

Slade, J.S. and Ford, B.J. (1983). Discharge to the environment of viruses in wastewater, sludges, and soils. In Viral Pollution of the Environment, G. Berg (Ed.), CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, pp. 3-15.

Sobsey, M. D. (1982). Detection of viruses in shellfish. In Methods in Environmental Virology, C. P. Gerba & S. M. Goyal (Eds.), Marcel Dekker Inc. New York, N.Y. p.243.

Sobsey, M.D., Oglesbee, S.E. and Wait, D.A. (1985). Evaluation of methods for concentrating hepatitis A virus from drinking water. Appl. Environ. Microbiol. 50, 1457-1463.

Turner, M., Istre, G.R., Beauchamp, H., Baum, M. and Arnold, S. (1987). Community outbreak of adenovirus 7a infections associated with a swimming pool. South. Med. J. 80, 712-715.

Vaughn, J.M. and Landry, E.F. (1983). Viruses in soils and groundwaters. In: Viral Pollution of the Environment, G. Berg (Ed.), CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, 163-210.

Ward, R. L., Bernstein, D. I., Young, E. C., Sherwood, J. R., Knolton, D. R. and Schiff, G. M. (1986). Human rotavirus studies in volunteers: determination of infectious dose and serological response to infection. J. Inf. Dis. 154, 871-880.

Ward, R. L. and Akin, E. W. (1984). Minimum infectious dose of animal viruses. CRC Critical Rev. Environ. Contr. 14,297-310.

Westwood, J. C. N. and Sattar, S. A. (1976). The minimal infective dose. In Viruses in Water, G. Berg et al. (Eds.), Am. Pub. Hlth. Assoc. Inc., Washington, D. C., p. 61-69.

Yates, M.V. and Gerba, C.P. (1984). Factors controlling the survival of viruses in groundwater. Water Sci. Tech. 17, 681-687.

## Jaugeages, Télétransmission et Traçages: Eléments pour Une Stratégie Contre l'Onchocercose (Afrique Occidentale)<sup>1</sup>

A. Gioda, UR A2 Hydrologie, ORSTOM, B.P. 5045, 34032 Montpellier Cédex, France

L. Le Barbé, ORSTOM, Niamey

J.C. Bader, ORSTOM, Lomé

### RESUME

Depuis 1975, l'OCP (Onchocerciasis Control Programme) de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) épand, par voie aérienne essentiellement, des insecticides biodégradables sur 3 000 à 15 000 km d'un réseau de 23 000 km de rivières drainant sept Etats d'Afrique occidentale. Le but final est de contrôler une filariose, l'onchocercose ou cécité des rivières. Le choix d'une stratégie insecticide s'explique par la nécessité de détruire, au stade larvaire, le vecteur de la maladie, Simulium damnosum s.l., un moucheron piqueur. Ce stade correspond à la stricte localisation de l'insecte dans les eaux turbulentes des cours d'eau. Pour détruire la larve, il faut calculer les doses de produits à épandre en fonction de l'ensemble des paramètres mesurables de l'écoulement.

Trois programmes existent à l'ORSTOM dans le cadre du Département des Eaux Continentales (DEC) : 1) jaugeages des rivières ; 2) télétransmission des données hydrologiques par système satellitaire ARGOS pour planifier les doses d'insecticides à épandre ; 3) traçages des rivières avec un colorant fluorescent, la Rhodamine B, pour préciser le mode de propagation des insecticides et en déduire un protocole standard de traitement.

### INTRODUCTION

Dans la lutte contre l'onchocercose, l'espoir en chimiothérapie repose sur l'utilisation de l'Ivermectine sous forme de traitement de masse des populations touchées (Philippon et al., 1986). Toutefois, ce médicament, un microfilaricide à action prolongée, n'en est qu'au stade des essais

1. Cette étude a bénéficié d'un financement de l'Organisation Mondiale de la Santé. Programme de Lutte contre l'Onchocercose en Afrique de l'ouest (OCP).

sur les volontaires.

