

DOCUMENT 2.2.

L'EXPÉRIENCE QUÉBÉCOISE EN TÉLÉMÉTRIE

Claude PESANT

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

PRÉAMBULE

01. L'on a prôné, depuis plus de vingt ans, l'automatisation du recueil des données hydrométéorologiques ; mais jusqu'ici la technologie offrait peu de possibilités aux hydrologues désireux d'acquérir en temps réel les données nécessaires aux prises de décision liées à la gestion de systèmes hydrauliques pour le contrôle des crues, pour la production d'énergie hydro-électrique, etc.

02. Les développements technologiques récents dans les communications par satellite entre autres, permettent des applications intéressantes dans le domaine de l'hydrologie opérationnelle. Dans cet article, nous traiterons de l'utilisation de la télémétrie dans le programme de collecte des données hydrométéorologiques et des avantages que l'on peut en tirer pour la prévision hydrologique et l'exploitation des réseaux hydrométriques, à partir de l'expérience québécoise en télémétrie qui débuta en mai 1977.

L'UTILITÉ DE LA TÉLÉMÉTRIE

03. Les organismes chargés d'exploiter les réseaux d'observations hydrométéorologiques reconnaissent la nécessité de l'acquisition des données en temps réel afin de satisfaire à certains besoins des utilisateurs. En fait, le but recherché est de transmettre à distance un signal porteur d'un résultat de mesure. Dans les régions éloignées, les communications radio ont fourni un élément de réponse, mais les possibilités de la télécommunication par satellite les ont rapidement déclassées en ce qui a trait à la fiabilité des systèmes et aux coûts d'implantation et de fonctionnement.

04. Cette technologie rend possible l'automatisation de la collecte des données et améliore les délais de mise en disponibilité des données hydrologiques pour la prévision et pour fin de gestion. Ainsi, nous entendons nous servir de cette nouvelle technologie dans les secteurs suivants :

- (1) Inventaire des eaux de surface dans le territoire du Nouveau-Québec.
- (2) Exploitation des barrages-réservoirs et optimalisation de la production hydro-électrique.
- (3) Prévision à court terme des crues et des niveaux d'inondation.
- (4) Surveillance (Monitoring) des normes d'utilisation ou de certains usages de la ressource.

LE PROGRAMME DE TÉLÉMÉTRIE

05. Dans le cadre du programme de connaissance des eaux de surface, l'acquisition des données en temps réel donne une dimension nouvelle aux observations recueillies. En effet, la disponibilité de données récentes est un atout pour la prévision hydrologique et un critère valable pour la gestion d'ouvrages hydrauliques et hydro-électriques. L'exploitation des réseaux hydrométéorologiques peut également tirer profit de cette technologie.

LE CHOIX DE LA TECHNOLOGIE

06. Au Québec, les besoins d'acquisition des données en temps réel concernent à la fois le Territoire du Nord, le Nouveau-Québec, et la partie méridionale où l'on retrouve toute l'activité économique et la très grande majorité de la population.

Dans les régions urbaines et rurales, on dispose généralement d'un bon système de communication, et le réseau téléphonique peut satisfaire la demande d'information en temps réel. Dans le Nouveau-Québec, nous avons choisi les communications par satellite pour collecter, au centre de traitement, les données provenant des stations de mesure implantées sur ce vaste territoire.

07. Pour le choix du système d'acquisition en temps réel, certains critères ont été établis et ils se sont révélés les mêmes quelle que soit la région à desservir. Tout d'abord le système doit être opérationnel, il doit aussi satisfaire à nos critères quant à sa fiabilité, à la durabilité des équipements et à la rentabilité de l'opération. La souplesse et la capacité du système de télémesure ont aussi une grande importance ; on se préoccupera par exemple du nombre de paramètres et de la quantité d'observations pouvant être relayés, ainsi que de la fréquence et de la régularité de la transmission des blocs d'information. Enfin, il est avantageux que le système soit compatible avec un traitement par ordinateur et se prête à la diffusion des résultats d'un centre de traitement à un autre.

08. En résumé, en plus des considérations d'ordre économique, la performance doit être bonne ($\leq 5\%$ de perte des données) et l'on accorde une attention particulière à l'automatisation poussée de tout le programme d'acquisition en temps réel, depuis la station de mesure jusqu'à la livraison de l'information traitée au client.

