

## SANTÉ PUBLIQUE

### LES INTERFACES AGRICULTURE-SANTÉ DANS LES DOMAINES DE L'ÉPIDÉMIOLOGIE DES MALADIES A VECTEURS ET DE LA LUTTE ANTIVECTORIELLE

Par J. MOUCHET (\*) & J. BRENGUES (\*\*) (\*\*\*)

#### RÉSUMÉ

*Ce papier est une synthèse des interactions entre l'agriculture et les maladies à vecteurs. Les modifications de la végétation influent directement sur la distribution des vecteurs. La déforestation favorise les espèces héliophiles et se traduit par une intensification du paludisme et des schistosomiasés en Afrique. Mais en Asie la déforestation est, au contraire, une méthode de lutte contre certains anophèles. La suppression des galeries forestières entraîne celle des glossines riveraines. Les pionniers qui défrichent la forêt se contaminent au contact des foyers naturels de leishmanioses ou d'arboviroses.*

*Les adductions d'eau potable ont réduit la dracunculose et les maladies liées aux pollutions aquatiques (choléra, typhoïdes, etc.). De plus, elles dégagent les populations de la nécessité de constituer des réserves d'eau où se développent les vecteurs.*

*Les lacs de retenue des barrages submergent les gîtes à simulies mais créent d'énormes possibilités de développement pour les anophèles vecteurs de paludisme et de filarioses ainsi que pour les mollusques hôtes de schistosomiasés. Leur incidence sur ces maladies dépend des conditions épidémiologiques locales.*

*Les déversoirs des barrages constituent des gîtes à simulies et peuvent entraîner un développement de l'onchocercose dans des zones jusque-là indemnes.*

*Les canaux d'irrigation constituent de bons gîtes pour certaines espèces d'anophèles et les mollusques, surtout s'ils sont encombrés de végétation. Les surfaces irriguées, en particulier les rizières, sont des sites de production à grande capacité pour certains anophèles et culicidés mais elles sont peu favorables aux mollusques.*

*Les insecticides employés en agriculture, surtout pour le coton et le riz, ont entraîné un développement de la résistance chez les anophèles. Mais dans certaines situations, ils ont permis un contrôle temporaire de vecteurs, comme *Culex tritaeniorhynchus* vecteur d'encéphalite japonaise dans les rizières de Corée, par exemple.*

*Pour limiter la pullulation des vecteurs, consécutive au développement rural, des solutions sont à rechercher par l'adaptation des infrastructures (ex. doubles vannes des déversoirs de barrages) et des méthodes culturales (ex. irrigation intermittente). Les méthodes de lutte biologiques, susceptibles d'être englobées par la lutte antivectorielle, demandent à être étoffées.*

**Mots-clés :** DÉFORESTATION, AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES, PALUDISME, FILARIOSE, ONCHOCERCOSE, SCHISTOSOMIASÉ, COLLABORATION INTERSECTORIELLE.

(\*) Inspecteur Général de Recherche honoraire de l'ORSTOM. Adresse : ORSTOM, 213, rue La Fayette, 75480 Paris Cedex 10 (Département Santé).

(\*\*) Directeur de Recherche, Département Santé à l'ORSTOM.

(\*\*\*) Manuscrit n° 961. Séance du 11 avril 1990.

## SUMMARY

Vector borne diseases and intersectorial vector control  
at the interface health-agriculture.

*This paper is a review of the interactions between agriculture and vector borne diseases.*

*Rain forest clearing makes possible the development of heliophilic species of anophelines and snails leading to an increase of malaria and schistosomiasis in Africa. But in Asia, clearing is a control method against Anopheles balabacensis, an important malaria vector. Clearing of forest galleries is followed by the disappearance of riverine tsetseflies. Woodcutters and pioneer farmers are contaminated with arbovirus and leishmaniasis when entering in natural selvatic foci of these diseases.*

*Management of drinking water reduce guineaworm as well as cholera and other diarrhoeal diseases. More over when piped water becomes available people are no more obliged to store drinking water in containers where vectors use to breed.*

*Reservoirs of dams offer large possibilities for the development of mosquitoes including anophelines vectors of malaria and filariasis and of snails hosts of schistosomiasis. The medical importance of these man-made breeding sites depends of the local epidemiological features of the diseases.*

*Dam spillways provide breeding for blackflies and man-made foci of onchocerciasis have been described in West Africa.*

*Irrigation channels mainly when non cleared of vegetation are good breeding places for anophelines and snails. Irrigated surfaces like rice fields are highly productive in anophelines and other dangerous species of Culicines.*

*Insecticides used in agriculture, mainly to control cotton and rice pests, have been at the origine of insecticide resistance of several anopheline species. On an other hand, sometimes rice pests control lead to the control of rice field mosquitos until they become resistant, e.g. for Culex tritaeniorhynchus the vector of Japanese encephalitis in South Korea.*

*Many international organizations have emphasized the role of intersectorial collaboration to control man-made vector borne diseases foci. Good planning of the infrastructures (e.g. twin spilways) and adequate maintenance are essential. Vector control in rice field is a puzzling question. Wet irrigation was a hope but it cannot be done everywhere. Biological control methods have not been proven to be very efficient. Even Bacillus thuringiensis H14 and B. sphaericus have severe limitation.*

*New tools for intersectorial activities should be a goal for scientists imagination.*

**Key-words:** DEFORESTATION, WATER MANAGEMENT, MALARIA, FILARIASIS, ONCHOCERCIASIS, SCHISTOSOMIASIS, INTERSECTORIAL COLLABORATION.

## 1. LES INTERFACES AGRICULTURE-SANTÉ

Les interrelations entre la Santé et l'Agriculture ont fait l'objet de nombreux rapports internationaux appelant à une collaboration intersectorielle. Les interfaces entre les deux domaines sont très nombreuses et certaines revêtent une importance capitale pour les sociétés industrialisées aussi bien que pour les pays en développement. On note les points majeurs suivants :

- *Nutrition-alimentation.* — La production agricole est la première priorité du développement pour faire face à l'angoissant problème de l'alimentation d'une population en croissance exponentielle. Elle est en amont de la satisfaction des besoins protéino-énergétiques, un des défis du troisième millénaire.

• *Plantes médicinales.* — Les pays en développement sont très demandeurs de recherches sur les plantes médicinales. Ils espèrent y trouver des médicaments pour satisfaire leurs besoins essentiels et des produits d'exportation. On peut se demander si les résultats seront à la hauteur des espérances, volontairement « gonflées » à des fins politiques.

• *Drogues.* — Les stupéfiants les plus utilisés proviennent de plantes cultivées surtout dans les pays tropicaux ou sub-tropicaux (pavot, coca, chanvre, qat). Tout le monde s'accorde à reconnaître que la réduction des sources de drogues passe par un recyclage agricole des sites de production mais le revenu des cultures de plantes à alcaloïde est très supérieur (dix fois dans le cas de la coca en Bolivie) à celui des autres productions agricoles. Les problèmes du tabagisme et de l'alcoolisme ne sont pas sans liens avec les politiques agricoles et leur solution est souvent en opposition avec les intérêts immédiats des producteurs.

• *Les maladies liées aux modifications du milieu par suite des pratiques agricoles.* — C'est un des axes de ce papier, développé plus loin.

• *L'action des pesticides et des engrais sur la santé.* — On s'intéresse de très près à la pollution causée par les pesticides et les engrais; mais indirectement, les insecticides agricoles ont provoqué la sélection de populations de vecteurs résistantes et, de ce fait, ont rendu leur contrôle plus difficile.

