

DNAEE - CGRH / CNPq

ORSTOM

HiBAm : Hidrologia da Bacia Amazônica

**UTILISATION DE LA TELETRANSMISSION PAR
SATELLITE DES DONNEES
HYDROMETRIQUES SUR L'ENSEMBLE DU BRESIL**

Jacques CALLEDE

Eurides de OLIVEIRA

Valdemar Santos GUIMARAES

Mauro Sylvio RODRIGUES

Septembre 1995

UTILISATION DE LA TELETRANSMISSION PAR SATELLITE DES DONNEES HYDROMETRIQUES SUR L'ENSEMBLE DU BRESIL

par

Jacques CALLEDE
Ingénieur de Recherche ORSTOM

Eurides de OLIVEIRA
Ingénieur hydrologue DNAEE/CGRH

Valdemar Santos GUIMARAES
Ingénieur hydrologue DNAEE/CGRH

Mauro Sylvio RODRIGUES
Ingénieur informaticien DNAEE/CGRH

Résumé

Les difficultés d'exploitation de l'immense réseau hydrométéorologique brésilien a incité les hydrologues du DNAEE a utiliser la télétransmission en temps réel pour en améliorer la gestion. Les satellites de collecte de données, qui sont apparus vers 1975, sont parfaitement adaptés à ce réseau et ont intéressé le DNAEE depuis 1980. Une collaboration avec l'ORSTOM a permis, d'abord, d'effectuer une évaluation de cette technique en 1982. Elle a été suivie, toujours avec l'ORSTOM, de l'implantation d'un réseau amazonien d'une vingtaine de stations en 1984. Les résultats sont tels qu'une adjudication de 261 stations, équipées pour la télétransmission via le satellite brésilien SCD1, est en phase finale. Ceci concerne l'ensemble du BRESIL.

Resumo

As dificuldades de exploração da imensa rede hidrometeorológica brasileira levaram os hidrólogos do DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - a utilizar a teletransmissão de dados via satélite para melhorar sua gestão. A partir de 1980 o DNAEE se interessou pelos satélites de coleta de dados, que surgiram por volta de 1975, e que poderiam ser utilizados perfeitamente para a teletransmissão destes dados. A partir de 1982, uma colaboração com o ORSTOM permitiu, primeiramente, efetuar uma avaliação dessa técnica. Em 1984, foi implantada na bacia Amazônica, um rede com vinte estações telemétricas via sistema ARGOS. Os resultados foram tão significativos que levaram a um processo de aquisição de 200 Plataformas de Coletas de Dados - PCD's - equipadas com teletransmissão via satélite brasileiro SCD1 (Satélite de Coleta de Dados - 1, de propriedade do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE). Estas PCD's serão alocadas nas estações do DNAEE e abrangerão todo o território brasileiro.

Cinquième pays du Monde pour sa superficie (un peu plus de 8 500 000 km²), le BRESIL possède un réseau hydrométéorologique en conséquence: 1735 stations hydrométriques, 3039 postes pluviométriques. Ce réseau est difficile à gérer, surtout au Nord du Tropique du Capricorne, à cause des distances importantes à parcourir d'une station à l'autre avec des moyens de transport qui sont, le plus souvent, la camionnette "tout-terrain" ou le classique bateau amazonien. Les tournées, longues et fatigantes, ne permettent de connaître l'état du réseau et, bien souvent, les observations elles-mêmes qu'avec plusieurs semaines, voire plusieurs mois, de retard. Ce qui rend illusoire la prévision des événements hydrologiques (crue et étiage) en temps utile avec une précision acceptable, même sur des bassins de superficie supérieure à 500.000 km².

Heureusement l'apparition, en électronique, des semi-conducteurs (1948) a révolutionné les transmissions radioélectriques et ouvert la voie aux satellites artificiels.

Dès l'origine (1951), les hydrologues de l'Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM) se sont intéressés aux problèmes de télétransmission en temps réel (Aldegheri, 1954) (Hiez, 1963) en employant les moyens connus à cette époque (fil ou radio).

En 1970, un incident impromptu de gestion du Projet EOLE, monté par le CNES, permettait aux hydrologues de BRAZZAVILLE (CONGO) et de CAYENNE (GUYANE) d'utiliser expérimentalement le satellite pour la télétransmission.

Certes ce ne fut qu'improvisations, mais les résultats ont été suffisants pour apercevoir tout l'intérêt de cette nouvelle technique (Chartier, 1973)(Molinier *et al.*, 1974).

Quelques années plus tard, en 1978, après avoir vu sur le terrain ce qui se faisait au CANADA (Callède, 1977), les hydrologues de l'ORSTOM procédaient à une évaluation, au SENEGAL, de la télétransmission via le satellite géostationnaire METEOSAT (mis sur orbite le 23 Novembre 1977) et via le Système ARGOS (dont le satellite sera mis sur orbite le 16 Octobre 1978).

