- *Précis de Parasitologie*, 5^e édit., Paris, Masson et Cie, 1936.
- Anophélisme sans paludisme et régression spontanée du paludisme. *Revue critique. Ann. Parasit.*, XXI, 1944, p.
- BULL (C.-G.). — Preferential feeding experiments with Anopheline mosquitoes. I-II. *Amer. Jl. Hyg.*, III, 1923, p. 514-520 ; IV, 1924, p. 109-118.
- BULL (C.-G.) et KING (W.-V.). — The identification of the mosquitoes by means of the precipitin test. *Am. Jl. Hyg.*, IV, 1923, p. 491-496.
- CAMBOURNAC (F.-J.-C.) et HILL (R.-B.). — The biology of *Anopheles maculipennis* var. *atroparvus* in Portugal. *Acta Conventus Tertii de Tropicis atque Malariae Morbis*. Amsterdam, 1938.
- CARDAMATIS (J.-P.). — A propos des nouvelles théories sur le paludisme. *Riv. Malariol.*, X, 1931, p. 311-320.
- CELLI (A.) et GASPERINI (G.). — Paludismo senza malaria. *Policlinico*, supp. VII, et *Atti della Soc. p. l. Stud. della Malaria*, III, 1902, p. 115-1115, 1 carte.
- COLIN (L.). — *Traité des fièvres intermittentes*. Paris, Baillière, 1870.
- CRAGG (F.-W.). — The zoophilism of *Anopheles* in relation to the epidemiology of malaria in India. *Ind. Journ. Med. Research*, X, 1923, p. 962-994.
- ESCALAR (G.). — Aplicazione sperimentale della profilassi in Ardea. *Riv. Malariol.*, XII, 1933, p. 373-380.
- L'esperimento di Ardea. *Riv. Malariol.*, XIII, 1934, p. 217-227.
- FALLERONI (D.). — L'anofelismo della risaie nelle Paludi Pontine en relazione all'epidemiologia della malaria. *Policlinico*, sez. prat., 1925.
- Fauna anofelica italiana et suo habitat (paludi, risaie, canali). *Riv. Malariol.*, V, 1926, p. 553-593.
- La Malaria di Trinitapoli (Foggia) e l'importanza degli animali domestici nelle difesa contro la Malaria. *Igiene Moderna*, XIV, 1921, 34 p.
- FERMI (C.). — Sulla zooprofilassi antimalarica. *Malariologia*, Ser. 3, n° 1, 1928, p. 6-9.
- FRY (A.-B.). — The rôle of Cattle in the Epidemiology of Malaria. *Ind. Med. Gaz.*, LVII, 1922, p. 1-2.
- GRASSI (B.). — Nuovo orizzonte nelle lotta antimalarica (Memoria Preliminare). *Riv. di Biol.*, III, 1921, 45 p.
- Ancora sulle preferenze degli anofeli : conseguenze epidemiologiche. *Atti R. Accad. Naz. Lincei*, XXXI, 1922, p. 535-540.

- HACKETT (L.-W.). — The present status of our knowledge of the subspecies of *Anopheles maculipennis*. *Trans. Roy. Soc. trop. Med. Hyg.*, XXVIII, 1934, p. 109-140.
- HACKETT (L.-W.) et MISSIROLI (A.). — Les variétés d'*Anopheles maculipennis* et leur relation avec la distribution du paludisme en Europe. *Medicina de los Países Cálidos*, VIII, 1935, 60 p.
- HACKETT (L.-W.), RUSSEL (P.-F.), SCHARFF (J.-W.) et SENIOR WHITE (R.). — The present use of naturalistic measures in the control of Malaria. *Bull. Organisation d'Hyg. Soc. Nations*, VII, 1938, p. 1016-1064.
- HARRISON (C.-C.) et RAMSAY (G.-C.). — Some findings and observations in a malaria survey of a group of ten estates in the Eastern Duars District of the Northern Bengal and some recommendations for the reduction, control and eradication of malaria in the area investigated. *J. trop. Med. Hyg.*, XXXVI, 1933, p. 33-41.
- HOWARD (L.-O.). — On zoophilism with *Anopheles*. A review. *Jl. Parasit.*, X, 1924, p. 191-198.
- IYENGAR (M.). — Cité dans le rapport sur le voyage d'études dans l'Inde britannique. *Soc. des Nations, Org. d'Hyg., C.R. Malaria*, CXLVII, Genève, 1930.
- The importance of animal prophylaxis in Malaria. *Rept. Proc. 5^e Ent. Meet. Pusa*. Calcutta, 1924, Analyse dans *Rev. Appl. Entom.*, XII, B, 1924, p. 134.
- LAFACE (L.) et SELLA (M.). — La zooprofilassi nella lotta antimalarica secondo le concezioni di B. Grassi. *Riv. di Malariologia*, VI, 1927, p. 935-943.
- LAUREL (A.-G.). — Feeding activities of some Philippine *Anopheles*. *Rev. filipina Med.*, XXV, 1934, p. 286-297.
- LE PRINCE (J.-A.) et ORENSTEIN (A.-J.). — *Mosquito control in Panama*. New-York et Londres, Putnam's sons, 1916.
- MANGKOEWINOTO (R.-M.-M.). — Sanitation of the Tjihea-Plain. *Repts Dutch-Indian Med. Civil Service*, 1923, n° 3, p. 236-274.
- MARCHOUX (E.). — Le paludisme dans les Dombes et en Camargue. *Bull. Acad. Méd.*, 1927, p. 67.
- MISSIROLI (A.). — Le grandi bonifiche nei riguardi della biologia e dell'igiene. *Riv. Malariol.*, Suppl., IX, 1930, p. 1-54.
- PECORI (G.) et ESCALAR (G.). — Relazione sulla campagna antimalarica nell'agro romano durante l'anno 1934. *Riv. Malariol.*, XIV, 1935, p. 469-519.
- PRADO (A.). — Zootropismo dos *Anopheles*. *Sciencia med.*, VII, 1929, p. 379-381.
- RAEVSKY (G.-E.). — Expérience de zooprophylaxie dans le village de Shitkhala, Kabardino-Balkarian A.S.S.R. (1938-1940). *Parasit. Med. Malad. parasit.*, XI, 1942 (en russe). Analysé dans *Trop. Dis. Bull.*, XXXVI, 1944, p. 541-542, ainsi que six autres travaux d'auteurs russes.
- RAMSAY (G.-C.). — Cité dans le Rapport sur le voyage d'études dans l'Inde britannique. *Soc. des Nations, Org. d'Hyg., C.R. Malaria*, CXLVII, Genève, 1930.
- Some findings and observations in an Anopheline malaria. Infectivity survey carried out in the Cachar District of Assam. *Ind. Jl. Med. Research*, XVIII, 1930, p. 533-552.
- RIZZI (M.). — Nuovo Indirizzo di Profilassi antimalarica. *Ann. d'Igiene*, XXIX, 1919, p. 748-751.
- ROUBAUD (E.). — Les conditions de nutrition des *Anopheles* en France (*A. maculipennis*) et le rôle du bétail dans la prophylaxie du paludisme. *Ann. Inst. Past.*, XXXIV, 1920, p. 181-228.

