

L'HYDROLOGIE ET LA CÉCITÉ DES RIVIÈRES EN AFRIQUE (1)

Gioda, A.
Hydrologie ORSTOM
BP 5045, F-34032 Montpellier cedex 01

RÉSUMÉ

L'étude des eaux et leur mesure est indispensable pour combattre la cécité des rivières ou l'onchocercose. Il s'agit d'une parasitose qui infeste les zones riveraines des cours d'eau de la savane et de la forêt africaines. Son vecteur, un moucheron, est détruit par des insecticides au stade de la larve qui est inféodée aux eaux turbulentes. Afin de limiter les impacts écologiques des traitements, trois techniques sont appliquées dans le domaine des sciences de l'eau : les jaugeages, la télétransmission satellitaire (système Argos) et les traçages. Elles sont toutes à l'amont de la modélisation et elles s'insèrent dans un vaste programme de lutte intégrée, l'Onchocerciasis Control Programme de l'OMS.

MOTS-CLÉS : hydrologie, santé, onchocercose, jaugeage, traçage, télétransmission, satellite, Afrique.

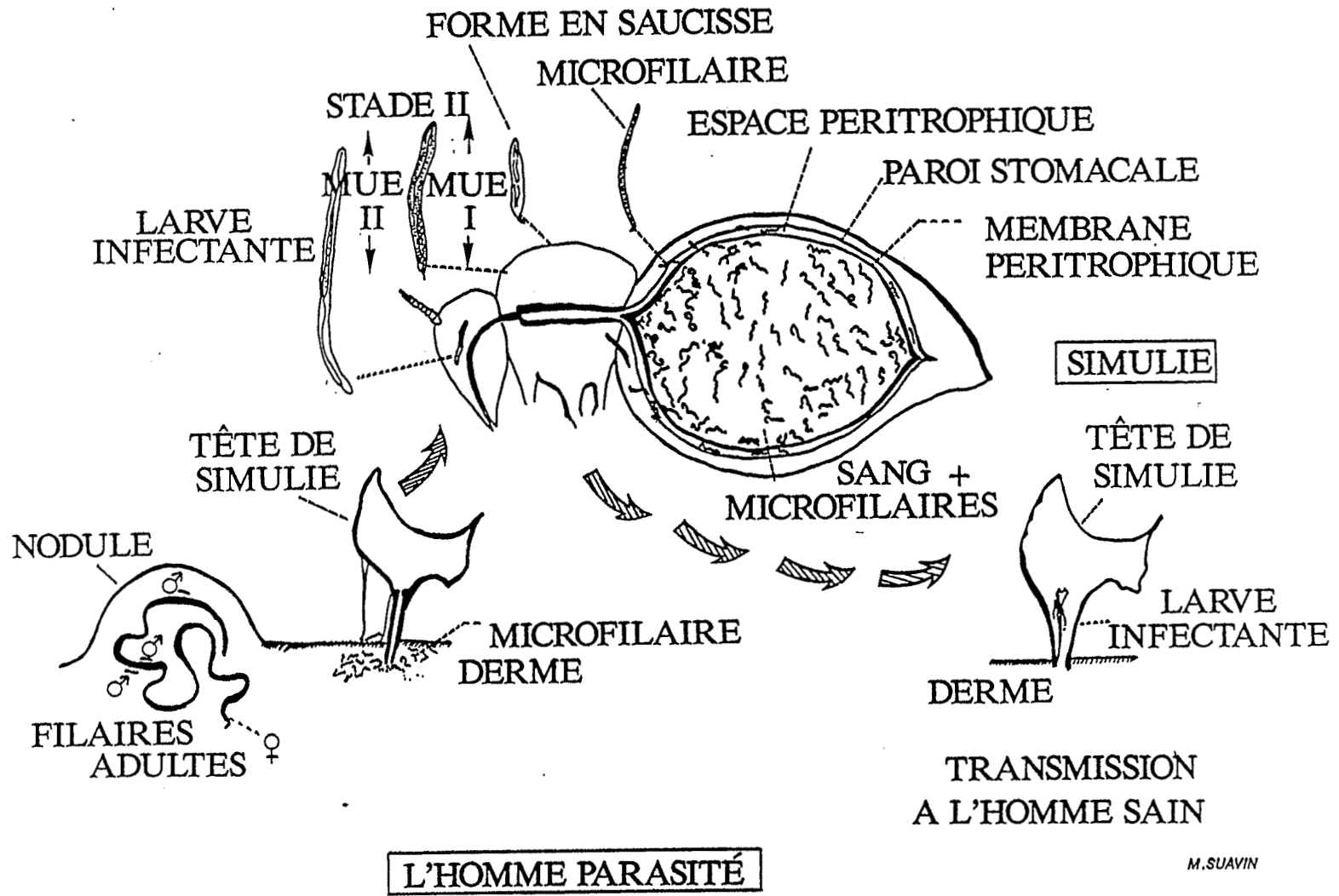
ABSTRACT

Hydrology is essential to fight river blindness or onchocerciasis. It is an human parasitosis which infests African savannah and forest river neighbourhoods. The vector, a blackfly, is destroyed by spraying insecticides during the larva stage which takes place in river rapids. Three techniques are applied previous to the hydrological modelling to provide help in monitoring ecological consequences : discharge measurement by current-meter, satellite data transmission (Argos system) and dye tracing with Rhodamine. Hydrological studies are integrated in the WHO Onchocerciasis Control Programme (OCP).