LE MODE D'ACQUISITION DES DONNÉES

Liaison téléphonique

09. Depuis une quinzaine d'années, on peut brancher des limniphones aux appareils de mesure et transmettre en clair ou en code les observations ; habituellement l'interlocuteur doit composer un numéro de téléphone. Actuellement, des interfaces électroniques sont disponibles pour relayer un ou plusieurs paramètres via le réseau téléphonique ; le signal digital peut être acheminé directement à un ordinateur et même être obtenu, au moment désiré et de façon automatique, si l'on dispose d'un équipement informatique approprié.

Télécommunication par satellite

10. La télémesure à l'aide d'un système radio avec répéteurs ne présente aucun intérêt pour nous si l'on considère l'étendue du territoire à couvrir ; de plus, il est onéreux et souvent peu fiable quand surviennent les cataclysmes, les ouragans, etc.

11. Depuis 1972, les satellites à défilement (Landsat) et, plus récemment en 1975, les satellites géostationnaires (SMS-GOES) (*) ont favorisé la télétransmission des données hydrométéorologiques.

(*) Synchron Meteorological Satellite - Geostationary Operational Environmental Satellite.

12. Sur une période de 5 ans, nous avons expérimenté les facilités de communication du satellite Landsat (ERTS) pour retransmettre les données hydrologiques d'une station d'observation de la région septentrionale du Québec ; les résultats sont valables mais le projet Landsat est expérimental et ce mode d'acquisition de données en temps quasi-réel ne fut pas retenu comme système opérationnel. L'essai du système GOES durant la période août 1976-mai 1977 nous décida d'utiliser ce système opérationnel exploité par l'agence américaine NESS (National Environmental Satellite Service).

LES MATÉRIELS DE TÉLÉMESURE

13. Nous l'avons dit précédemment, le réseau de télémétrie utilisera les communications téléphoniques partout où elles existent dans le sud de la province, et ailleurs l'information sera transmise par satellite. Les deux types d'équipement que nous employons, DARDC (*) et la balise programmable, sont fabriqués par la division Électronique de la compagnie LaBarge Inc., Tulsa, Oklahoma, U.S.A.

L'interface téléphonique DARDC

14. C'est un interface électronique pouvant transmettre par ligne téléphonique un signal digital ; l'appareil peut relayer en série quatre (4) paramètres différents. Les observations sont communiquées sur un simple appel téléphonique ; l'interlocuteur obtient les valeurs numériques en utilisant un dispositif de décodage branché sur le combiné de l'appareil téléphonique. Si la communication téléphonique est commandée par un ordinateur, ce dernier effectue directement le décodage et le traitement des données.

Le système GOES

15. Ce système est opérationnel et dessert les Amériques à l'aide de deux satellites placés sur une orbite géostationnaire à 35 000 km au-dessus de l'Équateur et ce, aux longitudes 75° et 135°. Chaque satellite peut desservir près de 10 000 stations terrestres.

16. Nous avons choisi le mode de transmission à temps prédéterminé, toutes les trois (3) heures. Une période de 60 secondes est allouée à chaque station pour transmettre son message (durée de 20 à 24 secondes). Nos émetteurs (balises) ont les caractéristiques suivantes : possibilité de transmettre douze paramètres (4 digitaux, 8 analogiques), une mémoire de 828 bits, seuils de température -20° et +60° C, alimentation 12 volts CC. On estime à 10 ans la vie utile de cet équipement. Nous opérons sur le canal de communication 13 du satellite EST (75°). Nous pouvons exploiter 40 balises sur ce canal et nous avons en réserve 50 fenêtres de transmission sur le canal 19 du même satellite.

(*) DARDC : Device for Automatic Remote Data Collection.

17. On peut décrire simplement le système de la manière suivante : l'émetteur programmable (balise) d'une station de mesure transmet, à un moment déterminé, un signal vers le satellite, qui le relaie aussitôt à la station réceptrice de Wallops Island en Virginie, U.S.A. L'agence américaine NESS se charge du tri et de l'archivage des données reçues ; chaque client du système GOES utilise le réseau téléphonique pour obtenir ses données du centre de traitement de l'agence (voir figure 1). Dans les meilleurs délais, l'information a été disponible moins de 10 secondes après l'envoi du signal par la balise.

