Record Number: 21200
Author, Monographic: Fortin, J. P.//Turcotte, R.//Royer, A.//De Sloover, M.
Author Role:
Title, Monographic: Intégration d'HYDROTEL au système de prévision d'Hydro-Québec
Translated Title:
Reprint Status:
Edition:
Author, Subsidiary:
Author Role:
Place of Publication: Québec
Publisher Name: INRS-Eau
Date of Publication: 2000
Original Publication Date: 22 décembre 2000
Volume Identification:
Extent of Work: ix, 43
Packaging Method: pages
Series Editor:
Series Editor Role:
Series Title: INRS-Eau, rapport de recherche
Series Volume ID: 579
Location/URL:
ISBN: 2-89146-447-8
Notes: Rapport annuel 2000-2001
Abstract:
Call Number: R000579
Keywords: rapport/ ok/ dl

Intégration d'Hydrotel au système de prévision d'Hydro-Québec

Rapport de recherche No R-579 *22 décembre 2000*

Intégration d'Hydrotel au système de prévision d'Hydro-Québec

Rapport présenté à

L'Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ)

par

Jean-Pierre Fortin,
Richard Turcotte,
Alain Royer
et Marc de Sloover

Institut national de la recherche scientifique, INRS-Eau
2800, rue Einstein, Case postale 7500, Sainte-Foy (Québec), G1V 4C7

Rapport de recherche No R-579

22 décembre 2000

© INRS-Eau, 2000

ISBN: 2-89146-446-8

L'ÉQUIPE DE RECHERCHE :

Jean-Pierre Fortin, professeur en hydrologie

Richard Turcotte[1], ingénieur civil spécialisé en hydrologie et en développement informatique

Alain Royer, technicien en informatique

Marc de Sloover, ingénieur agronome

---

[1] Monsieur Turcotte a quitté l'INRS-Eau à la mi-septembre est maintenant à l'emploi du ministère québécois de l'Environnement.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES V

LISTE DES FIGURES VII

LISTE DES TABLEAUX IX

1 INTRODUCTION 1

2 INFORMATIONS SUPPLÉMENTAIRES SUR LE COUPLAGE D'HYDROTEL AVEC LES BASES DE DONNÉES D'HYDRO-QUÉBEC, LA MISE À JOUR DES VARIABLES D'ÉTAT ET LA DÉFINITION DE PLUSIEURS JEUX DE PARAMÈTRES 3

2.1 COUPLAGE D'HYDROTEL AVEC LA BASE DE DONNÉES D'HYDRO-QUÉBEC 3

2.2 INTERFACE POUR LA MISE À JOUR DES VARIABLES D'ÉTAT 7

2.3 POSSIBILITÉ DE DÉFINIR PLUSIEURS JEUX DE PARAMÈTRES PAR BASSIN 8

3 TRAITEMENT CONJOINT DES DONNÉES DE RADARS ET DE STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES, PRÉVISIONS AUX POINTS DE GRILLE ET AUTRES AMÉLIORATIONS AU LOGICIEL 11

3.1 TRAITEMENT CONJOINT DES DONNÉES DE RADARS ET DE STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. 11

3.2 UTILISATION DES PRÉVISIONS MÉTÉOROLOGIQUES AUX POINTS DE GRILLE 13

3.3 AUTRES AMÉLIORATIONS APPORTÉES À HYDROTEL 14

4 PRÉPARATION DE LA BASE DE DONNÉES DESCRIPTIVES DU BASSIN DE LA RIVIÈRE GATINEAU 17

4.1 DÉTERMINATION DE LA STRUCTURE D'ÉCOULEMENT 17

4.1.1 Acquisition et pré-traitement des données 17

4.1.2 Structure d'écoulement et d'unités hydrologiques relativement homogènes 18

4.2 OCCUPATION DU SOL 21

4.3 TYPES DE SOL 23

5 DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES, HYDROMÉTRIQUES ET NIVOMÉTRIQUES 25

5.1 DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES 25

5.2 DONNÉES HYDROMÉTRIQUES 28

5.3 DONNÉES NIVOMÉTRIQUES 30

6 ÉTALONNAGE DU MODÈLE 31
6.1 SÉLECTION DU PAS DE TEMPS 31
6.2 PÉRIODES D'ÉTALONNAGE ET DE VÉRIFICATION 31
6.3 DISTRIBUTION DES JEUX DE PARAMÈTRES 32
6.4 RÉSULTATS DE L'ÉTALONNAGE 32
6.4.1 Choix des sous-modèles 32
6.4.2 Commentaires sur les résultats et valeurs des paramètres 33
7 CONCLUSION 37
8 RÉFÉRENCES 39