• *Santé humaine et santé animale* sont très intriquées dans les zoonoses — leishmanioses par exemple — mais aussi dans le développement des médicaments; l'Ivermectine, le seul produit contre l'onchocercose, est un antihelminthique vétérinaire.

Il est probable que l'on pourrait identifier bien d'autres interfaces. Nous centrerons nos propos sur les points énoncés dans le titre.

## 2. LES MODIFICATIONS DU MILIEU LIÉES AUX PRATIQUES AGRICOLES ET LEURS INCIDENCES SUR LA SANTÉ

L'homme a commencé à modifier son environnement dès la révolution néolithique, lorsque de chasseur-cueilleur il est devenu éleveur-agriculteur. Depuis la deuxième Guerre mondiale, le processus s'est « emballé » sous la pression d'une démographie galopante et d'une destruction des sociétés. La satisfaction des besoins d'une population en croissance exponentielle, exige un accroissement des surfaces cultivées et la mise en œuvre de techniques élaborées pour augmenter les rendements. Il s'ensuit des modifications irréversibles du couvert végétal et une redistribution des eaux de surface. Les paysages « naturels » et les équilibres plus ou moins harmonieux, établis au cours de siècles de pratiques agricoles traditionnelles, sont supplantés par des faciès plus anthropisés; les zones irriguées de cultures intensives en constituent l'aspect positif et la stérilisation, voire la désertification des terres l'aspect négatif. Il faut ajouter à ceci une urbanisation, souvent incontrôlable, qui drainera dans les villes plus de 50 % de la population des pays en développement dès l'an 2000.

Au début du 3<sup>e</sup> millénaire, l'accélération de cette dynamique changera la face

de notre planète. Les maladies liées à l'environnement de par les exigences mêmes de leurs vecteurs, deviendront de plus en plus contingentes des activités humaines. Les foyers naturels si chers aux auteurs soviétiques risquent de n'être plus que des fossiles, éventuellement vivants.

L'étude des interactions de l'agriculture et de la santé est une voie d'approche de l'épidémiologie de demain. Le constat de la faiblesse des moyens de prévention des maladies à vecteurs dans les nouveaux contextes écologiques anthropiques est une incitation et une justification de l'urgence de recherches réalistes.

### 2.1. Destruction des couvertures végétales.

#### 2.1.1. L'assassinat de la forêt tropicale.

La forêt constitue le foyer naturel de certaines affections comme les leishmanioses tégumentaires américaines, l'encéphalite à tique de la forêt de Kyasanur, à un degré moindre la fièvre jaune, qui circulent dans un cycle enzootique (dit « selvatique »); les cultivateurs qui pénètrent en forêt pour l'exploiter ou la défricher sont très exposés. En Bolivie, plus de 70 % des colons de l'Alto Beni sont contaminés par l'« espundia » (*Leishmania braziliensis*) la première année de leur installation (F. LE PONT, comm. pers.); au Brésil, les cas isolés de fièvre jaune en Amazonie ont longtemps été associés à l'abattage des arbres. Les cultivateurs en milieu forestier augmentent leurs contacts avec certains vecteurs comme les glossines; en Côte-d'Ivoire, les planteurs de café immigrés ont été les principales victimes de la recrudescence de la maladie du sommeil à *Trypanosoma gambiense* (18).

Le recul de la forêt tropicale est une catastrophe mondiale au plan écologique car elle entraîne une réduction de la production d'oxygène et une latéritisation rapide des sols dénudés. Cette destruction irréversible se fait pour un profit très éphémère, forestage, cultures sur brûlis pendant deux à trois ans, caféières abandonnées au bout d'une dizaine d'années.

Le déboisement est quelquefois la cause, plus souvent la conséquence de l'installation de l'homme, dans un milieu qui n'était parcouru que par quelques groupes de chasseurs-cueilleurs (29). En même temps, il permet le développement des insectes héliophiles, dont certains sont de redoutables vecteurs de maladies.

Dans la région forestière du Cameroun, *Anopheles gambiae*, vecteur du paludisme, est lié aux villages et aux activités humaines (routes, champs); il n'existe pas dans les sous-bois (31). Les Pygmées qui continuaient à vivre sous le couvert forestier ou à sa limite présentaient en 1958 une très faible prévalence du paludisme (23). En Asie du sud-est, *A. maculatus* devient une espèce de plus en plus importante dans les zones récemment défrichées.

En Côte-d'Ivoire, l'apparition et la prolifération successives de *Bulinus forskalii*, *B. globosus* puis *B. truncatus*, marquent les étapes de la dégradation de la grande forêt à Taï et à Soubré (41; B. SELIN et F. MOUCHET, comm. pers.). Au Cameroun, la schistosomiase intestinale est apparue à Yaoundé en 1957 après la création, dans les bas-fonds récemment déboisés, de grands étangs de pisciculture, près de la ville, dans lesquels pullulait *Biomphalaria camerounensis*.

Inversement, dans la péninsule indochinoise et en Chine du Sud, la déforestation est considérée comme une méthode de lutte contre les espèces du complexe

*A. balacensis*, redoutables vecteurs exophiles de paludisme (28-47). En Afrique, *Chrysops silacea* et *C. dimidiata* vecteurs de la loase, disparaissent lorsque la forêt cède sa place à la savane.

#### 2.1.2. *La destruction des galeries forestières et des formations arborées secondaires.*

La destruction de ces formations résulte non seulement de l'extension des cultures mais aussi des pâturages et de la quête du bois de chauffe, seule source d'énergie domestique dans beaucoup de pays du sud. Le processus s'est beaucoup accéléré au Burkina Faso (15), où l'on s'est inquiété de savoir si la mise en culture des vallées libérées de l'onchocercose par le Programme de Lutte contre l'Onchocercose (OCP) n'aurait pas des conséquences écologiques irréversibles, notamment pour l'érosion des sols (34).

La disparition des galeries forestières entraîne celle des glossines riveraines — *Glossina palpalis*, *G. fuscipes*, *G. tachinoïdes* — vecteurs de la maladie du sommeil, résultat bénéfique pour la santé. Le « clearing » puis la mise en culture des galeries ont d'ailleurs été à la base de la lutte contre la maladie du sommeil par prophylaxie agronomique, en Afrique de l'Ouest; cette méthode est jugée actuellement inacceptable par les écologistes (5).

#### 2.1.3. *Destruction du tapis graminéen.*

Elle résulte du surpâturage par des troupeaux mal gérés ou de l'intensification anarchique des cultures. Ce phénomène prend des allures cataclysmiques pendant les périodes de sécheresse et conduit à la désertification (15). La terre nue, piétinée par le bétail, irrécupérable pour la culture ou l'élevage s'étend sur des kilomètres autour des puits du Sahel ou du Kalahari. Les problèmes nutritionnels liés à une production agricole insuffisante dominent toute la pathologie. Les disettes des années 1970 et 1980, dans le Sahel, sont très représentatives de telles situations.

Évidemment, les maladies à vecteurs régressent avec la raréfaction de la végétation et surtout des eaux de surfaces mais lorsque des années très pluvieuses succèdent aux années sèches, l'eau de surface stagne sur le sol devenu imperméable, créant de nombreux gîtes pour les anophèles. Il peut en résulter des épidémies de paludisme comme celle observée au Botswana en 1988.

### 2.2. *Manipulations du réseau hydrologique.*

Elles répondent à trois préoccupations : procurer de l'eau de bonne qualité aux habitants, permettre le développement de cultures irriguées ou de l'arrosage, fournir de l'énergie.

