

DOCUMENT 2.1.

**EXPÉRIENCE ACQUISE ET PROJETS IMMÉDIATS
RAPPORT - SYNTHÈSE**

Claude PESANT

*Directeur du Service de l'Hydrométrie
Direction Générale des Eaux
Ministère des Richesses Naturelles du Québec
Québec, CANADA*

1. INTRODUCTION

En mai 1978, s'est tenu ici même au CEFIGRE un séminaire sur les systèmes d'acquisition, de traitement et d'exploitation des données. On a traité des aspects économiques de l'acquisition de données, de l'augmentation croissante des frais d'acquisition, et, en contrepartie, du raffinement des informations hydrologiques demandées par les usagers des ressources. On a souligné l'importance d'évaluer les avantages respectifs des différentes méthodes connues pour le recueil des données et précisé que le choix des équipements devra se justifier par une étude bénéfice-coût après que les objectifs auront été clairement établis en rapport avec les «output» désirés. Ce séminaire sur la télétransmission par satellite est donc une suite logique à celui de l'an dernier.

Aujourd'hui nous remarquons une demande croissante de données hydrologiques récentes et immédiatement disponibles. Ces observations sont requises pour la prévision des débits ou des inondations, pour une exploitation rationnelle des ouvrages hydrauliques, des voies navigables, des besoins d'irrigation pour les cultures maraichères et céréalières etc. Généralement, ces besoins sont satisfaits par l'utilisation de systèmes de télémétrie, lesquels sont traditionnellement assurés par ligne téléphonique ou une liaison radio.

Au cours des dix dernières années, la technologie des satellites terrestres fut mise à profit en Amérique du Nord pour relayer les observations de stations hydrologiques. Au début, les délais étaient de plusieurs heures mais, progressivement, la performance des systèmes s'est améliorée et ils peuvent se ramener maintenant à quelques secondes. Ainsi, l'acquisition des données hydrologiques en temps réel est devenue une réalité.

Dans le cadre des programmes de collecte systématique des données hydrologiques, il est particulièrement difficile d'établir les bénéfices que l'on peut obtenir de l'acquisition des données en temps réel. Toutefois, cette technologie permet, entre autres, une meilleure planification des campagnes de mesures et du programme d'entretien des équipements ; la réduction du nombre de visites aux stations peut se traduire par des économies dans le budget d'exploitation des systèmes de collecte des données.

L'acquisition des données en temps réel est un «Input» pour la prévision hydrologique et l'exploitation des ouvrages en cours d'eau ; dans ce cas, une analyse bénéfice/coût peut facilement établir la rentabilité de l'opération.

La télémétrie par satellite n'est pas obligatoirement la solution à tous les problèmes liés à la conception, à l'implantation et à l'exploitation des systèmes de collecte des données hydrologiques pour la connaissance, la mise en valeur et la gestion des ressources en eau. Ce moment d'acquisition des données en temps réel est encore une activité récente et les expériences sur une base opérationnelle sont peu nombreuses.

Ce rapport résume l'essentiel des deux documents reçus traitant de l'expérience acquise dans ce domaine et j'ai ajouté plusieurs informations obtenues des organismes canadiens et américains qui œuvrent dans ce domaine depuis plus de deux ans.

2. LA TECHNOLOGIE

Ce que nous désirons, c'est transmettre à distance un signal porteur d'un résultat de mesure ; on peut le faire par lien terrestre ou dans l'espace. Le réseau téléphonique peut relayer des informations à plusieurs milliers de kilomètres ; ce système est fréquemment utilisé dans les régions urbaines et rurales et demeure, à mon avis, une option très valable et bon marché si la communication téléphonique est de bonne qualité. La communication radio au sol est employée depuis fort longtemps, mais c'est un système relativement dispendieux lorsque le territoire à couvrir est grand ; de plus, sa fiabilité nous fait souvent défaut quand surviennent les cataclysmes.

La télémétrie par satellite est un système qui a fait ses preuves, il est fiable, il peut fournir l'information en temps réel et est parfaitement compatible avec un traitement sur ordinateur. Le degré de raffinement du système de télémétrie est fonction de ce que veut l'utilisateur, de ce qu'il est prêt à investir et des contraintes techniques du système ; le prix est abordable si plusieurs usagers l'utilisent.