LISTE DES FIGURES

FIGURE 2.1 : SCHÉMA GÉNÉRAL DE TRANSMISSION DE DONNÉES ENTRE HYDROTEL ET UNE BASE DE DONNÉES. (A) SCHÉMA SOUHAITÉ, (B) SCHÉMA DE SOLUTION TESTÉ SANS SUCCÈS 4

FIGURE 2.2 : FENÊTRE PERMETTANT LA SAUVEGARDE DES DONNÉES DANS L'UNE OU L'AUTRE DES BASES DE DONNÉES D'HYDRO-QUÉBEC 7

FIGURE 2.3 : REGROUPEMENT DES UNITÉS HYDROLOGIQUES RELATIVEMENT HOMOGÈNES (UHRH) À L'AIDE DE LA FONCTION SOUS-BASSIN, SUR LE BASSIN DE LA RIVIÈRE CHÂTEAUGUAY 9

FIGURE 3.1 : RÉPARTITION SPATIALE DES PRÉCIPITATIONS SUR LE BASSIN DE LA RIVIÈRE CHÂTEAUGUAY À PARTIR DU TRAITEMENT CONJOINT D'UNE IMAGE SIMULÉE D'UN RADAR MÉTÉOROLOGIQUE ET DES DONNÉES AUX STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. IMAGE DE GAUCHE : INTERPOLATION À PARTIR DES STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. IMAGE CENTRALE : IMAGE RADAR COUVRANT ENTIÈREMENT LE BASSIN MAIS AVEC DONNÉES MANQUANTES DANS SA MOITIÉ EST. IMAGE DE DROITE : IMAGE RADAR NE COUVRANT PAS LA PARTIE SUD DU BASSIN ET COMPORTANT DES DONNÉES MANQUANTES DANS SA MOITIÉ EST 13

FIGURE 3.2 : EXEMPLE DE MESSAGE AFFICHÉ POUR LA CORRECTION D'UNE INFORMATION ERRONÉE 15

FIGURE 4.1 : MODÈLE NUMÉRIQUE D'ALTITUDE (MNA) ET RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE NUMÉRIQUE UTILISÉS POUR LE BASSIN DE LA RIVIÈRE GATINEAU. (A) MNA ET RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE NUMÉRIQUE SUPERPOSÉ APRÈS TRAITEMENT; (B) RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE NUMÉRIQUE APRÈS TRAITEMENT 18

FIGURE 4.2 : UNITÉS HYDROLOGIQUES RELATIVEMENT HOMOGÈNES SUR LE BASSIN DE LA RIVIÈRE GATINEAU AVEC LE RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE RETENU 20

FIGURE 4.3 : OCCUPATION DU SOL SUR LE BASSIN DE LA RIVIÈRE GATINEAU 22

FIGURE 4.4 : CARTE DES TYPES DE SOL (NE PAS OUBLIER DE REFAIRE LA LÉGENDE EN FRANÇAIS) 24

FIGURE 5.1 : DISTRIBUTION SPATIALE DES DIFFÉRENTES STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES 26

FIGURE 5.2 : REPRÉSENTATION SPATIALE DES STATIONS HYDROMÉTRIQUES 29

FIGURE 5.3 : LOCALISATION DES STATIONS NIVOMÉTRIQUES 30

FIGURE 6.1 : SIMULATION DES DÉBITS SUR LA RIVIÈRE GATINEAU À LA STATION DE RAPIDES CEIZUR DU 12 JUIN AU 31 DÉCEMBRE 1997 34

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 2.1 : DÉFINITION DES TABLES ET DES CHAMPS DU MODÈLE DE BASE DE DONNÉES 6
TABLEAU 5.1 : PÉRIODES DE MESURES DES STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES SITUÉES SUR OU À PROXIMITÉ DU BASSIN DE LA RIVIÈRE GATINEAU 27
TABLEAU 5.2 : LAMES D'EAU RELEVÉE SUR QUATRE ANNÉES POUR DEUX STATIONS SITUÉES AU NORD DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE GATINEAU 28
TABLEAU 6.1 : PARAMÈTRE OBTENUS À DATE POUR LE BASSIN DE LA RIVIÈRE GATINEAU, EN AMONT DE RAPIDES CEIZUR 34

1 INTRODUCTION

Le présent rapport fait état des travaux réalisés, en date du 22 décembre 2000, par le centre Eau de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS-Eau) dans le cadre d'un contrat de service, visant l'intégration d'Hydrotel au système de prévision d'Hydro-Québec (HQ) et la simulation des apports sur la rivière Gatineau (Fortin et Bernier, 2000), signé avec l'Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ).

