

**Simulation de crues maximales probables et prévision des apports
sur le bassin de la rivière Mitis par le modèle HYDROTEL**

Proposition à l'Institut de recherche d'Hydro-Québec

par

Jean-Pierre Fortin
et
Monique Bernier

Institut national de la recherche scientifique, INRS-Eau
2800, rue Einstein, case postale 7500, SAINTE-FOY (Québec), G1V 4C7

27 avril 1999

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES	iii
1. INTRODUCTION	1
2. ACTIVITÉS PROPOSÉES	2
2.1 Étalonnage du modèle hydrologique HYDROTEL sur le bassin de la rivière Mitis	2
2.1.1 ● L'acquisition et la validation des données descriptives du bassin	2
2.1.2 ● L'acquisition et la validation des données hydrométriques et météorologiques	2
2.1.3 ● La préparation de la base de données de bassin	2
2.1.4 ● L'obtention d'informations quantitatives sur tous les barrages	2
2.1.5 ● L'étalonnage du modèle HYDROTEL	3
2.2 Modifications visant à faciliter l'utilisation d'HYDROTEL pour la simulation des crues maximales probables et la préparation des prévisions	4
2.2.1 ● L'intégration des prévisions météorologiques	4
2.2.2 ● Le développement d'une procédure de mise à jour de la distribution spatiale des variables d'état	4
2.2.3 ● La gestion des barrages selon les règles de gestion définies par Hydro-Québec	5
2.2.4 ● La production d'informations hydrologiques supplémentaires sur les possibilités d'inondations	5
2.2.5 ● Les informations fournies à chaque prévision	5
2.3 Simulation des crues maximales probables de printemps et d'été-automne	6
2.3.1 ● Le choix de la séquence météorologique de base	6
2.3.2 ● L'analyse des résultats et les simulations complémentaires	6
2.3.3 ● L'analyse des résultats et les simulations complémentaires	6
2.4 Tests de prévisions hydrologiques	7
2.4.1 ● Le choix des périodes de tests	7
2.4.2 ● Les tests de prévision	7
2.4.3 ● L'analyse des résultats et les simulations supplémentaires	7
2.5 Rapports et rencontres de travail	8
2.5.1 ● Le rapport intermédiaire	8
2.5.2 ● Les rencontres de travail	8
2.5.3 ● Le rapport final	8

3.	PERSONNEL AFFECTÉ AU PROJET	9
4.	ESTIMÉ DES COÛTS ASSOCIÉS À LA RÉALISATION DU PROJET	10
4.1	Informations sur les coûts	10
4.1.1	Les coûts associés au salaire du personnel	10
4.1.2	Les coûts associés à l'achat de données de base	10
4.1.3	Les coûts associés aux frais de secrétariat et de fournitures et matériels divers	10
4.2	Résumé des coûts pour les activités reliées au projet	11
5.	ÉCHÉANCIER	12
6.	RÉFÉRENCE	13
	ANNEXES	14

1. INTRODUCTION

Suite aux discussions des dernières années sur l'opportunité d'utiliser un modèle hydrologique distribué pour effectuer les prévisions hydrologiques d'apports naturels sur les bassins versants servant à la production d'électricité par Hydro-Québec, le service Prévisions et Ressources Hydriques d'Hydro-Québec a demandé à l'INRS-Eau de lui faire une proposition concernant l'utilisation du modèle hydrologique distribué HYDROTEL. Cette proposition a été remise à Hydro-Québec en décembre 1998 (Fortin et Bernier, 1998). Par la suite, une demande a aussi été faite concernant la simulation de la crue maximale probable (CMP) sur le bassin de la rivière Mitis. Ces demandes ont été finalement confirmées par le service *Logiciel de réseaux* de l'Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ).