Dans le domaine de la collecte des données hydrologiques, le potentiel d'utilisation des systèmes de télémétrie est grand et son coût est plus que compétitif. En effet, avec l'évolution constante de la technologie, ces systèmes sont de plus en plus versatiles et de moins en moins coûteux.

3. SYSTÈMES OPERATIONNELS DE TÉLÉTRANSMISSION PAR SATELLITE

Les satellites géostationnaires GOES et le programme Argos sont les deux seuls systèmes qui offrent actuellement des garanties d'un mode opérationnel à long terme ; la combinaison des deux peut répondre à toutes les exigences des utilisateurs, peu importe le territoire à desservir et les délais de mise en disponibilité des observations.

3.1. Le système GOES

Un ensemble de cinq satellites géostationnaires assure la diffusion des observations à l'échelle du globe ; ce système dessert entre autres les besoins du programme de la Veille Météorologique Mondiale de l'OMM. Les Amériques sont desservies par deux satellites des U.S.A. placés aux longitudes 75° et 135° ouest ; le satellite de l'Agence Spatiale Européenne Météosat est à la longitude 0° et couvre l'Europe de l'Ouest et l'Afrique. Les satellites russes GOMS (70° E) et le GMS japonais (140° E) desservent les autres parties du globe. L'équipement embarqué est similaire pour chaque satellite et chacun peut retransmettre les données de plus de 10 000 stations équipées d'une balise.

3.2. Le programme Argos

C'est avant tout un système conçu pour la collecte à l'échelle du globe, de données lentement variables de l'environnement. Sur ces satellites, on retrouve à peu de choses près le même équipement disponible à bord des géostationnaires. Toutefois, le système de collecte des données fonctionne dans un mode d'accès aléatoire et permet la localisation de la

station émettrice. Du fait que ce sont des satellites à défilement sur orbite polaire, la retransmission des données en temps réel est possible, lorsque le satellite est en vue des stations émettrice et réceptrice. Autrement, les messages sont enregistrés à bord des satellites et relayés dès que possible à l'une des trois stations réceptrices du système Argos.

3.3. Choix d'un système

Le choix du système doit se faire en prenant en compte :

- l'exactitude de la donnée transmise,
- la fiabilité du système ; possibilité et conséquence des pannes des balises, du satellite et de la station réceptrice ; le risque technique d'une telle éventualité,
- la capacité d'ajouter d'autres balises sans surcharge du système,
- les délais de mise en disponibilité des mesures,
- les coûts associés à la mise en œuvre du programme de collecte en temps réel ou quasi-réel.

Au tableau 1, on a dressé une fiche comparative des deux systèmes ; bien qu'incomplète, on peut quand même dégager les particularités de chacun.

Particularité	Satellite géostationnaire	Système ARGOS
Territoire sous observation	Entre les latitudes 80° Nord et Sud	Aucune restriction
Période d'observation	Permanente	De 4 à 28 messages par jour (de l'équateur au pôle)
Fréquence de transmission	Temps prédéterminé ou sur interrogation	Accès aléatoire de 40 à 200 secondes
Capacité de chaque satellite	10 000 balises	16 000 balises (4 000 pour localisation)
Longueur utile des messages	64 à 2 000 bits	32 à 256 bits
Mode d'acquisition	En temps réel	En temps quasi-réel
Vitesse de transmission (balise-satellite)	100 Baud	400 Baud
Fréquence porteuse (balise-satellite)	401,7 à 401,8 MHz	401,650 MHz

4. EXPERIENCE ACQUISE

4.1. La mise en service des systèmes opérationnels

(a) L'infrastructure actuelle

Sur ce sujet, les documents de référence sont peu nombreux et cela s'explique aisément ; le système des cinq satellites géostationnaires fut mis en place progressivement entre 1974 et 1978. C'est en 1975 que le programme GOES devint opérationnel pour les Amériques. Météosat fut placé en orbite en novembre 1977. En Amérique, c'est l'agence NESS (National Environmental Satellite Service) qui exploite le système opérationnel GOES

leur clientèle d'utilisateurs se recrute surtout aux États-Unis et au Canada. Pas moins d'une trentaine d'organismes s'en servent pour la collecte de données hydrologiques et océanographiques.

A ma connaissance la plateforme Météosat n'est pas encore utilisée à cette fin sur une base opérationnelle ; les équipements embarqués étant identiques, ce service devrait être prochainement disponible à la station réceptrice de l'Agence Spatiale Européenne à Darmstadt.