Pour bien mettre en contexte les travaux évoqués dans ce rapport, il est à propos de bien synthétiser la nature de la collaboration récente entre l'INRS-Eau et l'IREQ concernant le modèle hydrologique HYDROTEL. Un premier mandat portant sur la simulation de crues maximales probables et la prévision des apports sur le bassin de la rivière Mitis a été réalisé au cours de l'année 1999 (Fortin et Bernier, 1999). Deux rapports ont été déposés dans le cadre de ce mandat, soit un premier rapport traitant de l'ajustement d'HYDROTEL pour tenir compte des règles de laminage de crues définies par Hydro-Québec aux ouvrages au fil de l'eau de même que de l'étalonnage du modèle et du calcul de scénarios de crues maximales probables sur le bassin de la rivière Mitis (Fortin *et al.*, 1999a -version confidentielle- et 2000 -version à circulation libre-) et un second rapport traitant d'ajustements apportés au modèle HYDROTEL, notamment l'ajout d'un moteur de calcul pour la mise à jour des variables d'état, pour permettre la prévision d'apports dans un contexte de temps réel (Fortin *et al.*, 1999b). Le second mandat, dont le présent rapport est l'un des biens livrables, vise la définition de modules informatiques favorisant l'intégration d'HYDROTEL au système de prévision d'Hydro-Québec de même que l'étalonnage du modèle sur un deuxième bassin versant, celui de la rivière Gatineau (Fortin et Bernier, 2000). Le présent rapport fait état des travaux réalisés depuis la remise le 30 juin 2000 d'un rapport d'étape, à mi-chemin du second mandat. Suivant l'échéancier du projet (Fortin et Bernier, 2000), les travaux concernés ont permis de poursuivre l'intégration d'Hydrotel au système de prévision d'Hydro-Québec et de mettre le modèle HYDROTEL en place sur le bassin de la rivière Gatineau.

La première partie de ce rapport porte sur les travaux informatiques visant à poursuivre l'intégration d'HYDROTEL au système de prévision d'Hydro-Québec, alors que la seconde fait état des travaux réalisés pour la mise en place du modèle sur le bassin de la rivière Gatineau.

2 INFORMATIONS SUPPLEMENTAIRES SUR LE COUPLAGE D'HYDROTEL AVEC LES BASES DE DONNEES D'HYDRO-QUEBEC, LA MISE A JOUR DES VARIABLES D'ETAT ET LA DEFINITION DE PLUSIEURS JEUX DE PARAMETRES

2.1 Couplage d'HYDROTEL avec la base de données d'Hydro-Québec

Les objectifs visés pour le couplage d'HYDROTEL avec la base de données d'Hydro-Québec étaient (1) la définition d'un modèle de données spécialisé pour HYDROTEL compatible avec le modèle en place à Hydro-Québec et (2) le dialogue possible entre HYDROTEL et la base de données d'Hydro-Québec. Le rapport d'étape remis le 30 juin mentionnait que les travaux nécessaires à la réalisation de ces objectifs étaient presque complétés, sauf pour certaines activités relativement mineures en cours.

Effectivement, au 30 juin, il était possible d'établir la communication entre HYDROTEL et une base de données sur MS-Access. Rappelons ici qu'une base de données de type Oracle est utilisée chez Hydro-Québec pour le stockage principal de l'ensemble des données relatives à la prévision des apports. De plus, des bases de données de type MS-Access, qui sont constituées à partir de copies partielles de la base de données principale sous Oracle, sont souvent utilisées par les usagers internes chez Hydro-Québec sur leurs postes locaux. Pour satisfaire ces besoins, il a été convenu d'utiliser les composantes Windows-ADO (ActiveX Data Object) et les librairies C++ correspondantes qui permettent le recours à une interface d'interrogation de base de données dans le langage SQL qui est indépendante du type de base de données.

Toujours au 30 juin, des tests de transmission n'avaient pas encore pu être effectués directement avec Oracle. Initialement, l'accès à la base de données Oracle d'Hydro-Québec à partir de l'INRS-Eau à des fins de réalisation des objectifs fixés était prévu. Cependant, des problèmes divers d'ordre légal et technique ont empêché l'INRS-Eau et l'IREQ d'y parvenir. Il a donc fallu utiliser une base de données MS-Access pour le faire. De plus, l'équipe de l'INRS-Eau s'est heurtée à un manque de documentation marqué quant à l'utilisation des composantes Windows-ADO avec Visual C++. Dans un premier temps, il a donc fallu supposer que les informations sur

les requêtes fournies par Access l'étaient selon le standard SQL, faute de pouvoir développer la transmission des données directement entre Oracle et Hydrotel.