Dans le but de répondre aux objectifs de l'IREQ, nous procéderons tout d'abord à l'étalonnage du modèle HYDROTEL sur le bassin de la rivière Mitis, en tenant compte de la gestion des barrages sur cette rivière. Par ailleurs, des modifications seront réalisées sur le modèle afin de lui permettre de répondre encore mieux aux besoins d'Hydro-Québec. Le modèle étant prêt à être utilisé sur le bassin de la rivière Mitis, nous simulerons tout d'abord les crues maximales probables de printemps et d'été-automne. Des tests de prévisions seront aussi faits, en tenant compte de la gestion en temps réel des barrages. Les résultats obtenus avec le modèle HYDROTEL seront comparés à ceux qui le seront avec le modèle hydrologique global HSAMI, actuellement utilisé par Hydro-Québec. On cherchera alors à déterminer, en particulier, dans quelle mesure un modèle hydrologique distribué peut fournir des résultats plus précis qu'un modèle global.

Un rapport intermédiaire, un rapport final, de même que des rencontres de travail compléteront le projet. Les activités proposées devraient se terminer avant la fin de l'année 1999, si l'INRS-Eau peut débiter les travaux d'ici quelques semaines.

2. ACTIVITÉS PROPOSÉES

2.1 Étalonage du modèle hydrologique HYDROTEL sur le bassin de la rivière Mitis

L'objectif visé est d'étalonner le modèle HYDROTEL afin de d'estimer les apports naturels ou non sur divers sous-bassins de la rivière Mitis. Les activités prévues dans cette section portent sur:

2.1.1 ● L'acquisition et la validation des données descriptives du bassin

Il s'agit ici d'un modèle numérique d'altitude, du réseau hydrographique numérique, d'une cartographie de l'occupation du sol obtenue du MAPAQ, de cartes sur papier pour la distribution spatiale des types de sol (à moins que des cartes numériques facilement utilisables ne soient disponibles). Des sections en travers en divers points de la rivière ont été réalisées et nous seront très utiles pour préciser les débordements possible en période de crues.

2.1.2 ● L'acquisition et la validation des données hydrométriques et météorologiques

Il s'agit ici des données nécessaires à l'étalonage du modèle HYDROTEL sur le bassin de la rivière Mitis. Le pas de temps de prévision désiré par Hydro-Québec est de six (6) heures. Les données hydrométriques et météorologiques pourront nous être fournies à ce pas de temps, mais il est à prévoir que des données au pas de temps journalier seront nécessaires pour l'étalonage du modèle, si les données disponibles à un pas de temps plus court (horaire ou 6 heures) ne couvrent pas une période suffisamment longue.

Le format des données devra être facilement lu par HYDROTEL ou modifié rapidement. Dans le but de conserver un réseau stable pour l'estimation des crues maximales probables et pour les prévisions, le réseau de stations retenu pour l'étalonage du modèle sera choisi en fonction des stations qui seront disponibles pour les prévisions.

2.1.3 ● La préparation de la base de données de bassin

Cette base de données décrivant la structure hydrologique, l'occupation du territoire et les types de sol sur le bassin de la rivière Mitis sera préparée à l'aide du logiciel PHYSITEL.

2.1.4 ● L'obtention d'informations quantitatives sur tous les barrages

Des informations quantitatives sur les barrages susceptibles d'affecter les débits sur le bassin (position, relation niveau-débit, règles de gestion,...) devront être obtenues et intégrées.

2.1.5 ● L'étalonnage du modèle HYDROTEL

Le modèle hydrologique HYDROTEL sera étalonné sur le bassin étudié. Cet étalonnage comprendra en particulier la sélection et la préparation de la base de données hydrologiques et météorologiques utilisées, la détermination des caractéristiques quantitatives des classes d'occupation du territoire et des types de sol et l'étalonnage proprement dit, à un pas de temps de six (6) heures.