La destruction de la larve de *Simulium damnosum s.l.*, l'objectif actuel de l'OCP, passe d'abord par l'identification des zones cibles, puis, par l'épandage d'insecticides biodégradables en amont des gîtes à l'aide d'aéronefs traitants (Philippon et al., 1983).

Le calcul de la dose à épandre se fait par une formule empirique identique sur toutes les rivières. L'exposé de ce problème de dosage est suffisant pour expliquer le poids de l'hydrologie dans l'OCP, puisque tout surdosage entraîne des perturbations sur la faune non cible.

L'OCP, dès ses débuts, s'est appuyée sur les données de débits recueillies au cours des campagnes intensives de jaugeages. L'exploitation hydrologique de ces données passe par la gestion d'un réseau limnigraphique spécifique.

#### STRATEGIE INSECTICIDE

Le calcul des doses est complexe car l'OCP doit toujours intégrer simultanément dans ses scénarii les éléments suivants :

- la diversité des insecticides rendue nécessaire par la résistance des souches de simules à l'égard des organophosphorés ;
- la grande variabilité des débits des cours d'eau dans l'espace, selon les gîtes à traiter, et dans le temps, surtout en saison des pluies ;
- la complexité géométrique de l'écoulement qui entraîne des variations dans les distances de bon mélange et dans la portée efficace des insecticides.

\* Dans la zone initiale c'est-à-dire les 764 000 km<sup>2</sup> couverts par l'OCP depuis 1975 (fig. 1) et plus précisément les 3 000 à 15 000 km d'un réseau de 23 000 km de rivières, traités chaque semaine, la stratégie pour l'utilisation des insecticides est la suivante :

- recours quasi exclusif au B.t. H-14 (*Bacillus thuringiensis* H-14, produit d'origine biologique) en basses-eaux ;
  - recours aux larvicides chimiques en hautes-eaux et dans tous les cas lorsque le débit de la rivière dépasse 70 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>
- 1) utilisation du téméphos (abate 200 CE, un organophosphoré) lorsqu'aucune résistance des souches de simules n'est vérifiée, ce qui implique un recours de plus en plus restreint au niveau de l'aire traitée et des quantités épandues ;
  - 2) recours à la rotation chlorphoxime (organophosphoré) - carbosulfan (carbamate) - perméthrine (pyréthrinolide). Les insecticides sont classés dans l'ordre de leur utilisation lorsque les débits croissent. De nombreuses variations dans cette séquence sont possibles y compris la réintroduction temporaire

du téméphos. Pour chaque bassin hydrologique, il est établi un calendrier et un scénario hebdomadaire de traitement modulable en fonction de tous les paramètres mesurables de l'écoulement.

\* En zones d'extension (cf. fig. 1), où les traitements sont strictement localisés dans le temps et l'espace, les trois insecticides suivants sont utilisés : le B.t. H-14, le téméphos et la perméthrine.

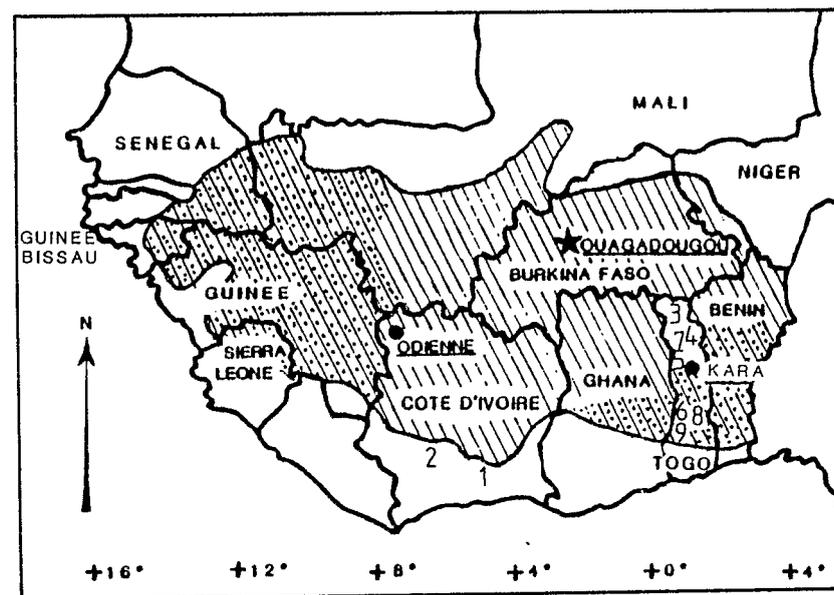


Figure 1. Carte de localisation du programme OCP-OMS.

- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| Aire du programme                 | Extension du programme                  |
| ★ Siège                           | ● Base aérienne et station de réception |
| Traçage à la Rhodamine B          |   |
| 1. Bandama à Bafécao (2 traçages) | 2. Sassandra à Soubré                   |
| 3. Oti à Sansanné-Mango           | 4. Kéran à Titira                       |
| 5. Kama à Bassar                  | 6. Gban - Hou à Brouffou                |
| 7. Kpélou à Kpessidé              | 8. Mono à N'Gambeto (2 traçages)        |
| 9. Wawa à Kessibo-Wawa            |   |

#### TELETRANSMISSION SATELLITAIRE

L'OCP opère dans des régions difficiles d'accès où le réseau de communications terrestres est donc carant. Ceci impose pour travailler de façon efficace, de disposer de moyens aériens de traitement qui sont, pour des raisons de maintenance, regroupés aux deux bases d'Odienné (Côte d'Ivoire) et de Kara (Togo) (cf. fig. 1).

Le problème est alors le suivant :

"Comment connaître au jour J et , si possible à l'heure H, la dose D, en fonction du débit Q, à épandre à plusieurs centaines de kilomètres de la base de départ de l'aéronef ?"

L'OCP a choisi depuis 1983 de s'équiper d'un système de télétransmission des données hydrologiques. Il s'agit du système ARGOS basé sur les satellites à défilement de la série NOAA-TIROS (Pouyaud et Le Barbé, 1987).

Ces deux dernières années, la mise en place du système ARGOS s'est poursuivie.

1) De nouvelles plates-formes d'émission ARGOS sur limnigraphes ont été installées en 1986-87 en Guinée (12), en Côte d'Ivoire (15), au Burkina Faso (3), au Togo et au Bénin. La plupart de ces limnigraphes sont du type CHLOE C de la société Elsyde. Ils sont équipés de cartouches CE-64 à mémoires de type EPROM pour l'enregistrement des données hydrologiques tandis que la mesure de la hauteur d'eau est effectuée par un capteur relatif de pression piézo-électrique SPI - 2.

2) Deux stations de réception d'un nouveau type SRDA 86 de la société GEIS - Espace ont été installées et mises en fonctionnement en 1987 sur les deux bases de départ des aéronefs, Odienné et Kara (cf. fig. 1).

Au total, en incluant les données du réseau Hydro-Niger fonctionnant avec le même système de télétransmission, le réseau de l'OCP reçoit les hauteurs d'eau de plus de 60 plates-formes d'émission ARGOS.

Un exemple d'application de la télétransmission satellitaire, possible par la mise en fonction d'un micro-ordinateur de type IBM AT ou compatible à l'aval des stations de réception, est détaillé ci-dessous.

#### Une application hydrologique

Il s'agit d'un logiciel de prévision de débits s'insérant dans le projet pilote "Nord-Togo".

Les épandages d'insecticides peuvent avoir lieu aux heures de la journée où il n'y a pas de passage de satellites et la liaison avec les hélicoptères en vol est par ailleurs difficile. Il est donc apparu nécessaire, pour la saison des pluies où les débits peuvent varier rapidement, de mettre au point des méthodes de prévision des débits à court terme (2, 5 et 10 heures), pour calculer à partir des données reçues avant le départ des hélicoptères, les doses à épandre au cours de la journée.

L'échantillon choisi est constitué par 8 stations limnigraphiques situées au nord du Togo et suivies entre juillet et octobre 1984 et 1985.

