

## Les mêmes causes ne produisent pas les mêmes effets : travaux hydrauliques, santé et développement

Il est de bon ton, aujourd'hui, de dénoncer les conséquences épidémiologiques négatives des aménagements hydro-agricoles qui se sont multipliés au cours des trente dernières années. Le fait est qu'en mettant la gestion de son environnement au service du développement, l'homme crée souvent des déséquilibres écologiques qui peuvent déboucher sur la prolifération d'espèces biologiques nouvelles, parmi lesquelles les vecteurs de redoutables maladies. Mais, en ce domaine, il n'y a pas de fatalité inéluctable : tout dépend des zones climatiques et des comportements humains. Un aménagement bien conçu et bien géré devrait être synonyme d'élévation du niveau de vie et de meilleure santé.

Ce qui suit est parfois polémique. Il s'agit d'une mise au point qui me semble nécessaire. L'article est né de la lecture de différentes études qui m'ont laissé un sentiment d'insatisfaction. Je pense à celles de Biswas et Nakayama [1] sur l'enseignement commun de l'hydrologie et de la santé, de Yacoob *et al.* [2] sur la lutte contre la filaire de Médine (*Dracunculus medinensis*), de Grubinger et Pozzi [3] et de Pozzi [4] sur les maladies hydriques, de Nozais et Chièze [5] sur le coût sanitaire de l'eau...

Les idées qui y sont exprimées sont simplistes. Ainsi, « les aménagements hydrauliques sont dangereux dans les pays tropicaux » ou « le coût sanitaire de l'eau est trop lourd » ou encore « il n'y a que cinq à six institutions dans le monde où un bon enseignement eau-santé-tropiques est dispensé ». Les hydrologues regrettent

cette carence mais, enfermés dans leur discipline, ils ignorent l'effort fait par les scientifiques travaillant dans le domaine de la santé pour mettre en place une approche multidisciplinaire des relations eau-santé-développement.

Une autre tendance néfaste est la publication de splendides tableaux très longs, très fouillés. Y sont citées à la file et détaillées des dizaines de maladies tropicales, leur(s) vecteur(s), leurs effets, les zones d'épidémie... Un cortège d'apocalypse. Au niveau des idées, cela reste squelettique, rappelant la division sommaire entre animaux utiles et nuisibles.

En fait, les premiers résultats du Département Santé de l'ORSTOM font ressortir des différences considérables de l'impact des travaux hydrauliques suivant les zones climatiques, les vecteurs concernés et les comportements humains.

ALAIN GIODA

Laboratoire d'Hydrologie  
ORSTOM, BP 5045  
34032 Montpellier Cedex 01, France.

17 FEV. 1993

ORSTOM Fonds Documentaire

N° 36.487 ex 1

Cote : B M P 17

## Références

1. Biswas AK, Nakayama M. Health aspects of water resources education and training. *Water Resources Development* 1989 ; 5 : 169-74.
2. Yacoob M, Brieger WR, Watts S. What happened to Guinea worm control ? An issue of water quality and health improvements. *Water International* 1990 ; 15 : 27-34.
3. Grubinger H, Pozzi AR. Water associated vector-borne diseases and environmental management measures for their control. *ICID Bull* 1985 ; 34 : 43-55.
4. Pozzi AR. The impact of rice irrigation development on water associated vector-borne diseases. A case study. *ICID Bull* 1986 ; 35 : 48-52.
5. Nozais J-P, Chièze F. Le coût sanitaire de l'eau. *Sécheresse* 1990 ; 1 : 118-23.
6. Dharmarajan K. Gestion de l'eau en milieu urbain. Responsabiliser les utilisateurs. *Hydro +* 1990 ; 10 : 25-36.
7. Collignon R, Gueye M. Santé mentale et migration vers la ville. In : *Urbanisation et Santé dans le Tiers Monde*. Paris : ORSTOM, Coll et Sém, 1989 : 297-303.
8. Biswas AK. Systems analysis for water management for developing countries : constraints and opportunities. *ICID Bull* 1988 ; 37 : 13-22.
9. Tolba MK. The African environmental situation. *ICID Bull* 1985 ; 35 : 14-8 et 32.
10. Biswas AK. Irrigation in Africa. *ICID Bull* 1987 ; 36 : 1-11.
11. ORSTOM. *Eau, santé et développement*. Rencontres des 14-15 septembre 1989 à Montferrier-sur-Lez. Rapport final. Brengues J. éd., Montpellier : Orstom, 1989.
12. Mouchet J, Brengues J. Les interfaces agriculture-santé dans les domaines de l'épidémiologie des maladies à vecteurs et de la lutte anti-vectorielle. *Bull Soc Path Ex* 1990 ; 83 : 376-93.
13. Coosemans M, Mouchet J. Consequences of rural development on vectors and their control. *Ann Soc Belge Méd Trop* 1990 ; 70 : 5-23.
14. Service NM. Problems of vector-borne diseases and irrigation projects. *Insect Sci Appl* 1984 ; 5 : 227-31.
15. Gratz NG. The impact of rice production on vector-borne disease problems in developing countries. In : *Vector-borne disease control in humans through rice agroecosystem managements*. Manila : International Rice Research Institute, WHO/FAO/UNEP/PEEM, 1988 : 7-12.

## Généralités

### Le développement

Le mieux-vivre est l'aspiration naturelle de l'homme. Il n'est pas obtenu par une large partie de la population des zones tropicales qui reste essentiellement rurale. Comme dans le monde industriel, elle se réfugie dans les villes où le poids des structures familiales, tribales, claniques est plus faible. De même, le mieux-vivre est à portée de main avec une meilleure facilité d'accès à l'enseignement, l'entrée dans le circuit monétaire... et l'accès au système de santé. Ainsi, à Brazzaville, depuis 1985, la mortalité infantile est de 60 pour mille contre 120 pour mille dans le reste du pays [Lallemant, comm. pers.].