Les premiers tests de transmission entre HYDROTEL et la base de données Oracle menés à l'IREQ ont vite conduit à la conclusion que cette transmission ne se faisait pas de manière acceptable. Il s'est avéré que les échanges de données entre HYDROTEL et MS-Access n'étaient pas formulés selon le standard SQL, avec comme conséquence importante qu'il devenait impossible de transmettre dans un sens ou dans l'autre un bon champ de dates.

Comme l'objectif visé n'était pas de pouvoir communiquer uniquement avec une base de données MS-Access, mais avec diverses bases de données (figure 2.1a), dont en particulier la base de données Oracle, il a fallu reprogrammer la classe d'accès à la base de données.

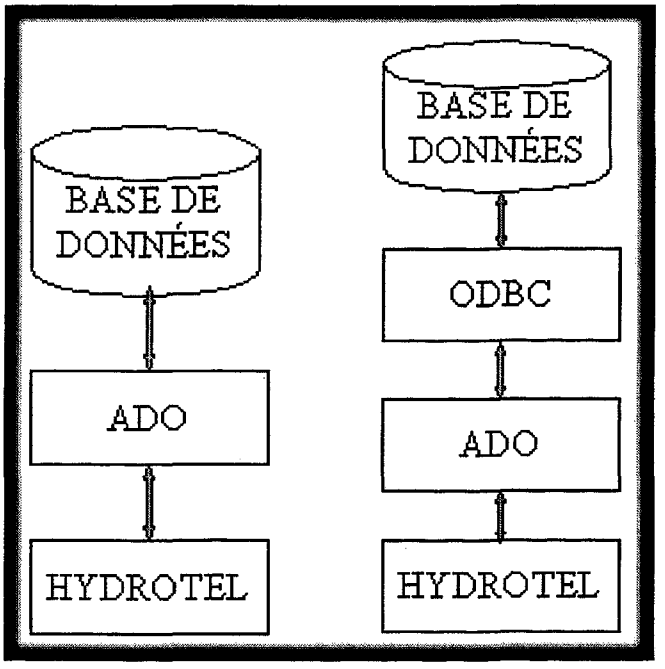

Figure 2.1 : Schéma général de transmission de données entre HYDROTEL et une base de données. (a) Schéma souhaité, (b) Schéma de solution testé sans succès

Après entente avec l'IREQ, une première tentative de communication avec la base de données Oracle a consisté à introduire l'ancienne technologie ODBC d'accès aux bases de données entre ADO et la base de données Oracle, en espérant qu'ADO pourrait communiquer avec ODBC et

ODBC avec Oracle. Effectivement, le lien était possible entre HYDROTEL et ODBC, mais la présence d'ODBC ne réglait pas le problème de communication avec Oracle.

La solution a été trouvée en utilisant l'approche suivante. HYDROTEL prépare tout d'abord une requête paramétrée. Il transmet ensuite la requête et les valeurs des paramètres à ADO. ADO se charge alors de compléter la requête pour transmission à la base de données, en introduisant les paramètres selon les spécifications connues par ADO pour le type de la base de données (MS-Access, Oracle ou autres).

Enfin, on mentionnait dans le rapport d'étape qu'une fenêtre de l'interface graphique d'HYDROTEL permettant la sauvegarde des résultats dans une base de données était en préparation et que les facilités disponibles pour l'édition des fichiers de liaison de données décrites plus haut avaient aussi été implantées. On notait qu'un nom de simulation était nécessaire pour bien associer les résultats de simulation stockés dans la base de données à la simulation qui les a générés. Il était prévu, en outre, d'offrir l'option de proposer un nom de simulation par défaut basé sur le nom du projet et la date et l'heure du moment où débute la simulation. Cette nouvelle fenêtre (figure 2.2) est maintenant implantée et peut être atteinte en choisissant l'option ***« paramètres de sauvegarde »*** dans le menu **« simulation ».** Il faut tout d'abord choisir de sauvegarder les données dans une base de données en cliquant à l'endroit indiqué. Deux choix s'offrent alors à l'utilisateur. Il peut choisir la définition automatique d'un nom de simulation en cliquant dans l'espace indiqué. Dans ce cas le nom est défini à partir du nom du projet, de la date et de l'heure : (nom_du_projet jj/mm/aaaa hh :mm :ss). S'il ne clique pas dans l'espace indiqué, cela signifie qu'il désire donner lui-même un nom, ce qu'il peut faire dans l'espace apparaissant sous *« nom de simulation »*. Il lui reste alors à préciser le nom du *« fichier de liaison de données »*.