#### 2.2.1. *Les adductions d'eau potable.*

Très encouragées au cours de la décennie de l'eau (1980-1990), elles ont eu des effets bénéfiques sur la santé :

— réduction des maladies liées à l'absorption de germes pathogènes : vibrions cholériques, salmonelles, etc.,

— réduction de la dracunculose (*Dracunculus medinensis*) puisque les eaux de boisson fournies par des adductions correctes ne sont plus infestées par les

*Cyclops*, hôtes intermédiaires du parasite (13-16). Cependant, dans de nombreux villages, les habitants continuent à boire des eaux de surface, stagnantes et polluées, dont le goût est préféré à celui des eaux de pluie ou des adductions.

### 2.2.2. Les barrages.

Les barrages sont à l'origine de deux types de biotopes où se développent des vecteurs : les eaux stagnantes des retenues, les eaux courantes des déversoirs.

#### *Les lacs de retenue.*

Suivant la taille et la destination du barrage, deux cas se présentent :

Les petits barrages, souvent en terre, sont à vocation agricole, ils constituent des réserves d'eau pour les besoins domestiques et agricoles des communautés. Dès le début de la saison sèche, leur niveau s'abaisse provoquant sur leur pourtour la formation de petites collections d'eau temporaires ensoleillées; parfois même ils s'assèchent.

Les grands barrages sont destinés à la constitution de lacs souvent très vastes dont les caractéristiques physiques et biotiques évoluent considérablement depuis la mise en eau jusqu'à l'établissement d'un certain équilibre. La submersion des zones boisées entraîne une acidification de l'eau accompagnée du développement d'une végétation flottante exubérante (Jacinthes d'eau, Pistia, Salvinia) puis une végétation dressée (roseaux, papyrus et autres Cypéracées) prend possession des zones peu profondes. A ces processus évolutifs, s'ajoutent des variations saisonnières de niveau, liées au régime des tributaires, qui peuvent soit entraîner la submersion de la végétation pendant les crues, soit amener la formation de collections résiduelles à l'étiage.

Tous les lacs de retenue africains ont été colonisés par des hôtes intermédiaires de schistosomes, bulins ou planorpes, entraînant, au bout d'un délai variable, l'apparition ou l'augmentation des bilharzioses (20). *Biomphalaria pfeifferi* a même occupé les petits barrages de la région de Bandiagara au Mali, en dehors de son aire de répartition (42). Mais au Surinam, l'acidité de l'eau du lac de Brokponde, dans la forêt amazonienne, n'a pas permis l'installation de *Biomphalaria glabrata* (22); semblables observations ont été faites en d'autres sites de l'Amazonie.

La prolifération des plantes aquatiques entraîne celle des moustiques qui leur sont associés, notamment des *Mansonia* qui constituent une nuisance considérable pour les riverains. Bien que certaines espèces soient des vecteurs de la filariose à *Brugia malayi* dans le sud-est asiatique, la littérature ne mentionne jusqu'ici aucune poussée de cette endémie consécutive à la construction de barrages.

Le cas du paludisme est plus complexe. En Afrique tropicale, les petits barrages créent des multitudes de gîtes pour *A. gambiae*, notamment au niveau des collections d'eau résiduelles qui les entourent; de plus, *A. funestus* trouve un biotope très favorable dans la végétation dressée des bords. Cependant cette pullulation des vecteurs de paludisme, tout en accroissant la transmission et en la pérennisant, ne semble pas avoir eu d'incidence notable sur la morbidité palustre dans les régions de haute endémicité. En effet, les conséquences pathologiques du paludisme ne sont pas directement corrélées à l'intensité de la transmission mais sont modulées par l'immunité. Il n'en va pas de même dans les régions de faible endé-

micité; en Turquie, par exemple, *A. sacharovi*, provenant de la retenue d'un barrage, a ainsi été à l'origine d'une épidémie de paludisme (11).

Il n'est pas toujours facile de prévoir quelles espèces vont se développer à la suite de la construction d'un barrage. C'est ainsi qu'au Surinam on pensait que le barrage de Brokopondo allait entraîner un fort accroissement de *A. darlingi*, vecteur local du paludisme (22); or, c'est *A. nunez-tovari* qui pullula sans d'ailleurs entraîner de conséquence médicale bien que cette espèce fut un vecteur efficace du paludisme dans le pays (35), comme au Venezuela. Des observations analogues ont été faites sur le site du barrage de Tucurui au Brésil où jusqu'ici la pullulation d'*A. nunez-tovari* n'a pas été suivie d'une explosion de paludisme (J.-P. HERVÉ, comm. pers.).

En Afrique tropicale, la filariose à *Wuchereria bancrofti* est répartie en foyers bien délimités, caractérisés par une très forte densité d'*A. gambiae* et d'*A. funestus* durant une grande partie de l'année. La déforestation d'une part, la création de gîtes abondants au niveau des retenues d'eau d'autre part, sont des facteurs qui favorisent le développement de ces foyers. Au Burkina Faso, on a ainsi observé des foyers autour des petits barrages du pays Mossi (7).

Par contre, effet bénéfique, les lacs de retenue submergent les vallées et font disparaître les rapides, gîtes des simulies vecteurs de l'onchocercose (37).

#### *Les déversoirs des barrages.*

Les déversoirs créent des courants artificiels, de faible profondeur; le substrat bétonné ou pierreux constitue un excellent support pour les larves de simulies et en particulier de *Simulium damnosum s.l.* Des foyers d'onchocercose peuvent ainsi se constituer autour des barrages dans des zones qui étaient indemnes de la maladie. Des épidémies localisées mais très sévères de cette maladie ont été ainsi observées dans des zones de mise en valeur du Burkina Faso et du Mali (21, 37, 40). Il semble que semblable situation soit en train de s'établir autour des barrages en terre des Monts Mandara au Nord-Cameroun, où la maladie était autrefois inconnue, au moins dans ses manifestations pathologiques.

### 2.2.3. *Les systèmes d'irrigation.*

#### a) *Le réseau de distribution et d'évacuation des eaux.*

Les réseaux d'amenée et d'évacuation des eaux sont constitués de canalisations diversifiées dans leur débit, leur structure (terre, ciment, plastique) et leur pente. Il est difficile de comparer un grand canal, véritable cours d'eau, à une rigole à fonctionnement intermittent qui alimente une rizière. Un certain nombre de facteurs sont à prendre en considération pour évaluer leur capacité à favoriser le développement des vecteurs.

La vitesse du courant, fonction de la pente, est déterminante pour les larves de simulies. En Côte-d'Ivoire, *S. damnosum* se rencontre dans les canaux dont le courant est supérieur à 0,6 m/sec (Y. SÉCHAN, comm. pers.). Au contraire, les mollusques disparaissent dans les courants supérieurs à 0,30 m/sec. La végétation est fonction de la structure de la canalisation; la terre est plus favorable que le ciment ou le plastique mais lorsque les canaux cimentés ne sont pas nettoyés, les matières organiques s'accumulent et les plantes aquatiques croissent, servant

de supports aux mollusques, hôtes intermédiaires de schistosomes (43). Les canalisations à courant très lent et à végétation importante constituent également de très bons gîtes à anophèles, par exemple à *A. sinensis* et *A. anthropophagus* en Chine ainsi qu'à *A. pulcherrimus* en Afghanistan.

b) *Les surfaces irriguées.*

Ce sont en tout premier lieu les rizières qui retiennent l'attention et ceci n'est pas nouveau car dès le troisième millénaire avant J.-C., les Chinois avaient observé leur impact sur la santé et au Moyen Age, en Espagne, les Chrétiens se montraient réticents à la culture du riz pour des raisons de santé (L. A. NAJERA, *in* (2)).