18. Nous utilisons le système GOES dans le cadre d'une entente entre le gouvernement canadien et l'agence américaine NESS. Depuis peu, la station réceptrice canadienne de Prince Albert (PASS) traite de façon intermittente les données transmises par les satellites GOES ; c'est le Centre canadien de la télé-détection qui exploite la station de Prince Albert, Saskatchewan.

Le coût du matériel

19. Il en coûte environ \$ 5 500 pour ajouter une balise à une station hydrométrique dotée d'un enregistreur avec ruban perforé (l'émetteur radio coûte \$ 4 500). L'utilisation du réseau téléphonique et de l'interface DARDC est moins chère ; l'achat et la mise en service de cet équipement coûtent en moyenne \$ 3 000.

20. Les frais d'implantation d'une nouvelle station avec équipement de télémétrie par satellite varie selon le nombre de paramètres hydrologiques à mesurer. Une station hydrométrique coûte environ \$ 11 000 alors que la station météorologique nécessite un investissement de \$ 12 000 à \$ 16 000 selon le nombre de capteurs ou variables météorologiques à mesurer. Si l'interface DARDC est utilisé au lieu d'une balise, les coûts sont réduits de \$ 2 000 mais on est limité à 4 paramètres et aucune mise en mémoire ; les observations transmises sont celles mesurées au moment de la transmission.

LE RÉSEAU DE TÉLÉMÉTRIE

21. Dans la réalisation du programme d'inventaire des eaux de surface, nous nous préoccupons entre autres de la réduction des coûts d'exploitation des systèmes de stations hydrologiques, d'une utilisation plus rationnelle du personnel affecté à ce programme et de l'amélioration des délais de mise en disponibilité des données hydrologiques.

22. C'est avant tout pour les besoins de la Direction Générale des Eaux du Ministère des Richesses Naturelles que cette technologie est utilisée, mais notre compétence dans ce domaine est également sollicitée par une clientèle privilégiée qui utilise l'information en temps réel pour la prévision hydrologique et la lutte contre les feux de forêts. C'est par contrat de service que nous traitons avec la clientèle extérieure.

23. L'ensemble des réseaux couvre toutes les régions du Québec et répond à une gamme variée de besoins et de clientèle. De ce fait, le réseau de télémétrie s'identifie à un mode d'acquisition en temps réel et il regroupe les stations de différents réseaux équipées pour la télémesure. C'est pourquoi, le réseau de télémétrie répond aujourd'hui à des fonctions de connaissance et de gestion de la ressource : prévision des crues, contrôle des inondations, production hydroélectrique, etc.