Si la période de disponibilité de données horaires ou aux six heures n'est pas suffisamment longue pour assurer un bon étalonnage du modèle au pas de temps choisi, nous devons aussi utiliser les données journalières disponibles à ces stations, ces dernières données étant normalement disponibles sur de plus grandes périodes et permettant d'étalonner le modèle à l'aide de données plus représentatives du régime hydrologique sur le bassin étudié. Ces données sont d'autant plus importantes que le but recherché est de pouvoir simuler les débits de crue avec la plus grande précision possible, particulièrement pour la crue maximale probable.

Comme des barrages importants sur la rivière Mitis affectent les débits en aval, nous devons en priorité étalonner le modèle sur les sous-bassins pour lesquels des débits en conditions naturelles sont disponibles et suffisamment précis. Par la suite, le modèle ainsi étalonné sera appliqué sur les sous-bassins influencés et pour lesquels les débits estimés sont moins précis. Un ajustement plus fin des paramètres sera alors fait au besoin.

2.2 Modifications visant à faciliter l'utilisation d'HYDROTEL pour la simulation des crues maximales probables et la préparation des prévisions

2.2.1 ● L'intégration des prévisions météorologiques

En vue de produire des prévisions valables pour des durées plus longues, il faudra revoir au besoin avec Hydro-Québec les détails de la transformation des prévisions météorologiques en données quantitatives de précipitations et de températures au pas de temps désiré en fonction de leur utilisation dans un modèle hydrologique distribué, et prévoir un mode d'intégration de ces informations aux données observées. On s'attend à ce que les données soient fournies tant à des stations météorologiques qu'à des points de grille. Dans ce dernier cas, les données proviendront du modèles de prévisions météorologiques numériques d'Environnement Canada.

2.2.2 ● Le développement d'une procédure de mise à jour de la distribution spatiale des variables d'état

Lorsqu'un modèle hydrologique est bien étalonné et que les données d'entrée sont représentatives, la mise à jour des variables d'état à des fins de prévisions ou d'étalonnage n'est pas absolument nécessaire. Toutefois, les données d'entrée ne sont pas toujours représentatives et la possibilité de mise à jour des valeurs des variables d'état peut s'avérer nécessaire, particulièrement pour la préparation de prévisions hydrologiques.

On vise donc à mettre à jour l'équivalent en eau du couvert de neige au sol à l'aide des données ponctuelles fournies par le réseau nivométrique du Québec, données qui ne sont recueillies que quelques fois entre les mois de février et avril. Il faudra, en particulier, pouvoir lire les différentes données qui serviront à mettre à jour la cartographie des équivalents en eau du couvert nival estimée par le modèle à l'aide des données aux stations météorologiques. De plus, une procédure de mise à jour basée sur les données aux stations de lignes de neige sera développée. Cette procédure devrait aussi permettre de réajuster le bilan énergétique du stock de neige au sol afin de mieux prévoir le début de la fonte de neige.

De plus, afin de mieux prévoir certaines crues, particulièrement en été, il importe d'avoir une estimation suffisamment précise de l'humidité du sol au moment d'effectuer la simulation et d'émettre la prévision. Une mauvaise distribution de l'humidité du sol dans les jours précédant le moment d'une prévision se traduira, en particulier, par des débits simulés pour ces mêmes jours nettement différents des débits observés. Encore ici, la précision de la distribution spatiale de l'humidité du sol, telle que simulée par le modèle, est tributaire de la représentativité des précipitations aux stations météorologiques. Nous souhaitons donc établir une procédure de mise à jour de l'humidité du sol basée sur une modification des précipitations observées aux stations au cours des jours précédant le moment de la prévision, lorsque l'écart entre débits simulés et observés sera trop grand. Enfin, il faudra aussi tenir compte de l'évapotranspiration pour les périodes sans pluie, cette dernière pouvant causer des écarts dans les débits d'étiage au cours de ces périodes.