La rizière est un milieu qui évolue en quelques semaines, formant une succession de biotopes très favorables à la pullulation de diverses espèces de moustiques et notamment d'anophèles. Après le repiquage du riz elle forme un plan d'eau peu profond fortement ensoleillé où la température de l'eau est élevée; puis au fur et à mesure de la croissance du riz elle est recouverte de végétation dressée, tout à fait analogue à celle des roselières; l'ombrage des tiges de riz évite de brusques échauffements de l'eau que les rayons solaires atteignent difficilement; la végétation fournit aux larves de moustiques des abris contre les prédateurs.

En Afrique, *A. gambiae*, héliophile, puis *A. funestus*, ombrophile, se succèdent ainsi au cours de l'évolution des rizières au Kenya (44). En Afrique de l'Ouest, *A. gambiae* est toujours pullulant dans les rizières mais la deuxième espèce n'y semble pas fréquente (39); aucune explication n'a été avancée pour ces différences entre l'est et l'ouest du continent.

De très nombreuses autres espèces d'anophèles sont associées aux rizières; les plus importantes sont *A. sinensis* en Chine (26), *A. aconitus* en Indonésie (46), *A. hyrcanus* en Turquie et en France (Camargue), *A. atroparvus* en Espagne et au Portugal (19). Cette liste n'est nullement exhaustive.

Certaines espèces comme *A. hyrcanus* ne sont pas des vecteurs. D'autres comme *A. sinensis* et *A. aconitus* transmettent essentiellement *Plasmodium vivax*. Par contre, *A. gambiae* est un des meilleurs vecteurs, sinon le meilleur, de *P. falciparum*, l'hématozoaire responsable de la létalité palustre. Il est incontestable que la présence de rizières accroît considérablement les populations de cette espèce, mais les effets, au plan de la santé publique, de cette augmentation des populations de vecteur ne peuvent être appréciés qu'en fonction du contexte épidémiologique et écologique.

Au Burundi, l'irrigation de la vallée de la Ruzizi a entraîné la multiplication d'*A. gambiae s.l.* et *A. funestus*. Comme le paludisme était hypo-endémique ou absent et que les colons venaient souvent de montagnes indemnes de la maladie, il s'en est suivi une épidémie de paludisme extrêmement grave frappant des sujets non immuns (12).

Au Burkina Faso, dans une région de paludisme holoendémique, on a pu comparer des villages sis dans un périmètre rizicole à des localités de savane pratiquant des cultures pluviales traditionnelles (9). Dans les premiers, le nombre de piqûres dues à *A. gambiae* était sept fois supérieur au nombre d'agressions dans les secondes. Cependant, la transmission y était de quatre fois inférieure car les anophèles avaient un indice sporozoïtique très faible. Les études exécutées dans les deux types de village pour expliquer cet apparent paradoxe montraient qu'en

zone rizicole dominait le cytotype « Mopti » d'*A. gambiae* alors que dans les villages de cultures traditionnelles c'était le cytotype « savane » de la même espèce qui était le mieux représenté. Mais en laboratoire les deux cytotypes étaient aussi aptes l'un que l'autre à assurer la transmission. L'écologie humaine apportait une explication satisfaisante. En effet dans la zone rizicole, les habitants harcelés par les piqûres de moustiques dorment sous des moustiquaires que leurs ressources leur permettent d'acquérir. Ils sont ainsi protégés et la diminution du contact homme/vecteur entraîne celle de la transmission. La prévalence parasitaire et l'incidence des manifestations cliniques du paludisme étaient moins élevées dans la zone rizicole que dans les villages de cultures traditionnelles de savane (L. PAZART, comm. pers.).

Ces exemples illustrent bien à quel point il est difficile de prévoir les risques liés à la construction de périmètres irrigués ou de barrages car l'augmentation des populations de vecteurs n'est pas toujours synonyme d'aggravation de la maladie.

Les anophèles ne sont pas les seuls moustiques à se développer dans les rizières. En Extrême-Orient, elles sont les biotopes électifs de *Culex tritaeniorhynchus*, le principal vecteur de l'encéphalite japonaise (26). Par ailleurs, bien d'autres espèces de moustiques se développent dans les surfaces irriguées. Elles ne sont souvent que des nuisances mais dans l'ouest des États-Unis, *Culex tarsalis*, hôte des prairies irriguées, est vecteur de l'Encéphalite équine de l'Ouest.

Aux Philippines, de fortes populations d'*Oncomelania quadrasi* hôte de *Schistosoma japonicum* se reproduisaient dans les rizières, bien que celles-ci aient été considérées comme de mauvais biotopes pour ce mollusque; en fait dans la région étudiée la culture du riz était assez primitive et ne comportait aucun désherbage; en procédant à des hersages répétés avant le repiquage on a éliminé les *Oncomelania sp.* et doublé la production du riz (36).

Dans l'Afrique sahélienne, bulins et planorbes ne se reproduisent en général pas dans les rizières du fait des températures très élevées de l'eau (40° C) et probablement d'autres facteurs biotiques et abiotiques. Les quelques spécimens qui s'y rencontrent ont été entraînés à partir des canaux et y survivent plus ou moins longtemps (50; F. MOUCHET, comm. pers.). Il semble que cette situation soit assez générale en Afrique tropicale.

### 3. LES POLLUTIONS AGRO-ALIMENTAIRES ET LES VECTEURS

Les rejets des industries agro-alimentaires, en dehors de leurs effets délétères sur la faune aquatique, ont provoqué des proliférations inattendues de vecteurs.

En France, dans les Vosges (33), les rejets organiques d'une laiterie ont entraîné une pullulation de *Simulium ornatum* dont les piqûres, par leur seul effet toxique, ont provoqué la mort de plusieurs dizaines de bovins. Semblable effet n'a jamais été observé avec des simulies anthropophiles mais l'éventualité n'est pas à rejeter et des problèmes graves pourraient émerger dans les zones d'endémie onchocercienne.

Depuis les observations d'HAMON (17), à la Réunion, c'est un fait bien connu que les eaux rejetées par les usines de traitement de la canne à sucre constituent

des gîtes privilégiés de *Culex quinquefasciatus*, vecteur, sur le pourtour de l'Océan Indien, de la filariose de Bancroft. Toutefois, aucune augmentation de la prévalence de cette parasitose n'a jamais été enregistrée à la suite de telles pollutions, mais cette situation pourrait évoluer avec le temps.

#### 4. LES ACTIONS INTERSECTORIELLES POUR LA LUTTE CONTRE LES MALADIES À VECTEURS

Pour faire face aux problèmes sanitaires découlant des activités agricoles les organisations internationales incitent très vivement à une collaboration entre les deux domaines concernés pour établir des mesures de lutte ou mieux de prévention. Cette collaboration intersectorielle devrait s'inscrire dans un processus continu. Elle devrait débuter lors de la planification des projets de développement pour sélectionner les infrastructures et les méthodes culturales qui minimisent les problèmes de santé ultérieurs. Puis, elle devrait se poursuivre lors de l'exploitation des zones aménagées pour obtenir la participation des communautés aux opérations de santé y compris à la lutte intégrée contre les vecteurs.

Quel que soit le désir quasi universel d'améliorer la santé, il faut garder en mémoire que la production agricole est une priorité de la plupart des pays en développement. Les agronomes aussi bien que les cultivateurs ne seront réceptifs aux propositions des hygiénistes que si les activités nouvelles qui leur seront demandées sont économiquement supportables et ne nuisent pas à la productivité agricole. C'est la pierre angulaire de toute collaboration intersectorielle.

