

COLLOQUE SUR LA TELEMESURE ET LA TRANSMISSION DES DONNEES EN HYDROLOGIE
Toulouse, 23-27 Mars 1987

LA TELETRANSMISSION SATELLITAIRE AU SERVICE DU PROGRAMME DE LUTTE
CONTRE
L'ONCHOCERCOSE EN AFRIQUE DE L'OUEST

Bernard POUYAUD
Laboratoire d'Hydrologie ORSTOM -
MONTPELLIER - FRANCE

RESUME

Pour les besoins de son programme d'éradication de l'Onchocercose, filariose humaine évoluant jusqu'à la cécité, l'OMS a commandité l'installation d'un vaste réseau de télétransmission de données limnimétriques en Afrique de l'Ouest. Cette communication présente les choix technologiques retenus (limnigraphes à capteur de pression piézo-électrique, enregistreurs sur cartouche à mémoires statiques, système de télétransmission ARGOS) et l'utilisation qui en est faite (banque de données alimentée en temps réel, modélisation et prévision des débits de chaque cours d'eau à traiter, évaluation des doses d'insecticide à épandre). Elle montre enfin les justifications économiques et scientifiques qui ont conduit à ces choix nécessaires.

MOTS CLES :

Afrique de l'Ouest, télétransmission, Onchocercose, traitement insecticide, banque de données limnimétriques.

SUMMARY

For the needs of the onchocerciasis eradication program, the WHO has financed the setting up of a large stream gauge data telemetered network in western Africa. This paper presents the various equipments selected (pressure actuated gauge, EPROM recording cartridges, ARGOS telemetering system) and their utilisation : real data base management, river modelisation, runoff forecasting, assessment of the insecticide doses for each river to be treated. The scientific and economic reasons having led to those choices are also given.

KEY WORDS

Western Africa, telemetering systems, onchocerciasis, insecticide treatment, stream gauge data base.

INTRODUCTION

L'Onchocercose humaine est une filariose transmise par un moucheron piqueur, la simule, vulnérable aux insecticides lors de son stade larvaire uniquement, lorsqu'il colonise des supports immergés dans des eaux vives. Le dosage adéquat des insecticides nécessite la connaissance précise du débit des rivières à traiter, et donc de leurs cotes limnimétriques. L'Onchocerciasis Control Project (OCP) de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), dans sa phase initiale, s'appuyait sur les services hydrologiques nationaux, dont il augmentait l'extension si nécessaire. Les lectures d'échelles étaient exécutées une fois par semaine par OCP et transmises par radio par les secteurs aux bases d'intervention aérienne. Les doses d'insecticide étaient donc calculées à partir d'une seule lecture hebdomadaire. Cette situation, tolérable pour des rivières assez importantes et aux variations suffisamment lentes, cesse de l'être en saison des pluies et pour les petits bassins versants. Il convient alors de disposer d'observations limnimétriques beaucoup plus fréquentes, si possible même en temps réel. En 1984 était donc installé au Nord TOGO sur le bassin de l'OTI et de son affluent la

08 JUIL. 1988

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 41604

Cote : B

KARA, un réseau de télétransmission hydrologique pilote, dont les performances furent testées lors des hivernages 85 et 86.

Lorsque fin 1985 fut financée l'extension du programme OCP à l'ouest, et particulièrement sur les hauts bassins du NIGER et du SENEGAL en GUINEE, il fut décidé d'utiliser l'expérience acquise lors de la gestion du réseau pilote Nord-TOGO et de l'étendre à toutes les zones d'extension du programme OCP, à l'Ouest (GUINEE, MALI) et à l'Est (TOGO, BENIN). Dans ces vastes régions, difficiles d'accès et aux réseaux hydrométriques existants insuffisants pour les besoins d'OCP, le réseau de télétransmission d'OCP compléterait avantageusement le réseau préexistant du projet HYDRONIGER, installé dès 1984 avec le financement et l'encadrement de l'OMM (Organisation Mondiale de Météorologie) pour le compte de l'Autorité du Bassin du NIGER (ABN). Afin d'être compatible avec ce réseau HYDRONIGER, le système de télétransmission retenu fut le système ARGOS, système déjà choisi pour les mêmes raisons dans le cas du réseau pilote Nord-TOGO.