Le plein succès de cette évaluation (Callède, 1979) eut pour conséquence, dans les années suivantes, la naissance de diverses réalisations utilisant la télétransmission par satellite, notamment en AFRIQUE, dont les principales sont le réseau WMO-HIDRONIGER en 1984 (Thiébaux & Manley, 1987), le réseau OMS-Onchocercose, aussi en 1984 (Pouyaud, 1987), et bien d'autres encore, sans oublier les nombreux cas où l'ORSTOM a été appelé comme Consultant.

1-PREMIERES REALISATIONS BRESILIENNES EN COLLECTE DE DONNEES HYDROMETRIQUES EN TEMPS REEL

Ce sont les gestionnaires des barrages hydro-électriques qui furent les premiers à réaliser des réseaux hydropluviométriques en temps réel. Ceci afin de pouvoir gérer au mieux leurs réservoirs.

La plus ancienne réalisation concerne la Compagnie d'Electricité du Minas Gerais (CEMIG). Vers 1970 elle implantait tout un réseau le long du Rio São Francisco, en utilisant le téléphone comme vecteur de télétransmission.

D'autres réseaux identiques étaient mis en place dans le Sud du BRESIL.

En 1972, un Groupe de Travail du Gouvernement brésilien et du PNUD recommandait l'installation d'un réseau de télétransmission et de prévision de crues pour le Pantanal utiliserait, comme vecteur, la radiotransmission HF en Bande latérale unique. En 1987, 16 stations fonctionnaient (Carvalho, 1980) (Carvalho, 1987).

De son côté, le DNAEE équipait des bassins, surtout au Sud du Tropique du Capricorne, avec soit le téléphone, soit la radiotransmission HF ou VHF, soit les deux ensemble.

L'apparition des satellites de collecte allait bouleverser la technique vers les années 1975-78.

Car le téléphone implique l'existence d'une ligne téléphonique, ce qui n'est pas toujours le cas (en particulier en Amazonie) et cette ligne est particulièrement fragile en cas d'inondations (il faudra toujours une ligne téléphonique entre le limnigraphe et le Central téléphonique, même si ce dernier est relié au réseau général téléphonique par un système de radiotransmission).

De son côté, la radiotransmission HF est délicate car fonction des conditions de propagation ionosphérique (réflexion des ondes sur les hautes couches ionisées de l'atmosphère) qui varient au cours de la journée et de la nuit, au cours des saisons et qui évoluent d'une année à l'autre. Ce vecteur, gourmand en énergie électrique, implique générateur électrogène ou panneaux solaires de bonne dimension. La radiotransmission VHF exige que l'émetteur et le récepteur soient en liaison optique.

Premier essai brésilien de télétransmission par Satellite: le Bassin du Rio Tocantins

L'aménagement du site de TUCURUI, sur le Rio Tocantins, a conduit très tôt la Compagnie d'Electricité ELETRONORTE à envisager l'implantation d'un réseau de télétransmission des données hydropluviométriques nécessaires à la gestion du futur barrage dont l'étude fut confiée au PNUD vers 1976.

A cette époque, il n'y avait pas de liaison téléphonique sur le bassin du Rio Tocantins et l'utilisation du vecteur "satellite" a été retenue. Comme le Système ARGOS n'existait qu'à titre de Projet (son premier satellite, TIROS-N, ne sera mis sur orbite que le 16 Octobre 1978) c'est tout naturellement vers le satellite géostationnaire GOES que le choix s'est porté (Halliday, 1978) (Sousa, 1981) (Elias & Cavalcante, 1983).

Après quelques années de tergiversations, le réseau a été installé par le PNUD/OPE vers 1982. Il comprenait 12 stations hydropluviométriques et une station de réception directe. Après quelques mois de fonctionnement, le réseau a cessé de fonctionner, probablement mal adapté aux conditions climatiques de l'Amazonie équatoriale mais peut-être aussi à cause d'une formation insuffisante du personnel chargé de l'entretien du réseau.

2-LE RESEAU DE TELETRANSMISSION PAR SATELLITE DU BASSIN AMAZONIEN, DANS LE CADRE DE LA COOPERATION ORSTOM/DNAEE

2-1 Historique

Les difficultés d'exploitation du réseau hydrométrique amazonien incitaient tout naturellement les hydrologues du DNAEE à rechercher une télétransmission simple et efficace (Terezo & Osorio, 1980). En mai 1979, un hydrologue brésilien participait au "Séminaire sur la Télétransmission par Satellite des données hydrologiques appliquées aux pays en développement", organisé conjointement par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM), l'ORSTOM et le CEFIGRE à SOPHIA-ANTIPOLIS (FRANCE) où une communication brésilienne était présentée (Anjos, 1978).

Un premier Séminaire brésilien sur la télétransmission par satellite a lieu en 1980 à SAO JOSE DOS CAMPOS et déjà l'INPE se préoccupe de son futur satellite de collecte SCD1 (Scarabucci, 1980) (Oliveira, 1980) (Oliveira, 1983) et du matériel au sol (Elias, 1980), lequel sera développé dans son laboratoire de NATAL: il en sortira, quelques années plus tard, d'excellents prototypes. Et SCD1 est sur orbite depuis 1993.