Enfin, à la demande de l'IREQ, nous reproduisons au tableau 2.1, le tableau 3.1 du rapport du 30 juin 2000. Ce tableau comportait la définition des tables et des champs du modèle de base de données. Les informations portant sur la table renfermant les mesures effectuées aux lignes de neige n'étaient pas incluses dans ce tableau, ces mesures étant très utiles, mais non absolument nécessaire au fonctionnement d'HYDROTEL. Rappelons que les informations sur les différents formats de fichiers ont déjà été fournies dans notre rapport de décembre 1999 (Fortin et al., 1999) sur la rivière Mitis.

Tableau 2.1 : Définition des tables et des champs du modèle de base de données

Nom de la table	Noms des champs	Type	Description
HYDROTEL_APPORTOBS1H	STATION	Texte	Identificateur de la station (maximum 7 caractères)
	DATEHEURE	Date/Heure	Date et heure de la fin de la période d'une heure
	APPORT	Réel	Données d'apports (m^3/s)
HYDROTEL_APPORTOBS24H	STATION	Texte	Identificateur de la station (maximum 7 caractères)
	DATEHEURE	Date/Heure	Date et heure de la fin de la période de 24 heures
	APPORT	Réel	Données d'apports (m^3/s)
HYDROTEL_METEOOBS1H	STATION	Texte	Identificateur de la station (maximum 7 caractères)
	DATEHEURE	Date/Heure	Date et heure de la fin de la période d'une heure
	TEMPERATURE	Réel	Données de température (C)
	CUMUL_PRECIPITATION	Réel	Données de précipitations cumulées aux précipitomètres (mm)
	PRECIPITATION	Réel	Données de précipitations sur la période d'une heure (mm)
HYDROTEL_METEOOBS24H	STATION	Texte	Identificateur de la station (maximum 7 caractères)
	DATEHEURE	Date/Heure	Date et heure de la fin de la période de 24 heures
	TEMPERATUREMAX	Réel	Données de température maximale (C)
	TEMPERATUREMIN	Réel	Données de température minimale (C)
	PLUIE	Réel	Données de pluie (mm)
	NEIGE	Réel	Données de neige (mm)
HYDROTEL_METEOPREV1H	STATION	Texte	Identificateur de la station (maximum 7 caractères)
	DATE_ACTUELLE	Date/Heure	Date (sans l'heure) de l'émission de la prévision
	HEURE_ACTUELLE	Texte	Moment de la journée de l'émission de la prévision (AM ou PM)
	HEURE_PREVISION	Entier	Décalage en heures entre la date d'émission de la précipitation à zéro heure et l'heure pour laquelle la prévision s'applique
	TEMPERATURE	Entier	Données de températures prévues (C)
	PLUIEINF	Réel	Limite minimale de la pluie prévue (mm)
	PLUIESUP	Réel	Limite maximale de la pluie prévue (mm)
	NEIGEINF	Réel	Limite minimale de la neige prévue (mm)
	NEIGESUP	Réel	Limite maximale de la neige prévue (mm)
HYDROTEL_RESULTATS	DATEHEURE	Date/Heure	Date et heure du début du pas de temps de simulation
	PAS_DE_TEMPS	Entier	Durée du pas de temps de simulation (h)
	NOTRONCON	Entier	Numéro du tronçon pour lequel les résultats s'appliquent
	ID	Entier	Identificateur du type de la valeur sauvegardée – les types sont définis dans la table HYDROTEL_DESCRIPTIONTYPES
	VALEUR	Réel	Valeur sauvegardée
HYDROTEL_DESCRIPTIONTYPES	ID	Entier	Identificateur du type de valeurs sauvegardées – correspond aux types de la table HYDROTEL_RESULTATS
	NOMTYPE	Texte	Nom du type (exemple : PLUIE, DÉBIT_SIMULÉ,...)
	DESCRIPTION	Texte	Description du type
	UNITEMESURE	Texte	Unité de mesure associée au type
	TYPEINTEGRATION	Texte	Entité à partir duquel les valeurs ont été intégrées ; TR : tronçon ou SB : sous-bassin
HYDROTEL_NEIGEAUSOL	STATION	Texte	Identificateur de la station (maximum 7 caractères)
	DATEHEURE	Date/Heure	Date et heure de la prise de mesure
	EQ_EAU	Réel	Équivalent en eau de la neige au sol (cm)
	HAUTEUR_NEIGE	Réel	Épaisseur de la neige au sol (cm)
	DENSITE	Réel	Densité de la neige au sol