Il faut distinguer deux cas :

1) les stations pour lesquelles il n'existe que le limnigramme à la

station elle-même (station isolée) ;

2) les stations pour lesquelles il existe, en plus, le limnigramme d'une station située à l'amont (station non isolée).

Cas des stations isolées

La prévision ne peut se faire qu'à partir des débits connus à la station avant l'heure H à laquelle se fait la prévision.

Il a été fait plusieurs essais de corrélations multiples sur les hydrogrammes enregistrés en 1984. Il a été retenu les formules de prévision suivantes, valables pour tous les biefs :

$$Q(H+2) = 2.7 \times Q(H) - 1.2 \times Q(H-1) - .5 \times Q(H-2)$$

$$Q(H+5) = 5.5 \times Q(H) - 6.0 \times Q(H-1) + 1.5 \times Q(H-2)$$

Q(H) est le débit à l'heure H.

Cas des stations non isolées

Il est exposé le principe du modèle adopté :

1) A partir de l'hydrogramme de la station à l'amont, il est estimé celui de la station à l'aval en utilisant la solution classique de l'équation linéaire de la propagation des crues dans le cas d'un écoulement monodimensionnel.

2) Il est ajouté un accroissement qui est dépendant de celui observé au cours de la dernière heure précédant celle de la prévision. Cet accroissement est également lié à celui de l'hydrogramme de la crue observée à la station à l'amont.

#### Résultats

Pour évaluer l'efficacité du système de prévision des débits, les résultats obtenus en 1985 ont été comparés avec, d'une part, ceux qui auraient été obtenus avec l'ancien protocole de l'OCP et, d'autre part, ceux qui auraient été atteints en utilisant sans correction la dernière hauteur d'eau reçue.

1) Pour les stations isolées, le système de prévision des débits n'est pas plus satisfaisant que la méthode consistant à utiliser sans correction la dernière hauteur télétransmise pour les prévisions à 2 et 5 h. Ceci s'explique par le fait que la cadence des réceptions aux stations ARGOS est insuffisante pour avoir une reconstitution très fidèle des hydrogrammes ; les résultats sont d'autant moins bons que les crues de la rivière sont rapides. Toutefois, quelle que soit la méthode utilisée, la télétransmission permet une amélioration considérable puisque la probabilité de prédire, à +/- 20 %, le débit passe de 14 % à 90 % pour les prévisions à 2 h et de 13 % à 80 % pour les prévisions à 5 h.

2) Pour les stations non isolées, le modèle adopté est très efficace car il permet d'estimer à +/- 20 % les débits avec une probabilité de 82 % et 97 % pour les prédictions à 10 h.

#### TRACAGES CHIMIQUES

Deux grands problèmes existent pour les responsables des traitements et des opérations de l'OCP :

- Le dosage qui se pose avec l'utilisation du chlorphoxime, du carbo-sulfan et de la perméthrine, moins sélectifs pour la faune non cible que le téméphos et le B.t. H-14 ;
- L'efficacité des insecticides dans le milieu naturel. Le traitement des rivières larges et des biefs à écoulement complexe (présence d'alternance de zones d'eaux mortes et de rapides, de chenaux multiples) donne des résultats susceptibles d'améliorations.