Le réseau OMS-OCP est en cours d'installation et devrait comporter 48 stations télélimnimétriques avant l'hivernage 1987 et à terme près de 80.

LES CHOIX TECHNOLOGIQUES

Dès 1984 était progressivement installé en Afrique de l'Ouest le réseau de plates formes de collecte de données du projet HYDRONIGER à l'initiative de l'OMM. Le système utilisé était le système ARGOS. Entre autres données transmises figurent les hauteurs limnimétriques au moment du passage du satellite, c'est-à-dire, pour ces latitudes, en moyenne 4 données par jour.

Le projet-pilote Nord-TOGO, lancé en 1985 par l'ORSTOM à l'initiative de l'OCP, reprend naturellement le même système, puisque la station de réception était une station CEIS-Espace du type HYDRONIGER. Par contre l'équipement des télélimnigraphes diffère :

- dans le cas du réseau HYDRONIGER, il s'agit de limnigraphes SEBA à capteur pneumatique, équipé d'un codeur CEIS-Espace.
- dans le cas du projet Nord-TOGO d'OCP, il s'agit de limnigraphes classiques à flotteur OTTX équipé d'un codeur SIGTAYCOD de la CSEE.

Dans les deux cas les balises d'émission sont des balises ARGOS fabriquées par CEIS-Espace.

Les deux systèmes ont donc en commun de n'avoir aucune mémorisation, et n'envoient donc que les seules hauteurs d'eau lors du passage du satellite, soit un maximum de 4 hauteurs par jour, parfois espacées de près de 8 heures.

L'extension Ouest d'OCP concerne en phase I le bassin amont du fleuve NIGER, situé essentiellement en République de GUINEE, et dans une moindre mesure, les bassins des trois affluents constituant le Haut SENEGAL (BAKOYE, BAOULE, BAFING) en Républiques de GUINEE et du MALI. Les phase II et III concerneront les autres affluents du SENEGAL (FALEME etc.) et les rivières constituant vers l'Ouest et le Sud-Ouest les fleuves côtiers qui drainent la GAMBIE, la GUINEE BISSAU, la SIERRA LEONE, la GUINEE et le LIBERIA. Nous n'aborderons ici que la première phase et donc les hauts bassins du NIGER et du SENEGAL, au MALI et surtout en GUINEE, puisque c'est là que se posent les principaux problèmes onchocerciens et hydrologiques.

Le réseau hydrologique du haut bassin du NIGER est actuellement insuffisamment équipé pour OCP. Certes, le projet HYDRONIGER a doté le haut bassin guinéen du NIGER de six stations de télétransmission, mais ces stations sont installées sur le NIGER lui-même (KOUROUSSA et FARANAH) ou ses plus gros affluents : le MILO (KANKAN, et KEROUANE), le NIANDAN (BARO), le TINKISSO, ou encore le SANKARANI (MANDIANA en projet). Elles ne suffisent évidemment pas à OCP, dont les besoins nécessitent une densité de stations beaucoup plus importante, puisqu'il faut connaître les débits au long des principaux cours d'eau, mais aussi de leurs affluents, jusqu'à des bassins versants de parfois moins de 1 000 km².

Puisqu'ils seraient inaccessibles en hautes eaux et que les échelles limnimétriques ne pourraient être lues autrement que par hélicoptère, avec les coûts prohibitifs que cela suppose, OCP a donc décidé de doter les principaux sites (ou les plus inaccessibles) de télélimnigraphes. Le système de télétransmission

ARGOS fut retenu, autant parce qu'il équipait déjà le réseau HYDRONIGER que par sa disponibilité immédiate (cf. figure n°1). Mais les contraintes d'OCP sont différentes de celles d'HYDRONIGER :

- certains des sites sont inaccessibles par route, ce qui impose au matériel d'être facilement hélicopté.
- 4 observations par jour sont insuffisantes et il faut donc stocker les données en mémoire avant leur transmission au passage du satellite.

