

SURVEILLER LES RIVIÈRES POUR VAINCRE L'ONCHOCERCOSE

COMMENT LA PRÉVISION DES DÉBITS DES
COURS D'EAU PERMET AUJOURD'HUI DE RENFORCER
LA LUTTE CONTRE L'ONCHOCERCOSE EN
AFRIQUE DE L'OUEST.

L'onchocercose, encore appelée « cécité des rivières », est une maladie parasitaire transmise à l'homme par des petites mouches hématophages, les simulies (voir « Les maladies parasitaires » dans *La Recherche* d'octobre 1980). Elles inoculent, par leurs piqûres, des embryons d'un ver parasite *Onchocerca volvulus*, dont l'accumulation au niveau de l'œil entraîne à terme, la cécité. Le développement des simulies se fait dans les eaux très oxygénées (chutes, torrents).

L'onchocercose existe à l'état endémique dans toute l'Afrique occidentale et plus particulièrement dans les zones de savane. Ainsi, l'Organisation mondiale de la santé, (OMS) dénombre actuellement deux millions sept cent mille personnes parasitées en Afrique de l'Ouest (hors Nigéria). Les populations sont souvent contraintes d'abandonner les zones infestées, alors qu'elles sont généralement les plus fertiles car situées en bordure de rivières, d'où d'importants problèmes socio-économiques. Depuis 1987, un médicament, l'Ivermectine, permet de stopper immédiatement l'évolution des lésions oculaires et cela sans effets secondaires notables. Cependant, il ne permet pas d'interrompre la transmission de la maladie. Ainsi, la lutte antivectorielle, c'est-à-dire la destruction des larves de simulies dans les cours d'eau, reste essentielle. En 1974, l'OMS a mis en place un important programme de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'Ouest, ocp (*Onchocerciasis Control Program*), qui couvre tout ou partie de onze pays : Niger, Bénin, Togo, Ghana, Côte-d'Ivoire, Burkina-Faso, Mali, Guinée, Guinée-Bissau, Sénégal et Sierra Leone, soit au total 1 235 000 km². L'objectif premier de ce programme est de détruire les larves de simulies par épandage d'insecticides, afin d'interrompre la transmission de la maladie. Pour cela, il est nécessaire de calculer les doses d'insecticides à injecter dans les rivières et, par conséquent d'en connaître le débit. D'importants progrès ont été réalisés ces dernières



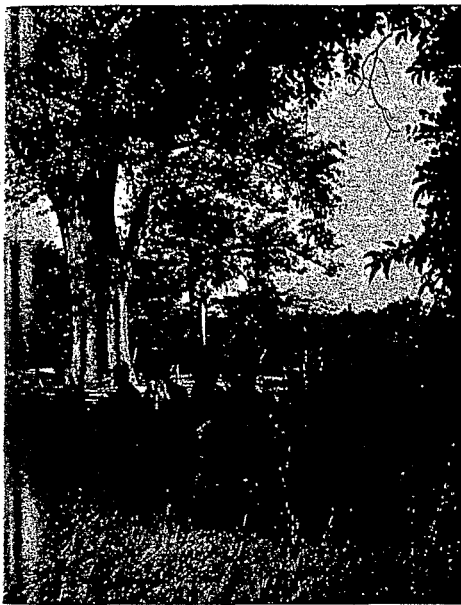
années grâce à la mise en place d'un réseau de transmission par satellite des hauteurs d'eau enregistrées (ce paramètre étant directement lié au débit) et, plus récemment, d'un nouveau logiciel de prévision des débits s'appuyant sur les données télétransmises.

Jusqu'en 1987, les équipes entomologiques d'ocp relevaient chaque semaine les hauteurs d'eau aux échelles de crue des 370 stations hydrométriques du programme. Ces relevés, transmis par radio aux bases de traitement, étaient directement utilisés pour calculer les doses d'insecticides à injecter dans les rivières (proportionnelles au débit ou fixes entre deux valeurs de débit donnés) au cours d'épandages aériens effectués la semaine suivante par avion ou par hélicoptère. Bien qu'un léger surdosage de Téméphos, le seul insecticide utilisé en début de programme, n'ait pas de conséquence dramatique sur l'environnement, les variations rapides du débit des rivières en saison des pluies entraînent des erreurs de dosage qui nuisent à l'efficacité des traitements et favorisent, chez les simulies, l'apparition de résistance à l'insecticide utili-