Le programme Argos prit son départ en octobre 1978 avec le lancement du premier satellite TIROS-N ; le deuxième sera en place à la mi-mai de cette année. Il n'est pas possible présentement d'évaluer tout le potentiel d'utilisation du programme Argos, du fait qu'un seul des deux satellites est en place ; toutefois, l'expérience menée par l'ORSTOM au Sénégal et les documents techniques de MM. TAILLADE et BESSIS ne laissent aucun doute sur la capacité de ce système.

(b) Les utilisateurs actuels

C'est en Amérique que se poursuivent des programmes de collecte systématique des données par satellite et ce à l'aide du système GOES. Plus de 800 balises de télémétrie sont utilisées à cette fin.

Les 32 utilisateurs se répartissent ainsi : USA 23, Canada 6, Amérique du Sud 3 ; plus de 500 balises servent à la collecte des données hydrométéorologiques. Aux USA, le service météorologique et la direction des ressources en eau des Services géologiques utilisent individuellement plus de 200 balises pour la collecte systématique des données ; l'ensemble des organismes canadiens utilise environ 50 balises.

4.2. L'expérience québécoise en télémétrie

(a) Les motivations

C'est dans le cadre de son programme de connaissance des eaux de surface que la Direction Générale des Eaux du Québec a mis en œuvre son projet de télémétrie en mai 1977. Depuis 1972, des expériences de télétransmission par satellite avaient été faites, et cinq ans plus tard, il fut décidé d'implanter un programme de télémétrie à l'intérieur des activités régulières de la Direction de l'Hydrologie. L'acquisition des données en temps réel se fait sur tout le territoire québécois.

Ce choix a été fait en considérant plusieurs facteurs dont le mode opérationnel du système, sa fiabilité, la durabilité des équipements et la rentabilité de l'opération. La souplesse et la capacité du système de télémétrie ont aussi une grande importance ; par exemple, le nombre de paramètres et la quantité d'observations pouvant être relayés, la fréquence et la régularité de la transmission des blocs d'information. Enfin, il est grandement souhaitable que le système se prête au traitement par ordinateur et à la diffusion des résultats d'un centre de traitement à un autre.

En plus des considérations d'ordre économique, le critère performance fut fixé à 5 % de perte des données. L'objectif du programme québécois de télémétrie est de réaliser l'automatisation complète de toutes les phases du programme d'acquisition en temps réel, depuis la station de mesure jusqu'à la livraison de l'information traitée au client.

(b) Le matériel

Le système GOES de télétransmission par satellite fut choisi et les stations de mesure transmettent les messages à temps fixe, toutes les trois heures. L'agence américaine NESS

assure le tri et archivage des données reçues. C'est par ligne téléphonique que l'organisme québécois obtient des données hydrologiques de la station réceptrice de Wallops Island, Va, aux États-Unis.

Leur matériel de télémétrie (balise) peut transmettre 12 paramètres distincts (4 digitaux et 8 analogiques), une mémoire de 828 bits sert au stockage des données entre chaque temps de transmission. Le radioémetteur peut fonctionner à des températures comprises entre -20°C et 60°C . On estime à dix ans la vie utile de ce matériel.

(c) Fonctions utilitaires

Leur réseau de télémétrie répond à des besoins de connaissance de la ressource, à la prévision des crues, au contrôle des inondations et à l'amélioration de la production hydroélectrique.

Pour le programme « connaissance de la ressource eau », la télé-réception par satellite est utilisée uniquement en territoire non organisé et difficile d'accès, les coûts d'exploitation des réseaux hydrologiques y étant particulièrement onéreux. L'économie sur les frais annuels d'exploitation est optimale lorsque toutes les stations d'une même région sont dotées du matériel de télémétrie.

La Direction Générale des Eaux utilise des données en temps réel pour la prévision des crues et des inondations et, de façon plus fréquente, pour l'exploitation des barrages-réservoirs dont elle est propriétaire. La rentabilité d'un réseau de télémétrie est facilement établie dans ce cas-ci, du fait que l'on peut quantifier les bénéfices obtenus. L'acquisition des données en temps réel sert aussi à optimiser la production hydroélectrique et au contrôle des niveaux d'inondation. D'autres applications sont aussi faites dans le cadre d'un programme de lutte contre les feux de forêts.