KEY WORDS : hydrology, health, onchocerciasis, discharge measurement, dye tracing, data transmission, satellite, Africa.

N.B. : Un résumé en arabe a été ajouté en annexe.

(1) La plupart des études ont bénéficié d'un financement de l'OMS-OCP (Organisation Mondiale de la Santé - Onchocerciasis Control Programme).



M.SUAVIN

Figure 1. Le cycle de l'onchocercose et de l'onchocercque *Onchocerca volvulus* (d'après Phillippon 1978).

INTRODUCTION

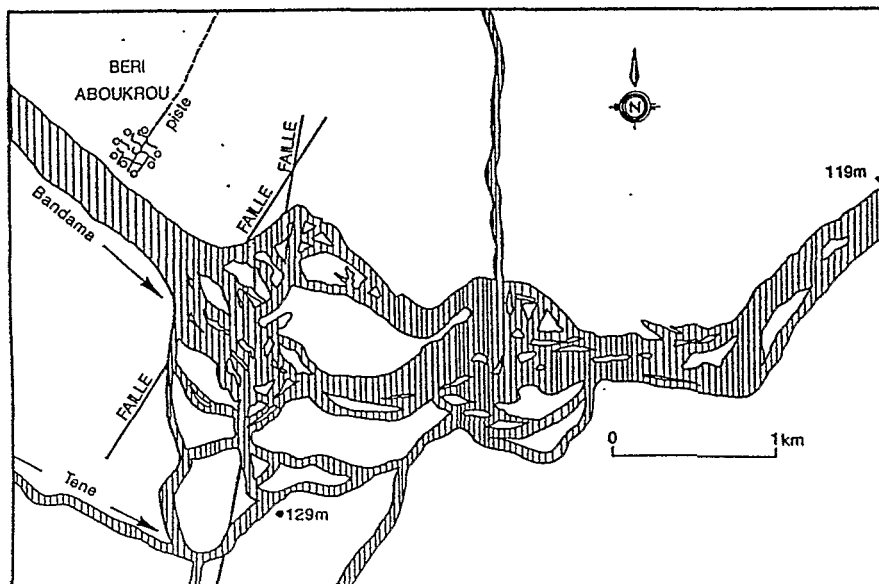
La cécité des rivières ou onchocercose est une parasitose tropicale provoquée par un ver, la filaire *Onchocerca volvulus* (Fig. 1). La maladie qui touche 2,5 millions de personnes en Afrique de l'Ouest est caractérisée notamment par des troubles dermiques et, à son stade ultime, elle peut conduire à la cécité (0,25 million de cas). Le vecteur exclusif est un petit moucheron piqueur, *Simulium damnosum* s.l., qui infeste les zones de savanes et de forêts africaines. L'insecte adulte se trouve surtout le long des cours d'eau car le reste de son cycle biologique est totalement aquatique. Une des conséquences de l'onchocercose sur le plan géographique et économique est que les régions riveraines des cours d'eau peuvent se transformer en véritables déserts humains occupés souvent par des Parcs Nationaux (Parcs du W au Niger, de la Comoé et de la Maraoué en Côte d'Ivoire...). Ici, l'eau n'apparaît pas comme une source de vie mais bien comme une contrainte au développement.