#### Méthode retenue et limites

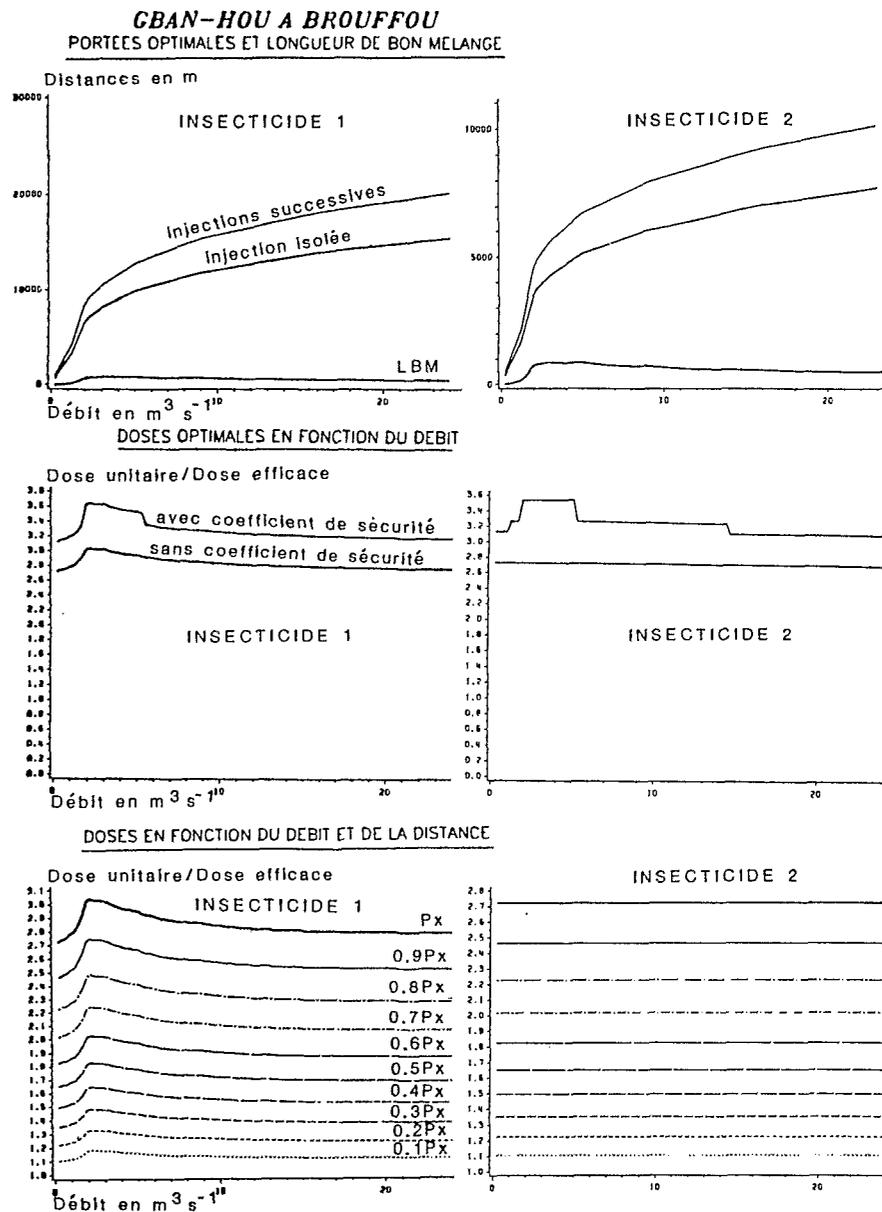
L'idée de suivre sur différents biefs la propagation de la vague d'insecticide par prélèvements successifs, en diverses sections situées à l'aval du point d'injection, a été rapidement abandonnée. L'OCP n'utilise que des produits biodégradables d'où des analyses in situ peu fiables, très lourdes à mettre en place et donc coûteuses.

Il a été décidé d'injecter sur un échantillon de neuf biefs présentant une grande variété de caractéristiques hydrauliques et géométriques, un colorant fluorescent, la Rhodamine B. Onze traçages ont été effectués au Togo et en Côte d'Ivoire entre 1984 et 1986, de la même manière que sont épanchés les insecticides (cf. fig. 1).

Il a été admis que la dose était, hormis la température, le paramètre important de l'efficacité des insecticides. De plus sachant que l'OCP traite plusieurs milliers de kilomètres, chaque semaine, il était difficile, dans un souci d'application des résultats, d'employer un modèle qui ne soit pas en écoulement monodimensionnel. De même, les paramètres de ce modèle devaient être obtenus par le biais des données accessibles à partir des jaugeages et des cartes topographiques éditées. Connaissant les résultats des traçages, il est indispensable de relier les paramètres du modèle choisi aux caractéristiques de l'écoulement et du produit utilisé. Une fois ces relations définies, il faut déterminer un protocole standard de traitement qui minimise le rapport Dose/Portée et qui précise les coefficients de sécurité à partir de la distribution des erreurs relatives entre valeurs calculées et observées.