A la fin de l'année 1979, la phase du traitement informatique sera opérationnelle. Ainsi, le programme de télémétrie sera entièrement automatisé, en ce sens que l'ordinateur sera programmé pour obtenir en temps réel les données transmises par le système GOES, les traiter et les stocker sur fichiers mécanographiques. Le système assurera la diffusion immédiate des données aux utilisateurs privilégiés.

4.3. L'expérience de l'ORSTOM au Sénégal

Le service hydrologique de l'ORSTOM a toujours porté intérêt à la télétransmission des mesures hydrologiques. Les premières expériences ont été menées au Tchad et en Guyane pour la collecte de l'information pluviométrique en utilisant les moyens classiques, liaisons radioélectrique et téléphonique.

En 1970, l'Office utilisa les canaux de télétransmission d'un satellite artificiel du projet EOLE ; ces expériences ont été effectuées à Brazzaville et à Cayenne.

En 1978, l'ORSTOM examina la possibilité de télétransmission des satellites MÉTÉOSAT et TIROS N. Ces essais de télétransmission ont été entrepris au Sénégal dans le but de tester et de choisir le matériel, d'évaluer le coût des transformations à apporter aux stations hydrométriques classiques et enfin de vérifier la bonne marche du retour des mesures à l'utilisateur.

Les essais MÉTÉOSAT ont été réalisés en juin 1978 et les équipements étaient installés à la station hydrométrique de Saint-Louis où l'on a mesuré la hauteur d'eau du fleuve Sénégal et la pluie recueillie à la station.

Le compte rendu de cette campagne expérimentale recommande de confier la réalisation de l'interface au constructeur de l'émetteur. D'autre part, ce compte rendu signale que le retour direct des données par le GTS peut accuser un retard de quelques heures du fait que les données synoptiques ont priorité.

Un essai sur le satellite TIROS N a été mené à la station hydrométrique du Saloum en octobre 1978 ; la transmission des données débuta le 21 octobre et les résultats furent excellents.

L'Agence responsable du système ARGOS a créé un fichier «utilisateur» sur bande magnétique. Il est souhaité que la station de réception locale puisse faire de même grâce aux messages reçus par GTS. Avec quelques heures de retard, il a été possible de contrôler le bon fonctionnement de l'installation. Ce rôle de «sonnette» est important et, dans certain cas, peut à lui seul justifier l'emploi de la télétransmission. Les fichiers utilisateurs favorisent la mise à jour des fichiers stations sans aucune nouvelle saisie mécanographique. Ces essais ont également permis d'entrevoir la possibilité d'introduire l'information télétransmise comme «input» dans un modèle mathématique de prévisions, et ce, à toute fin pratique, en temps réel. Les essais de l'ORSTOM ont démontré la souplesse d'emploi de la télétransmission par satellite. Le système paraît prometteur et contribuera à améliorer la qualité de l'information hydrologique.

5. DISTRIBUTION DES DONNÉES

Les deux systèmes de télémétrie offrent une gamme d'options à l'utilisateur pour la réception des données selon les techniques modernes de transmission. Le système mondial des télécommunications (GTS) est très utilisé pour acheminer les données compatibles aux spécifications de l'exploitant, l'Organisation Météorologique Mondiale.

Des lignes spécialisées, le telex et les lignes téléphoniques sont d'autres options disponibles pour la distribution rapide des données aux utilisateurs. Les observations en temps réel peuvent être fournies directement à l'ordinateur d'un centre de traitement, ou simplement sur une imprimante.

6. LES RESULTATS OBTENUS

Pour le gestionnaire, son intérêt à une nouvelle technologie d'acquisition des données hydrologiques tient aussi compte de la performance du système. Les statistiques disponibles à ce sujet proviennent des activités opérationnelles en télémétrie qui sont en cours en Amérique du Nord, depuis deux à trois ans. Ces activités pour la collecte des données font appel aux deux satellites (longitudes 75° et 135°) du système GOES.

Les statistiques sur le rendement du système de télémétrie s'établissent en pourcentage du nombre de messages reçus et utilisables, par rapport au nombre théorique de messages transmis par la station de mesure vers le satellite géostationnaire.

Les rendements obtenus proviennent de différents réseaux dont le nombre de balises varie de 20 à plus de 100 ; les rendements moyens se situent entre 80 % et 97 %. A l'intérieur des périodes considérées, les pourcentages fluctuent entre des valeurs limites de 60 % et 99 %. Il semble que les pertes de données soient proportionnelles au nombre de balises des différents groupes ; une expansion trop rapide du réseau de télémétrie peut compromettre la qualité du programme d'entretien du matériel si le personnel

qualifié n'est pas suffisant. Selon les commentaires des principaux utilisateurs nord américains, le programme d'entretien comprend la vérification complète du matériel à l'atelier, un entretien préventif de tous les équipements aux stations de mesure et une bonne formation du personnel technique.