sé. Cette résistance s'est, depuis 1980, progressivement étendue à l'ensemble de la zone, ainsi qu'aux autres insecticides de la même famille, celle des organo-phosphorés. Elle a conduit les responsables du programme à utiliser en alternance dès 1982, six nouveaux larvicides l'un biologique (le Bth 14), les cinq autres chimiques. Cependant, leur emploi est plus contraignant (coûts d'utilisation plus élevés, faible tolérance dans les dosages et risques de toxicité accrue pour les organismes non ciblés). Pour pallier ces inconvénients, il est devenu indispensable d'avoir une

connaissance plus précise du débit et donc de la dose d'insecticide à injecter au moment du traitement. C'est, avec l'inaccessibilité de nombreuses stations en saison des pluies (voies d'accès coupées ou impraticables), la raison pour laquelle le programme a eu recours à la transmission par satellite des hauteurs d'eau enregistrées sur le terrain⁽¹⁾. Depuis 1987, un réseau de transmission par satellite des hauteurs d'eau enregistrées a ainsi été mis en place. Désormais, les cinquante mille kilomètres de rivières sont en permanence surveillés et, si nécessaire, traités chaque semaine avec des insecticides. Le traitement se fait avant que la transmission de la maladie ne reprenne par développement intense des simulies, l'alerte étant donnée par un réseau d'évaluation entomologique qui comprend, sur la zone ocp, 280 points suivis chaque semaine. La télétransmission est fiable et efficace puisqu'elle permet en toutes saisons un accès en temps réel à des données reçues directement dans les deux centres de décision des opérations aériennes du programme situés à Odienné en Côte-d'Ivoire et à Kara au Togo⁽²⁾.

La collaboration entre l'ORSTOM et les sociétés ELSYDE-France et CEIS-Espace a permis la réalisation d'une plate-forme hydrologique alimentée par un panneau solaire et une batterie. Cet ensemble autonome assure la mesure des hauteurs d'eau toutes les demi-heures à l'aide d'un capteur de pression. Les informations ainsi recueillies sont, d'une part, sauvegardées sur mémoire et, d'autre part, transférées, grâce à un système Argos intégré à la plate-forme, sous forme d'un message capté par un satellite relais et réceptionné au niveau des bases de traite-



Afin de renforcer le programme de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'Ouest mené par l'Organisation mondiale de la santé, l'ORSTOM a élaboré un logiciel de prévision des débits des cours d'eau infestés par les insectes vecteurs de la maladie. Ce logiciel fonctionne à partir des données de hauteur d'eau télétransmises. Ce logiciel permet désormais de calculer en temps réel les doses d'insecticides à injecter dans les rivières au cours d'épandages aériens par avions et hélicoptères. (Cliché Bernard Pouyaud)

ments aériens. La station de réception, dotée d'un environnement informatique de type IBM-AT, stocke et traite les messages au fur et à mesure de leur arrivée. Elle gère et affiche également un certain nombre d'alertes portant sur les paramètres de fonctionnement interne (alimentation électrique par exemple) des plates-formes ou sur des seuils de hauteur d'eau, minimum ou maximum, fixés par les responsables du programme⁽³⁾.

Les premières de ces plates-formes furent installées dès 1987 dans la zone d'OCP. Quoique technologiquement sophistiquées et placées dans des condi-

tions de fonctionnement difficiles (chaleur et humidité), elles ont donné globalement satisfaction. Des développements en cours doivent permettre d'augmenter encore la fiabilité de certains de leurs composants, notamment celle des batteries assurant l'alimentation électrique. Actuellement, le programme utilise 118 plates-formes dont 83 qui lui sont propres, 23 du programme HydroNiger (développé par l'Organisation météorologique mondiale et l'Autorité du Bassin du Niger) et 12 du réseau national du Bénin⁽⁴⁾. Leur utilisation a permis d'atteindre une excellente adéquation « débit propagé-insecticide injecté », permettant ainsi d'améliorer le rapport coût/efficacité des opérations de traitement et donc de réduire les coûts de fonctionnement du programme. Afin d'améliorer encore les performances du système, l'ORSTOM a élaboré, dans le cadre d'OCP, un logiciel de prévision des débits pour chacun des biefs traités, qui s'appuie essentiellement sur les données télétransmises. Ce logiciel, baptisé PERLES (Prévisions, Etalonnages, Réceptions, Lectures d'Échelles), est actuellement implanté sur les micro-ordinateurs de la base des opérations aériennes d'OCP à Odienné. Il répond à plusieurs impératifs⁽⁵⁾. Tout d'abord, il permet de prévoir les débits, pour l'ensemble des biefs traités trois, six et douze heures à l'avance en saison des pluies (période durant laquelle les variations de débits peuvent être très rapides) et un, trois, cinq et huit jours à l'avance en saison sèche (régime stable de tarissement des cours d'eau). Pour cela, les données télétransmises de hauteur d'eau sont transformées en débit, à l'aide des courbes d'étalonnage établies aux différents points de mesure. Pour chaque bief, des modèles de prévision existent. PERLES apporte non seulement un meilleur ajustement des dosages d'insecticides grâce à la prévision des débits, mais aussi un calcul instantané des doses à injecter. Il permet également de gérer l'ensemble des données hydrologiques utilisées par OCP (étalonnages de l'ensemble des stations, relevés d'échelles de crues, données télétransmises).