UNE LUTTE EN ÉQUIPE

Dès les années 50, hydrologues et entomologistes médicaux ont travaillé ensemble pour enrayer la cécité des rivières, maladie hydrique par excellence. Il est donc logique que les hydrologues aient participé à l'OCP dès son démarrage en 1974. L'hydrologie est une pièce essentielle dans la lutte par insecticide de l'OCP qui vise les gîtes à simulies correspondant de façon quasi-exclusive aux zones d'écoulement turbulent. Afin de détruire les larves tout en préservant autant que faire se peut, le reste de l'écosystème fluvial, une recherche poussée sur les doses létales optimales est indispensable. Outre l'insecticide choisi, la masse injectée et la manière de l'épandre, les doses optimales sont liées à deux paramètres hydrologiques : le débit de la rivière et la température de l'eau. La morphologie des lits joue également un rôle dans la diffusion des insecticides et donc dans leurs efficacités (Fig. 2).

Figure 2. Forme du lit du Bandama dans la région du V Baoulé en Côte d'Ivoire (d'après l'affiche OMS "Cécité des rivières" reprenant un travail inédit de Baldry et Sanou 1983).

Importance des failles du socle dans la morphologie fluviale. Faiblesse des pentes longitudinales des différents bras du fleuve conditionnant une mise en eau très variable du lit selon les débits (le 17 mai 1983, jour du levé, le débit était estimé à $86 \text{ m}^3/\text{s}$ au pont d'Oumé). Paysage caractéristique du bouclier africain.



TROIS TECHNIQUES

Les trois techniques suivantes ont été mises en oeuvre sur le terrain par les hydrologues :

- la mesure des débits instantanés des rivières effectuée dès le début de la lutte contre l'onchocercose ;
- la télétransmission des données hydrologiques par les satellites Tiros-N (système Argos), adoptée depuis 1983 ;
- le traçage chimique des cours d'eau par un colorant fluorescent à partir de 1984.

L'ensemble des recherches, s'appuyant sur ces techniques, montre une vitalité toujours actuelle, qui se concrétise, à la fois, sur le terrain et par la valorisation du savoir-faire. Quelques exemples peuvent être donnés :

- * Il s'agit d'abord de l'extension du réseau des rivières jaugées, à partir de 1986, aux cours d'eau de la **Guinée** puis de la **Sierra Leone**. Cette extension est complétée par la formation en hydrométrie dispensée à **Odienné (Côte d'Ivoire)** aux équipes de terrain de l'OCP qui bénéficient ainsi du transfert indispensable des connaissances.
- * Dans le domaine de la télétransmission satellitaire choisie pour des raisons de coût, les équipes de l'ORSTOM continuent à fournir une assistance ponctuelle aux équipes locales de l'OCP après l'implantation de 80 balises d'émission Argos dans 9 des 11 pays de l'OCP. Enfin, pour la direction des opérations de traitement, les hydrologues ont mis au point des modèles de propagation de crues. Ces modèles sont implantés sur les deux stations de réception satellitaire directe (Argos) des données de **Kara (Togo)** et d'**Odienné**, elles-mêmes situées sur les bases des hélicoptères traitants. Techniquement, cela passe par l'ajout, à l'aval des stations de réception d'un équipement informatique interactif (logiciel Perles), permettant aux pilotes de l'OCP d'injecter au temps t , la masse optimale m d'insecticide correspondant au débit prévu q , de la rivière.
A l'amont, dans le processus de Recherche et Développement, les plates-formes hydrologiques intégrées PH 18 (Elsyde/CEIS-Espace) sont maintenant commercialisées. Elles sont caractérisées notamment par un capteur piézorésistif, un interface RS 232 C, une cartouche EPROM, une alimentation solaire et une balise Argos avec une carte UHF miniaturisée.
- * Grâce à 11 traçages à la Rhodamine B sur 9 cours d'eau différents, un protocole standard d'épandage des insecticides a été mis au point pour les rivières (écoulement monodimensionnel). Ces résultats permettraient aussi de simuler l'impact d'éventuelles pollutions ponctuelles sur les rivières africaines.