L'expérience menée par l'ORSTOM au Sénégal nous indique que les essais de télétransmission à l'aide de Tيروس N ont été couronnés de succès avec un rendement de 99 % pour la période d'essai. La courte période d'essai avec Météosat n'a pas permis d'évaluer ce système de communication et l'utilité du GTS pour acheminer au point d'origine les résultats de mesure. A ce sujet, l'agence Argos achemine de façon régulière en 6 heures, des données en temps réel depuis Toulouse ; ces informations sont reçues à Ottawa, Canada, 20 minutes plus tard et à Melbourne, Australie, 2 heures 20 minutes après l'envoi de Toulouse.

Les résultats du programme de télémétrie au Québec nous indiquent un rendement moyen de 96 %, durant la période d'octobre 1977 à avril 1979, avec des valeurs extrêmes de 90 % et 99 % ; les résultats sont présentés à la figure 3 du Document 2.2. Durant cette période de 19 mois, le nombre de balises en service s'est accru de 6 à 26 unités. Les plus importantes pertes sont survenues durant les mois d'hiver, mais l'installation de chauffeuses catalytiques au propane apporta une solution définitive à ce problème.

Vu dans un ensemble, la perte moyenne de données est de 4 % et les principales causes sont par ordre d'importance. 1 - Le mauvais fonctionnement des enregistreurs, le système d'alimentation, la balise ; 2 - Les pannes du système à la station réceptrice ; 3 - Les messages reçus en erreur et inutilisables.

7. LE PERSONNEL TECHNIQUE

L'exploitant d'un réseau de télémétrie doit compter sur un bon personnel technique et l'expérience nord américaine nous indique que diverses compétences sont requises pour assurer la qualité des résultats et ce, à des coûts abordables.

La mise en place et l'entretien des balises peuvent se faire par du personnel ne possédant pas de connaissance en électronique ; ceci suppose que l'unité défectueuse est simplement remplacée sur place à la station.

Pour un nombre de balises de 50 unités et plus, il est rentable d'avoir son atelier d'électronique et le personnel qualifié pour la réparation du matériel et une bonne mise au point des unités avant leur réinstallation sur le terrain.

8. LES COÛTS ASSOCIÉS A LA TÉLÉMÉTRIE

Les rapports techniques de MM. CALLEDE et PESANT fournissent certaines données sur l'aspect économique d'un programme de télécommunication par satellite.

8.1. Équipement à la station

S'il existe de faibles écarts entre les coûts d'acquisition du matériel de télémétrie à mettre en place aux stations de mesure, le prix d'achat d'une balise est différent selon le système

employé, Argos ou GOES. Le tableau ci-dessous décompose les coûts d'achat du matériel de télémétrie pour une station de mesure déjà équipée de ses capteurs et enregistreurs.

Élément de télémétrie	Météosat	Goes *	Tiros N
Couleur	4 500 FF	2 700 FF	3 000 FF
Émetteur	18 000 FF	22 250 FF	15 000 FF
Antenne	4 000 FF	1 250 FF	500 FF
Alimentation	1 500 FF	1 500 FF	1 500 FF
	28 000 FF	27 700 FF	20 000 FF
* source canadienne, prix d'achat au Canada.			

8.2. Station réceptrice locale

La mise en service d'une station réceptrice locale comporte plusieurs avantages pour l'utilisateur du système de télémétrie ; les délais d'acquisition des données sont réduits au minimum, le traitement informatique se fait sur place et l'archivage des données s'effectue automatiquement. Bien sûr, cette option paraît fournir à l'exploitant toute la souplesse désirée et une autonomie évidente sur le plan opérationnel.

Selon les informations recueillies auprès des agences canadiennes et américaines, les coûts d'aménagement d'une station réceptrice sont relativement élevés et les frais annuels d'opération et d'entretien sont de l'ordre de 40 000 à 60 000 FF. L'implantation d'une station réceptrice peut coûter au bas mot 300 000 FF à 700 000 FF ; la station de réception du système Argos avec antenne VHF fixe est la moins onéreuse ; toutefois, pour des raisons de sécurité il faut doubler l'équipement, ce qui élimine les avantages économiques.