En l'an 2000, la population urbaine des pays en développement atteindra deux milliards contre un milliard en 1980. Trois Latino-Américains sur quatre, deux Africains sur cinq et un Asiatique sur trois vivront dans les villes [6].

A l'inverse, le travail à la campagne fonctionne comme repoussoir. « *Si tu n'es pas sage à l'école, tu retourneras en brousse !* » est une menace parentale en Côte d'Ivoire. Pour un fonctionnaire, l'affectation dans une petite ville est assimilée à un limogeage. Au Sénégal, les conditions en milieu rural Sérère, sont moins confortables et apaisantes qu'une vision idéalisante du monde villageois voudrait le faire croire [7].

### L'agriculture

Le problème alimentaire était aigu en Asie et en Afrique dans les années 70. Les progrès de pays asiatiques, comme la Chine, les Philippines, l'Inde, le Pakistan ou le Bangladesh, ont été très impressionnants dans les années 80. La « Révolution Verte » fut basée sur la sélection de variétés de riz à haut rendement et sur leur diffusion s'appuyant sur des travaux hydrauliques d'envergure.

Parmi les principales raisons des crises alimentaires en Afrique au sud du Sahara, citons un développement hydraulique insuffisant et une exploitation inefficace des terres irriguées [8]. La faillite de l'irrigation en Afrique est admise par Tolba [9] et Biswas [10]. Les seules exceptions sont les zones où elle est traditionnellement pratiquée (Égypte, Soudan, Sénégal par les *Toucouleur* le long du fleuve homonyme...).

### L'environnement

La dégradation de l'environnement est très rapide particulièrement sous les tropiques. Ainsi, 70 % de la forêt humide de

la Côte d'Ivoire a disparu entre le début du XX<sup>e</sup> siècle et 1985 par défrichement pour des activités agricoles souvent à court terme (2 à 3 ans pour le maïs et 8 à 10 ans pour le caféier). Les causes de la dégradation qui touche à la fois la flore, la faune, les sols et les paysages sont multiples et, en Afrique, cette dégradation de l'environnement est le facteur adverse le plus important auquel sont confrontées les populations [9]. Face à cette dégradation, au sud du Sahara, il n'y a pas de politique active de conservation du milieu naturel.

L'Afrique est le continent comptant le plus de déserts et de zones en voie de désertification dans le monde. Il a également la plus forte croissance démographique. Ces deux traits poussent les hommes à étendre leur maîtrise hydraulique, ce qui a des conséquences importantes sur le développement des maladies liées à l'eau.

### La santé

La santé n'est pas le moteur du développement. L'homme ne construit pas des barrages, des canaux et *a fortiori* des villes pour améliorer en premier lieu sa santé. Les responsables de la santé doivent s'adapter aux situations actuelles créées par de nouvelles données socio-économiques. Ceci implique une réévaluation de l'épidémiologie des maladies liées à l'environnement et la mise en place d'une politique établie dans un cadre intersectoriel avec les acteurs du développement à tous les niveaux. Par ce moyen, on peut espérer, selon Mouchet [11], infléchir les techniques dans un sens plus conforme aux nécessités sanitaires.

### L'hydrologie

Je prends un exemple dans mon Institut de rattachement mais il pourrait être pris ailleurs sans aucun problème.

Après la Seconde Guerre mondiale, les hydrologues de l'ORSTOM ont d'abord cherché à fournir une énergie renouvelable, nationale et d'un coût acceptable par le Tiers-Monde. Par leur travail d'évaluation de la ressource dans les avant-projets, ils ont contribué à l'édification d'environ trente barrages depuis les années 1950 en Afrique, en Amérique latine et en Océanie. Ils avaient besoin d'eaux courantes et abondantes. L'appareil usuel pour jauger les rivières est un courantomètre. L'outil a façonné la pensée ; les hydrologues ont appris à « turbiner » dans le cadre d'un service s'appuyant sur le savoir-faire d'EDF ou d'autres sociétés de production hydro-électrique.

Ils ont négligé les eaux mortes (mares,

champs d'inondation, bras abandonnés et mouilles des grands fleuves...). Pourtant, elles sont bien vivantes au niveau biologique, et sont souvent les sites de développement des vecteurs de maladies.

### Les aménagements hydrauliques

Le désintérêt général de la communauté des hydrauliciens et des hydrologues est évident après la construction des ouvrages.

Une petite étude a été faite grâce à la lecture de plus de 10 années d'analyses bibliographiques effectuées par la CIID (Commission internationale de l'irrigation et du drainage). La CIID a son siège en Inde, à New Delhi, et la mise en valeur des pays en développement est l'une de ses priorités. Par rapport au nombre de références analysées chaque année, qui oscille entre 1 050 et 2 200, celui des références sur les effets induits des aménagements et sur les maladies liées à l'eau est dérisoire ; il varie entre 0 et 31 références/an avec une moyenne de l'ordre de 10 (Tableau 1).

### Davantage de moustiques ne signifie pas toujours davantage de paludisme

Je centre mon discours sur le paludisme car 1,5 milliard de personnes y sont exposées et 110 millions de cas sont relevés chaque année dont 90 millions en Afrique selon les données du *Bulletin épidémiologique hebdomadaire* (BEH) de l'OMS. C'est la maladie qui touche le plus de monde dans les pays en développement et c'est aussi la maladie liée à l'eau la plus représentative. Elle présente

également un « polymorphisme » épidémiologique en relation avec l'environnement et ses modifications.

Pendant longtemps, les scientifiques ont établi une relation directe entre le nombre d'anophèles potentiellement vecteurs du paludisme et la gravité de la maladie. Or, barrages et irrigation augmentent la production de vecteurs [12]. Une augmentation du paludisme, voire son introduction dans de nouvelles localités pouvait être attendue [13].

