

HYDROLOGICAL NETWORK, DATA BANKS AND TELETRANSMISSION

Bernard Pouyaud, ORSTOM

Centre ORSTOM, B.P. 5045, 34032 Montpellier, Cedex, France

ABSTRACT

The systematical collection of hydrological data in reference stations of a base hydrometric network will permit the evaluation of surface water resources and their annual variations. The exact knowledge of the hydrological balance of flow maxima and minima is essential for each water resource development. Whether hydropower production is concerned, or water supply for agriculture or human settlements or bridges for railways and streets, the adequacy of the existing network needs to be checked in order to satisfy these requirements.

13 JUN 1994

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

N° : 39706

Cote : B

Réseaux hydrologiques, banques de données informatisées et télétransmission

Dr. Pouyaud, B., ORSTOM  
Centre ORSTOM-B.P.5045  
34032 MONTPELLIER Cedex  
FRANCE

## RESUME

La collecte systématique de données hydrologiques aux stations de référence d'un réseau hydrométrique de base peut seule permettre l'évaluation de la ressource en eaux superficielles et de ses variations annuelles et interannuelles. En effet la connaissance précise du bilan hydrologique, des maxima et des minima des fleuves et rivières est essentielle pour tout aménagement, qu'il s'agisse de production hydroélectrique, d'hydraulique agricole ou urbaine, ou de passages routiers ou ferroviaires. Encore faudra-t-il s'interroger sur l'aptitude des réseaux existants à satisfaire toutes ces demandes.

## RESEAUX HYDROLOGIQUES TRADITIONNELS /

En Afrique rares sont les stations hydrométriques très anciennes (plus de 50 ans), si l'on excepte les stations célèbres : Sénégal à KAYES et BAKEL, Niger à KOULIKORO et NIAMEY, Congo à BRAZZAVILLE, qui furent installées certaines à la fin du siècle dernier. Le choix de l'emplacement de ces stations fut imposé bien souvent plus pour la facilité d'accès ou la situation géopolitique à proximité d'un centre urbain, qu'à la suite d'une planification scientifique rigoureuse des réseaux. Les sections de contrôle ne sont d'ailleurs pas toujours des plus stables. Les premiers "capteurs" limnimétriques furent tout naturellement des échelles hydrométriques, repères gradués en centimètre sur un support en principe vertical. On ne répètera jamais assez qu'une échelle limnimétrique bien entretenue, suivie par un lecteur compétent et consciencieux restera toujours le mode de mesure le plus fiable et le plus adaptatif.

Puis on équipa progressivement en limnigraphes enregistreurs les stations les plus importantes ou les plus inaccessibles. Limnigraphes à flotteur d'abord, dont les tours plus ou moins gracieuses ornèrent les berges et les piles de ponts des fleuves africains, limnigraphes à capteurs de pression pneumatiques ensuite, ou plus récemment piézoélectriques, avec enregistrements sur supports papier classiques hebdomadaires, mensuels, voire trimestriels.

Mais l'objectif ultime d'un réseau hydrologique n'est pas de connaître les hauteurs d'eau, mais les débits. Ce qui entraîne la nécessité de tournées de jaugeages des rivières afin d'étalonner les sections de mesure. Lorsque ces dernières ne sont pas stables ou même ne sont pas univoques, de nombreux jaugeages annuels peuvent devenir nécessaires. Ces tournées constituent la plus importante contrainte des services hydrologiques nationaux, contrainte que pourraient alléger, mais non supprimer, des équipements en matériels plus performants.

Car les tâches dévolues aux services hydrologiques traditionnels (collecte de données de hauteurs d'eau, tournées de maintenance et de jaugeage, dépouillement des données et publications d'annuaires hydrologiques) nécessitent un personnel nombreux et qualifié, et donc des crédits de fonctionnement importants, qui font que partout des problèmes de gestion

remettent souvent en cause l'existence même des services hydrologiques nationaux :

- difficultés d'assurer la paye des lecteurs et le carburant des tournées ;
- difficultés de renouveler équipement et véhicules ;
- difficultés pour le recrutement et la formation continue du personnel.

D'où l'impérieuse obligation de trouver des économies qui permettraient une meilleure adéquation des moyens aux objectifs ; économies qui peuvent notamment résulter de l'emploi de technologies nouvelles, qui permettent un gain en productivité, sans nuire à la fiabilité.