A mon avis, la station réceptrice de l'agence de télécommunication par satellite offre de meilleures garanties quant à la fiabilité du système et au dépiage des pannes potentielles des radio émetteurs. Même en déboursant pour obtenir les données de l'agence, l'utilisateur n'a pas à faire d'investissement et prévoir le personnel requis pour l'entretien et le fonctionnement de la station réceptrice ; ces frais sont partagés entre les différents utilisateurs du système.

8.3. Acquisition des données de télémétrie

A titre indicatif, je cite quelques chiffres du document sur l'Expertise québécoise en télémétrie. Le coût d'acquisition des données se décompose en deux éléments ; les frais d'entretien du matériel de télémétrie à la station hydrométrique, et les coûts inhérents à la transmission des données par satellite et au traitement informatique par l'utilisateur.

Les coûts peuvent varier appréciablement selon le degré de raffinement du traitement des données sur ordinateur et les difficultés d'accès à la station hydrométrique. Pour le réseau de télémétrie au Québec, le coût de mise en place des équipements de télémétrie varie de 1 200 FF à 2 800 FF selon que l'accès à la station se fait par route ou par avion de brousse.

Le coût moyen d'acquisition des données transmises par le satellite se chiffre à 4.000 F/année/station et comprend l'amortissement du matériel informatique qui assure l'automatisation complète du processus d'acquisition des données, depuis la station de mesure jusqu'à la diffusion de l'information traitée à l'utilisateur.

9. L'ÉQUIPE AGENCE-UTILISATEUR

Il m'apparaît utile de souligner l'importance de bons échanges entre l'agence responsable du système de télécommunication par satellite et les différents utilisateurs des canaux de communication dans le cadre d'un programme d'acquisition de données hydrologiques. Ces satellites opérationnels servent à des fins pluri-disciplinaires et la télétransmission des données par satellite n'est certes pas une fonction prioritaire.

Me référant à l'expérience nord-américaine, les utilisateurs du système GOES retirent d'énormes avantages des réunions prévues périodiquement par l'agence américaine NESS. L'agence a pu se familiariser davantage aux problèmes opérationnels des usagers et aux attentes de ces derniers quant à la performance du système et du matériel de télémesure, les balises. Concernant le traitement informatique, l'agence a amélioré le processus d'archivage des données et a communiqué à l'utilisateur des informations utiles sur le fonctionnement du système qu'elle gère.

A ces réunions, il y a échange d'informations entre les utilisateurs, et les problèmes communs ou particuliers sont discutés. Ces rencontres contribuent certainement à utiliser tout le potentiel de cette technologie et la formule mérite d'être retenue.

10. PERSPECTIVES D'AVENIR

Dans le secteur de l'hydrologie opérationnelle, la télémétrie jouera un rôle important. La disponibilité des données hydrologiques en temps réel ajoute une plus-value indiscutable aux données recueillies ; celles-ci constituent un «input» valable pour la prévision des crues et des inondations, la gestion de complexes hydroélectriques, etc.

Les expériences réalisées depuis trois ans démontrent sans équivoque le potentiel de cette technologie ; la décision de l'utiliser repose uniquement sur les considérations d'ordre économique inhérentes aux différents projets d'acquisition des données hydrologiques.

Sur le plan opérationnel, les différents programmes de collecte des données progressent et, en Amérique du Nord, les réseaux de télémétrie connaîtront une expansion importante au cours des cinq ou dix prochaines années. Le service météorologique américain considère la réalisation d'un projet de 1 000 stations de télémétrie au cours des années 1980 ; la direction des Ressources en Eau du US Geological Survey américain envisage d'accroître son réseau de télémesure à 2 000 stations d'ici 1984. Le Corps des Ingénieurs (USCI) mise beaucoup sur la télétransmission par satellite afin d'améliorer la gestion des ouvrages hydrauliques pour la lutte contre les inondations et la navigation fluviale. Dans cette perspective, cette agence compte équiper plus de 1 000 stations hydrométriques.

Au Canada, un projet de 250 stations de télémétrie sur une période de cinq ans est considéré sérieusement dans le cadre du programme d'inventaire des eaux de surface des provinces des Prairies canadiennes. Au Québec, l'objectif du réseau de télémétrie est de 100 stations en 1982.