2.2.3 ● La gestion des barrages selon les règles de gestion définies par Hydro-Québec

Il faudra tout d'abord obtenir les règles de gestion de barrages appliquées par Hydro-Québec sur la rivière Mitis, afin de vérifier la nécessité de compléter ou non les équations déjà programmées dans HYDROTEL. Une fois les règles de gestions et les caractéristiques des barrages connues et intégrées dans HYDROTEL, on pourra utiliser ces informations afin de pouvoir effectuer l'estimation des hauteurs d'eau en amont des ouvrages et des débits en aval.

2.2.4 ● La production d'informations hydrologiques supplémentaires sur les possibilités d'inondations

Le modèle HYDROTEL peut fournir les débits prévus tout le long d'une rivière. Ces informations sont déjà très importantes pour juger des menaces potentielles de crues. Il est toutefois possible de convertir ces débits en informations sur les lames d'eau disponibles. Dans ce qui suit, nous proposons de convertir les débits prévus en niveaux d'eau atteints, aux points de la rivière pour lesquels des sections en travers seront disponibles et particulièrement aux points où existe une relation niveau-débit. Il sera alors possible de vérifier la précision atteinte sur les niveaux.

2.2.5 ● Les informations fournies à chaque prévision

Pour chaque prévision, Hydro-Québec désire obtenir, en supplément des informations déjà fournies dans la version actuelle d'HYDROTEL, (1) les niveaux d'eau aux points du réseau pour lesquels des sections en travers sont connues, (2) les teneurs en eau des trois couches de sol dans BV3C et (3) l'équivalent en eau moyen du couvert de neige sur le bassin.

2.3 Simulation des crues maximales probables de printemps et d'été-automne

2.3.1 ● Le choix de la séquence météorologique de base

La détermination des conditions météorologiques critiques menant à la crue maximale probable de printemps (stock de neige au sol, séquences de température et de précipitations liquides) et à la crue maximale probable d'été-automne (séquences de précipitations liquides) sera effectuée par Hydro-Québec et fournie à l'INRS-Eau. Toutefois, les périodes de base dans lesquelles ces conditions critiques seront introduites seront définies en collaboration par Hydro-Québec et l'INRS-Eau, après analyse des conditions hydrométéorologiques observées.

2.3.2 ● La simulation des crues maximales probables

Au moment d'écrire cette proposition, l'INRS-Eau sait qu'Hydro-Québec compte produire deux séries de conditions météorologiques critiques pouvant mener à la crue maximale de printemps et une série de conditions météorologiques critiques, dans le cas de la crue maximale probable d'été-printemps.

Nous procéderons à l'introduction de ces conditions météorologiques critiques dans les séquences météorologiques de base retenues et à la simulation des crues maximales probables résultantes.

2.3.3 ● L'analyse des résultats et les simulations complémentaires

Comme dans toutes simulations de ce type, il faudra s'attendre à ce qu'une seule simulation ne fournisse pas complètement la réponse souhaitée. On suivra particulièrement le déroulement des crues en vue de bien définir le moment où le niveau de l'eau atteindra un seuil critique pour produire une inondation de manière à mieux estimer le débit maximum atteint. Le volume total de la crue sera aussi estimé.

2.4 Tests de prévisions hydrologiques

Le modèle hydrologique global HSAMI actuellement utilisé par Hydro-Québec fournit déjà depuis des années des prévisions d'apports naturels très précieux pour Hydro-Québec. Toutefois, Hydro-Québec considère qu'un modèle hydrologique distribué pourrait fournir de meilleures prévisions hydrologiques au cours des premiers jours d'une prévision, ce qui pourrait constituer un avantage important. De plus, le modèle actuel n'aurait pas les réactions souhaitées dans certaines conditions météorologiques. Dans ce cas aussi, Hydro-Québec désire vérifier si un autre modèle capable de tenir compte de la distribution spatiale des phénomènes et basé sur des concepts de simulation différents pourrait réussir à mieux simuler les débits résultant de ces conditions météorologiques

2.4.1 ● Le choix des périodes de tests

Des périodes de tests suffisamment longues pour que les conditions initiales n'affectent plus les simulations seront retenues. Ces périodes seront sélectionnées en collaboration avec l'IREQ, de manière à représenter l'ensemble des diverses conditions de prévisions rencontrées en temps réel par Hydro-Québec sur le bassin de la rivière Mitis, tout en étant aussi représentatives des conditions rencontrées sur d'autres rivières.