L'ensemble des développements de communication entre HYDROTEL et une base quelconque de données a maintenant été testé de manière satisfaisante avec les bases de données utilisées par Hydro-Québec, soient les bases Oracle et MS-Access. L'utilisateur de ces bases à Hydro-Québec peut dorénavant établir la communication entre HYDROTEL et Oracle ou MS-Access.

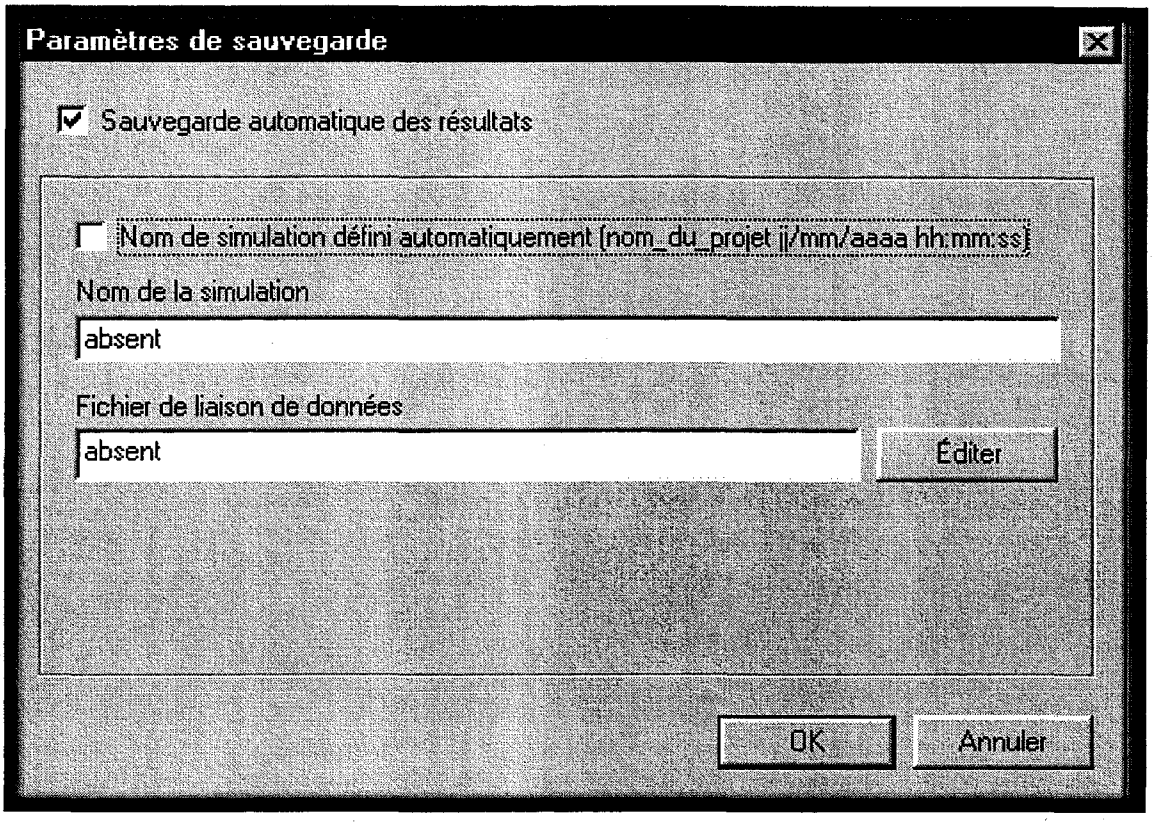

Figure 2.2 : Fenêtre permettant la sauvegarde des données dans l'une ou l'autre des bases de données d'Hydro-Québec

2.2 Interface pour la mise à jour des variables d'état

Les principaux tests ont été faits sur le bassin de la rivière Mitis préalablement à la remise du rapport d'étape le 30 juin 2000. Par la suite la procédure a été utilisée en diverses occasions sans problème majeur. Certaines modifications mineures ont toutefois été apportées suite à cette utilisation. L'interface devrait donc être utilisée sans problèmes.