Pour répondre aux diverses contraintes décrites précédemment, les choix suivants furent effectués :

- Le limnigraphe serait un CHLOE modifié, construit par la société ELSYDE. Ce limnigraphe utilise un capteur SPI-2, constitué d'une jauge de pression à semi conducteur et d'une carte électronique intégrée dans un boîtier cylindrique immergeable, relié au coffret du CHLOE par un câble souple gainé de PVC et blindé. Le CHLOE-C est un système limnigraphique automatique et autonome, enregistreur et transmetteur, qui réalise les fonctions suivantes :

- enregistrement de la hauteur d'eau mesurée par la sonde SPI-2, dans une cartouche CE64 constituée de 8 mémoires de type EPROM de 8 K.octets chacune.
- mesure des paramètres internes du système (tension de la batterie et des panneaux solaires, tension de programmation des EPROM, températures internes du coffret du CHLOE et du SPI).
- disponibilité, à chaque passage satellite, par balise ARGOS d'un message qui comprend la mesure des 15 hauteurs d'eau aux 15 demi-heures rondes précédant l'émission, les mesures des paramètres internes précédents et le remplissage de la cartouche CE64.
- dialogue avec l'utilisateur grâce à un terminal interactif TD86 à clavier et écran connectable sur le coffret, qui permet l'initialisation du système, la programmation des seuils de sensibilité et de la fréquence de scrutation et les réajustements de cotes, avec gestion du décalage du zéro.

Mis au point en liaison avec les sociétés ELSYDE et CEIS-Espace début 1986, longuement testés à l'état de prototype au cours du printemps 86 par le Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM à MONTPELLIER, les cinq premiers CHLOE C ont été installés début août 86 en GUINEE.

Ces premières stations équipées sont :

DION à BARANAMA
DION à DIAMARADOU
SANKARANI à SANANKORO
KOURAI à KODIANA
FIE à KOUNDIANA-KOURA

De août à novembre, les messages retransmis par ces balises furent reçus à MONTPELLIER au Laboratoire d'Hydrologie ou à CEIS-Espace à TOULOUSE et archivés dans la banque de données hydrométriques de l'ORSTOM sous le logiciel de gestion HYDROM. Début décembre, à l'occasion de la mission de prospection des phases II et III de l'extension ouest d' OCP, nous avons pu récupérer les cartouches EPROM d'enregistrements de ces 5 télélimnigraphes. Transcrites par le logiciel HYDROM, elles vérifient exactement les mesures télétransmises. Nous avons pu aussi les comparer, avec un succès total, aux observations du lecteur du DION à DIAMARADOU (ce qui permet de dater avec certitude et précision les absences de ce lecteur et les cotes inventées !) et pour les quatre autres stations aux cotes de jaugeage effectués durant cette période par les équipes hélicoptées de l'ORSTOM et de GUINEE. A l'issue de cette phase expérimentale, on peut considérer le système comme totalement validé, 15 autres stations en GUINEE et au MALI seront installées entre le 15-01-87 et le 15-02-87, 20 autres en GUINEE, au MALI et au SENEGAL en avril-mai 1987, et enfin 12 de plus, à la même période, en zone d'extension Est au Nord BENIN et Nord TOGO. Le reliquat sera installé lors de la saison sèche 87-88, dont une partie sans doute dans certaines zones inaccessibles du GHANA.

Les besoins d'OCP sont également particuliers en ce qui concerne la station de réception. Lorsque l'on doit gérer en temps réel un réseau de plus de 50 stations, il n'est plus possible d'utiliser des stations de réception du type HYDRONIGER de première génération dont il faut manuellement saisir les données

recueillies pour les introduire dans le logiciel HYDROM, au moins en ce qui concerne les stations implantées dans les Centres Nationaux de prévision.