Les hydrologues de l'ORSTOM paraissant bien maîtriser la technique de la télétransmission par satellites, des contacts sont pris, en 1981, entre le DNAEE et l'ORSTOM, pour que ce dernier effectue une démonstration, au Brésil même, des possibilités offertes par la télétransmission par satellite. Après avoir choisi de travailler avec le Système ARGOS, l'ORSTOM commence cette démonstration en avril 1982.

Une première station fonctionne à RESENDE, sur le Paraíba do Sul le 16 Avril 1982, avec un limnigraphe équipé d'un codeur. Une seconde sera implantée à BOA VISTA, au Nord de MANAUS le 1 Octobre 1982, avec un clavier sur lequel l'observateur indique le niveau de la rivière.

Le retour des données s'effectue en utilisant le GTS, Système de transmission des données météorologiques de l'Organisation Météorologique Mondiale, directement sur BRASILIA. De plus une station de réception directe fonctionnera, dans les bureaux même de la DNAEE, du 7 au 18 Octobre 1982.

Les résultats de cette démonstration sont excellents (Callède, 1982).

En 1983, le Gouvernement brésilien sollicite et obtient l'aide de la FRANCE pour équiper 23 stations du bassin amazonien en télétransmission via le Système ARGOS, avec une Station de réception directe à BRASILIA.

2-2 Le réseau de télétransmission amazonien de 1984 via le Système ARGOS

Pourquoi le Système ARGOS en Amazonie?

Il est logique de se demander pourquoi avoir préféré le Système ARGOS à tout autre vecteur, particulièrement le satellite géostationnaire GOES.

Trois motifs principaux impliquent ce choix:

-le satellite GOES reçoit à heure fixe: ceci impose une électronique d'émission commandée par une horloge de grande précision car la fenêtre d'émission n'est que de 1 minute. Il est nécessaire de surveiller quotidiennement la marche des horloges afin d'intervenir dès qu'une dérive anormale apparaît (auquel cas il y a risque de brouiller l'émission suivante ou précédente). Les difficultés d'accès aux stations d'Amazonie imposent un délai minimum de 2 jours pour intervenir sur l'horloge défaillante, ce qui est beaucoup trop long. Par contre le principe de l'accès aléatoire du Système ARGOS rend inutile un comptage précis du temps.

-la superficie importante des bassins versants entraîne une variation lente et régulière du niveau de l'eau. Un seul relevé journalier est suffisant pour bien définir l'hydrogramme, ce que le Système ARGOS assure sans problème,

-la taille du message ARGOS (256 bits), est largement suffisante pour transmettre la hauteur d'eau codée sur 10 ou 16 bits. Il est possible, même, d'envisager une mémorisation.

En outre, le futur Projet de satellite brésilien à orbite équatoriale basse prévoit un canal compatible ARGOS.

Le réseau amazonien de 1984

Il fallait faire solide, simple et bon marché.

En Mai 1984, le matériel est disponible à BRASILIA. Le Gouvernement Français confie à l'ORSTOM la mise en place sur le terrain, la réalisation des logiciels de traitement, la formation du personnel technique brésilien et le perfectionnement technologique.

Ceci dans le cadre d'une coopération franco-brésilienne excellente mais qui prendra fin en 1988 avec le retour en France du spécialiste de l'ORSTOM.

La station de réception directe fonctionne depuis Septembre 1984 et les premières stations hydrométriques sont installées en Juin de la même année.

Des matériels annexes sont construits à BRASILIA (décodeurs, claviers simplifiés) et le réseau peut être considéré comme opérationnel en mai 1985, bien qu'il manque encore quelques stations.

Un effort particulier est fait du côté des logiciels de traitement des messages reçus par la Station de Réception directe. Dès Mai 1985, ces messages sont validés (ou éventuellement corrigés) et transférables directement dans les fichiers de la Banque de données hydropluviométriques du DNAEE (Callède, 1986).

Au 1 Juin 1986, 20 stations fonctionnent:

- 8 avec limnigraphe équipé d'un codeur absolu en code GRAY (binaire réfléchi),

-12 seulement équipées d'un clavier "simplifié" constitué par 4 roues codeuses. Chaque jour, l'observateur manipule ces roues de manière à indiquer la hauteur de l'eau qu'il vient de relever sur l'échelle limnimétrique.

La station hydrométrique d'OBIDOS, sur l'Amazone, figure parmi ces 20 stations. Cette station contrôle les plus forts débits mesurés au Monde.