### La riziculture, les moustiques et le paludisme

Le riz est une nourriture de base de la population sous les tropiques. Il constitue le pivot du régime alimentaire de 60 % de l'humanité et sa demande est sans cesse en augmentation [14].

En 1985, les rizières couvraient 220 millions d'hectares dont 35 % étaient irrigués [15]. Elles constituent des biotopes très productifs pour de multiples espèces de moustiques dont les cycles se succèdent au cours de l'évolution du milieu, conséquence de la croissance de la plante. Après le repiquage, les rizières forment des plans d'eau peu profonds, fortement ensoleillés, où la température de l'eau est élevée. Ensuite, au fur et à mesure de la croissance du riz, elles se transforment en un milieu à végétation dressée, comparable aux roselières, où l'ombrage des plantes évite l'échauffement brutal de l'eau [12]. Ainsi, *Anopheles gambiae*, héliophile, précède au Kenya *An. funestus*, ombrophile (photos 1 et 2) [14]. Ce binôme se retrouve au Burundi où l'irrigation de la vallée du Ruzizi a entraîné également la multiplication d'*An. gambiae s.l.* [16]. *An. gambiae* est le meilleur vecteur de *Plasmodium falciparum*, le parasite responsable

de la létalité palustre. Dans le périmètre irrigué d'Ahero au Kenya, *An. gambiae* cause 65 % des piqûres de moustiques contre moins de 1 % dans les zones environnantes non irriguées [17].

Au Burundi, comme le paludisme était hypoendémique ou absent et que les colons, venant de montagnes indemnes de la maladie, n'étaient pas immuns, l'irrigation a provoqué une épidémie de malaria extrêmement grave frappant des sujets non immuns [16].

Un exemple inverse de celui du Burundi est fourni par le périmètre rizicole du Kou, près de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso. L'introduction de la culture irriguée du riz a entraîné la multiplication par sept du nombre d'*An. gambiae* mais la transmission du paludisme a diminué quatre fois [18]. Ce « succès » a des causes multiples. Le développement agricole a produit des revenus qui ont permis aux populations d'améliorer leur couverture sanitaire et d'assurer leur protection contre les vecteurs en achetant des moustiquaires [12]. L'imprégnation des moustiquaires avec un insecticide, la deltaméthrine, a ensuite encore diminué de moitié l'incidence des manifestations pathologiques du paludisme [Pazart et Robert, comm. pers.]. Enfin, devant la carence des services de santé, la population pratique de plus en plus l'autotraitement par la chloroquine, au grand dam des praticiens traditionnels [19]. Cette pratique qui se généralise en Afrique a été reconnue comme une des causes de la baisse de la mortalité lors du sommet africain d'octobre 1991 et l'OMS souhaite seulement la canaliser.

La vallée du Kou se trouve dans une région d'holoendémie où le paludisme fait partie du cortège des parasites et touche tous les sujets, sans exception, avec une moyenne de 150 à 400 piqûres

Tableau 1. Analyse de bibliographies éditées par la CIID (Commission internationale des irrigations et du drainage)

Année(s)	1989-90	1987	1985	1984	1983	1981	1980	1979	1978	1977	1976
Références	1 141	1 245	1 047	1 800	1 812	1 885	1 805	2 190	2 092	2 069	2 155
Références relatives aux maladies hydriques	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Références relatives aux effets écologiques induits par les projets hydrauliques	13	2	29	2	0	6	12	13	13	14	17

Le nombre de références analysées par la CIID diminue comme ses ressources financières qui permettaient de recevoir auparavant de multiples abonnements.

Photo 1. Femelle d'*Anopheles gambiae* qui est le vecteur majeur du paludisme en Afrique. L'espèce *gambiae* se distingue des autres anophèles africains grâce à ses pattes mouchetées. C'est un moustique de zones humides (forêts et savanes guinéennes), très anthropophile et souvent abondant. La taille de l'adulte est d'environ 5 mm. (Cliché B. Geoffroy)

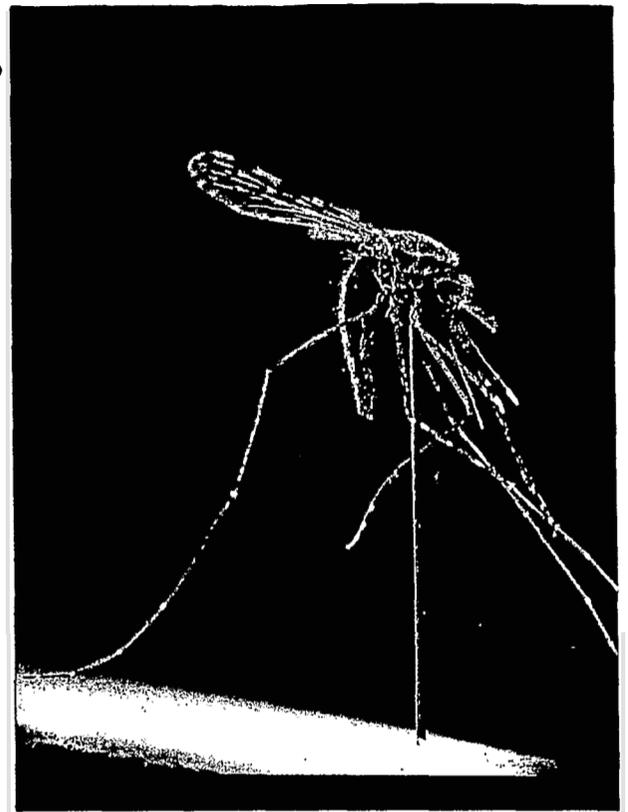


Photo 2. Femelle d'*Anopheles funestus*. C'est un autre grand vecteur du paludisme. L'espèce est de taille plus petite (environ 3,5 mm) qu'*An. gambiae*. Ce moustique ombrophile joue un rôle majeur dans la transmission du paludisme en fin de saison des pluies dans les régions de savanes, de forêts dégradées et dans certaines régions montagneuses. Comme *An. gambiae*, il est très anthropophile. (Cliché B. Geoffroy)

infestantes par homme et par an. La population ne survit que grâce au développement de l'immunité entre 6 mois et 10 ans. Donc, les colons qui viennent dans le périmètre nouvellement irrigué arrivent des zones de savane qui l'entourent et, par conséquent, ont un bon degré d'immunité.