UNE COOPERATION INTERNATIONALE

Toutefois, le plus novateur en hydrologie opérationnelle est qu'une réelle coopération internationale a été mise en place et qu'elle fonctionne. Les pays adhérents à l'OCP ne sont pas moins de onze : **Bénin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Ghana, Guinée, Guinée-Bissau, Mali, Niger, Sénégal, Sierra Leone et Togo**. De plus, ils ont hérité de trois langues coloniales différentes : le français, l'anglais et le portugais. Malgré ces handicaps, il est possible de traiter plusieurs grands bassins versants dans leur ensemble par des techniques, selon les besoins, soit simples, soit faisant appel à de la

haute technologie ; cela aboutit à une gestion intégrée plus satisfaisante de l'écosystème fluvial. Ainsi, le réseau de l'OCP pourrait bénéficier également des données des réseaux hydrométriques internationaux comme HYDRONIGER (8 pays) et OMVS (3 pays) (2) et des réseaux nationaux du Bénin et de la Guinée ; tous utilisent le système Argos et tous ont des stations satellitaires de réception directe.

Tableau 1 : Le programme OMS-OCP en quelques chiffres
(d'après Samba 1990).

Début du Programme	1974
Aire du Programme	1 300 000 km ²
Pays africains participants	11
Autres participants	20
Personnel	env. 1000
Réseau de rivières traitées	50 000 km
Rivières traitées	3 000-15 000 km
Hélicoptères et avions traitants	14
Grandes bases aériennes	2
Types d'insecticide	5
Balises Argos sur limnigraphes	80
Stations de réception directe Argos	2
Autres stations de réception directe Argos en Afrique de l'ouest	5
Coût du Programme (1974-89)	US \$ 260 M
Population de l'Aire	env. 30 M