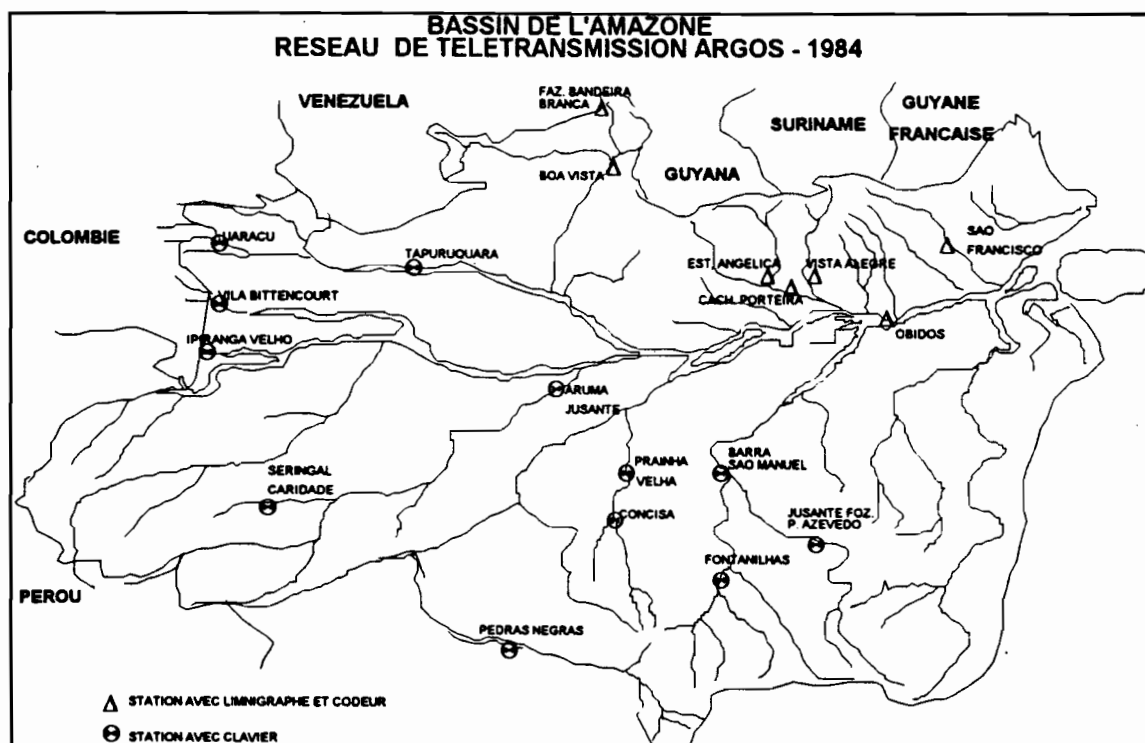
Bien que prévu, aucun capteur de pluie n'a été installé.

Les Stations du Réseau de 1984

Code	Station	Rivière	Latitude	Longitude W
11450000	Ipiranga Velho	Içá	02°52' S	069°30'
12845000	Vila Bittencourt	Japurá	01°24' S	069°25'
13410000	Seringal Caridade	Purus	09°02' S	068°34'
13962000	Arumã Jusante	Purus	04°44' S	062°08'
14260000	Uaracu	Uaupes	00°33' N	069°10'
14400000	Tapuruquara	Negro	00°24' S	065°02'
14540000	Faz. Bandeira Branca	Cotingo	04°38' N	060°28'
14620000	Boa Vista	Branco	02°49' N	060°40'
15150000	Pedras Negras	Guaporé	12°50' S	062°56'
15820000	Concisa	Roosevelt	09°43' S	060°35'
15830000	Praïna Velha	Aripuanã	07°15' S	060°24'
16500000	Estirão da Angélica	Mapuera	01°04' S	057°04'
16650004	Cachoeira da Porteira	Trombetas	01°05' S	057°02'
16800000	Vista Alegre	Paru	01°04' S	056°04'
17050001	Óbidos	Amazonas	01°54' S	055°30'
17093000	Fontanilhas	Juruena	11°25' S	058°30'
17380000	Jus. Foz. P. Azevedo	Teles Pires	09°38' S	056°15'
17430000	Barra de São Manuel	Tapajos	07°19' S	058°05'
19150000	São Francisco	Jari	00°41' S	052°33'

(la Station d'ARUANA, sur le Rio ARAGUAIA, ne figure pas sur cette liste)

Carte du réseau de 1984



L'énergie électrique est fournie par un bloc de 9 piles, type "lanterne électrique", que l'on trouve un peu partout au BRESIL, et qui assure 8 mois de fonctionnement.

En dehors de ce travail, une station de télétransmission de la pluviométrie est installée, en plein milieu de l'Océan Atlantique, sur les Rochers SAINT-PIERRE et SAINT-PAUL, appartenant au BRESIL. Ceci pour les besoins des océanographes de l'ORSTOM, dans le cadre du Projet TOGA. Les difficultés d'accès imposent un fonctionnement parfait de la station durant une année sur un site uniquement habité par des crabes et des oiseaux. Installée en Janvier 1987, la station a rempli sa mission jusqu'à fin 1989 (Morière *et al.*, 1990).

Difficultés rencontrées (Callède, 1988)

-Electronique:

Les interfaces (circuits électroniques intercalés entre les codeurs et l'émetteur) sont, en quasi-totalité, tombés en panne ce qui a conduit, ici, à étudier et réaliser ce circuit avec les composants électroniques disponibles sur le marché brésilien.

La station de réception n'a pas fonctionné pendant plusieurs mois, avec retour des circuits en FRANCE, pour se rendre compte finalement qu'une panne sur un périphérique (imprimante ou lecteurs de disquettes) entraînait l'arrêt total de la station.

-Piles

Le changement des blocs de piles a posé d'insurmontables problèmes administratifs. De ce fait le nombre de jours de fonctionnement du réseau a oscillé entre 51 et 95% (valeur moyenne: 81,3%). Ceci représente un arrêt annuel d'environ 68 jours, ce qui est beaucoup trop.