##### 4.1. Les traitements insecticides agricoles et les vecteurs.

Les traitements insecticides appliqués aux ravageurs du riz ont, dans un premier temps, eu un fort impact sur les vecteurs dont les larves se développaient dans les rizières. C'est ainsi qu'en Corée du Sud, à la fin des années 1960, ils contrôlèrent *Culex tritaeniorhynchus* et par voie de conséquence, réduisirent l'incidence de l'encéphalite japonaise (6). Il n'en fut pas de même à Taïwan car le cycle du moustique était plus court que l'intervalle entre les traitements agricoles. Au Kenya, il semble au contraire que les traitements du riz aient favorisé la prolifération d'*A. arabiensis* en éliminant ses prédateurs (44).

Globalement, les traitements agricoles ont constitué un très sérieux obstacle à la lutte contre les vecteurs et les anophèles, en particulier, en contribuant à la sélection de souches résistantes. Ceci résulte soit du traitement direct des rizières, gîtes à moustiques, soit de l'entraînement par les pluies de l'insecticide appliqué aux cultures, en particulier au coton, dans des dépressions du sol qui sont des gîtes à moustiques. Enfin les lieux de repos des anophèles, les tiges de cotonnier par exemple, peuvent être directement contaminés par les applications d'insecticides. Actuellement, la responsabilité de la plupart des résistances chez les *Anopheles* et *C. tritaeniorhynchus* incombe aux pratiques agricoles. On a ainsi observé des résistances dans des régions où les insecticides n'avaient jamais été utilisés en santé publique (*A. gambiae* au Burkina Faso, au Mali) ou chez des espèces qui n'entrent jamais dans les maisons (*A. hyrcanus* en Turquie) donc qui n'ont pas pu être en contact avec les traitements domiciliaires. Réciproquement, dans des

régions du Sud-Est asiatique où les maisons étaient traitées au DDT depuis plus de 20 ans, il n'y a toujours pas de résistance chez des espèces endophiles (*A. minimus*) ou partiellement exophiles (*A. dirus*) que leur écologie larvaire ne met pas au contact des traitements agricoles; de même, en Amérique du Sud, il n'y a pas de résistance chez *A. darlingi* car ni les cultures de coton ni les cultures de riz ne sont très étendues dans l'aire de distribution de ce vecteur. En Amérique centrale, *A. albimanus* est résistant à tous les insecticides dans les zones cotonnières du Salvador alors qu'il est toujours sensible à Haïti. L'ensemble de ces questions a été revu récemment (30).

En 1984, une Conférence, réunie à Colombo à l'initiative du Ministère de la Santé du Sri Lanka, a proposé de réserver certains insecticides à la santé et d'abolir leur usage en agriculture (3). Le Sri Lanka a ainsi décidé de réserver le malathion pour la lutte contre les vecteurs. De son côté, la Chine a réservé le DDT pour le même usage. Mais ces mesures sont tardives et beaucoup de vecteurs sont déjà résistants au DDT, quelques-uns au malathion. On peut aussi douter de leur efficacité car les traitements agricoles sont le plus souvent entre les mains de paysans ou d'exploitants agricoles sur lesquels les autorités sanitaires ont peu de prise et qui sont intéressés au premier chef par leurs profits immédiats.

#### 4.2. Aménagement de l'environnement.

Aménager l'environnement et pratiquer la lutte intégrée contre les vecteurs sont deux concepts qui ne peuvent que recueillir l'assentiment général. La difficulté est de les asseoir sur des techniques réalistes susceptibles d'avoir un réel impact en santé publique. Les voies de réalisation portent sur l'adaptation des structures, la modification des méthodes culturales et le développement de la lutte intégrée.

##### 4.2.1. Réduction des sources par le génie civil.

En dehors des actions d'hygiène domestique ou périodestique, la réduction des sources peut s'inscrire dans des modifications profondes du paysage. Celles-ci peuvent trouver leur justification dans des objectifs agronomiques mais elles peuvent aussi s'inscrire dans des plans d'urbanisme, des schémas industriels ou le développement des aires de loisirs.

L'assèchement des Marais Pontins en Italie, pour cultiver du blé, avait certes un but agricole mais aussi politique puisqu'il servit à la propagande de Mussolini récoltant « son blé ». L'aménagement du Bas-Rhône-Languedoc s'adresse à la fois à l'agriculture et au tourisme qui n'aurait pu se développer sans supprimer la nuisance des moustiques. Le boisement des bas-fonds humides par certaines essences comme les Eucalyptus contribue à leur assèchement. Ces grands travaux de génie civil sont en général très onéreux. Leur motivation sanitaire, si elle est invoquée, est en général subordonnée à des intérêts économiques.

Un projet très intéressant a été initié en Inde, dans l'État de Gujarat, basé sur la participation de la communauté. Il a reçu un gros support scientifique, technique et financier. Les premiers résultats (45), sont prometteurs; mais ils ont été obtenus pendant des années sèches où le paludisme a été très modéré dans la région. Ils restent à être confirmés durant les années pluvieuses à forte trans-

mission. De plus la bonne exécution de telles actions, sous la seule responsabilité et avec les seules ressources des communautés demande à être mise à l'épreuve.

La création de bassins de pisciculture dans les bas-fonds marécageux a été considérée comme un moyen de les assainir en Inde (38, 45). Mais au Congo, près de Brazzaville, ils sont la principale source d'*A. gambiae* (8). Il y a certainement matière à recherche pour résoudre cette apparente contradiction. Et, en Côte-d'Ivoire, à Bouaké, ils sont des gîtes très productifs de *B. pfeifferi*, heureusement sans beaucoup de contact avec l'homme.

#### 4.2.2. *Entretien et/ou modification des infrastructures.*

Un doublage des vannes et des déversoirs des barrages permet leur assèchement alternatif qui entraîne la mort des larves de simuliés par déshydratation (37). Bien que nécessitant un investissement initial, cette méthode est simple et donne de bons résultats.

C'est plus souvent parce qu'ils sont mal entretenus et encombrés de végétation que les canaux d'irrigation sont sources de vecteurs. Or, la plupart du temps, cet entretien incombe aux communautés qu'il convient donc de motiver. Le cimentage des canaux ou leur « lining » avec du plastique facilite leur curage mais surtout entraîne de substantielles économies d'eau. La construction de canalisations souterraines généralement associées à l'arrosage est onéreuse et ne se justifie, au plan économique, que pour des cultures de haut rapport comme la canne à sucre.

L'évacuation des eaux utilisées en irrigation pose des problèmes de drainage analogues à ceux des aménages d'eau. Si le drainage n'est pas correctement exécuté il peut se créer des marécages, sources de moustiques et de mollusques.

On a beaucoup écrit sur l'aménagement de berges abruptes le long des retenues d'eau. Cette technique n'est guère réaliste lorsque leurs rives s'étendent sur plusieurs centaines de kilomètres, le long des retenues des grands barrages où, de plus, il n'est pas prouvé qu'elle entraînerait l'élimination totale des moustiques et des mollusques. Elle est quasiment inapplicable aux petits barrages par suite de leurs variations saisonnières de niveau d'amplitude considérable.

Beaucoup de méthodes proposées aujourd'hui pour la gestion des barrages sont inspirées de l'aménagement de la vallée du Tennessee aux États-Unis. Bien peu sont transposables aux pays tropicaux en développement pour des raisons techniques, économiques et épidémiologiques. Cette relative inadéquation apparaît nettement à la lecture de l'ouvrage édité par l'OMS sur l'Aménagement de l'Environnement (4).