2.3 Possibilité de définir plusieurs jeux de paramètres par bassin

Dans le rapport d'étape, un exemple de regroupement des unités hydrologiques relativement homogènes (UHRH) sur le bassin de la rivière Mitis était présenté à la figure 5.2. Cette procédure a été testée sur deux autres bassins depuis ce temps avec succès.

Au moment d'écrire le rapport d'étape, uniquement deux fonctions de regroupement avaient été implantées, soit une sélection une à une des UHRH appartenant à un sous-groupe, soit une sélection par l'intermédiaire d'une zone rectangulaire englobant les UHRH désirées. Il était possible alors d'enlever les UHRH intégrées par erreur par l'intermédiaire de la première fonction. A ces deux fonctions, une troisième a été ajoutée (figure 2.3). Il s'agit d'une fonction qui permet de sélectionner toutes les UHRH en amont d'un tronçon quelconque sur le bassin. On peut donc maintenant, avec cette troisième fonction, sélectionner plus facilement les UHRH en amont de toute station hydrométrique sur un bassin et lui attribuer le nom désiré, tel que montré sur l'exemple pris sur la rivière Châteauguay. Dans ce cas, des sous-groupes d'UHRH ont été définis pour chacune des stations hydrométriques sur le bassin. La figure montre en rouge la partie du bassin en aval de chacune des stations situées sur les sous-bassins de la rivière. L'icône de la fonction regroupement par sous-bassins est accentuée.