Conclusions sur le réseau de 1984 (Période 1984-1988)

Durant cette période, il a été facilement démontré qu'il était possible de réaliser en Amazonie, malgré toutes les difficultés d'accès, un réseau de télétransmission simple et peu coûteux (Callède *et al.*, 1986).

L'économie de temps et de déplacement des hydrologues, du fait du contrôle à distance du bon fonctionnement des appareils, est loin d'être négligeable. Il en résulte, principalement, une diminution du coût de fonctionnement du réseau et, en même temps avec la connaissance des paramètres en temps réel, le suivi du comportement hydrologique du plus grand bassin hydrographique du Monde.

2-3 Le réseau de télétransmission amazonien. Période 1989-92

Durant cette période, le réseau de télétransmission se dégrade progressivement, car:

-d'une part le changement des piles n'a toujours pas été résolu efficacement,

-d'autre part les interfaces tombent toujours régulièrement en panne, bien qu'un banc de test (fabriqué en 1988 par l'ORSTOM) permette une réparation facile à BRASILIA.

-enfin une modification dans l'organisation des messages renvoyés par les nouveaux satellites du Système ARGOS ne permet plus d'utiliser pleinement la Station de réception de BRASILIA.

Les hydrologues de la DNAEE se sont vite rendus compte des avantages que leur apportait la télétransmission par satellite.

Deux décisions sont prises:

-demander à l'INPE (une collaboration technique s'étant bien engagée avec cet Organisme depuis 1982) la remise en état de la Station de réception de BRASILIA, aux nouveaux standards de format des messages,

-demander à l'ORSTOM un nouveau détachement d'un spécialiste en télétransmission.

Ces deux demandes sont prises en considération.

2-4 La situation depuis 1992

L'ORSTOM, en plus de la mise à disposition du DNAEE d'un spécialiste en télétransmission, a offert un lot de panneaux solaires et de batteries étanches, pour équiper les 23 stations de 1984. Ensuite le Ministère français des Affaires Etrangères a, dans le cadre du Programme pilote de Conservation de la Forêt tropicale brésilienne, financé une seconde Station de réception directe et 3 nouvelles Stations hydrométriques modernes (capteur électronique de pression, mémorisation sur cartouches électroniques, télétransmission via ARGOS).

De son côté l'INPE a remis en état la première Station de réception, qui fonctionne parfaitement avec un logiciel particulièrement bien conçu.

Une nouvelle équipe du DNAEE, très efficace, aide l'ORSTOM dans son travail tant du côté "terrain" que du côté "informatique".

Fin 1994, toutes les stations hydrométriques équipées pour la télétransmission sont équipées:

- d'une alimentation par panneau solaire,
- d'un nouvel interface,
- d'un capteur de pluie (pour la plupart).

22 stations ont été remises en état. 18 fonctionnent en Août 1995. Un limnigraphe ELSYDE a été installé sur le bassin (São Gabriel da Cachoeira) en Décembre 1994. Une autre est en évaluation près de BRASILIA depuis Août 1994. Le dernier est prévu, sur le Rio Solimões, en début 1996. Ce type de limnigraphe mesure la hauteur d'eau avec une sonde électronique intelligente. Une centrale d'acquisition inscrit en mémoire (cartouche amovible) la hauteur d'eau et la date quand le niveau varie. Un message ARGOS est transmis avec les 15 dernières mesures effectuées toutes les 30 minutes.

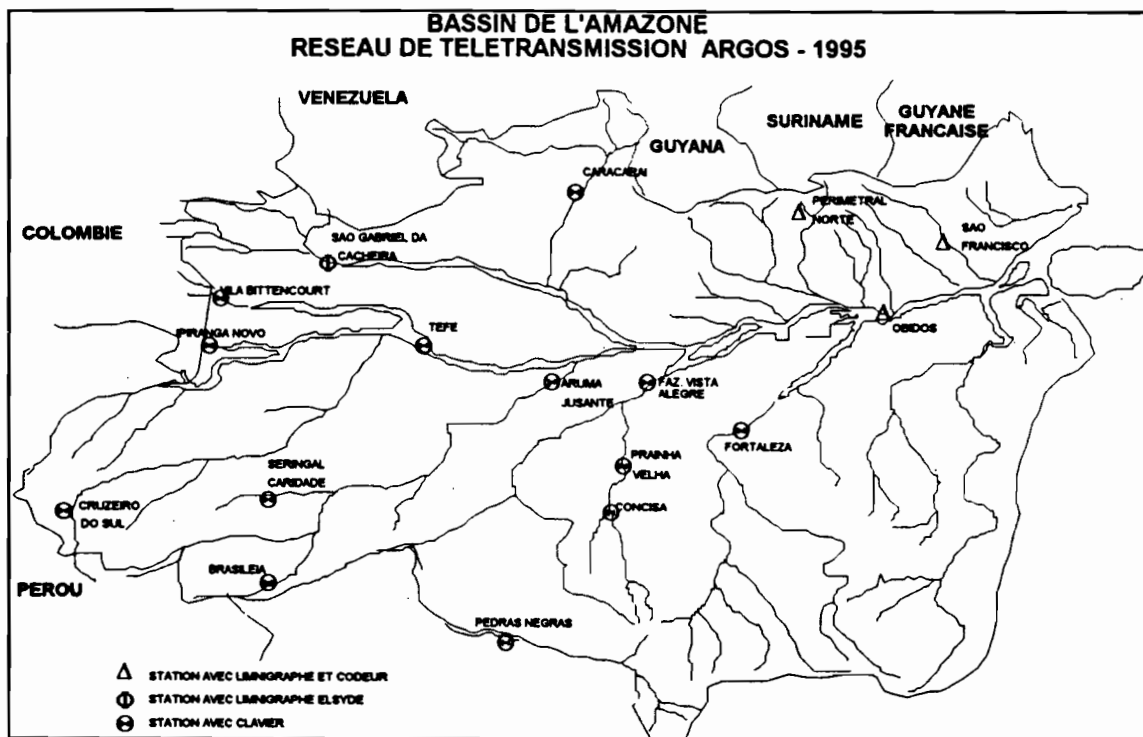
Les logiciels de traitements (issus de ceux réalisés en 1984-85) sont adaptés tant aux configurations des 2 Stations de réception qu'à celles des limnigraphes électroniques à mémorisation (Callède & Rodriguès, 1995).