CONCLUSION

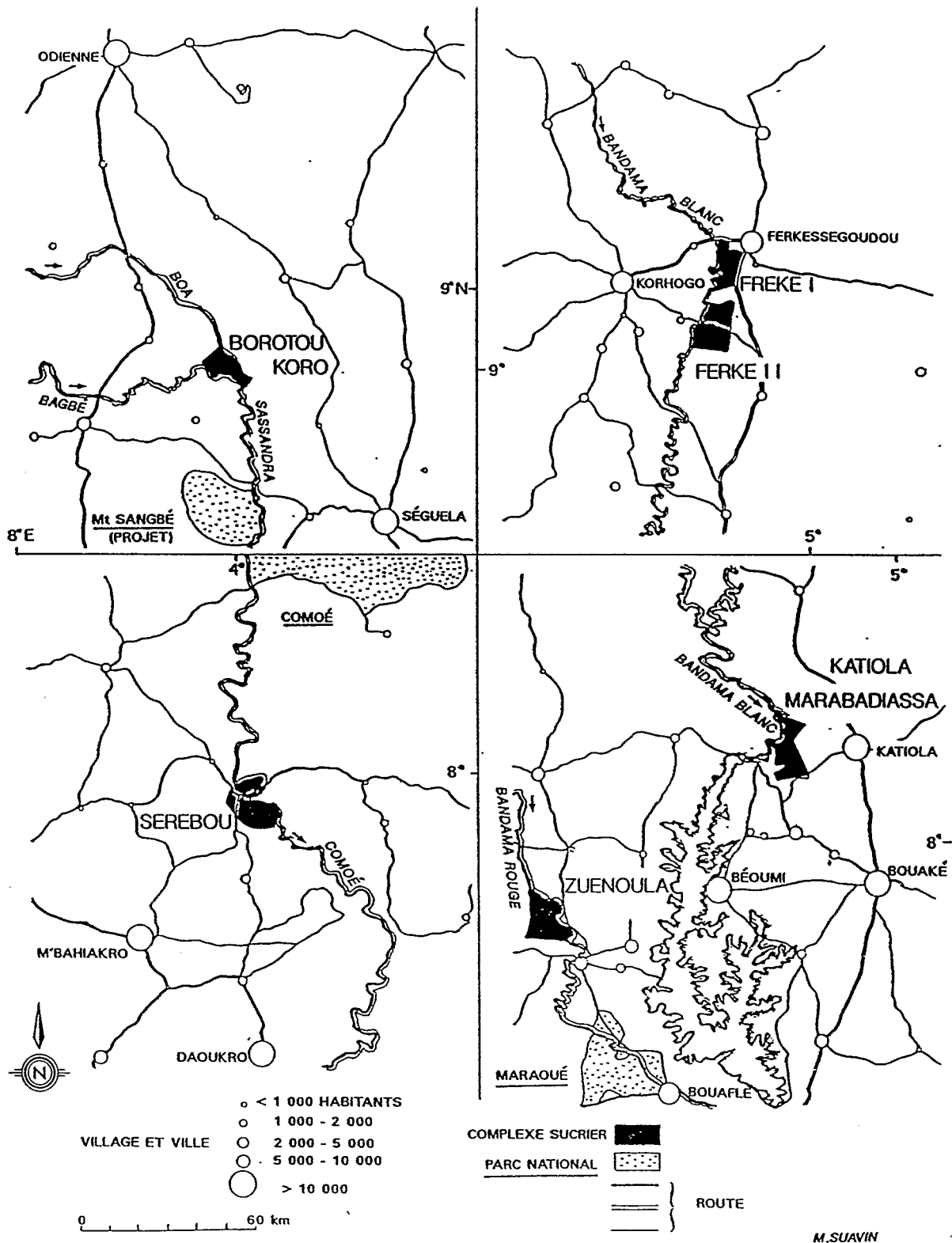
Il ne peut s'agir que d'une conclusion ouverte car, à côté du domaine hydrologique, l'OCP a bien d'autres volets. Citons la recherche de nouvelles formulations d'insecticides à partir de *Bacillus thuringensis*, le contrôle des conséquences des traitements par un groupe d'écologistes indépendants de l'OCP, l'administration massive aux malades de l'ivermectine (microfilaricide), le dépistage et la prévention de la maladie avec une action en direction des femmes, chargées traditionnellement de l'éducation. Tous débouchent sur la conquête de nouvelles terres agricoles (Fig. 3).

REMERCIEMENTS

Les remerciements iront au CNFGG qui a bien voulu s'associer financièrement à la valorisation des travaux sur l'onchocercose aux VIème (Ottawa-Canada / mai-juin 1988) et VIIème Congrès Mondiaux des Ressources en Eau de l'AIRE/IWRA.

(2) HYDRONIGER est un projet qui est réalisé par l'OMM (Organisation Météorologique Mondiale) dans le cadre de l'ABN (Autorité du Bassin du Niger).
OMVS : Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal.

Figure 3. Implantation des complexes sucriers de la Côte d'Ivoire le long des cours d'eau (d'après Aubertin 1983).
 Importance de la ressource en eau pour l'irrigation pilotée de la canne à sucre plantée sur des terres libérées de l'onchocercose. Aujourd'hui, notamment à cause de l'effondrement des cours du sucre, la plupart de ces complexes ont été reconvertis dans l'agriculture vivrière.



M. SUAVIN

RÉFÉRENCES

Note : j'ai essayé, pour les sciences de l'eau, de faire une bibliographie exhaustive en écartant seulement les rapports internes et contractuels. La filmographie a été recensée également comme les publications de la grande presse comme GÉO. L'état d'avancement des travaux pour l'ensemble d'OCP (spécialement les volets médicaux et entomologiques) est fait dans *Acta Leidensia* 59 (1-2), édité à Leyden (NL) en 1990.