#### Les retenues, les moustiques et le paludisme

Barrages, retenues collinaires et petits ouvrages d'irrigation multiplient les gîtes à anophèles. Sur le paludisme, l'impact de ces aménagements est variable.

Sur les grands barrages, les petits gîtes abondent en basses-eaux ; des mares résiduelles se forment dans la zone du marnage. Les petites retenues collinaires sont colonisées au Maroc et en Tunisie en saison sèche par des anophèles dont *An. labranchiae*, vecteur potentiel du paludisme [Bouchité, comm. pers.].

En Afrique tropicale, les petites retenues se comportent comme les zones irriguées. Quand le paludisme est stable, peu de

changements apparaissent dans le statut médical des populations. En revanche si le paludisme est absent ou de faible endémicité, en montagne par exemple, la multiplication des retenues pourra être potentiellement dangereuse pour des populations non immunes.

#### Les villes, les moustiques et le paludisme

Je décris, d'abord, le schéma le plus courant en Afrique. Ensuite, j'aborderai trois cas particuliers : le premier à Ouagadougou ; le second à Bouaké ; le troisième en Inde du sud.

A Bobo-Dioulasso au Burkina Faso, les vecteurs sont les mêmes en zones rurale et urbaine, avec *An. gambiae s.l.*, mais la transmission diminue de la périphérie vers le centre de la ville avec la raréfaction des gîtes à anophèles [20]. La même tendance se mesure ailleurs en Afrique à Brazzaville [21] et à Dakar [22].

En général, la ville est un milieu peu favorable aux vecteurs du paludisme car les larves d'anophèles ne tolèrent pas les

eaux polluées, à l'inverse de celles des moustiques du genre *Culex* qui y pullulent. Il y a moins de transmission, donc moins de stimulations antigéniques par piqûres infectantes et la population développe peu ou pas d'immunité. Les individus qui néanmoins se contaminent dans la ville ou à l'occasion d'un voyage présentent alors des symptômes graves.

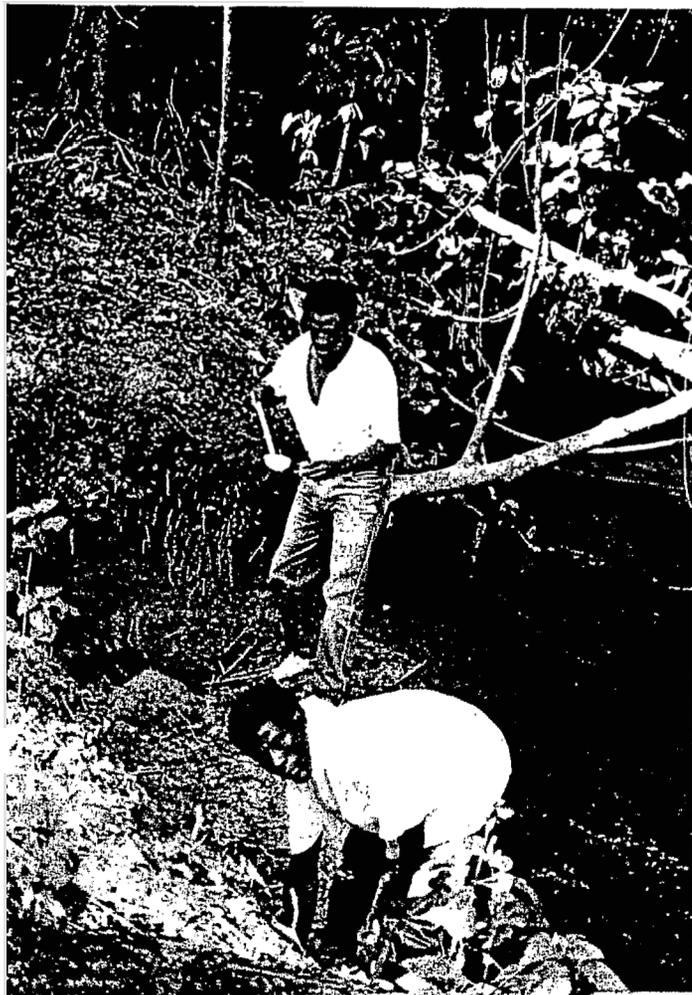
A Ouagadougou au Burkina Faso, un quartier de la capitale ne répond pas à ce schéma. Il s'agit de celui qui est proche du barrage, réservoir d'eau de la ville, qui est implanté dans la cité [23]. A Bouaké en Côte d'Ivoire, c'est le développement récent des rizières en milieu urbain périphérique qui est à l'origine du foyer de paludisme [Mouchet, comm. pers.].