Les stations du Réseau de 1995

Code	Station	Rivière	Latitude	Longitude W
11444900	Ipiranga Novo	Içá	02°52' S	069°40'
12500000	Cruzeiro do Sul	Juruá	07°37' S	072°40'
12845000	Vila Bittencourt	Japurá	01°24' S	069°25'
12900001	Tefé	Solimões	03°22' S	064°22'
13410000	Seringal Caridade	Purus	09°02' S	068°34'
13470000	Brasiléia	Acre	11°01' S	068°44'
15860000	Fazenda Vista Alegre	Madeira	04°54' S	060°01'
13962000	Arumã Jusante	Purus	04°44' S	062°08'
14320001	São Gabriel da Cachoeira	Negro	00°08' S	067°05'
14710000	Caracarai	Branco	01°48' N	061°08'
15150000	Pedras Negras	Guaporé	12°50' S	062°56'
15820000	Concisa	Roosevelt	09°43' S	060°35'
15830000	Prairinha Velha	Aripuanã	07°15' S	060°24'
16370000	Perimetral Norte	Trombetas	00°39' N	056°52'
17050001	Óbidos	Amazonas	01°54' S	055°30'
17500000	Fortaleza	Tapajós	06°02' S	057°36'
19150000	São Francisco	Jari	00°41' S	052°33'

(la Station d'ARUANA, sur le Rio ARAGUAIA, ne figure pas sur la liste)

Carte du Réseau 1995



Enfin un modèle de prévision des hauteurs d'eau du RIO NEGRO à MANAUS est en cours d'achèvement au Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM à MONTPELLIER (FRANCE) (Thépaut, 1994). Déjà, les hauteurs télétransmises sont communiquées chaque jour aux Services de la Protection Civile.

2-5 Le satellite brésilien SCD1

Le 7 Février 1993, le premier satellite brésilien, SCD1, a été mis sur orbite équatoriale basse (800 km d'altitude). Premier satellite à être mis sur ce type d'orbite, il est seulement expérimental: il a été prévu pour une durée de vie de 6 mois.... et cela fait presque 2 ans qu'il fonctionne.

La réception des émissions du sol s'effectue astucieusement aussi bien sur 401,62 MHz (fréquence du BRESIL) que sur 401,65 MHz (fréquence ARGOS), ce qui permet d'utiliser ce satellite en complément du Système ARGOS.

Par contre, le retour vers la Terre s'effectue sur 3 GHz: une antenne de poursuite est nécessaire et, seule, la Station INPE de CUIABA est capable de recevoir les messages. Ceux-ci sont transmis à la Station INPE de CACHOEIRA PAULISTE, qui est chargée de la dissémination aux utilisateurs. La DNAEE a fait le nécessaire pour se connecter, via le réseau RNPAC d'EMBRATEL, sur l'ensemble informatique de CACHOEIRA PAULISTE: nous en sommes encore au stade expérimental mais la mise au point de la liaison s'effectue en parfaite collaboration entre INPE et DNAEE. Ceci devrait être opérationnel en Mai 1995.

Le second satellite, déjà construit, est identique au premier. Les deux suivants, qui effectueront aussi des missions de télédétection, auront un retour en bande VHF qui autorisera, de nouveau, l'emploi de Stations de réceptions indépendantes.

2-6 Projets actuels et futurs

La télétransmission par satellite est suffisamment implantée au DNAEE pour qu'un Projet de développement du réseau, à l'échelle du BRESIL, ait été présenté et accepté (Guimarães *et al.*, 1993) (Brito *et al.*, 1984).

Une adjudication concernant l'achat de 200 stations est en phase finale.