Bien sûr, une première amélioration peut être la rationalisation du réseau, trop souvent conçu de façon anarchique. C'est ce que l'on appelle l'optimisation des réseaux hydrologiques qui consiste en une réduction raisonnée et en un redéploiement des stations hydrométriques afin de supprimer les redondances et améliorer la représentativité géographique. L'objectif sera un réseau réduit composé de stations de base ou de référence sur lesquelles sera reporté l'essentiel de l'effort technique et financier. Mais l'abandon d'une station est toujours une opération dangereuse : bien sûr, après cela, les stations de référence conservées devront être irréprochables, puisqu'elles ne seront plus doublées. Tous les résultats aux stations préexistantes devront être au préalable récupérés à la faveur de synthèses hydrologiques régionales exhaustives, car ce n'est qu'une fois cette première étape de synthèse atteinte que l'on peut procéder, sans danger extrême, à la réduction de taille du réseau, sur la base d'un choix, sur des critères hydrologiques et géographiques, de stations de référence qui permettront de suivre d'éventuelles dérives climatiques d'origines naturelles ou anthropiques.

## LES RESEAUX HYDROMETRIQUES MODERNES ET LEUR MATERIEL

Les contraintes que doivent satisfaire ces nouveaux équipements sont de plusieurs ordres : ils doivent être fiables, avoir une longue période d'acquisition de résultats assez précis et nombreux pour reproduire fidèlement l'hydrogramme naturel ; le transfert de la donnée vers les banques informatisées doit être facile à mettre en oeuvre on line. Enfin l'installation des capteurs sur le terrain doit être rapide et ne pas nécessiter de trop lourds travaux, trop délicats en terrain d'accessibilité difficile.

L'ORSTOM a contribué à satisfaire ces spécifications grâce à un limnigraphe "intelligent", développé en FRANCE depuis quelques années par la société ELSYDE avec ses conseils scientifiques.

- Le capteur limnigraphique est une sonde de pression piézoélectrique immergée, constituée d'une carte électronique intégrant la jauge de pression à semi-conducteur et le traitement digitalisé du signal avec mise à l'échelle et compensation des dérives thermiques. Contenue dans un boîtier cylindrique étanche en PVC, cette carte électronique transmet sur une liaison filaire un message binaire qui contient le résultat en vraie grandeur, après prise en compte au niveau du capteur de la température de l'eau et de la pression atmosphérique. Dans le même message un code identifie le capteur. Ces sondes sont donc totalement interchangeables, compatibles avec toutes les centrales de mesure de la série CHLOE. Le message enfin peut être transporté, sans déformation, sur des distances de plus d'un kilomètre.

- Les contrôles de mesure s'appuient sur une logique évoluée de l'acquisition de la mesure qui permet de stocker un maximum d'informations sur un minimum de place mémoire. Pour ce faire, deux paramètres sont programmables (ou préprogrammés selon le type d'appareil) :
- Une période de scrutation dT à l'issue de laquelle la centrale d'acquisition interroge le capteur.
- Un seuil d'acquisition dH : si la différence entre la nouvelle mesure et la dernière enregistrée atteint ou dépasse dH, cette nouvelle mesure est stockée en mémoire, sinon le processus se renouvelle à l'issue d'une nouvelle période dT.

La période de scrutation dT est programmable entre 1 et 99 minutes et le seuil d'acquisition dH entre 1 et 99 centimètres.

- Les données sont enregistrées sur des cartouches EPROM à mémoire statiques de 64 K octets de capacité, que l'on peut régénérer par exposition aux ultraviolets. Le transfert de ces données, par un lecteur approprié, se fait par une liaison RS 232 sur tout micro-ordinateur, grâce à un protocole doté de contrôles de parités transversale et longitudinale qui évite tout défaut de transfert. Ainsi est poursuivie une saisie intelligente des hauteurs, adaptée à l'amplitude et à la rapidité de variation de chaque rivière, préservant une grande autonomie.

La centrale d'acquisition est dotée d'un terminal conversationnel qui permet l'initialisation de l'horloge interne, la programmation des paramètres dT et dH, et qui gère également le décalage de zéro qui permet de faire coïncider la cote à l'échelle et l'indication du capteur. Tous ces paramètres sont tour à tour visualisés, mais aussi des paramètres de bonne santé de l'appareillage, comme la tension de la batterie ou des panneaux solaires éventuels, la température de l'abri et de l'eau ou le remplissage de la cartouche.

Outre sa grande facilité de gestion et sa grande capacité de stockage de l'information, ce système présente aussi une robustesse appréciable et son installation ne nécessite qu'une infrastructure réduite. Son faible encombrement permet aussi son installation par hélicoptage dans les sites difficiles.

#### LA TELETRANSMISSION SATELLITAIRE ET LA GESTION DES RESEAUX

Malgré la fiabilité des nouveaux appareils équipant les réseaux hydrologiques, et la confiance que l'on peut leur accorder, ils peuvent aussi tomber en panne. Surtout dans le cas d'un réseau réduit après optimisation, il importe de les remettre en état rapidement et pour cela avoir connaissance, en temps réel, de ces pannes éventuelles. C'est le rôle principal dévolu à la télétransmission, que de permettre une autosurveillance du réseau avant même que de télétransmettre en temps quasi réel des hauteurs d'eau, possibilité bien évidemment intéressante aussi dans certains cas particuliers comme l'annonce de crues. Bien des méthodes de télétransmission ont déjà fait leurs preuves :

- la télétransmission téléphonique, peu adaptée au contexte africain où existent rarement des liaisons téléphoniques fiables et protégées contre les crues par exemple.