2.4.2 ● Les tests de prévision

Une fois les périodes de tests sélectionnées, l'INRS-Eau procédera aux prévisions hydrologiques sur les périodes sélectionnées, à l'aide du modèle HYDROTEL, alors que l'IREQ procédera à des prévisions similaires sur les mêmes périodes à l'aide du modèle HSAMI.

2.4.3 ● L'analyse des résultats et les simulations supplémentaires

Les résultats obtenus avec les deux modèles seront analysés par l'IREQ, avec la collaboration de l'INRS-Eau, afin de voir de quelle façon les deux modèles se comportent dans les différentes situations de prévisions. En fonction des résultats obtenus, on modifiera, au besoin, certains algorithmes du modèle HYDROTEL afin de mieux répondre à certaines conditions météorologiques spécifiques.

2.5 Rapports et rencontres de travail

2.5.1 ● Le rapport intermédiaire

Un rapport intermédiaire sera remis à la fin du mois d'août, selon l'échéancier proposé. Ce rapport portera sur les travaux réalisés à cette date, en particulier l'étalonnage du modèle HYDROTEL sur le bassin de la rivière Mitis et la simulation des crues maximales probables.

2.5.2 ● Les rencontres de travail

Des rencontres de travail sont prévues avec des représentants de l'IREQ et d'Hydro-Québec pour permettre à ces derniers de suivre le déroulement des travaux, de présenter leurs propres travaux reliés au projet et de discuter des résultats obtenus de part et d'autre.

2.5.3 ● Le rapport final

Un rapport final sera remis à l'IREQ à la fin du projet, prévue pour décembre 1999.

3. PERSONNEL AFFECTÉ AU PROJET

La responsabilité administrative du projet sera assumée par le professeur Jean-Pierre Fortin.

La responsabilité scientifique du projet sera assumée conjointement par les professeurs Jean-Pierre Fortin et Monique Bernier. Le premier verra plus spécifiquement à la réalisation des activités portant sur la modélisation hydrologique et la professeure Bernier s'occupera plus spécifiquement des activités liées à la télédétection. Les deux professeurs ont une longue expérience dans les domaines de la modélisation hydrologique et de la télédétection.

En plus, monsieur Richard Turcotte, M.Sc. en génie civil, qui possède une solide expérience du modèle HYDROTEL et de la programmation du logiciel, participera aux activités reliées à la modélisation hydrologique.

De même, monsieur Yves Gauthier, M.Sc. en géographie et spécialiste en télédétection et en SIG, participera aux activités plus directement reliées à la télédétection.

Enfin, monsieur Alain Royer, technicien en informatique qui participe au développement des logiciels HYDROTEL et PHYSITEL, apportera son concours pour la réalisation des différentes activités prévues.

4. ESTIMÉ DES COÛTS ASSOCIÉS À LA RÉALISATION DU PROJET

4.1 Informations sur les coûts

4.1.1 Les coûts associés au salaire du personnel

Les temps prévus pour le personnel affecté au projet sont présentés au tableau A-1 en annexe, tandis que les coûts salariaux associés le sont au tableau A-2.

4.1.2 Les coûts associés à l'achat de données de base

Le bassin de la rivière Saint-Maurice s'étend sur deux feuillets au 1/250000e. Les modèles numériques d'altitude (MNA) et les réseaux hydrographique numérisés correspondant à ces feuillets devront être acquis, à moins qu'Hydro-québec ne puisse nous les fournir.