Ces stations, destinées à travailler avec le satellite brésilien SCD1, puis avec les suivants, comporteront toutes une entrée avec clavier simplifié, solution simple et bon marché, qui permet une vérification des données de la seconde entrée automatique (codeur ou capteur de pression). Une entrée pour le comptage de la pluie est obligatoire.

Un bon tiers des stations sera équipé soit d'une mémorisation, soit de plusieurs entrées analogiques pour la mesure de paramètres météorologiques.

Cette adjudication s'effectue dans le cadre d'un accord DNAEE/INPE.

Ceci, qui ne sera qu'une première tranche d'équipement, concerne le BRESIL tout entier, avec, en priorité, l'Amazonie, le Pantanal et le bassin du Rio Sao Francisco. Tous les réseaux anciens (réseaux téléphoniques, réseau du Rio Tocantins avec GOES) seront équipés avec ce nouveau vecteur de transmission.

L'utilisation du satellite brésilien paraît, logiquement, la mieux appropriée, l'utilisateur (le BRESIL) étant maître de tous les maillons de la chaîne. En secours il est possible d'utiliser le Système ARGOS, mais il est d'un emploi onéreux et sa fin paraît proche.

L'emploi de GOES, bien que gratuit, est difficile à cause du problème de l'horloge évoqué au paragraphe 2-2. Celui de METEOSAT (avec les mêmes inconvénients que GOES) n'est même pas à envisager: coût d'utilisation totalement dissuasif, difficultés de recevoir les données, problèmes de masques d'antenne.

Par contre, le Système INMARSAT peut s'avérer intéressant en secours. Le prix de la communication est raisonnable mais l'électronique au sol est plus chère (4000 US\$ contre 1000 US\$ pour ARGOS/SCD1). La Compagnie d'Electricité du Minas Gerais (CEMIG) a choisi cette solution pour son propre réseau de gestion de ses barrages.

3-CONCLUSION

Avec bientôt 300 stations de télétransmission et son propre satellite de collecte, le BRESIL va posséder un des réseaux les plus modernes au Monde. Ce sera surtout un réseau complètement indépendant, affranchi des "ukases" financiers imposés par les gestionnaires internationaux des satellites de collecte.

Il devrait permettre un couplage, en temps réel, avec un modèle mathématique de prévisions des niveaux en amont, tant pour les crues que pour les étiages. Ce modèle est en cours de réalisation au Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM à MONTPELLIER (France).

Un tel réseau devra impliquer un changement progressif dans sa gestion. Il faudra abandonner les tournées hydrométriques systématiques à date fixe au profit de tournées effectuées, non plus à l'aveuglette, mais en fonction de l'état des rivières pour saisir et mesurer les hautes eaux tout comme les étiages au bon moment. Ou bien pour remettre en état un matériel défaillant.

Ceci demandera toute une réorganisation tant du côté ressources humaines que du côté matériel et infrastructure.

Cela en vaut la peine.

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME, 1980 *Actes du 1° Seminario de usuarios do Sistema Nacional de coleta de dados por Satélite*, São José dos Campos, Brésil, Mai 1980, 267 p.
- ANONYME, 1987 *Actes du Colloque international sur la Télémessure et transmission des données hydrologiques*". Conférence WMO-Ministère français de l'Environnement et Service de la Navigation de Toulouse. Toulouse, mars 1987, 609 p.
- ANONYME, 1987. *Cooperação franco-brasileira na Amazônia. Instalação da rede de transmissão via satélite dos níveis de água do Rio Amazonas e seus afluentes*. DNAEE et Ambassade de FRANCE, Brasília, 11 p.
- ALDEGHERI M., 1954. Annonce des crues de la Bénoué in *Annuaire hydrologique de la France d'Outre-Mer*, ORSTOM, Service Hydrologique, Paris, 1954, pp.11-12
- ALMEIDA (de) S.B., 1980. Telemetria de dados hidrometeorológicos. Utilização pelo setor eléctrico in *1° Seminario de usuarios do Sistema Nacional de coleta de Dados por Satélites*, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, Brésil, pp. 117-127
- ANJOS N. da Franca R., 1979. Brésil - Télétransmission par satellite des données hydrologiques - ELETROBRAS, in *Séminaire international sur la télétransmission par satellite des données hydrologiques appliquées aux pays en développement*, CEFIGRE-OMM-ORSTOM, Sophia-Antipolis, France, mai 1979
- BRITO (de) J.S, SÁ E BENEVIDES (de) V.F., COIMBRA R.M., OLIVEIRA (de) E., 1994. Rede de teletransmissão via satélite para coleta de dados hidrometeorológicos. Ministerio das Minas e Energia, Brasília, 9 fasc., 212 p.
- CALLEDE J., 1977. Techniques de télétransmission des mesures hydrométriques utilisées dans la province du Québec. ORSTOM, Paris, 7 p.
- CALLEDE J., 1979. Transmission par satellite des données hydrométriques. Expériences de l'ORSTOM au Sénégal et esquisse d'une technologie. in *Cah. ORSTOM, Sér. Hydrologie. Vol. 15*. Paris, (1), pp. 25-53
- CALLEDE J., 1982. Utilisation de la télétransmission par satellite pour le réseau hydrométrique brésilien. Rapport final. ORSTOM, Paris, 42 p
- CALLEDE J., CLAUDINO J.L., FONSECA V., 1986. Transmission par satellite des hauteurs d'eau de l'Amazone et de ses affluents., in *Hydrologie Continentale, Vol. 1*. Paris, ORSTOM (2), pp. 95-110