- la télétransmission radio, avec relais terrestres qui nécessite des installations lourdes à créer et à gérer, mais aussi de fortes puissances d'émission peu compatibles avec un contexte particulier où l'énergie est fournie par l'association de batteries et de panneaux solaires.

Il a donc semblé que les systèmes les plus intéressants consistaient à relayer ces transmissions radio par des satellites et deux systèmes, complémentaires et non concurrents, existent : le système ARGOS, basé sur les satellites NOAH héliosynchrones à défilement polaire, et le système METEOSAT, basé sur le satellite géosynchrone de l'ESA.

Quel que soit le système choisi, le premier rôle de la télétransmission sera donc la télésurveillance des réseaux, télésurveillance qui va permettre une meilleure maintenance à des coûts économiques allégés.

#### Le système ARGOS

Les premiers limnigraphes équipés en télétransmission donnaient les seules hauteurs d'eau au moment du passage des satellites c'est à dire 4 à 6 fois par jour à ces latitudes. Les balises qui équipent les limnigraphes émettent périodiquement (100 à 200 s) et le satellite, lors de son passage en leur vue, les accroche successivement selon une procédure aléatoire mais sûre. Il n'y a aucune mémorisation sur le site et la totalité des 256 bits du message ARGOS n'est en pratique pas nécessaire. C'est sur ces bases qu'a notamment été installé à partir de 1984 le réseau HYDRONIGER, sur financement de l'OMM (65 balises) et le réseau pilote du Programme de Lutte contre l'Onchocose, par l'OMS, sur les rivières du nord du TOGO (10 balises). Ce dernier réseau permit à l'OMS-OCP de tester en vraie grandeur l'importance de la télétransmission pour la prédétermination des débits des cours d'eau et donc des quantités d'insecticides à y injecter.

A la lumière de ces premières réalisations il était alors possible d'améliorer nettement le système en élaborant un message complexe, réactualisé en permanence, qui serait transmis à chaque passage du satellite. Dans ce message sont mémorisées les hauteurs d'eau antérieures, à chaque demi-heures rondes, aux côtés d'informations sur la "bonne santé" du système. C'est ce système plus performant, dont les données permettent une meilleure modélisation des caractéristiques hydrologiques qui autorise leur prédiction, qui a été retenu pour équiper le réseau hydrologique des extensions ouest (GUINEE) et est (TOGO-BENIN) du Programme OMS-OCP (10 balises à terme). C'est encore ces mêmes balises qui sont en cours d'installation sur le bassin du fleuve Sénégal afin de permettre à l'OMVS la gestion en temps réel des barrages de MANANTALI et DIAMA.

Certes, les données télétransmises par le système ARGOS peuvent être recueillies par les centres spécialisés d'ARGOS à TOULOUSE et à SEATTLE, puis diffusées par les réseaux classiques, télex etc. Mais une attention particulière a été accordée, en liaison avec la société CEIS-Espace, pour créer une station de réception directe dotée d'un logiciel vraiment conversationnel. C'est ce qui a été fait par l'intégration du synchronisateur et du calculateur de la station de réception dans un micro-ordinateur PC-XT ou équivalent. Les anciennes stations de réception HYDRONIGER seront progressivement remises à niveau. Ce logiciel de gestion permet d'intégrer par programmation directe n'importe quelle nouvelle balise, quel que soit le format du message émis. La station gère donc des fichiers circulaires de messages bruts et de messages décodés et une véritable banque de données hydrométriques qui peuvent être à volonté

transférées on line sur un micro-ordinateur où serait implanté la véritable banque hydrologique.

#### Le système METEOSAT

Implanté sur un satellite géosynchrone le système METEOSAT permet un quasi temps réel, puisque l'on peut choisir jusqu'à 24 créneaux horaires et que l'on dispose d'un canal "alarme", par exemple de dépassement de cotes. La puissance des balises doit être supérieure, d'où des problèmes de taille de panneau solaire, et il faut une antenne directionnelle. Ces avantages et ces inconvénients en font un système complémentaire du système ARGOS. C'est ainsi que la SONEL au CAMEROUN a doté le bassin de la SANAGA d'un réseau METEOSAT afin de permettre une meilleure gestion du barrage d'EDEA.