#### 4.2.3. *Modification des méthodes culturales.*

On a constaté depuis longtemps que certaines pratiques culturales, comme l'irrigation intermittente des rizières, diminuaient la production de vecteurs. Après avoir prôné leur utilisation généralisée, on s'inquiète beaucoup de déterminer leurs limites d'applicabilité eu égard aux contraintes agronomiques ainsi qu'aux habitudes des cultivateurs. Plusieurs ateliers ont mis en présence agronomes et hygiénistes en 1984 et 1987 (1, 2) pour s'attaquer au problème des rizières.

L'irrigation intermittente, pratiquée depuis très longtemps en Chine et plus récemment au Portugal entraîne une diminution de la production de moustiques comparativement à l'irrigation permanente (19, 27). Cependant, après le repiquage,

la rizière doit rester submergée pendant 15 à 20 jours, délai suffisant pour permettre le développement d'une ou deux générations de moustiques. En Chine, cette pratique culturale est imposée par l'utilisation de l'engrais humain qui maintient l'humidité du sol; des assèchements périodiques sont alors nécessaires pour éviter une transformation du sol en tourbière. Les engrais chimiques ne maintiennent pas cette humidité et une absence d'eau de plus de trois jours entraîne une réduction de la production céréalière. Or, dans beaucoup de pays, le fonctionnement des réseaux d'irrigation n'est pas assez fiable pour que les cultivateurs puissent prendre le risque d'assécher leurs parcelles car ils ne sont pas sûrs d'obtenir à nouveau de l'eau en temps opportun. L'utilisation de cette méthode n'est donc pas généralisable (2).

L'*Azolla pinnata*, petite fougère flottante en symbiose avec une algue cyanophycée *Anabaena azollae* est utilisée comme engrais vert dans les rizières depuis le XI<sup>e</sup> siècle au Viêt-nam et en Chine. Lorsqu'elle est en peuplement dense, elle peut former un film continu qui empêche les larves de moustique de venir respirer et les adultes de pondre. Les très bons résultats obtenus dans des bassins expérimentaux ne sont pas directement transposables aux grandes collections d'eau que sont les surfaces irriguées. Actuellement l'utilisation d'*Azolla* est en diminution en Asie où elle n'a pas répondu à l'attente des cultivateurs comme engrais vert (2). Mais des recherches utilisant les outils les plus sophistiqués de la biologie moléculaire tentent d'améliorer les performances du couple *Azolla-Anabaena azollae* (14). Les études entomologiques pourraient alors être reprises.

Pour certaines cultures comme la canne à sucre, l'arrosage qui supprime tout problème de vecteurs, a remplacé l'irrigation.

Un changement important est en train de se produire dans les activités agricoles : la motorisation remplace la traction animale. Les animaux de trait (surtout buffles et bœufs, en Asie du Sud-Est) se raréfient et des moustiques, jusque-là essentiellement zoophiles, pourraient être amenés à rechercher chez l'homme leur source de nourriture. Cette anthropophilie obligatoire augmenterait la capacité vectorielle d'espèces qui jusqu'ici n'étaient pas des vecteurs importants.

#### 4.2.4. Lutte biologique.

Dans le domaine de la santé publique, les résultats de la lutte biologique ont été modestes, même si on prend en compte les préparations bactériennes de *Bacillus thuringiensis* H14 et de *B. sphaericus*, qui sont en fait des insecticides d'origine biologique. Étant donné la faible rémanence des préparations de *B. thuringiensis* et l'étendue des zones à traiter, leur emploi pour la lutte contre les moustiques de rizière n'est, d'ailleurs, guère envisageable même si on fermente le produit localement (25).

Les poissons ont été utilisés à deux fins dans les canaux de rizières : les carpes pour dévorer la végétation et supprimer les « abris » des larves de moustiques qui deviennent alors vulnérables à leurs prédateurs naturels ou introduits; les poissons larvivores (*Gambusia*, Guppies), précisément comme prédateurs. Ces derniers sont utilisés à cet effet depuis longtemps sans que leur efficacité sur la maladie elle-même ait jamais réellement été évaluée.

Le seul résultat réellement positif, au plan épidémiologique, sur l'utilisation des poissons a été obtenu en Somalie dans une zone semi-désertique. Le vecteur

local du paludisme *A. arabiensis* se développe exclusivement dans des citernes souterraines, où des poissons ont pu facilement éliminer les larves de cet anophèle. Il s'en est suivi une baisse du paludisme. Il faudrait se garder de généraliser à partir d'un cas particulier très marginal (5).

La pisciculture dans les rizières n'est pratiquée que dans quelques régions de Chine; elle exige beaucoup de savoir-faire pour un rendement minime en poissons (25). Son impact sur les populations de moustiques n'a pas été évalué.

Aux États-Unis (*in* (2)), la reproduction hivernale des *Gambusia* pose de sérieux problèmes. Il n'y a pas de « technologie suffisamment bon marché pour une démoustication globale à des coûts abordables » dans les rizières et autres surfaces irriguées de Californie (*in* (2)).

A Porto-Rico, l'introduction du mollusque *Marisa cornuensis* a réduit les populations de *Biomphalaria glabrata* par compétition mais les *Marisa* dévorent avec avidité les jeunes plants de riz (2).

Même si l'on doit le déplorer, il faut constater que les perspectives immédiates de la lutte biologique restent limitées.

#### 4.2.5. Lutte intégrée et actions intersectorielles.

Le terme de lutte intégrée recouvre un concept et non des méthodes ou des techniques. Dans l'esprit de ses créateurs, il impliquait l'association de toutes les méthodes disponibles pour lutter contre un insecte, en privilégiant celles qui n'utilisaient pas de produits chimiques pour diminuer la consommation de pesticides. C'est une démarche séduisante, avec laquelle on ne peut pas ne pas être d'accord, sous réserve que l'on ait des méthodes efficaces à intégrer. Malheureusement, dans le domaine de la lutte antivectorielle, ce terme a souvent servi à masquer l'incapacité à résoudre les problèmes avec des méthodes simples; parmi les méthodes proposées pour l'intégration, peu sont réellement efficaces et l'addition de deux d'entre elles n'en augmente pas forcément les effets au plan épidémiologique. Il faut savoir également que dans le domaine qui nous préoccupe, une diminution du nombre des vecteurs n'entraîne pas forcément une baisse identique du poids de la maladie. Sur ce point, la philosophie de l'entomologiste médical diffère sensiblement de celle de l'entomologiste agricole pour lequel toute diminution des ravageurs se répercute sur le rendement des cultures.

Toutes les méthodes que nous avons précédemment citées entrent dans le cadre de la lutte intégrée. Toutes celles qui impliquent une participation des agronomes et des cultivateurs doivent se concevoir et s'exécuter dans le cadre d'une collaboration santé-agriculture. On a insisté avec raison sur la nécessité de développer les actions intersectorielles mais ceci restera un vœu pieux tant que n'auront pas été identifiées les actions qui peuvent être développées en commun. Or, jusqu'ici l'arsenal est maigre et ce n'est que grâce à des activités de recherches menées en commun qu'il pourra être approvisionné.

#### 4.2.6. Les méthodes de lutte conventionnelles ou nouvelles.

Dans la plupart des situations, des méthodes de lutte intégrée basées sur une coopération intersectorielle et la participation des communautés ne sont pas disponibles. Il faut cependant faire face aux situations nouvelles créées par le développement agricole. Elles sont d'autant plus critiques que les colons sont susceptibles

d'introduire des affections antérieurement absentes des zones mises en valeur. Réciproquement, beaucoup de nouveaux arrivants ne présentent pas d'immunité aux affections locales. Par contre, l'augmentation des ressources individuelles et collectives due à l'essor agricole peut permettre la mise en place de meilleures infrastructures sanitaires et fournir les moyens pour une meilleure protection individuelle ainsi que nous l'avons vu à propos d'une zone rizicole du Burkina Faso (cf. 2.2.3.b).