Il convenait donc de perfectionner cette méthodologie en l'adaptant à la gestion d'un réseau beaucoup plus vaste et comportant déjà trois types de télélimnigraphes : les balises Hydroniger, OMS-Type Nord-Togo et OMS-Type Guinée. Cela est fait et largement automatisé par une station de réception mise au point par la société CEIS-Espace, construite autour d'un IBM-XT de 20 M.octets. En pratique cette station est capable de gérer de façon totalement automatique et programmable en conversationnel une centaine de balises de télétransmission. Elle crée et gère un fichier indexé de hauteurs d'eau, réalimenté en temps réel à chaque passage de satellite. Grâce à un code de correction d'erreur la station valide, en corrigeant au besoin des erreurs de transmission, les messages reçus des différentes balises via les satellites. Ces fichiers rangés et ordonnés peuvent faire l'objet d'éditions automatiques pour certains des paramètres, ou commandées par l'opérateur pour d'autres. La station gère et affiche également un certain nombre "d'alertes" portant sur les paramètres de fonctionnement interne des balises ou sur des seuils de hauteur d'eau, minimum ou maximum, fixés par l'opérateur.

La station a la possibilité d'éditer sur disquettes la totalité de ses fichiers (fichiers de travail : bruts et corrigés en provenance du satellite, fichiers élaborés : fichier résultats et balises traités par la station). Ces disquettes permettent l'échange de données entre le programme OCP et d'autres structures, les services hydrologiques nationaux par exemple. Mais le micro-ordinateur sur lequel est implanté la carte calculateur de la station de réception est équipé d'une deuxième connexion RS 232 qui lui permet de communiquer avec un deuxième micro-ordinateur. La station de réception gère cette communication et transmet automatiquement au disque dur du deuxième micro les données stockées en temps réel dans sa propre banque de données limitée à 20 jours, les fichiers de la station de réception étant des fichiers circulaires.

C'est sur ce deuxième micro, dit "aval" que se trouve implanté le logiciel HYDROM et les programmes qui permettent de transformer la banque de données, type station de réception, en une banque de type HYDROM. Alors, deviennent utilisables tous les logiciels par ailleurs développés par le Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM sur le standard HYDROM.

CONCLUSION

En guise de conclusion, il nous faut évoquer l'utilisation qui peut être faite de ce réseau complexe de télébalises et de leurs résultats. Les utilisateurs potentiels sont de deux origines :

- le programme OMS-OCP, initiateur du projet bien sûr ;
- mais aussi les services hydrologiques nationaux des pays hôtes., sans parler naturellement du projet HYDRONIGER, ou de ceux comparables qui vont se lancer sur les fleuves SENEGAL et GAMBIE.

En ce qui concerne le programme OCP, l'utilisation en est évidente : utiliser les hauteurs d'eau télétransmises pour les transformer en débits, grâce aux étalonnages mémorisés dans HYDROM, et calculer les doses d'insecticide à appliquer sur chaque bief de rivière. Mais outre cette utilisation primaire des données, on peut les introduire dans des modèles plus ou moins complexes de prévision, selon qu'ils s'appuieront sur une seule station ou au contraire intégreront les données émanant de diverses stations amont et aval. On peut alors effectuer des prévisions à court terme (5 à 10 heures) ou à quelques jours, qui seront utilisées pour prévoir les doses d'insecticide à appliquer en tel ou tel site, situé entre telle et telle station du réseau, en conformité avec le planning des traitements à réaliser. Actuellement les tournées aériennes (hélicoptère et avion) de traitement insecticide des biefs de rivière sont programmées suffisamment à l'avance. Avions et hélicoptères font des rotations qui durent en moyenne 7 jours au départ des bases d'ODIENNE (COTE D'IVOIRE) pour l'Ouest et de LAMA-KARA (TOGO) pour l'Est. Il convient donc de mettre à la disposition des pilotes chaque semaine, en même temps que leur plan de vol hebdomadaire, une prévision de l'hydraulicité des rivières qu'ils auront à traiter dans la semaine qui suit. En période d'étiage il ne sera pas difficile de faire une prévision sûre à 7 jours. En hivernage il en ira tout autrement et il conviendra, chaque matin, d'actualiser les prévisions faites. Ces nouvelles prévisions seront transmises par radio, directement aux pilotes, ainsi que les doses calculées d'insecticide.