Le MAPAQ vient de publier une carte numérisée d'occupation du sol dans le sud du Québec. Ces informations peuvent être disponibles pour les partenaires du Gouvernement. Il pourrait donc être possible d'utiliser gratuitement cette carte afin d'obtenir la distribution spatiale de l'occupation du sol sur le bassin de la rivière Saint-Maurice. Par ailleurs, il faudra acquérir des cartes permettant de déterminer la distribution spatiale des caractéristiques hydrauliques des dépôts de surface sur les bassins versants.

4.1.3 Les coûts associés aux frais de secrétariat et de fournitures et matériels divers

Même si maintenant nous tapons nos rapports et préparons les graphiques, du temps de secrétariat est encore nécessaire pour la mise en forme finale des rapports, les photocopies, les messages téléphoniques, etc. De plus, il faut ajouter les coûts reliés aux fournitures diverses (papier, disquettes, films, entretien des ordinateurs et périphériques,...).

4.2 Résumé des coûts pour les activités reliées au projet

Les numéros et titres suivants se rapportent aux sections précédemment décrites dans la proposition.

ACTIVITÉS PROPOSÉES

●	Étalonnage du modèle hydrologique HYDROTEL sur la rivière Mitis (section 2.1)	
	Salaires:.....	\$ 27 474.70
	Frais de secrétariat, fournitures et matériel:.....	\$ <u>1 800.00</u>
	Sous-total:.....	\$ 29 274.70
●	Modifications visant à faciliter l'utilisation d'HYDROTEL pour la simulation des crues maximales probables et la préparation des prévisions (section 2.2)	
	Salaires 2.2.1: L'intégration des prévisions météorologiques.....	\$ 9 379.89
	Salaires 2.2.2: Le développement d'une procédure de mise à jour de la distribution spatiale des variables d'état.....	\$ 12 543.75
	Salaires 2.2.3: La gestion des barrages selon les règles de gestion définies par Hydro-Québec.....	\$ 11 003.91
	Salaires 2.2.4: La production d'informations hydrologiques supplémentaires sur les possibilités d'inondations.....	\$ 4 131.04
	Salaires 2.2.5: Les informations fournies à chaque prévision.....	\$ <u>3 254.05</u>
	Sous-total pour les salaires:.....	\$ 40 312.64
	Frais de secrétariat, fournitures et matériel:.....	\$ <u>2 000.00</u>
	Sous-total:.....	\$ 42 312.64
●	Simulation des crues maximales probables de printemps et d'été-automne (section 2.3)	
	Salaires:.....	\$ 5 764.49
	Frais de secrétariat, fournitures et matériel:.....	\$ <u>250.00</u>
	Sous-total:.....	\$ 6 014.49
●	Tests de prévisions hydrologiques (section 2.4)	
	Salaires:.....	\$ 5 372.80
	Frais de secrétariat, fournitures et matériel:.....	\$ <u>200.00</u>
	Sous-total:.....	\$ 5 672.80
●	Rapports et rencontres de travail (section 2.5)	
	Salaires:.....	\$ 15 297.48
	Frais de secrétariat, fournitures et matériel:.....	\$ <u>1 500.00</u>
	Sous-total:.....	\$ 16 797.48
	TOTAL POUR LE PROJET.....	\$ 99 972.11

5. ÉCHÉANCIER

L'échéancier proposé fait suite à nos rencontres avec des représentants de l'IREQ et d'Hydro-Québec. Il vise à en particulier à fournir les résultats portant sur les crues maximales probables avant la fin d'août 1999 et à produire un rapport final avant la fin de la même année. L'échéancier détaillé est présenté au tableau 1.