Les thérapeutiques curatives permettent de traiter efficacement la plupart des maladies et notamment le paludisme et les schistosomias. L'Ivermectine permet maintenant d'éviter les complications oculaires de l'onchocercose contre lesquelles on était jusqu'ici démuné.

Les méthodes de lutte antivectorielle classiques peuvent être plus aisément appliquées grâce aux ressources supplémentaires. Quelques exemples nous ont semblé significatifs. Les pulvérisations intradomiciliaires ont permis d'assurer une très bonne protection des colons de la Ruzizi au Burundi (12). L'utilisation massive de moustiquaires imprégnées de deltaméthrine a diminué de plus de 95 % les accès palustres dans une zone rizicole de Chine du sud (24). Au Burkina Faso où, comme nous l'avons déjà dit (cf. 2.2.3.b), l'emploi des moustiquaires non imprégnées avait considérablement diminué l'incidence du paludisme en zone rizicole de la vallée du Kou, l'imprégnation de celles-ci avec de la deltaméthrine a encore diminué de moitié l'incidence des manifestations pathologiques de cette affection (PAZART et RICHARD, comm. pers.). Dans le même périmètre agricole, la construction de latrines et l'obligation faite aux habitants de s'en servir, a abaissé les schistosomias à un niveau très inférieur à celui des régions environnantes pourtant moins exposées.

Le succès de ces mesures de lutte, au Burkina Faso au moins, est une retombée du développement agricole; à ce titre, elles peuvent être considérées comme des actions intersectorielles.

## 5. CONCLUSIONS

On ne peut traiter de l'interface agriculture-santé dans le domaine des maladies à vecteurs sans souligner l'impact considérable qu'a eu la lutte antivectorielle sur le développement agricole. Beaucoup de pays méditerranéens, la Grèce, la côte orientale de Corse ont connu un réel « boom » économique après la disparition du paludisme. Même si ce n'est pas le seul facteur impliqué elle a joué un rôle certain. Au Népal, la plaine tropicale du Terai était une zone de chasse quasiment inhabitée, refuge des tigres et des rhinocéros; après élimination du paludisme au début des années 1960, elle est devenue la région la plus peuplée et la plus riche du pays et il a fallu créer des réserves pour préserver la faune sauvage en voie d'extinction. Au Swaziland, l'élimination du paludisme du Lowland, quasi vide, en a fait la région la plus riche du pays.

Plus actuel et peut-être plus spectaculaire a été l'impact de la lutte antismulienne dans le cadre du Programme de Lutte contre l'Onchocercose (34); elle a permis la réoccupation et le développement des vallées libérées du fléau au Burkina Faso, au Mali et en Côte-d'Ivoire.

De plus, l'action médicale directe ou par le canal de la lutte antivectorielle est un facteur déterminant pour maintenir la santé des cultivateurs et éviter l'absentéisme (paludisme, ver de Guinée, filarioses) aux périodes cruciales d'activité rurale.

Le développement d'actions intersectorielles dans le domaine de la prévention des maladies à vecteur apparaît donc comme une nécessité de l'un et l'autre point de vue.

Les résultats exposés au séminaire du TEAE (2) ne sont pas très encourageants jusqu'à maintenant. Aussi les recommandations de cette réunion portent-elles essentiellement sur la formation et l'information, puis sur la recherche.

L'ordre des priorités devrait être inversé et la recherche occuper une place prééminente. En effet, si nous ne développons pas de méthodes performantes et une méthodologie adéquate pour les évaluer en termes de santé, il est difficile de concevoir un enseignement adapté aux besoins. Jusqu'à maintenant les deux secteurs, santé et agriculture, ont travaillé séparément; souvent ils ont confronté leurs problèmes, plus rarement leurs résultats. Malgré le côté galvaudé du terme, il faudrait intégrer beaucoup plus intimement les deux champs d'activité. Évidemment, le développement de cette recherche nécessite la formation de chercheurs, plus urgente dans un premier temps, que celles d'exécutants qui manqueraient singulièrement de méthodes à appliquer hors des pratiques de santé classiques.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. ANONYME. — *Environmental management for vector control in rice fields. FAO Irrigation and Drainage*, paper n° 41, 1984, 145 p.
2. ANONYME. — *La lettre d'information du TEAE* (Tableau d'Experts de l'Aménagement de l'Environnement pour la lutte contre les vecteurs), n°s 11 et 12, Genève, 1987.
3. ANONYME. — A summary presented by country representatives. *Proc. Intern. Work Resistance to Insecticides used in Public Health and Agriculture*, 22-26 Feb., 1982, Nat. Sci. Council Sri Lanka, 147-155.
4. ANONYME. — *Manual of Environmental Management for Mosquito Control*. WHO ed., Genève, 1982.
5. ANONYMOUS. — Consultation of integrated vector control in rural communities. Final Rept. Brazzaville, 4-8 Feb., 1985. AFRO/EPID/49-30.
6. BANG (Y. H.). — Pesticide spray practices in rice fields and control of culicine mosquitoes, WHO/VBC, Genève, 1970, 6 p.
7. BRENGUES (J.). — La filariose de Bancroft en Afrique de l'Ouest. *Mémoire ORSTOM*, Paris, n° 79, 1975, 299 p.
8. CARNEVALE (P.). — Le paludisme dans un village des environs de Brazzaville, République Populaire du Congo. *Thèse Doc. Sci.*, Univ. Paris-Sud, 1978, n° 2175, 120 p.
9. CARNEVALE (P.), HERVY (J. P.), ROBERT (V.), HURPIN (C.), BAUDON (D.), BRANDICOURT (O.), GAZIN (P.), BOUDIN (C.), OVAZZA (L.) & MOLEZ (J. F.). — La transmission du paludisme dans un périmètre rizicole et en zone de savane de Haute-Volta. *C. R. 2<sup>e</sup> Conf. Intern. Paludisme et Babesioses*, Annecy, 12-22 septembre 1983, 140 p.
10. CHANDLER (J. A.) & HIGHTON (R. B.). — The succession of mosquito species in rice fields in the Kisumu area of Kenya, and their possible control. *Bull. ent. Res.*, 1975, 65, 211-221.
11. CLARKE (J.). — *Environmental management for vector control. FAO Irrigation and Drainage*, paper n° 41, 1981, 54.
12. COOSEMANS (M.). — Recherches épidémiologiques sur le paludisme dans la vallée de la Ruzizi et dans l'Imbo Sud (République du Burundi). *Thèse Doc. Sci.*, Univ. catholique de Louvain, 1987, 182 p.