La prévision des débits est effectuée grâce à cinq modèles, intégrés dans le logiciel PERLES. En saison des pluies, quatre d'entre eux peuvent être utilisés. Tout d'abord, un modèle hydraulique décrivant les écoulements en rivière et la propagation de la crue⁽⁶⁾. Le deuxième modèle est auto-régressif et peut être utilisé sur les biefs équipés de balises de télétransmission. Il prend en compte les mesures effectuées précédemment sur ce site afin de prévoir le débit à une échéance donnée. La troisième méthode de prévision est fondée

sur les corrélations existant entre les balises et les échelles de crues, et qui permettent d'affiner l'estimation des débits pour des biefs sur lesquels on ne dispose que d'une lecture hebdomadaire des hauteurs d'eau. On peut utiliser également, en dernier recours, des relations empiriques associant les débits de différents cours d'eau dans la détermination du débit d'un bief donné. Ces relations résultent des années d'observation et de la parfaite connaissance du terrain des responsables locaux d'OCP. Enfin, en saison sèche, un modèle de tarissement régulier peut être utilisé.

L'ensemble « plate-forme hydrologique-télétransmission-PERLES » a entraîné d'importantes améliorations pour la réalisation du programme, non encore évaluées. Il permet, en effet, d'éviter à la fois des sous-dosages générateurs d'échecs et de résistance aux insecticides et des surdosages coûteux et dommageables pour l'environnement. En augmentant les chances de réussite, il permet également d'envisager des suspensions momentanées de traitements, autorisant ainsi l'adoption de stratégies plus sélectives et donc moins coûteuses.

Hormis l'application dans le domaine de la Santé publique avec le cas particulier du Programme de lutte contre l'onchocercose, la télétransmission par satellite se présente comme une technique d'avenir en hydrologie. Elle trouve sa pleine utilisation dans le cas de réseaux d'annonces de crues sur de grands bassins versants, comme par exemple le programme de gestion du barrage de Manantali sur le Sénégal et sa vallée. La surveillance du bassin versant par la télétransmission permet d'évaluer les apports et donc d'optimiser la gestion du réservoir que constitue Manantali en fonction de contraintes agricoles ou autres, identifiées le long du fleuve. Son intérêt dans le cadre de la rationalisation de la gestion d'un réseau hydrométrique national est évident. Ces plates-formes hydrologiques sont, en particulier, à même de « s'auto-surveiller », ce qui peut réduire considérablement les coûts de fonctionnement de l'ensemble du réseau de surveillance (le nombre de tournées d'entretien est en effet réduit). La télétransmission par satellite est aussi un outil de choix pour les pays en voie de développement dans la zone inter-tropicale, là où les voies d'accès aux stations sont parfois impraticables et où, localement, les conditions de suivi se révèlent souvent insuffisantes. Dans le futur, les perspectives de cette technique sont donc nombreuses.

**ERIC SERVAT, PIERRE GUILLET,
BERNARD POUYAUD ET JEAN-MARC LAPETITE**

- (1) B. Pouyaud, *Proceedings of the Sahel forum on the state of the art of hydrology in the arid and semi arid areas of Africa*. Ouagadougou, Burkina Faso, novembre 1988, M. Demissie et G.E. Stout (eds), I.W.R.A., Urbana, Illinois, 1989.
(2) J.C. Bader et al., *ibid.*, 1, novembre 1988, M. Demissie et G.E. Stout (eds), I.W.R.A., Urbana, Illinois, 1989.
(3) B. Pouyaud, *Troisièmes journées hydrologiques de l'Orstom à Montpellier*. Colloques et séminaires, Editions de l'Orstom, 1987.
(4) E. Servat et J.M. Lapetite, *Proceedings of the Ljubljana symposium on regionalization in hydrology*, IAHS Publ., no 191, 1990.
(5) E. Servat et J.M. Lapetite, *Hydrologie Continentale*, 5, 1991, à paraître ; E. Servat et al., *Journal of Hydrology*, 117, 187, 1990.
(6) Ven Te Chow, *Open channel hydraulics*, Mc Graw Hill, 1959.