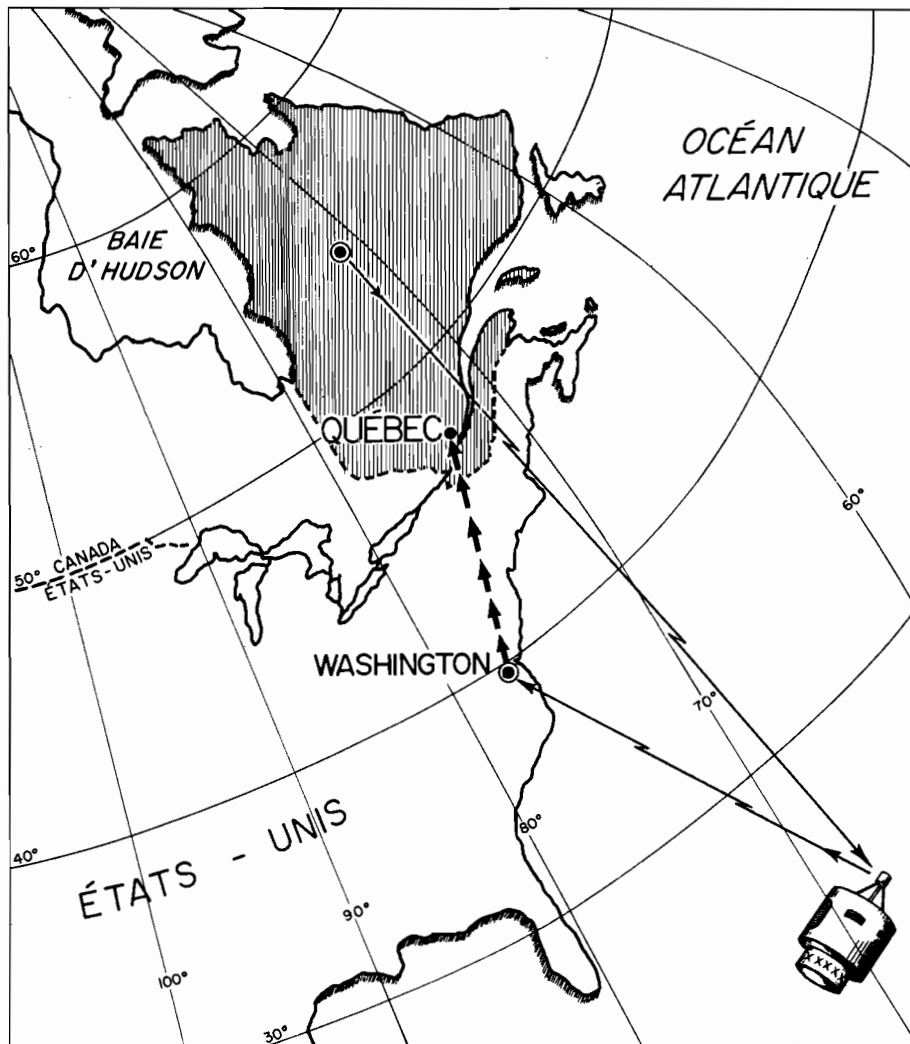


Fig. 1 - Circuit schématique des communications par satellite

24. C'est en mai 1977 que démarra le programme d'acquisition des données hydro-météorologiques en temps réel. L'appareil DARDC est relié au réseau téléphonique et dessert principalement les stations de mesure des régions urbaines et rurales ; aux stations hydrométéorologiques des régions éloignées, nous utilisons la balise programmée pour transmettre les données via le satellite GOES.

Connaissance de la ressource

25. C'est uniquement en territoire difficile d'accès que l'on peut rentabiliser la collecte des données en temps réel pour des fins d'inventaire de la ressource du fait que les coûts d'exploitation sont déjà élevés.

26. Dans le nord de la province, au-delà de la latitude 50° nord, l'utilisation de la télé-métrie vise quatre objectifs :

- (1) réduction des coûts annuels d'exploitation de ce réseau ;
- (2) diminution des pertes de données aux stations équipées pour l'acquisition en temps réel ; quotidiennement, nous savons si les limnigraphes fonctionnent normalement ;
- (3) atténuation du problème de recrutement du personnel technique devant voyager dans les régions éloignées ;
- (4) automatisation du processus de calcul des données ; élimination des erreurs dues à la transcription manuelle des observations et disponibilité à très court terme des données semi-traitées.

27. Dans l'Ungava, nous compléterons en 1979 la mise en place de balises aux 14 stations hydrométriques exploitées pour l'inventaire du potentiel hydrique de ce territoire ; à six (6) de ces stations, nous ajoutons des capteurs météorologiques pour l'observation de la précipitation, de la température et de l'humidité relative.

28. Selon une étude que nous avons faite en 1977, la rentabilité est acquise trois (3) ans après mise en place des équipements de télé-métrie. L'évaluation des bénéfices ne tient pas compte d'une plus grande disponibilité du personnel travaillant sur ce territoire. Du fait que toutes les stations hydrométriques sont parfaitement calibrées, le nombre de voyages est réduit de 5 à 3 par année, d'où une diminution annuelle appréciable (40 %) du travail consacré dans la région à la visite des stations et à la mesure des débits (2 fois/an).

29. L'économie des frais annuels d'exploitation est optimale lorsque toutes les stations d'une région sont dotées d'un équipement de télé-métrie. Dans le territoire septentrional du Québec, les déplacements se font à l'aide d'avions de brousse et le coût annuel moyen d'exploitation d'une station est de \$ 6 500.

La gestion de la ressource.