- Aubertin, C. 1983. **Le programme sucrier ivoirien. Une industrialisation régionale volontariste.** Travaux et Documents 169, ORSTOM, Paris.
- Bader, J.-C., L. Le Barbé, et E. Servat. 1989. **Télétransmission de données hydrologiques dans le cadre du Programme de Lutte contre l'Onchocercose.** *Proceedings of the Sahel Forum, February 1989, Ouagadougou*, 2nd Edition, IWRA, Urbana, Ill. : 791-799.
- Chapellier, E. 1985. **Les yeux morts de l'Afrique.** *GÉO*, 82 : 186-202.
- Dejoux, C. 1988. **La pollution des eaux continentales africaines.** Travaux et Documents 213, ORSTOM, Paris.
- Gautier, M. 1988. **Installation des télélimnigraphes du type CHLOE C pour le Programme OMS-OCP en 1986 et 1987.** *Actes des 3èmes Journées Hydrologiques de l'ORSTOM à Montpellier, septembre 1987*, Colloques et Séminaires, ORSTOM, Paris : 64-68.
- Gioda, A., L. Le Barbé, et J.-C. Bader. 1988. **Jaugeages, télétransmission et traçages : éléments pour une stratégie contre l'onchocercose (Afrique occidentale).** *Proceedings of the VIth IWRA World Congress on Water Resources, May-June 1988, Ottawa*, IWRA, Urbana, Ill., III : 497-505.
- Le Barbé, L., et A. Gioda. 1987. **Voir rougir la rivière.** *Journées Hydrologiques : Processus Hydrologiques et Transferts des Polluants à l'Echelle des Bassins Versants*, Comité National de Géographie, octobre 1987, Thonon-les-Bains, Poster.
- Le Barbé, L., et J.-C. Bader. 1988. **Utilisation du système Argos par le programme de lutte contre l'onchocercose (le réseau expérimental du Nord-Togo).** *Hydrologie Continentale*, 3 (1) : 25-40.
- Le Barbé, L., et A. Gioda. 1989a. **Modélisation de la propagation des insecticides dans les rivières infestées par l'onchocercose.** *Proceedings of Int. Symp. Integrated Approaches to Water Pollution Problems (SISPPA 89), June 1989, Lisbon*, LNEC, Lisbon, III : 199-208.
- Le Barbé, L., et A. Gioda. 1989b. **Recherche d'un protocole standard d'épandage d'insecticide dans les rivières traitées par le programme de lutte contre l'onchocercose.** *Hydrologie Continentale*, 4 (2) : 93-112.
- Periscoop. 1990. **Rivières sous surveillance.** *Intertropiques*, Magazine TV mensuel, Diffusion Canal France International, janvier 1990, Montpellier/Paris, 2 mn 30 s, copies U-Matic et VHS.
- Philippon, B. 1978. **L'onchocercose humaine en Afrique de l'Ouest.** *Initiations-Documentations Techniques* 37, ORSTOM, Paris.
- Philippon, B., L. Le Barbé, et R. Le Berre. 1983. **L'hydrologie et la télétransmission dans le Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le bassin de la Volta.** *Bull. de liaison du CIEH*, Ouagadougou, 54 : 17-23.
- Philippon, B., J. Remme, J.F. Walsh, P. Guillet, et D.G. Zerbo. 1990. **Entomological results of vector control in the Onchocerciasis Control Programme.** *Acta Leidensia*, 59 (1-2) : 79-94.
- Pouyaud, B., et L. Le Barbé. 1986. **Acquisition et télétransmission des données hydrométriques, suivis des traitements automatiques en temps réel, dans le cadre du projet OMS de Lutte contre l'Onchocercose en Afrique de l'Ouest.** *Actes des 2èmes Rencontres Internationales "Eau et Technologies avancées"*, octobre 1986, Montpellier, 5 p.