Là encore a été développée une station de réception directe dotée d'un logiciel comparable à celui de la station ARGOS, aussi conversationnel, et doué de capacités complémentaires, comme celle de pouvoir visualiser les 20 derniers jours de variations d'un paramètre donné, hydrologique ou autre. C'est un très bon moyen de maintenance par exemple puisqu'il permet de visualiser certains paramètres de bonne santé.

#### LES BANQUES DE DONNEES HYDROLOGIQUES INFORMATISEES

L'intérêt des banques de données informatisées n'est plus à démontrer ; encore faut-il disposer d'un logiciel de gestion, vraiment portable, et suffisamment convivial pour être pratiquement utilisé par les personnels disponibles qui ne sont pas toujours familiers de l'informatique, fût-elle micro-informatique. C'est ce que réalise le logiciel HYDROM, créé par le Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM pour être diffusé auprès des services hydrologiques nationaux ; ce logiciel est un outil informatique qui permet l'acquisition, la gestion, le traitement et l'édition, sous forme d'annales, des données recueillies grâce à l'exploitation d'un réseau de stations de mesures hydrométriques ; il est entièrement conversationnel et organisé en 7 fichiers liés :

- Fichier d'identification des stations et des pays ;
- Fichier des jaugeages ;
- Fichier des étalonnages ;
- Fichier des données de stations ;
- Fichier des cotes instantanées ;
- Fichier des débits instantanés ;
- Fichier des débits journaliers.
- Utilitaires.

L'un des avantages du logiciel HYDROM est d'accepter le transfert direct des données acquises par télétransmission ARGOS ou METEOSAT et les données stockées sur cartouche EPROM.

L'informatisation de la banque de données et d'une façon plus générale de toutes les procédures d'un service hydrologique, est l'un des éléments qui permette une meilleure gestion d'un service hydrologique.

#### L'INTERET ECONOMIQUE DE LA TELETRANSMISSION ET DE L'INFORMATISATION D'UN SERVICE HYDROLOGIQUE.

Les avantages de la télétransmission sont évidents dans le cas de réseaux hydrologiques spécifiques et leur rentabilité totalement prouvée dans le cas de besoins particuliers (gestion intégrée de barrages, cas du programme

OMS-OCF). L'expérience montre que la télétransmission peut aussi s'avérer économique dans le cas de la gestion de réseaux classiques de services hydrologiques nationaux, car le fonctionnement d'un tel réseau ainsi automatisé et informatisé, est bien différent de celui d'un réseau traditionnel : les tournées notamment ne sont plus faites systématiquement selon le rythme imposé par l'autonomie des enregistreurs, mais en fonction des besoins réels. On distingue alors deux types de tournée :

- les préventives : deux par an, après et avant la saison des pluies où l'on procède à la vérification des appareils, au changement des cartouches EPROM, au contrôle général de l'état des stations.
- les tournées curatives : chaque fois qu'une anomalie est détectée par la télétransmission, ou chaque fois que se présente une cote intéressante à jauger.

Ainsi peut-on comprendre que la rentabilité d'un réseau équipé de télétransmission peut être assurée, et le serait même encore plus si intervenaient des paramètres subjectifs tels que la connaissance en temps réel de certaines données pour l'économie du pays, ou encore le gain en motivation d'un personnel qui verra "vivre" son réseau hydrologique.

#### CONCLUSION

Un examen de la situation actuelle des réseaux hydrologiques des PVD montre que leur rentabilité passe par un renouvellement de leur équipement grâce à l'utilisation de technologies nouvelles qui autorisent une réduction des réseaux à un minimum tolérable si on est certain de sa bonne marche. L'introduction de la télétransmission satellitaire se trouve alors justifiée aussi bien pour des réseaux exploités à des fins traditionnelles que spécifiques.

L'utilisation de ces nouveaux produits, modernes mais fiables, se justifie encore plus dans les conditions souvent extrêmes des pays en voie de développement, mieux à même d'exploiter pleinement les qualités intrinsèques de ces appareillages, mises en évidence par les difficultés de l'environnement.

## REFERENCES

Pouyau, B. (1986). Peut-on faciliter et améliorer la gestion des réseaux hydrologiques grâce à l'introduction de technologies nouvelles ? 3<sup>e</sup> Conseil des Ministres CIEH. Journées Techniques de Brazzaville. Février 1986. Publication CIEH.

Pouyau, B., Le Barbe, L. (1987). Onchocercose, Hydrologie Télétransmission. Water for the future : Hydrologie in Projective Proceeding of Rome Symposium, April 1987. IAHS. Publ. n°164 ; p. 239-244.

Pouyau, B. (1987). Réhabilitation de réseaux hydropluviométriques Technologies nouvelles dans les pays en voie de développement. Workshop n°7. Hydrological Sciences in the developing countries. IAHS. Vancouver Symposium, August 1987.

Roche, M. (1963). Hydrologie de surface. Gauthiers-Villars.