30. La Direction Générale des Eaux utilise des données en temps réel pour la prévision des crues et des inondations printanières, et, de façon plus fréquente, pour l'exploitation des barrages-réservoirs dont elle est propriétaire. C'est particulièrement dans la partie sud de la province que ce besoin existe, et, selon l'endroit, le matériel employé est l'interface DARDC ou la balise programmable LaBarge. La rentabilité d'un réseau de télé-métrie est facilement établie dans ce cas-ci du fait que l'on peut quantifier les bénéfices obtenus.

31. Dans la région du lac Saint-Jean, nous exploitons pour le compte de la Compagnie Aluminium du Canada (SECAL), un réseau de 11 stations dans le but d'optimiser la production de leurs usines hydro-électriques et mieux contrôler les niveaux du lac Saint-Jean en période d'inondation. Des capteurs météorologiques seront ajoutés à certaines stations déjà équipées d'une balise.

32. Si l'expérience de cette année est satisfaisante, dans le cadre du programme de lutte contre les feux de forêts, le Ministère des Terres et Forêts du Québec requerra la mise en place d'un réseau de 25 stations météorologiques dans les régions forestières difficiles d'accès ; les données en temps réel servent au calcul de l'indice d'inflammabilité.

33. Dans la région de la baie James, la gestion du complexe hydro-électrique «La Grande» d'une puissance de 11 000 mégawatts sera complètement automatisée et l'on utilisera des imputs en temps réel sur les débits et niveaux de certains tributaires, et des différents réservoirs et centrales hydro-électriques. Au cours des prochaines années, nous comptons équiper à leur demande, 8 à 10 stations hydrométriques avec du matériel de télémesure pour la gestion de ces ouvrages et préalablement, pour suivre la phase de mise en eau des ouvrages. Ce projet débute cet été.

Les coûts d'exploitation

34. Selon les données préliminaires compilées au cours des 18 derniers mois, les coûts d'installation et les frais de télécommunication sont indiqués ci-dessous. Les frais d'installation et d'acquisition des données devraient diminuer en valeur absolue car il faut tenir compte du fait qu'au cours de la première année, 8 techniciens ont fait leur apprentissage aux stations hydrométriques équipées en télémétrie dans leur circonscription.

EQUIPEMENT DE TÉLÉMESURE	ACCESSIBILITÉ	C O U T M O Y E N	
		Installation	Télécommunication
Balise (Satellite)	Route Avion	\$ 300.	\$ 1 000/an
		\$ 700.	\$ 1 000/an
Interface DARDC	Route	\$ 300.	\$ 200/an

N.B. Coûts exprimés en dollars canadiens.

L'état actuel du réseau

35. Le mois dernier, nous comptons 29 stations hydrométriques équipées d'une balise LaBarge et 23 autres stations dotées d'un interface DARDC. Au cours de l'année

1979, 12 autres stations relaieront les observations par satellite et 19 nouveaux équipements DARDC seront mis en place.

36. La figure 2 indique l'emplacement des 41 stations avec balise qui seront en service sur le territoire à la fin de 1979. Le tableau ci-dessous indique la répartition des deux catégories de stations de télémétrie selon l'objectif du programme et la croissance du réseau jusqu'en 1982.

Le réseau de télémétrie				
Stations avec balise (liaison satellite) ou avec interface DARDC (liaison sol)				
ANNÉE	OBJECTIF DU PROGRAMME			
	Inventaire	Prévision	Gestion	Total
1978	11	6 + 9*	12 + 14*	29 + 23*
1979	8	1 + 5*	3 + 14*	12 + 19*
1980-82	20	20 + 2*	20 + 8*	60 _e + 10 _e *
Total cumulé	39	27 + 16*	35 + 36*	101 + 52*

(*) stations fonctionnant avec une liaison sol.

(e) valeur estimée.

LA PERFORMANCE DU SYSTEME

37. La performance est mesurée en comparant le nombre de messages reçus au nombre théorique ; la figure 3 indique les résultats obtenus pour la période octobre 1977-avril 1979. Le nombre de balises en service s'est accru de 6 à 26 et le rendement moyen durant les 19 mois s'établit à 96 % avec des valeurs extrêmes de 90 % et 99 %.