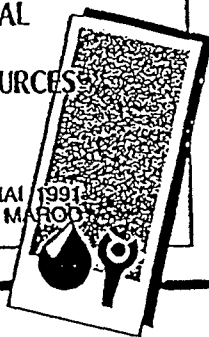
- Pouyaud, B. 1987. La télétransmission satellitaire au service du Programme de Lutte contre l'Onchocercose en Afrique de l'Ouest. *Proceedings of Int. Workshop, Toulouse, France, March 1987*, OMM/WMO - M. Environnement France- C.R. Midi-Pyrénées - S.N. Toulouse : 497-502.
- Pouyaud, B., et L. Le Barbé. 1987. Onchocercose, hydrologie et télétransmission. *Proceedings of the Rome Symposium, April 1987*, IAHS 164 : 239-244.
- Samba, E.M. 1990. OCP intercountry collaboration. *Acta Leidensia*, 59 (1-2) : 115-117.
- Servat, E., J.-C. Bader, J.-M. Lapetite, et J.-F. Boyer. 1990. Satellite data transmission and hydrological forecasting in the fight against onchocerciasis in West Africa. *Journal of Hydrology*, 117 : 187-198.
- Servat, E., et J.-M. Lapetite. 1989. La télétransmission par satellite. Une technologie adaptée à la prévision hydrologique. Exemple de la lutte contre l'onchocercose. *Proceedings IAHS Third Int. Assembly, Baltimore, MD, May 1989*, IAHS 186 : 187-191.
- Servat, E. et J.-M. Lapetite. 1990. Hydrologie, informatique et satellite. *ORSTOM-Actualités*, 29 : 22-26.
- Surugue, B. 1986. Mara, le regard du lion. OCP-OMS/ORSTOM, Ouagadougou/Paris, copies 16 mm, U-Matic et VHS multi-standard, 30 mn.
- WHO/OMS. 1985. Dix années de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'Ouest. OCP/GVA/85.1A. Genève.

ANNEXE

ملخص
 دراسة المياه وقياسها هزورية لمقاومة عمى الأنهار أو الألكوسركوز
 والمتعلقة في جرثومة تتغذى في المناطق الشبه الغاية أو الغاية الإفريقية
 المعادية لمجاري المياه . تقتل مبيدات الحشرات الذبابة الحاملة
 للجرثومة في مرحلة الديدان التي تأخذ مكانها في المياه السريعة .
 وللحد من تأثير هذا العلاج سلبيا على المعيط ، تطبق ثلاث تقنيات
 في ميدان علوم المياه : قياس الحمولة ، البت عن طريق القمر الاصطناعي
 (مجموعة أرفوس) ، التتبع . تأتي هذه التقنيات قبل الأنموذج
 وتندرج في برنامج واسع للمقاومة المندمجة "Onchocerciasis Control Programme"
 للمنظمة العالمية للصحة .
 الإصطلاحات : الهيدرولوجيا ، الصحة ، الألكوسركوز ، قياس الحمولة ،
 التتبع . البت عن طريق القمر الاصطناعي ، إفريقيا

MAY 13 - 18, 1991
 RABAT, MOROCCO
**VIIth WORLD CONGRESS
 ON WATER RESOURCES**

VII ÈME
 CONGRES
 MONDIAL
 DES
 RESSOURCES
 EN
 EAU
 13-18 MAI 1991
 RABAT, MAROC



13 - 18 ماي 1991
 الرباط، المغرب
**المؤتمر الدولي السابع
 للموارد المائية**



COMITES DU CONGRES

**Comité International
 du Programme**

- A.K. BISWAS, UK, Président
- M. ABU ZEID, Egypte
- M. BENZEKRI, Maroc
- M. JELLALI, Maroc
- V. DE KOSINSKY, Belgique
- C. LOTTI, Italie
- J.P. MOUNIER, France
- P.J. REYNOLDS, Canada
- G.E. STOUT, USA

**Comité National
 d'Organisation**

- A. MEZIANE, Président
- E. BENZEKRI, Président Délégué
- M. JELLALI, Président Exécutif
- M. ANNAKI
- L. BOUFOUS
- N. BOUTAYEB
- A. EL HEBIL
- A. EL KHABOTE
- A.S. GUEDDARI
- H. HAJIR
- A. HAJJI
- M. MARHRAOUI
- M. ESSADAoui
- M. TALBI

Teleph. : (212-7) 77 - 86 - 90 ; Telex : 360 82M ; Fax : (212-7) 77 - 60 - 81

VIIème Congrès Mondial des Ressources en Eau - Administration de l'Hydraulique - Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau
 Rue Hassan Benchekroun, Agdal-Rabat MAROC



International Water Resources Association
 205 North Mathews Avenue, Urbana, Illinois 61801, USA

ORSTOM Fonds Documentaire
 N° : 35.795 ex 1

09 SEP. 1992

Cote : B 11 p82