13. ELDING (B.). — Guineaworm eradication, an integrated approach. *Community Participation for vector control. Mal. Res. Cent.*, Delhi, ed., 1986, 121-135.
14. FRANCHE (C.). — La biologie moléculaire au service de la symbiose *Azolla-Anabaena azollae*. *ORSTOM Actualités*, Paris, 1988, n° 20, 3-5.
15. GROUZIS (M.). — Problèmes de désertification au Burkina Faso, Séminaire UNESCO, Ouagadougou, 1983. Doc. ronéot. ORSTOM, Ouagadougou, 9 p.
16. GUIGEMDÉ (T. R.). — *Éliminons le ver de Guinée*. OCCGE, ed., Bobo-Dioulasso, 1984, 32 p.
17. HAMON (J.). — Étude biologique et systématique des Culicidae de l'île de la Réunion. *Mém. Inst. Scient. Madagascar*, sér. E, 1953, 5, 521-541.
18. HERVOUËT (J. P.) & LAVEISSIÈRE (C.). — Facteurs humains de la transmission de la maladie du sommeil. *La Medicina Tropicale*, Roma, 1987, 3, 72-78.
19. HILL (R. B.) & CAMBOURNAC (F. J. C.). — Intermittent irrigation in rice cultivation and its effects on yield, water consumption and Anopheles production. *Am. J. Trop. Med.*, 1941, 21, 123-144.
20. JORDAN (P.). — Schistosomiasis. Epidemiology, clinical manifestations and control. *In: Man-made lakes and Human Health*. Stanley & Apers, ed., Academic Press Lond., 1975, 35-51.
21. LE BERRE (R.). — Le foyer d'onchocercose de Loumana (Cercle de Sindou, Haute-Volta). Doc. roneot. OCCGE 58/Oncho/71, Bobo Dioulasso, 1971, 5 pp.
22. LEENTVAAR (P.). — The Brokopondo Research Project. *Man-made lakes and Human Health*, 1975, Stanley and Alpers ed. Acad. Press London, 179-193.
23. LIVADAS (G.), MOUCHET (J.), GARIOU (J.) & CHASTANG (R.). — Peut-on envisager l'éradication du paludisme dans la région forestière du Sud-Cameroun? *Rivista di Malariologia*, 1958, 37, 229-256.
24. LI ZUZI, ZHANG MANCHENG & LI GUANGXU. — The study of the control of *Anopheles sinensis*, *A. dirus* and malaria prevalence with deltamethrine. *Abst. IV<sup>e</sup> Cong. Protection Santé humaine et Cultures en milieu tropical*, Marseille, 1986, II, 143-148.
25. LU BAO LIN. — The present status of bio-control of mosquitos in China. *Biocontrol of medical and veterinary pests*. Marshall Laird, ed., Praeger Special Studies, 1980, 54-77.
26. LU BAO LIN. — Effects of rice-growing on the populations of disease vectors. *Environmental Management for vector control in rice fields. FAO Irrigation and Drainage*, paper 41, 130-132.
27. LU BAO LIN. — The wett irrigation method of mosquito control in rice fields. An experience of intermittent irrigation in China. *Environmental management for vector control in rice fields. FAO Irrigation and Drainage*, paper n° 41, 1984, 133-136.
28. MCARTHUR (J.). — The ecological eradication of *Anopheles balabacensis*. *Abst. 10th Cong. trop. Med. Malaria*, Manila, 1980, 84-85.
29. MOUCHET (J.). — Les problèmes épidémiologiques posés par les maladies à vecteurs dans les zones de forêt dense africaine : influence des changements de l'environnement. *Wiadomosci Parazyt.*; 1976, 22, 557-567.
30. MOUCHET (J.). — Agriculture and vector resistance. *Insect. Sci. and its Appl.*, Nairobi, 1988, 9, 297-302.
31. MOUCHET (J.) & GARIOU (J.). — Répartition géographique et écologique des Anophèles au Cameroun. *Bull. Soc. Path. Ex.*, 1961, 54, 102-107.
32. MOUCHET (J.) & GUILLET (P.). — The motivating factors for Community Participation in vector control. *In: Management of Pests and Pesticides*, J. Tait and B. Napompeh, ed., Westview Press. Lond., 1986, 109-116.
33. NOIRTIN (C.), BOITEUX (P.), GUILLET (P.), DEJOUX (C.), BEAUCOURNU-SAGUEZ (F.) & MOUCHET (J.). — Les simulies, nuisance pour le bétail dans les Vosges : origine de leur pullulation et méthodes de lutte. *Cah. ORSTOM, Sér. Ent. méd. Parasitol.*, 1981, 19, 101-113.
34. OCP. — *10 ans de lutte contre l'Onchocercose*. Onchocerciasis Control Programme (OCP), éd., Ouagadougou, 1986, 135 p.
35. PANDAY (R. S.). — *Anopheles nunez-tovari* and malaria transmission in Surinam. *Mosquito News*, 1977, 37, 728-737.

36. PESIGAM (T. P.), FAROCQ (M.), HAIRSON (M. G.), JAUREQUI (J. J.), SANTO (A. T.), SANTO (B. C.) & BESA (A. A.). — Studies on *Schistosoma japonicum* infection in the Philippines. III. Preliminary control experiments. *Bull. Wld. Hlth. Org.*, 1958, **19**, 223-261.
37. PHILIPPON (B.) & MOUCHET (J.). — Répercussions des aménagements hydrauliques à usage agricole sur l'épidémiologie des maladies à vecteurs en Afrique tropicale. L'eau et les activités agricoles. Coll. Int., 3-5 mars 1976, Paris. In : *Cahiers CENECA, Doc.*, 3-2-13, 14 p.
38. RAJAGOPALAN (P. K.) & DAS (P. K.). — Filariasis control by integrated vector management. *Community participations for disease vector control. Mal. Res. Cent.*, Delhi, ed., 3-9 Feb., 1986, 85-101.
39. ROBERT (V.), OUARY (B.), OUEDRAOGO (V.) & CARNEVALE (P.). — Étude écologique des Culicidés adultes et larvaires dans une rizière en vallée du Kou, Burkina Faso. *Acta tropica*, 1988, **45**, 351-359.
40. ROLLAND (A.). — Onchocercosis in the village of Saint-Pierre: an unhappy experience of repopulation in an uncontrolled endemic area. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 1972, **66**, 913-915.
41. ROUX (J.) & SELLIN (B.). — La schistosomiase dans les États de l'OCCGE. *Rapp. OCCGE*, Bobo-Dioulasso, 1972, 48 p.
42. SELLIN (B.) & BOUDIN (C.). — Les Schistosomiasés en Afrique de l'Ouest. *Études médicales*, Le Caire, n° 1, mars 1981, 3-46.
43. SELLIN (B.) & MOUCHET (F.). — Recherches malacologiques menées par le CERMES dans les États membres de l'OCCGE. *Abst. IV<sup>e</sup> Congrès Protection Santé humaine et des Cultures en milieu tropical*, Marseille, 1986, 616-621.
44. SERVICE (M. W.). — Mortalities of the immature stages of species B of the *Anopheles gambiae* complex in Kenya: comparison between rice fields insecticide spraying. *J. med. Entomol.*, 1977, **13**, 173-195.
45. SHARMA (V. P.) & SHARMA (R. C.). — Review of integrated control of Malaria in Kheda district, Gujarat, India. *Community participation for disease vector control. Mal. Res. Cent.*, Delhi, ed., 1986, 59-85.
46. SUNDERARAMAN (S.), SOEROTO (R. M.) & SIRAM (M.). — Vectors of malaria in Mid-Java. *Ind. J. Malariol.*, 1957, **11**, 321-338.
47. THI-PHAN (V.). — *A. balabacensis* in Vietnam. *Abst. 10th Int. Cong. Trop. Med. Malaria*, Manila, 1980, 85.
48. WARD (R. A.). — Recent changes in the Epidemiology of Malaria relating to human ecology. *Proc. XV<sup>e</sup> Int. Cong. Entomol.*, Washington, 1976, 523-529.
49. WILBAUX-CHARLOIS (M.), YELNIK (A.), IBRAHIMA (A.), SAME EKOBO (A.) & RIPERT (Ch.). — Étude épidémiologique de la bilharziose à *S. haematobium* dans le périmètre rizicole de Yagoua, Nord-Cameroun. *Bull. Soc. Path. exot.*, 1982, **75**, 72-79.