Mais l'archivage sur support informatique de toutes les données hydrologiques permet aussi à OCP de contrôler a posteriori la qualité des prévisions faites et donc des applications d'insecticide décidées, grâce à l'évaluation entomologique des traitements obtenue par le suivi entomologique des populations de simules en des point de référence. Pour des rivières bien traitées pourrait même être prise la décision

d'ajourner les traitements, et donc d'économiser l'insecticide extrêmement onéreux, jusqu'à ce que des conditions hydrologiques nouvelles, connues grâce à la télétransmission, incitent à les reprendre.

Tous ces avantages justifient bien la décision d'OCP de s'équiper en télétransmission et l'étude économique faite prévoit l'amortissement du matériel de télétransmission dès la troisième campagne annuelle, grâce à l'économie réalisée, mais aussi grâce à l'amélioration de la qualité des traitements.

Les autres utilisateurs potentiels sont donc les services hydrologiques nationaux et on retrouve bien là les raisons qui font qu'en AFRIQUE la télétransmission est rentable même dans le cadre de la gestion classique d'un réseau hydrologique. En effet, l'extension de ce système représente pour les services hydrologiques nationaux de multiples avantages :

- une diminution des coûts d'exploitation des réseaux hydrométriques en évitant les tournées de jaugeages inutiles.
- une augmentation de la qualité des données en évitant les lacunes dans les relevés et les erreurs de dépouillements, et en facilitant le contrôle des tarages.
- une rapidité accrue dans les traitements des données et une diminution de leurs coûts puisque la phase de saisie est alors évitée, car rendue automatique grâce au logiciel HYDROM.

Cela suppose bien sûr l'équipement informatique complet du service. Des pays comme la COTE D'IVOIRE et maintenant le BENIN ont résolument emprunté cette voie.

Si le système ARGOS n'est pas la panacée pour tous les problèmes liés aux épandages d'insecticide, puisqu'il reste à préciser le mode de calcul des doses et celui de l'évaluation de la portée de la vague d'insecticide, il permet cependant d'accroître de façon considérable la probabilité de réussite d'un traitement et d'éviter tous surdosages qui pourraient être nuisibles à l'écologie des rivières. ou à la santé des populations riveraines. Mais cela n'est plus un problème de télétransmission et redevient de l'hydrologie plus classique.

BIBLIOGRAPHIE

- PHILIPPON, B., LE BARBE, L., et LE BERRE, R., 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, BURKINA FASO.
- WHO, 1981. Senegambia project : Onchocerciasis Control in GUINEA, GUINEA-BIASSAU, MALI, SENEGAL and SIERRA LEONE. WHO/VBC/81.2.
- CALLEDE, J., 1983. Emploi des satellites à orbite polaire pour la collecte des mesures effectuées aux stations hydrométriques. Symp. intern. AIHS, HAMBOURG, Août 1983.
- CALLEDE, J., 1979. Transmission par satellite des données hydrométriques. Expérience de l'ORSTOM au SENEGAL et esquisse d'une technologie. Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., Vol. XVI, n°1, 1979.
- MONIOD, F., POUYAUD, B., SECHET, P., 1977. Le bassin du fleuve VOLTA, Monographies hydrologiques ORSTOM n°5, ORSTOM.
- POUYAUD, B., LE BARBE, L., 1986. Acquisition et télétransmission de données hydrométriques, suivis de traitements automatiques en temps réel, dans le cadre du projet OMS de lutte contre l'ONCHOCERCOSE en Afrique de l'Ouest. 2èmes Rencontres Internationales Montpellier - Eau et technologies avancées.- 1,2 et 3 oct. 86.
- POUYAUD, B., LE BARBE, L., 1986. Onchocercose, Hydrologie et Télétransmission. AIHS - International Symposium on Water for the Future. Rome - 6-11 April 87.