#### Résultats

A titre d'exemple, il est présenté sur les figures 2 à 6 les courbes opérationnelles obtenues sur le Gban-hou à Brouffou (Togo) pour les deux insecticides fictifs dont les caractéristiques sont les suivantes :



Figures 2-6. Courbes opérationnelles d'épandage pour deux insecticides fictifs sur une rivière togolaise.

insecticide 1 :  $a = 1.10^{-5} \text{ s}^{-1}$        $R_0 = 5.10^{-5} \text{ s}^{-1}$

insecticide 2 :  $a = 0$        $R_0 = 1.10^{-4} \text{ s}^{-1}$

Sur ces courbes, il est effectué les commentaires suivants :

a) S'il est possible de négliger la décroissance de R dans le temps (insecticide n°2), le protocole standard de traitement est extrêmement simple puisque :

1) La dose unitaire optimale théorique est identique pour toutes les rivières et est égale à  $e \cdot D_f$  ( $e = 2,718$ ). Seuls changent les coefficients de sécurité à utiliser et qui seront d'autant plus forts que les longueurs de diffusion seront élevées.

2) Les courbes des portées optimales sont déduites uniquement des valeurs du rapport  $V/R_0$ .

3) Les courbes liant la dose unitaire (exprimée en pourcentage de la portée optimale) à la longueur du bief à traiter sont identiques pour toutes les rivières.

b) Si la décroissance de R dans le temps n'est plus négligeable (insecticide n°1), le protocole de traitement varie suivant le type des rivières :

1) Pour celles où les valeurs des longueurs de diffusion sont toujours faibles comparées aux portées optimales, les doses unitaires théoriques à utiliser sont toujours très voisines du triple de la dose efficace avec des différences cependant dans la valeur des coefficients de sécurité et des portées. Tel est le cas illustré du Gbanhou à Brouffou (cf. fig.2 à 6).

2) Pour les rivières qui ont des longueurs de diffusion élevées, les variations de dose unitaire en fonction du débit sont très importantes. Les valeurs du rapport dose unitaire sur la portée peuvent être telles qu'il n'est pas réaliste de retenir cet insecticide pour traiter ce type de rivière. C'est le cas non illustré du Mono à N'Gambeto (Togo).

c) Lorsque la distance de bon mélange est supérieure à celle de la portée, il faut s'interroger sur l'efficacité des traitements. La limite de validité du protocole serait alors atteinte, cas non illustré de l'Oti à Sansanné-Mango (Togo).

#### CONCLUSIONS

Sous la forme de rapports contractuels, les hydrologues de l'ORSTOM ont collaboré avec l'OCP, pendant ces deux dernières années, aux réalisations suivantes :

- la continuation des campagnes de jaugeages, en association avec les Services Nationaux, sur l'ensemble des pays couverts par l'OCP avec

un effort particulier fourni en Guinée ;

- la mise en place de plus de 30 plates-formes d'émission du système satellitaire ARGOS, installées sur des limnigraphes ;
- l'installation de 2 stations de réception satellitaire ARGOS, d'un nouveau type, à Odienné (Côte d'Ivoire) et à Kara (Togo) ;
- la mise en place à Kara, à l'aval de la station de réception, d'un logiciel de prévision de débits ;
- la remise d'un document sur la propagation des insecticides, débouchant sur un protocole de traitement standard par insecticides des rivières. Ce document s'appuie sur 11 traçages chimiques effectués entre 1984 et 1986 en Côte d'Ivoire et au Togo. L'exploitation pratique des conclusions est à l'étude à l'OCP.

#### REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient de Directeur de l'OCP pour son autorisation de diffusion des données et de leur interprétation. Ils remercient également le Chef de la Lutte Antivectorielle de l'OCP pour ses conseils et ses encouragements. La technique des traçages n'aurait pu être mise en place sans l'accord des Autorités de la République du Togo et de la République de la Côte d'Ivoire et le travail de terrain n'aurait pu être fait sans l'appui de la Direction de l'Hydraulique togolaise et de la Direction Centrale de l'Hydraulique ivoirienne.

#### REFERENCES

- Guillet, P., Escaffre, M., Ouedraogo, M., Quilleveré, D. (1980). Mise en évidence d'une résistance au téméphos dans le complexe Simulium damnosum (S. sanctipauli et S. soubrense) en Côte d'Ivoire. Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol., XVIII (3) : 291 - 299.
- Philippon, B., Le Barbé, L., Le Berre, R. (1983). L'hydrologie et la télétransmission dans le Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le bassin de la Volta. Bulletin de liaison du CIEH, n° 54, Ouagadougou.
- Philippon, B., Remme, J.N., Zerbo, D.G. (1986). Le Programme de Lutte contre l'Onchocercose en Afrique de l'ouest. Bilan sommaire et perspectives générales. In : Comptes rendus du IVème Congrès sur la Protection de la Santé Humaine et des Cultures en Milieu Tropical, Marseille, 2-4 juillet, Chambre de Commerce et d'Industrie de Marseille, p. 125-131.
- Pouyaud, B., Le Barbé, L. (1987). Onchocercose, hydrologie et télétransmission. In : Water for the Future : Hydrology in Perspective (proc. of the Rome Symposium, april), IAHS (164) p. 239 - 244.

## ANNEXES

- a : paramètre caractéristique de l'insecticide quantifiant la décroissance de R en fonction de la distance.  
 Df : dose efficace de l'insecticide.  
 R : coefficient de disparition de l'insecticide.  
 Ro : coefficient de biodégradation de l'insecticide.  
 V : vitesse de propagation.

## Wastewater Treatment Alternatives for Villages in Developing Countries

M.C. Preul, Department of Civil and Environmental Engineering,  
 University of Cincinnati, Cincinnati, Ohio 45221, USA

### ABSTRACT

This paper presents the results of investigations regarding the most appropriate wastewater treatment alternatives for villages in developing countries. The investigations were largely carried out in Egypt, however the information is applicable in other countries of similar climate and circumstances. The alternatives discussed and evaluated include: waste stabilization ponds; land treatment; oxidation ditch; and pre-fabricated plants (extended aeration.) For comparison purposes, engineering considerations are outlined along with comparative cost data. Major considerations in the ultimate selection of the process are: effluent requirements; land availability; site limitations including groundwater levels; initial cost of the system; and operation/maintenance complexity/costs. Recommendations are given regarding the order of selection for the most appropriate process.

### INTRODUCTION

Selection of the wastewater treatment and disposal concept for a village in a developing country is constrained by a number of important engineering considerations, including the following:

- effluent requirements and design criteria
- ultimate disposal and/or use of effluents and sludges
- initial costs (foreign and local currencies)
- operation and maintenance
- limited land availability
- factors peculiar to a particular site, such as high groundwater

The alternatives considered herein are applicable for villages having populations in the range of several hundred up to approximately 20,000. Conclusions and recommendations regarding the most applicable wastewater treatment alternatives are given at the end of this paper.

# Water for World Development

Proceedings of the VIth IWRA World Congress  
on Water Resources

May 29-June 3, 1988  
Ottawa, Canada

A. GIODA  
L. LEBARBE  
J. C. BADER

O.R.S.I.O.M. Fonds Documentaire

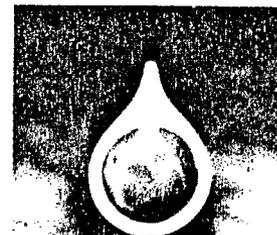
N° 41609

Conf. B

08 JUIL. 1993

Volume III

Agriculture, Irrigation, and Drainage; Environment



International Water Resources Association  
205 North Mather Avenue, Ottawa, Ontario K1P 1H7