En Inde, dans l'État du Tamil Nadu dont la capitale est Madras, l'une des conséquences de l'amélioration du niveau de vie avec l'objectif de « l'Eau pour Tous » a été le développement accéléré, à partir de 1974, du paludisme urbain ; *An. stephensi* se reproduit sur le toit des maisons, dans les réserves en eau nouvelle-

Photo 3. Une rivière pérenne près du village de Ndo dans l'arrondissement de Mbanjock (Cameroun). Gîte à *Anopheles gambiae* et *An. nihi*, vecteurs du paludisme. (Cliché M. Mobignol)

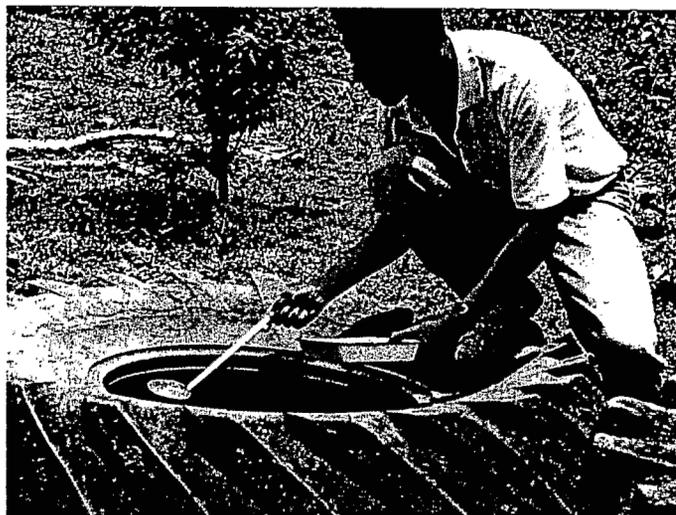


Photo 4. Une équipe camerounaise récolte par la louche des larves d'anophèles dans la rivière Mokona près de la ville de Mbanjock dans le complexe sucrier de la SOSUCAM (Société Sucrière du Cameroun).



Cette équipe évolue dans le groupe d'entomologie médicale ORSTOM travaillant à l'OCEAC (Organisation de coordination pour la lutte contre les endémies en Afrique Centrale). (Cliché M. Mobignol)

Photo 5. Collecte par la louche de larves d'*Anopheles gambiae* dans un gîte constitué d'un vieux pneu de tracteur (village de Ndo de l'arrondissement de Mbanjock, Cameroun). Notez la variété des gîtes dans une même localité (voir photos 3 et 4) d'*An. gambiae* qui colonise l'ensemble des eaux dormantes et courantes. (Cliché M. Mobignol)



16. Coosemans M. *Recherches épidémiologiques sur le paludisme dans la vallée de la Ruzizi et dans l'Imbo Sud (République du Burundi)*. Thèse Doc. Sciences, Université Catholique Louvain, Belgique, 1987.

17. Surtees G. Large-scale irrigation and arbovirus epidemiology, Kano Plain, Kenya. I. Description of the area and preliminary studies on mosquitoes. *Med Entomol* 1970 : 1 : 509-71.

18. Robert V, Gazin P, Boudin C, et al. La transmission du paludisme en zone de savane arborée et en zone rizicole des environs de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). *Ann Soc Belge Méd Trop* 1985 ; 65 (Suppl. 2) : 201-14.

19. Bonnet D. Représentations culturelles du paludisme chez les Moose du Burkina. In : *Urbanisation et Santé dans le Tiers-Monde*. Paris : ORSTOM, Coll et Sém, 1989 : 339-42.

20. Robert V, Gazin P, Benasseni R, et al. Le paludisme urbain à Bobo-Dioulasso. In : *Urbanisation et Santé dans le Tiers-Monde*. Paris : ORSTOM, Coll et Sém, 1989 : 181-5.

21. Trape JF, Zoulani A. Malaria and urbanization in Central Africa: the example of Brazzaville. Results of the entomological surveys and epidemiological analysis. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 1987 ; 81 (suppl 2) : 10-8.

22. Vercruyse J, Jancoes M. Étude entomologique sur la transmission du paludisme humain dans la zone urbaine de Pikine, Sénégal. *Cah ORSTOM, sér Ent Méd Parasitol* 1981 ; 19 : 165-78.

23. Sabatinelli G, Lamizana L. Le paludisme dans la ville de Ouagadougou (Burkina Faso). In : *Urbanisation et Santé dans le Tiers-Monde*. Paris : ORSTOM, Coll et Sém, 1989 : 187-93.

24. Hyma B, Ramesh A, Chakrapani KP. A review of urban malaria control. Situation and related environmental issues in Tamil Nadu, India. In : *Urbanisation et Santé dans le Tiers-Monde*. Paris : ORSTOM, Coll et Sém, 1989 : 159-75.

25. Mouchet J, Bellec Ch. Récentes acquisitions et perspectives de l'entomologie médicale et de la lutte anti-vectorielle. *Ann Parasitol Hum Comp* 1990 ; 65 (suppl. 1) : 107-11.

26. Prost A. Les faits de santé aux cours et décours des sécheresses. *Sécheresse* 1991 ; 2 : 40-7.

27. Dubreuil P, Guiscafré J, Nouvelot J-F, et al. *Le bassin de la rivière Sanaga*. Paris : ORSTOM, Monographies Hydrologiques, 3, 1975.

28. Séguis L. Cultures de décrue et périmètres irrigués dans la vallée du fleuve Sénégal. *Actes des 6èmes Journées hydrologiques de l'ORSTOM à Montpellier, 12-13 septembre 1990*. Carré P, éd. Paris : ORSTOM, Coll et Sém, 1992 : 47-63.

ment construites. Dans les villes, 1 634 cas de paludisme furent enregistrés en 1973, puis 48 842 en 1976 et 51 839 en 1984 alors qu'il n'y a guère de paludisme dans les zones rurales voisines [24]. Il est à noter que le paludisme urbain était déjà connu dans cette région antérieurement [Mouchet, comm. pers.]. La situation en Inde est l'inverse de celle de l'Afrique.

L'écologie du paludisme

Il y a donc une modulation des conséquences pathologiques du paludisme par l'immunité et les conditions socio-économiques des populations. Même sur le continent africain considéré comme le modèle du foyer à *P. falciparum*, les deux constatations suivantes se dégagent :

- une stratégie ubiquiste de lutte ne peut être envisagée ;
- c'est la réduction des cas cliniques qui constitue le principal critère de réussite ou d'échec [25].