Tableau 1 : Échéancier

ACTIVITÉS	1999					
	mai	juin	juil.	août	sep.	oct. nov. déc.
2.1 Étalonnage du modèle sur la Mitis						
2.1.1 Acquisition et validation des données descriptives du bassin	■					
2.1.2 Acquisition et validation des données hydro. et météo.	■	■				
2.1.3 Préparation de la base de données de bassin	■	■				
2.1.4 Obtention d'informations quantitatives sur tous les barrages	■	■				
2.1.5 Etalonnage du modèle HYDROTEL			■			
2.2 Modifications pour l'utilisation d'HYDROTEL à Hydro-Québec						
2.2.1 Intégration des prévisions météorologiques					■	
2.2.2 Mise à jour des variables d'état	■	■				
2.2.3 Gestion des barrages selon les règles de gestion		■	■			
2.2.4 Production d'informations sur les possibilités d'inondation			■			■
2.2.5 Informations fournies à chaque prévision						■
2.3 Simulation de la crue maximale probable de printemps						
2.3.1 Choix d'une séquence météorologique de base					■	
2.3.2 Simulation de la crue maximale probable					■	
2.3.3 Analyse des résultats et simulations complémentaires					■	
2.4 Tests de prévisions hydrologiques						
2.4.1 Choix des périodes de tests						■
2.4.2 Tests de prévision						■
2.4.3 Analyse des résultats et simulations complémentaires						■
2.5 Rapports et rencontres de travail						
2.5.1 Rapport intermédiaire (activités déjà réalisées)					■	
2.5.2 Rencontres de travail						
2.5.3 Rapport final						■

6. RÉFÉRENCE

Fortin, J.P. et M. Bernier (1998). Prévisions des apports naturels par le modèle HYDROTEL sur les bassins d'Hydro-Québec. Proposition à Hydro-Québec. INRS-Eau, Sainte-Foy, Québec. 17 p. + annexes.

ANNEXE

Tableau A-1: Temps alloué en jours pour la réalisation du projet

ACTIVITES	M.B.	J.P.F.	Y.G.	A.R.	R.T.
2.1 Étalonnage du modèle sur la Mitis					
2.1.1 Acquisition et validation des données descriptives du bassin	0,5	0,5	1		6
2.1.2 Acquisition et validation des données hydro. et météo.		0,5			2
2.1.3 Préparation de la base de données de bassin	0,5	1	3	5	15
2.1.4 Obtention d'informations quantitatives sur tous les barrages					6
2.1.5 Etalonnage du modèle HYDROTEL		5			15
Sous-total	1	7	4	5	44
2.2 Modifications pour l'utilisation d'HYDROTEL à Hydro-Québec					
2.2.1 Intégration des prévisions météorologiques		2		5	6
2.2.2 Mise à jour des variables d'état		3		5	22
2.2.3 Gestion des barrages selon les règles de gestion		2		10	17
2.2.4 Production d'informations sur les possibilités d'inondation		1		5	5
2.2.5 Informations fournies à chaque prévision				5	5
Sous-total	0	8	0	30	55
2.3 Simulation de la crue maximale probable de printemps					
2.3.1 Choix d'une séquence météorologique de base		2			2
2.3.2 Simulation de la crue maximale probable					3
2.3.3 Analyse des résultats et simulations complémentaires		1			3
Sous-total	0	3	0	0	8
2.4 Tests de prévisions hydrologiques					
2.4.1 Choix des périodes de tests		2			2
2.4.2 Tests de prévision					2
2.4.3 Analyse des résultats et simulations complémentaires		1			3
Sous-total	0	3	0	0	7
2.5 Rapports et rencontres de travail					
2.5.1 Rapport intermédiaire (activités déjà réalisées)		4	0,5		7
2.5.2 Rencontres de travail		2			2
2.5.3 Rapport final		4			7
Sous-total	0	10	0,5	0	16
TOTAL	1	31	4,5	35	130