- CALLEDE J., 1986 .Le traitement informatique des données reçues par les stations de réception directe du Système ARGOS : son application au bassin de l'Amazone. ORSTOM, Brasília, 32 p
- CALLEDE J., 1988 .Rede de transmissão via satélite na Amazônia. Relatório relativo as operações de colocação e de exploração. (Convênio ORSTOM/CNPq) de 1984 a 1988" DNAEE, Brasília, 15 p
- CALLEDE J., RODRIGUES M.S., 1995. Les programmes de traitement des messages reçus aux stations de réception directe ARGOS du DNAEE à Brasília (Brésil). DNAEE, Brasília, 1995, 50p.
- CARVALHO N. de Oliveira, 1980 .Rede de estações telemétricas na bacia do alto rio Paraguai. Estado do Mato Grosso.in *1° Seminário de usuarios do Sistema Nacional de coleta de Dados por Satélites*, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, Brésil, pp. 237-247
- CARVALHO N. de Oliveira, 1987 .Telemetry System in hight Paraguay river basin, center region of BRAZIL. in *Télémesure et transmission des données hydrologiques*, Conférence WMO-Ministère français de l'Environnement- Service de la Navigation de Toulouse, Toulouse, mars 1987, pp. 293-302
- CHARTIER R., 1973 .Utilisation du satellite EOLE pour la collecte et la transmission des données pluviométriques et limnimétriques. ORSTOM, Brazzaville, 13p.
- ELIAS M., 1980 .Projeto PCD/Argos". in *1° Seminário de usuarios do Sistema Nacional de coleta de Dados por Satélites*, Insituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, Brésil, pp. 1-17
- ELIAS M., CAVALCANTE J.S., 1983 .Recent hydrological and climatological activities in the Amazon basin , Brazil in *Hydrologie des Régions tropicales humides, Symposium de HAMBOURG, Aout 1983*, pp. 365-373
- GUIMARAES V. S., CUDO K. J., CALLEDE J., 1993 .Os avanços da gestão da rede hidrométrica brasileira através da telemetria por satélite. DNAEE/CGRH.Brasília, 5 p
- HALLIDAY R.A., 1978 .A Plan for the Collection and Transmis sion of Hydrometeorological Data in the Brazilian Amazon Basin, WMO-UNDP, Genève, Suisse
- HIEZ G., 1963 .Le bassin expérimental de la Crique Virgile. Rapport préliminaire. ORSTOM, Paris, 73 p
- MOLINIER M., HOEPFFNER M., TOUCHEBEUF de LUSSIGNY P., 1974 .Expérience de collecte de données hydrométriques et hydropluviométriques. *Cah.ORSTOM, Ser. Hydrologie., vol 11, Paris, (3), pp. 189-204*

- MORLIERE A., CALLEDE J., SERVAIN J., 1990. Une station pluviométrique automatique sur les Rochers St-Pierre et St-Paul. *in Veille climatique Satellitaire*, Lannion, France, 1990 (32), pp. 52-56
- OLIVEIRA (de) J.R., 1980 .Système de coletas de dados do primeiro satélite brasileiro. *in I° Seminário de usuarios do Sistema Nacional de coleta de Dados por Satélites*, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, Brésil, pp. 95-116
- OLIVEIRA (de) J. R. , 1983 .Telemetria por Satélite, *in V Simposio brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos*, Blumenau, Brésil, Novembre 1983, (2), pp. 255-261
- POUYAUD B., 1987 .La télétransmission au service du programme de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'Ouest" *in Télémessure et transmission des données hydrologiques*, Conférence WMO-Ministère français de l'Environnement- Service de la Navigation de Toulouse, Toulouse, mars 1987, pp. 497-501
- SCARABUCCI R.R., 1980 .Resumo do Programa de satélites do INPE", *in I° Seminário de usuarios do Sistema Nacional de coleta de Dados por Satélites*, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, Brésil, pp. 63-94
- SOUSA (de) S. da Silva Elleres, 1981 .Telemetria por Satélite na Amazônia *in IV Simposio brasileiro de hidrologia e recursos hídricos*, Fortaleza, Brésil, Novembre 1981, (1), pp. 133
- TEREZO E., OSORIO C., 1980 .A telemetria no projeto de hidrologia e climatologia da Amazônia. *in I° Seminário de usuarios do Sistema Nacional de Coleta de Dados por Satélites* Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, Brésil, pp. 223-235
- THEPAUT H., 1994 .Prévisions de crue de l'Amazonie à MANAUS, Publ. ENSEEHIT, ORSTOM, Montpellier, 65 p
- THIEBAUX J.R., MANLEY R.E., 1987 .Projet Hydroniger *in Télémessure et transmission des données hydrologiques*, Conférence WMO-Ministère français de l'Environnement- Service de la Navigation de Toulouse, Toulouse , mars 1987, pp. 445-455