Au niveau épidémiologique, dans les régions de paludisme stable de haute endémicité comme les forêts et savanes humides, la morbidité n'est pas proportionnelle à l'intensité de la transmission car les injections répétées du parasite constituent le mécanisme stimulateur de la prémunition.

Dans les régions de transmission très faible ou irrégulière (Swaziland, plateaux de Madagascar, bordure saharienne, Kalahari, Egypte en 1942), le paludisme est instable et influencé par les modifications de l'environnement. Il se traduit par des flambées meurtrières [25].

La désertification que connaît de façon très rapide le continent africain crée un terrain très favorable au paludisme car il s'agit d'une rupture avec l'état des lieux antérieur [26]. Avoir moins d'eau aisément disponible conduit les hommes à y multiplier les retenues artificielles. Paradoxalement en apparence, la sécheresse risque d'entraîner le développement d'une maladie liée à l'eau.

Une autre cause de la diversité des réponses est d'ordre écologique. Quand il y a une densité élevée de moustiques, il y a diminution de la durée de vie des moustiques. Or, une femelle d'anophèle doit vivre 14 jours entre le moment où elle pique un sujet porteur d'hématozoaire et celui où elle est susceptible de transmettre le parasite à un sujet sain. Cette période est la durée de la phase extrinsèque du cycle du parasite.

Ce sont précisément les observations sur les contradictions de la diffusion du paludisme dans les zones rizicoles qui ont recentré l'attention sur les aspects écologiques de la biologie du vecteur. Ces aspects sont d'une appréhension difficile même pour les entomologistes.

Que sait-on sur les maladies liées à l'eau ?

Les scientifiques savent beaucoup de choses sur les relations eau-santé-développement mais les équipes capables d'effectuer et donc de financer les allers et retours terrain-enseignement sont très limitées en nombre. Ceci explique le peu d'enseignement de qualité dispensé sur ce thème, comme le regrettent Biswas et Nakayama [1] qui ne citent que les lieux d'enseignement suivants :

- les Universités de Lund (Suède), de Roorkee (Inde), du Caire, d'Ain-Shams (Egypte) et du Zimbabwe à Harare ;
- le CEFIGRE à Sophia-Antipolis (France) ;
- et l'Asian Institute of Technology à Bangkok (Thaïlande).

J'y ajoute la formation dispensée depuis six années à l'Université de Valence en Espagne dans le cadre de *Master Internacional en Enfermedades Parasitarias Tropicales*. Elle est tournée vers l'Amérique latine en grande partie. Elle a le soutien de l'OMS et de la CEE (Programme Erasmus).

Je rappelle aussi la concentration à Montpellier de 2 000 chercheurs travaillant sur les mondes tropicaux et méditerranéens. Les domaines abordés vont des études agraires et paysannes, à l'hydrologie (pôle Agropolis) et jusqu'à la médecine (pôle Euromédecine).

Dans les pays tropicaux, je rappelle que des formations avec diplômés à la clef sont dispensées au Centre d'entomologie médicale et vétérinaire (CEMV) de Bouaké en Côte d'Ivoire et de Maradi au Niger. Elles allient une formation universitaire à une formation de terrain, cette dernière indispensable.

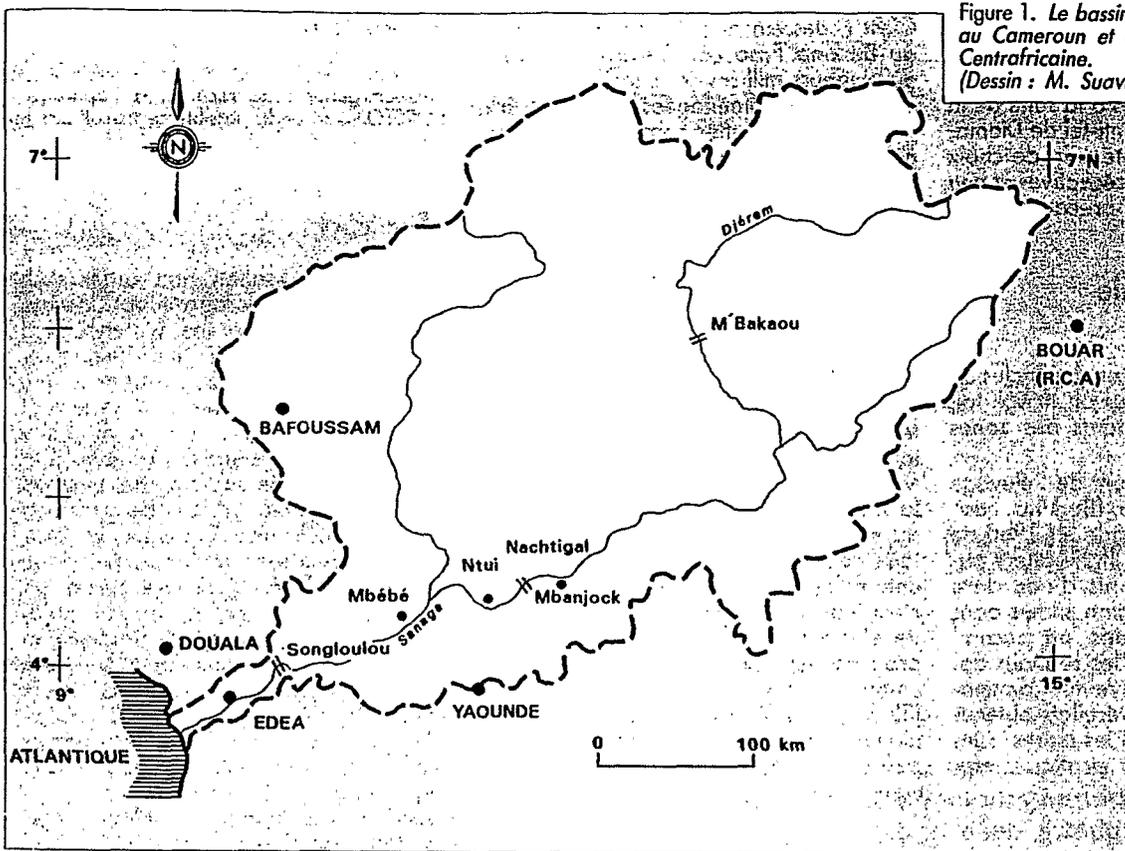
A l'heure actuelle, il est très hasardeux de faire des prévisions sur les conséquences de l'irrigation sur le paludisme et ceci en fait un sujet de recherche prioritaire pour harmoniser les opérations de développement. L'étude de cas est privilégiée afin de disposer à terme d'un large éventail de situations épidémiologiques. Ainsi, le grand programme de recherche de l'ORSTOM « L'eau et la santé dans le contexte du développement » a démarré au Cameroun et au Sénégal en 1988.