- La différenciation des races zootropiques d'*Anopheles* et la régression spontanée du paludisme. *Bull. Soc. Path. exot.*, XIV, 1921, p. 577-595.
- Peuplements humains et peuplements animaux comme facteurs économiques comparés de la déviation anophélienne antipalustre. *Bull. Soc. Path. exot.*, XVIII, 1925, p. 728-730.
- Nouvelles recherches sur l'évolution zoophile des faunes d'anophèles en Europe (*A. maculipennis*) d'après les données de l'armement maxillaire. *Ann. Inst. Pasteur*, XLII, 1928, p. 553-619.
- Principes et possibilités de la prophylaxie animale du paludisme. *Arch. Inst. Past. Tunis*, XXVI, 1937, p. 625-664.
- ROUBAUD (E.) et TREILLARD (M.). — Sur une variété portugaise de l'*Anopheles maculipennis* (groupe *atroparvus*). *Bull. Soc. Path. exot.*, XXIX, 1935, p. 726-730.
- ROSSARO (G.). — Sull'anofelismo senza Malaria nel commune di Brescello. *Igiene moderna*, XXIV, 1931, p. 199.
- ROUKHADZE (N.). — Un exemple de l'influence de la stabulation des animaux sur la diminution du paludisme en Géorgie. *Bull. Soc. Path. exot.*, XIX, 1926, p. 100-106.
- RUSSELL (P.-F.). — The value of an animal barrier in malaria control. *Science*, LXXVIII, 1933, p. 101-102.
- Zoophylaxie failure. An experiment in the Philippines. *Riv. Malariol.*, XIII, 1934, p. 610-616.
- SELLA (M.). — *Anopheles claviger*: Observations on its distribution in relation to domestic animals, and its movements during hibernation. *Internat. J. Public Health*, II, 1921, p. 605-616.
- STEPHENS (J.-W.-W.) et CHRISTOPHERS (S.-R.). — *Rep. to Malaria Committee, Roy. Soc.*, VI, series, 1902.
- SWELLENGREBEL (N.-H.). — Considérations sur la prophylaxie du paludisme par la déviation des anophèles. *Bull. Soc. Path. exot.*, XVIII, 1925, p. 725.
- SYMES (C.-B.). — Anophelines in Kenya. *Kenya & E. Afr. Med. J.*, VII, 1930, p. 2-11.
- TAGLIABUE (C.) et PERELLI (R.). — Ricerche sperimentali sulle diverse razze di *Anopheles maculipennis* e sulle preferenze alimentari degli anofeli in Provincia di Milano. *Riv. Malariol.*, XV, 1936, p. 207-216.
- THIEL (P. van) et BEVERE (L.). — Preuve expérimentale de l'anthropophilie d'*Anopheles maculipennis labranchiæ* et *clutus*. *Bull. Soc. Path. exot.*, XXXII, 1939, p. 103-109.
- TOUMANOFF (C.). — *L'anophélisme en Extrême-Orient*. Monographie IV. Coll. Soc. Path. exot., Paris, Masson et Cie, 1936, 434 p.
- WALCH (E.-W.). — Some remarks on malarial epidemics caused by *M. sinensis* (*A. hyrcanus*). *Trans. fifth biennial Congress Singapore*, 1923, p. 46-73.
- WESENBERG-LUND (C.). — Contribution to the biology of the Danish *Culicidæ*. *Mem. Ac. R. Sciences et Lettres Danemark Sc.*, 8^e ser., VII, 1920-1921, 210 p.
- Sur les causes du changement intervenu dans le mode de nourriture de l'*Anopheles maculipennis*. *C.R. Soc. Biol.*, LXXXV, 1921, p. 383-386.

Institut de Parasitologie de la Faculté de Médecine de Paris
(Directeur : Professeur E. Brumpt).