Tableau A-2: Coûts salariaux en 1999 pour la réalisation du projet

ACTIVITES	M.B.	J.P.F.	Y.G.	A.R.	R.T.	TOTAL
2.1 Étalonnage du modèle sur la Mitis						
2.1.1 Acquisition et validation des données descriptives du bassin	\$360,77	\$438,50	\$521,07	\$0,00	\$2 350,14	\$3 670,47
2.1.2 Acquisition et validation des données hydro. et météo.	\$0,00	\$438,50	\$0,00	\$0,00	\$783,38	\$1 221,88
2.1.3 Préparation de la base de données de bassin	\$360,77	\$876,99	\$1 563,21	\$1 295,60	\$5 875,35	\$9 971,92
2.1.4 Obtention d'informations quantitatives sur tous les barrages	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$2 350,14	\$2 350,14
2.1.5 Etalonnage du modèle HYDROTEL	\$0,00	\$4 384,95	\$0,00	\$0,00	\$5 875,35	\$10 260,30
Sous-total	\$721,53	\$6 138,93	\$2 084,28	\$1 295,60	\$17 234,36	\$27 474,70
2.2 Modifications pour l'utilisation d'HYDROTEL à Hydro-Québec						
2.2.1 Intégration des prévisions météorologiques	\$0,00	\$1 443,06	\$0,00	\$3 607,65	\$4 329,18	\$9 379,89
2.2.2 Mise à jour des variables d'état	\$0,00	\$2 630,97	\$0,00	\$1 295,60	\$8 617,18	\$12 543,75
2.2.3 Gestion des barrages selon les règles de gestion	\$0,00	\$1 753,98	\$0,00	\$2 591,20	\$6 658,73	\$11 003,91
2.2.4 Production d'informations sur les possibilités d'inondation	\$0,00	\$876,99	\$0,00	\$1 295,60	\$1 958,45	\$4 131,04
2.2.5 Informations fournies à chaque prévision	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$1 295,60	\$1 958,45	\$3 254,05
Sous-total	\$0,00	\$6 705,00	\$0,00	\$10 085,65	\$23 521,99	\$40 312,64
2.3 Simulation de la crue maximale probable de printemps						
2.3.1 Choix d'une séquence météorologique de base	\$0,00	\$1 753,98	\$0,00	\$0,00	\$783,38	\$2 537,36
2.3.2 Simulation de la crue maximale probable	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$1 175,07	\$1 175,07
2.3.3 Analyse des résultats et simulations complémentaires	\$0,00	\$876,99	\$0,00	\$0,00	\$1 175,07	\$2 052,06
Sous-total	\$0,00	\$2 630,97	\$0,00	\$0,00	\$3 133,52	\$5 764,49
2.4 Tests de prévisions hydrologiques						
2.4.1 Choix des périodes de tests	\$0,00	\$1 753,98	\$0,00	\$0,00	\$783,38	\$2 537,36
2.4.2 Tests de prévision	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$783,38	\$783,38
2.4.3 Analyse des résultats et simulations complémentaires	\$0,00	\$876,99	\$0,00	\$0,00	\$1 175,07	\$2 052,06
Sous-total	\$0,00	\$2 630,97	\$0,00	\$0,00	\$2 741,83	\$5 372,80
2.5 Rapports et rencontres de travail						
2.5.1 Rapport intermédiaire (activités déjà réalisées)	\$0,00	\$3 507,96	\$260,54	\$0,00	\$2 741,83	\$6 510,33
2.5.2 Rencontres de travail	\$0,00	\$1 753,98	\$0,00	\$0,00	\$783,38	\$2 537,36
2.5.3 Rapport final	\$0,00	\$3 507,96	\$0,00	\$0,00	\$2 741,83	\$6 249,79
Sous-total	\$0,00	\$8 769,90	\$260,54	\$0,00	\$6 267,04	\$15 297,48
TOTAL	\$721,53	\$26 875,77	\$2 344,82	\$11 381,25	\$52 898,74	\$94 222,11