Le Brésil prévoit de mettre en place un important réseau de télémétrie pour la collecte en temps réel des données hydrologiques sur son territoire. Sur le fleuve Niger, la télétransmission par satellite est considérée sérieusement pour l'acquisition des données hydropluviométriques nécessaires à la prévision des apports sur cette voie de communication fluviale du Sahel.

D'autres applications sont prévues, notamment par l'EDF, France, pour la mesure de la couche de neige dans les régions de haute montagne ; ces données servent à calculer les apports saisonniers sur les bassins où des centrales hydroélectriques sont en exploitation

11. CONCLUSION

Les expériences réalisées jusqu'à maintenant démontrent clairement la fiabilité des systèmes ARGOS et GOES pour la télétransmission des données. La technologie s'améliore constamment et son potentiel d'utilisation peut satisfaire aux besoins de l'hydrologue. La qualité de l'information hydrologique en sera grandement améliorée.

Au Canada et aux États-Unis, la télémétrie par satellite est maintenant utilisée sur une base opérationnelle pour l'acquisition des données sur les ressources hydriques. Les deux systèmes opérationnels peuvent desservir tous les besoins opérationnels canadiens. Les satellites TIROS N seront surtout employés pour relayer l'information aux stations hydrologiques inaccessibles aux géostationnaires ; a) latitude supérieure à 80° , b) obstacle visuel situé entre le satellite et la station émettrice.

La station réceptrice GOES/TIROS N de Prince Albert, Saskatchewan, sera le principal point d'acquisition des données hydrologiques pour la plupart des utilisateurs canadiens.

La télémétrie a une incidence directe sur le mode d'exploitation des systèmes d'observation et les coûts associés à ce programme, du fait que cette technologie permet de vérifier journalièrement le fonctionnement des capteurs et enregistreurs aux stations de mesure. Dans les études bénéfices/coûts relatives aux avantages de la télémétrie dans les programmes d'acquisition des données en temps réel, on devra prendre en considération la réduction possible des pertes de données et la diminution des budgets d'opération des systèmes de collecte.

Il ne faut pas croire que cette méthodologie s'applique rigoureusement à tous les programmes de collecte des données. Les exigences technologiques et économiques de ce système doivent être bien évaluées ; le risque inhérent aux pertes de données et aux problèmes opérationnels va de pair avec le raffinement recherché dans le choix des équipements et le degré d'automatisation du système de collecte.

L'expérience acquise, en Amérique notamment, facilitera le transfert de cette nouvelle technologie dans les pays en voie de développement. Cet outil aidera à faire un choix judicieux des meilleurs moyens à mettre en œuvre dans la réalisation des programmes d'acquisition des données et dans la conception des systèmes de collecte, les réseaux. Les objectifs économiques et techniques doivent être au départ clairement établis.

Enfin, on devra constamment revoir les objectifs et les performances obtenues ; une évaluation des bénéfices et des normes de qualité des résultats dictera les ajustements nécessaires pour mettre au point les programmes d'acquisition des données et répondre véritablement aux problèmes particuliers et aux besoins de la connaissance hydrologique du pays concerné.

RÉFÉRENCES

- BESSIS, J.L. (1979) – Operational data collection and platform location by satellite, CNES Toulouse, France.
- CALLEDE, J. (1979) – Télétransmission par satellite des données hydrométéorologiques. L'Expérience de l'ORSTOM au Sénégal (*cf. ibid.* Document 2.3.).
- GUILLOT, Pierre (1979) – La transmission par satellite des mesures de la couche de neige. (*cf. ibid.* Document 2.5.).
- HALLIDAY, R.A. (1978) – A plan for the collection and transmission of hydrometeorological data in the Brazilian Amazon basin BRA 372/010, WMO, United Nations Development Programme.
- KLOHN, Wulf (1979) – Selection of appropriate systems for teletransmission of hydrological data in developing countries (*cf. ibid.*, Document 2.6.).
- RIBEIRÓ DOS ANJOS Nelson Da Franca (1979) – Télétransmission par satellite des données hydrologiques au Brésil. Situation actuelle et plans pour le futur (*cf. ibid.*, Document 2.4.).
- PESANT C. (1979) – L'Expérience québécoise en télémétrie (*cf. ibid.*, Document 2.2.).
- TAILLADE-CARRIÈRE, M. et BESSIS J.L. (1979) – The Argos system contribution for the first global experiment (FGGE), CNES, Toulouse, France.