L'étude de cas du Cameroun

Au Cameroun, le bassin versant de la Sanaga (131 500 km<sup>2</sup> à Edéa) est le plus important du pays (figure 1) [27]. La recherche sur les rapports eau et santé a été reprise par Hougard et Robert [11].

Il n'existe pas de projet global d'aménagement du bassin de la Sanaga, connue antérieurement pour l'insalubrité de ses

Figure 1. Le bassin de la Sanaga au Cameroun et en République Centrafricaine.  
(Dessin : M. Suavin)



rives infestées de simulies [Nouvelot, comm. pers.]. Toutefois, plusieurs zones de développement sont déjà en place depuis des décennies (le moteur du développement a été la houille blanche). Ces zones comprennent des complexes agro-industriels, des barrages hydro-électriques (Edéa, Songloulou), des barrages régulateurs (M'bakaou sur le Djérem), des industries (aluminium...) et des villes comme Edéa. Les zones traditionnelles désenclavées subissent depuis longtemps l'influence de la culture de rente du cacao.

Quatre zones d'études ont été retenues :

- la région de Mbébé : zone rurale à l'habitat dispersé en milieu forestier, sans projet particulier d'aménagement ;
- la région de Ntui : zone rurale au contact forêt-savane avec deux projets d'aménagement, l'un probable (barrage hydro-électrique de Nachtigal), l'autre incertain (plantation d'ananas) ;
- la région de Mbanjock : zone de savane avec un important complexe sucrier remontant à 1964 qui est à l'origine d'une urbanisation en milieu rural (photos 3, 4 et 5) ;
- la ville d'Edéa, très industrialisée (barrage hydro-électrique homonyme et usine de production d'aluminium) et située sur l'axe Douala-Yaoundé.

#### L'étude de cas du Sénégal

Au Sénégal, la mise en valeur du fleuve et de ses rives est une entreprise ancienne remontant pour les premières cultures irriguées à 1824. Les aménagements en submersion contrôlée eurent des résultats désastreux [28].

Le remplissage du grand barrage de Manantali (12 milliards de m<sup>3</sup>) au Mali à partir de 1988 et la mise en route, à 50 km de l'embouchure, de celui de Diama en 1986, sont de nouvelles données à intégrer dans l'hydrologie du fleuve [29]. Le premier ouvrage est destiné à régulariser les apports dans la basse et la moyenne vallée ; le second à empêcher la remontée des eaux salées dans le delta. L'opportunité de ces grands aménagements est très discutée [30].

A l'inverse, ce qui apparaît comme un succès est le Périmètre irrigué villageois (PIV). Le PIV est toujours de petite taille (20-30 ha). Il est situé près du village et reste sommairement aménagé. Son objectif est l'autosuffisance alimentaire des cultivateurs. Ses défauts sont nombreux au niveau technique : la faible capacité des canaux, la rareté des ouvrages hydrauliques (partiteur, régulateur) et les absences de planage et de drainage. Néanmoins, les PIV ont vu leur surface totale

passer de 1 000 ha en 1975 à 26 000 ha en 1989. Pendant la même période, celle des grands périmètres a augmenté plus faiblement, passant de 6 000 à 18 000 ha. Le rendement moyen du riz paddy a été de 4,7 t/ha pour la période 1979-1989 [28].

Sur les terres riveraines du Sénégal, la région de Diamandou a été choisie afin d'étudier la relation eau-santé [11]. Le périmètre endigué de Diamandou est situé près de Podor dans la moyenne vallée du fleuve. Il n'a été mis en eau qu'en 1989. Il couvre 500 ha. Sa mise en valeur est très variée avec des cultures maraîchères sur les sols légers, des rizières sur les sols lourds et une zone piscicole. Une partie non aménagée sert de zone témoin avec une culture de décrue. Le périmètre concerne 4 000 personnes des ethnies *Peul* et *Toucouleur*. Il a été surveillé dès sa mise en eau.

Aujourd'hui, le statut des populations est marqué par l'apparition locale d'une nouvelle maladie, la schistosomiase intestinale. Les planorbes (*Biomphalaria* sp.), mollusques aquatiques hôtes intermédiaires du parasite, *Schistosoma mansoni*, ont envahi les berges du fleuve et certains périmètres dans la région de Richard-Toll. Plus précisément, il y a eu une colonisation par les mollusques des canaux d'aménage des périmètres de culture de

canne à sucre. L'abaissement de la salinité des eaux et la régularisation de leur niveau sont deux phénomènes qui ont favorisé la pullulation des mollusques à la suite de la construction du barrage anti-sel de Diama. La maladie a trouvé un terrain de choix chez des populations très réceptives et peu habituées à prendre des précautions.

## Conclusion générale

Je choisis la forme d'une conclusion ouverte en m'appuyant sur un travail fait à la demande des habitants des zones rurales.