38. La perte de données est donc de 4 % en moyenne et les principales causes sont par ordre d'importance :

- (1) Le mauvais fonctionnement des enregistreurs, le système d'alimentation (12 volts CC), la balise ;
- (2) Les pannes du système à la station réceptrice de Wallop's Island ;
- (3) Les messages reçus erronés, donc inutilisables.

39. Les plus importantes pertes surviennent durant les mois d'hiver ; ces problèmes sont attribuables aux très basses températures mais seront progressivement éliminés. La perte intermittente de données en temps réel au cours de cette période de l'année n'a pas d'impact important pour la prévision hydrologique du fait que les conditions d'écoulement varient très peu, les débits décroissant graduellement jusqu'à la crue printanière d'avril ou mai.

40. En ce qui a trait au rendement des interfaces DARDC reliés au réseau téléphonique, le pourcentage de perte de données est comparable ; les 2/3 des pertes sont attribuables à

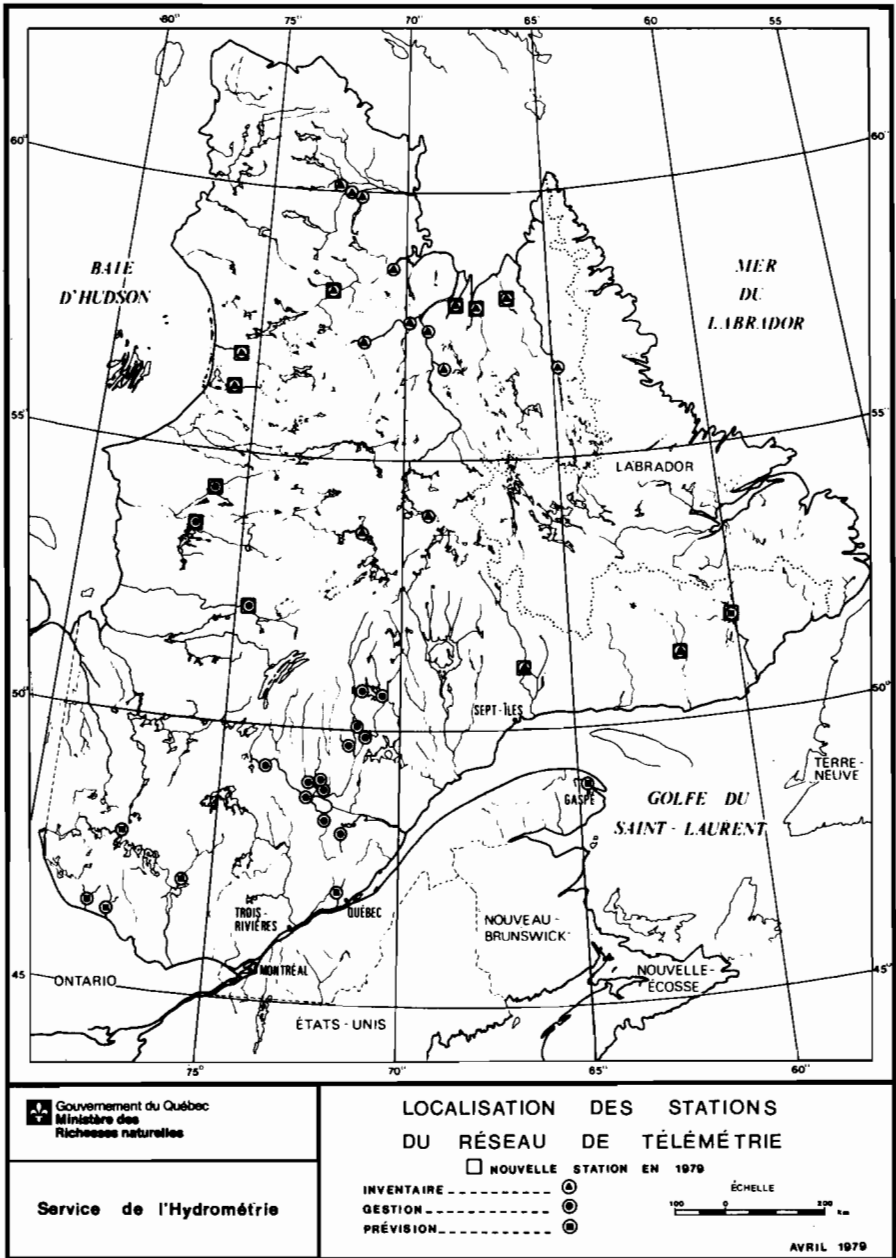


Fig. 2 - Localisation des stations du réseau de télémétrie

la mauvaise qualité du signal du réseau téléphonique desservant les secteurs ruraux. Plus de la moitié des 23 stations ont fonctionné à la perfection depuis le début de leur installation.

LE TRAITEMENT SUR ORDINATEUR

41. Nous entendons automatiser le plus possible toutes les phases de l'opération de collecte des données en temps réel. L'ordinateur sera programmé pour obtenir, chaque trois heures, les données reçues à la station réceptrice américaine de Wallop's Island en Virginie, puis faire la validation et le traitement des données brutes, stocker l'information semi-traitée sur les fichiers mécanographiques et assurer une diffusion immédiate aux utilisateurs privilégiés. Cet objectif sera atteint à la fin de l'année en cours.

42. Actuellement, nous utilisons un micro-ordinateur TI 990/4 avec mémoire disponible de 32 Kbytes, 4 unités de disquettes, 1 imprimante et 1 écran cathodique. Une ligne téléphonique conventionnelle (1 200 bauds en mode asynchrone) sert à l'acquisition des données reçues au Maryland. L'utilisation en commun de l'équipement informatique et les limitations du micro-ordinateur (capacité des mémoires, multi-programmation) nous empêchent de faire le stockage des données et la mise à jour des fichiers. Des démarches sont en cours afin d'avoir un plus grande autonomie et un équipement informatique adapté à nos fichiers.

PROBLEME DURANT LA SAISON D'HIVER

43. La rigueur du climat québécois pose un problème de fonctionnement des balises durant les mois d'hiver du fait que, fréquemment, les températures sont en deça de -20°C , seuil de performance des balises LaBarge. En janvier 1978, on a dû débrancher l'équipement de télémétrie aux 5 stations hydrométriques de la région de l'Ungava, parce que les abris n'étaient pas chauffés.

44. Suite aux essais réalisés à Québec durant l'hiver 1978, nous avons installé une chauffeurette catalytique au propane dans l'abri de 20 stations du réseau de télémétrie. Avec une isolation thermique adéquate, nous pourrions maintenir une température supérieure à -10°C à l'intérieur de l'abri ; la chauffeurette consomme 10 kg de propane par mois et produit 125 cal.Kg/h.

45. L'expérience de l'hiver dernier s'avéra plus que satisfaisante. A 15 stations, le système au propane fonctionna à la perfection ; ailleurs, le chauffage cessa après 2 mois environ, à cause de fuites dans la ligne d'alimentation. A quatre endroits, on a connu un problème de condensation : une meilleure ventilation corrigera la situation.

46. Nous avons installé deux capteurs de température de l'air à une station bien exposée au vent, à la latitude 57° nord. Selon les observations transmises, la température à l'intérieur de l'abri s'est abaissée à -15° en février 1979 par une journée de grand vent, la température extérieure étant de -38°C . Tout compte fait, avec quelques ajustements, nous serons affranchis des risques inhérents aux froides températures de la saison d'hiver.