Le Projet de développement de l'élevage du nord en Haute-Volta (Burkina Faso depuis 1984) avait demandé en 1980 de réaliser une enquête sur l'utilisation traditionnelle de quatre points d'eau dans l'Oudalan. C'est une région située dans la zone sahélienne. Dans un second temps, il fallait connaître les souhaits des éleveurs concernant un éventuel aménagement hydraulique. Les résultats obtenus furent très différents selon les mares, sans préjuger des possibilités pratiques des aménagements [31].

## Références

29. Rochette C. *Le bassin du fleuve Sénégal*. Paris : ORSTOM, Monographies Hydrologiques, 1, 1974.
30. Le Marquand DG. International development of the Senegal River. *Water International* 1990 ; 15 : 223-30.
31. Milleville P, Marchal J. *Enquête sur l'utilisation de quatre mares temporaires de l'Oudalan et l'opportunité de leur aménagement*. Ouagadougou, Haute-Volta : ORD du Sahel-ORSTOM, 1981.
32. Philippon B, Le Barbé L, Le Berre R. L'hydrologie et la télétransmission dans le Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le bassin de la Volta. *Bull CIEH*, Ouagadougou 1983 ; 54 : 17-24.
33. OMS. *Dix années de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'Ouest*. OMS, Genève, OCP/GVA/85.1A, 1985.
34. Gioda A, Le Barbé L, Bader J-C. Jaugeages, télétransmission et traçages : éléments pour une stratégie contre l'onchocercose (Afrique Occidentale). *Actes du VIème Congrès mondial des ressources en eau, 29 mai-3 juin 1988, Ottawa*. Urbana, USA : IWRA 1988 ; III : 497-506.
35. Samba EM. OCP intercountry collaboration. *Acta Leidensia* 1990 ; 59 : 115-7.
36. Servat E, Guillet P, Pouyau B, et al. Surveiller les rivières pour vaincre l'onchocercose. *La Recherche* 1991 ; 22 : 1082-3.

C'est à dessein que j'ai pris un exemple au Burkina Faso car il s'agit d'un pays où plusieurs milliers de mares ont été surcreusées ou aménagées ces dernières années afin de lutter contre la sécheresse qui sévit depuis la fin des années 60.

Aujourd'hui en Afrique, les zones marginales du paludisme sont le théâtre de flambées meurtrières. C'est précisément dans ces zones (Sahel, Éthiopie, Kenya...) que de multiples projets d'aménagements hydrauliques sont prévus pour lutter contre la désertification. Il faut donc mettre en place un système de surveillance pour la prévention ou à défaut pour le traitement rapide de la maladie. La vigilance doit s'étendre aux pays du Maghreb pour éviter une dégradation de la bonne situation de ces pays vis-à-vis du paludisme. Ce système de veille sanitaire doit associer paysans, éleveurs, entomologistes, médecins, hydrologues c'est-à-dire l'ensemble des acteurs du développement. Il faut monter d'autres programmes de travail au long cours comme celui contre l'onchocercose [32-36], appelée aussi cécité des rivières, même si les conditions d'application au paludisme sont nettement plus complexes.

## Résumé

Le développement n'est pas neutre vis-à-vis des parasitoses liées à l'eau (paludisme, filarioses, amibiases, schistosomiasis, etc.), maladies dont la prévalence culmine sous les tropiques. Il faut nuancer un tableau simpliste où généralement le développement hydraulique conduit de façon univoque à la péjoration du statut médical des populations censées en profiter. L'exemple choisi est significatif car il s'agit de la grande maladie des pays en développement, le paludisme. Ses vecteurs se développent à l'état larvaire dans les rizières et les retenues. Toutefois, la maladie ne suit pas toujours la même courbe ascendante et elle se manifeste, de façon différente, suivant les milieux écologique et socio-économique et le contexte épidémiologique. Pour faire avancer la connaissance des relations complexes eau-santé-développement, il faut des équipes multidisciplinaires de chercheurs et de techniciens. L'approche préconisée pour la recherche passe par la multiplication des études de cas afin d'enquêter sur un large éventail de situations épidémiologiques. Ainsi, il sera possible de prédire les effets des travaux hydrauliques et, éventuellement, d'en éliminer les effets délétères.

## Remerciements

M. Jean Mouchet, entomologiste médical, Inspecteur général de recherches honoraire à l'ORSTOM, a rendu possible ce travail par son soutien et ses relectures critiques.

## Summary

Increased irrigation and other such developmental programmes always had an effect on the water-related parasitoses (malaria, filariosis, amebiasis, schistosomiasis, ...) prevalent in the tropics. The rather blunt statement that increasing water availability always increases health problems, i.e. has the opposite effect of that planned by the engineers, must be qualified somewhat. To investigate this, we examined the case of malaria; being the major Third World disease, it is a suitable example. The number of malaria vectors increases substantially in irrigated paddy fields and man-made pools, yet disease does not increase in proportion to the mosquito (*Anopheles* sp.), but follows different rhythms linked to natural conditions and the epidemiological environment. Vectors such as arthropods, molluscs and rodents are highly affected by the often rapid environmental changes that occur in the tropics, especially in Africa (desertification and deforestation). Some species become scarce or disappear while others adapt to the new man-made environment and find favourable conditions in which to proliferate. As the vector's ecological conditions change, so does the disease's epidemiology; this may be due to the introduction of new diseases and vectors, intensifying exposure to existing pathogens and parasites or, on the other hand, to the elimination of diseases and vectors. In the case of malaria, increased vector density due to rice-growing may be associated with increased malaria transmission when the reproductive rate is low. But when malaria is at a stable level and transmission greatly exceeds that required to maintain the parasite, few changes will be observed. For any significant progress to be made in understanding the interrelationships between health, environment and increased water availability, we must adopt an interdisciplinary strategy. The approach we have adopted is to multiply case studies in order to include the widest possible range of actual epidemiological conditions. The aim is to predict the consequences of such development and control the negative effects.