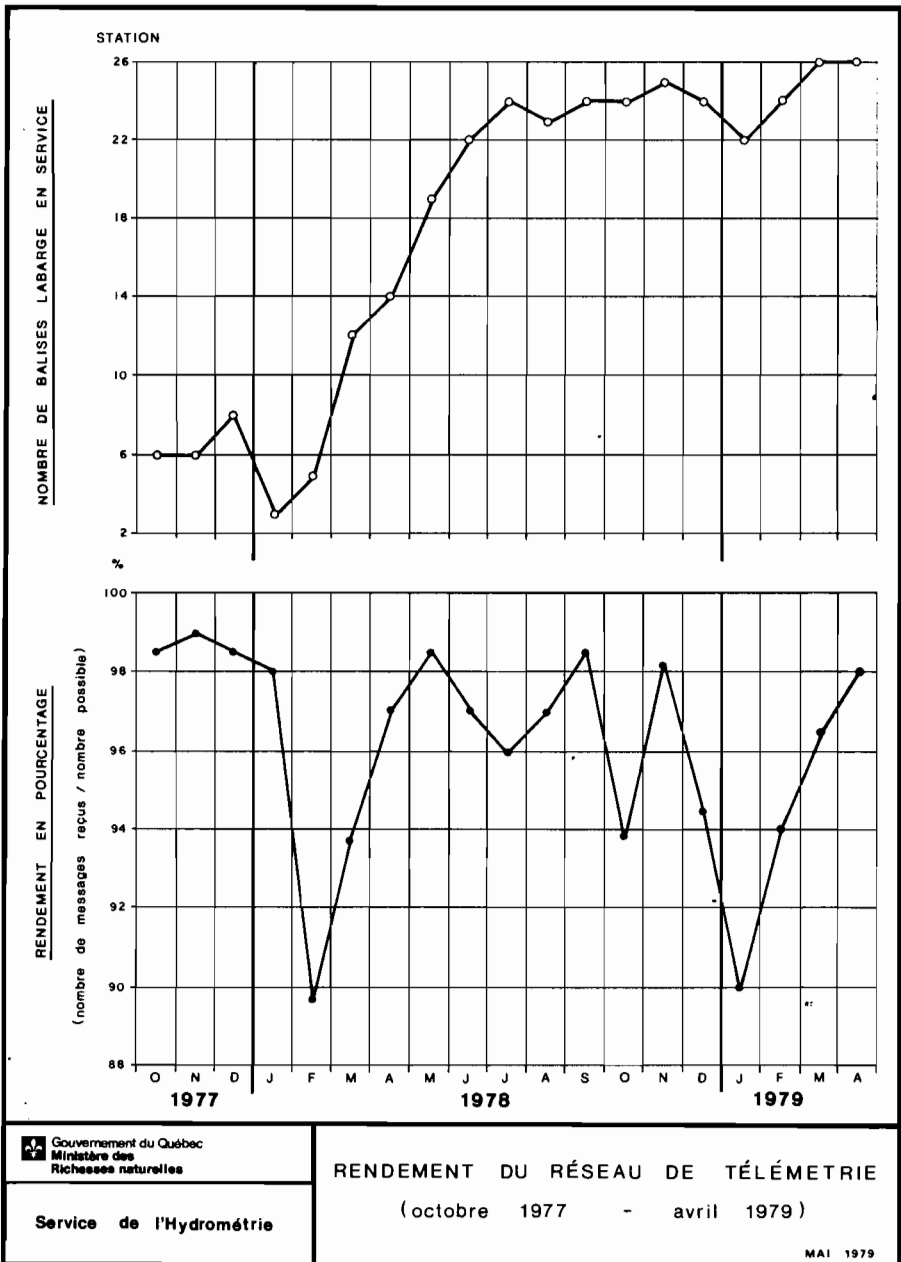


Fig. 3 - Rendement du réseau de télémétrie (octobre 1977 - avril 1979)

PERSPECTIVES D'AVENIR

47. Dans le secteur de l'hydrologie opérationnelle, la télémétrie jouera un rôle important. La disponibilité des données hydrologiques en temps réel ajoute énormément à la plus-value de données recueillies si l'on songe par exemple à l'importance que ces observations représentent pour la prévision des crues et des inondations, la gestion de complexes hydro-électriques, la navigation, etc.

La télémétrie permet de vérifier chaque jour le fonctionnement des capteurs et des enregistreurs, d'où une incidence directe sur le mode d'exploitation des systèmes d'observations et les coûts associés à ce programme.

48. Cette technologie trouvera d'autres applications dans les secteurs agricole et forestier et, particulièrement, dans la lutte contre la pollution par le biais d'un programme adéquat de collecte (Monitoring) des paramètres indicateurs de la qualité des eaux et de l'air.

49. Néanmoins, il ne faut pas croire que cette méthodologie s'applique rigoureusement à tous les programmes de collecte des données hydrologiques. Des considérations d'ordre économique et technologique doivent être prises en compte et il est également nécessaire d'établir clairement le besoin d'obtenir en temps réel les observations. Le risque inhérent aux pertes de données et aux problèmes opérationnels est proportionnel au raffinement recherché dans le choix des équipements et au degré d'automatisation du système de collecte.