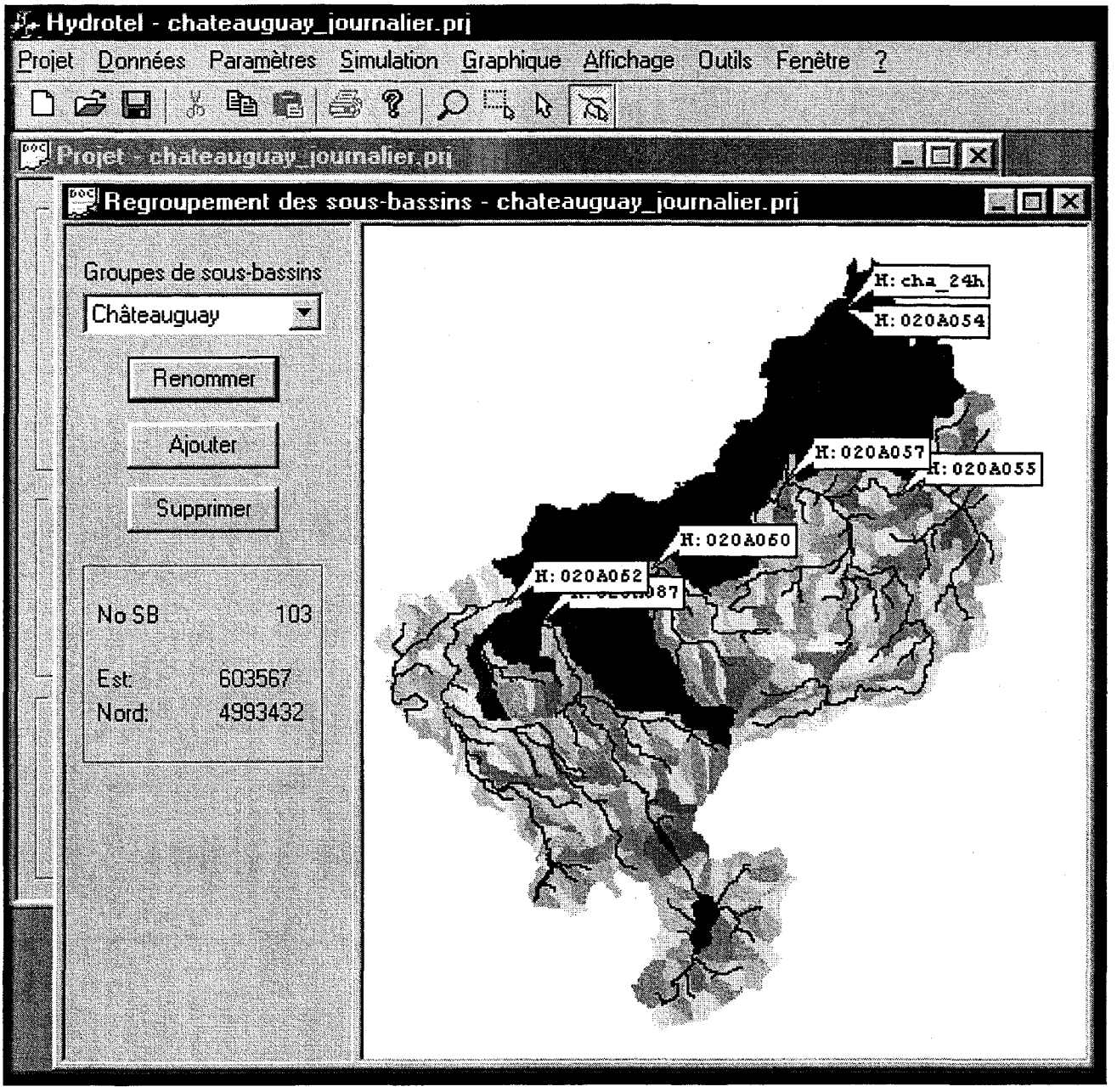

Figure 2.3 : Regroupement des unités hydrologiques relativement homogènes (UHRH) à l'aide de la fonction sous-bassin, sur le bassin de la rivière Châteauguay

3 TRAITEMENT CONJOINT DES DONNEES DE RADARS ET DE STATIONS METEOROLOGIQUES, PREVISIONS AUX POINTS DE GRILLE ET AUTRES AMELIORATIONS AU LOGICIEL

3.1 Traitement conjoint des données de radars et de stations météorologiques.

Au moment de débuter ce projet, HYDROTEL pouvait lire des données de radars météorologiques préalablement étalonnées et couvrant entièrement un bassin. Ces données pouvaient être utilisées à la place des valeurs interpolées à partir des stations météorologiques. L'objectif visé par cette partie du projet était d'améliorer cette fonctionnalité en permettant l'utilisation conjointe de données de radars et de stations météorologiques, lorsque la couverture radar ne s'étend que sur une partie du bassin et non sur le bassin en entier.

Cette fonctionnalité a été implantée dans HYDROTEL. Elle est effectuée de la manière suivante. Une interpolation des précipitations est d'abord réalisée pour chaque UHRH en utilisant l'une des méthodes d'interpolation déjà disponibles dans le modèle. Ensuite, pour chaque UHRH sous la couverture radar, et uniquement pour ces UHRH, la valeur interpolée est remplacée par la valeur estimée par radar.

Il se peut aussi que certaines UHRH à la limite de la couverture radar ne soient que partiellement couvertes par des données en provenance d'un radar météorologique. Dans ce cas, la hauteur de précipitation estimée pour ces UHRH est la moyenne pondérée de l'estimation en provenance du radar et de l'interpolation effectuée à partir des stations météorologiques, en fonction du pourcentage de surface couvert par de radar sur l'UHRH.

Enfin, nous nous sommes entendus avec Environnement Canada, le fournisseur éventuel à Hydro-Québec de données en provenance de radars météorologiques, sur le code à utiliser dans l'éventualité où des données seraient manquantes. Ce code est –99.99. Pour chaque donnée radar ayant ce code, on conserve la valeur interpolée à partir des stations météorologiques.

La figure 3.1 présente le résultat obtenu avec des images radar simulées sur le bassin de la rivière Châteauguay. Le pas de temps est de trois heures, soit de 21 à 24 heures le 2 juin 1998. Au cours de ce pas de temps, les précipitations, telles qu'interpolées à partir des stations météorologiques,

variaient entre 2 et 6mm. De manière à bien visualiser le résultat du traitement conjoint de données de radars et de stations météorologiques, une valeur arbitraire de 10 mm a été attribuée à chaque maille radar de 1 km x 1 km.

L'image de gauche présente la distribution des précipitations obtenue par interpolation à partir des stations météorologiques. Dans l'image du centre, nous avons supposé que des données étaient manquantes pour un large secteur de toute la partie est de l'image et que cette image couvrait entièrement le bassin. Enfin, l'image de droite comporte aussi des données manquantes pour sa moitié est, mais en plus, elle ne couvre pas la partie sud du bassin. Ces images permettent donc de tester l'intégration des données radar et des données aux stations. On peut constater que dans la zone du bassin couverte par le radar, les UHRH ont une valeur de 10 mm, alors qu'en dehors de la zone couverte par les données valides de l'image, ce sont les valeurs interpolées à partir des stations qui sont présentes. En même temps, on peut constater que les valeurs –99.99 ont bien été remplacées. Enfin, à la limite de l'image radar, certaines UHRH ont des valeurs supérieures à la valeur maximale interpolée à partir des stations météorologiques, ce qui indique une estimation pondérée telle qu'expliquée plus haut.

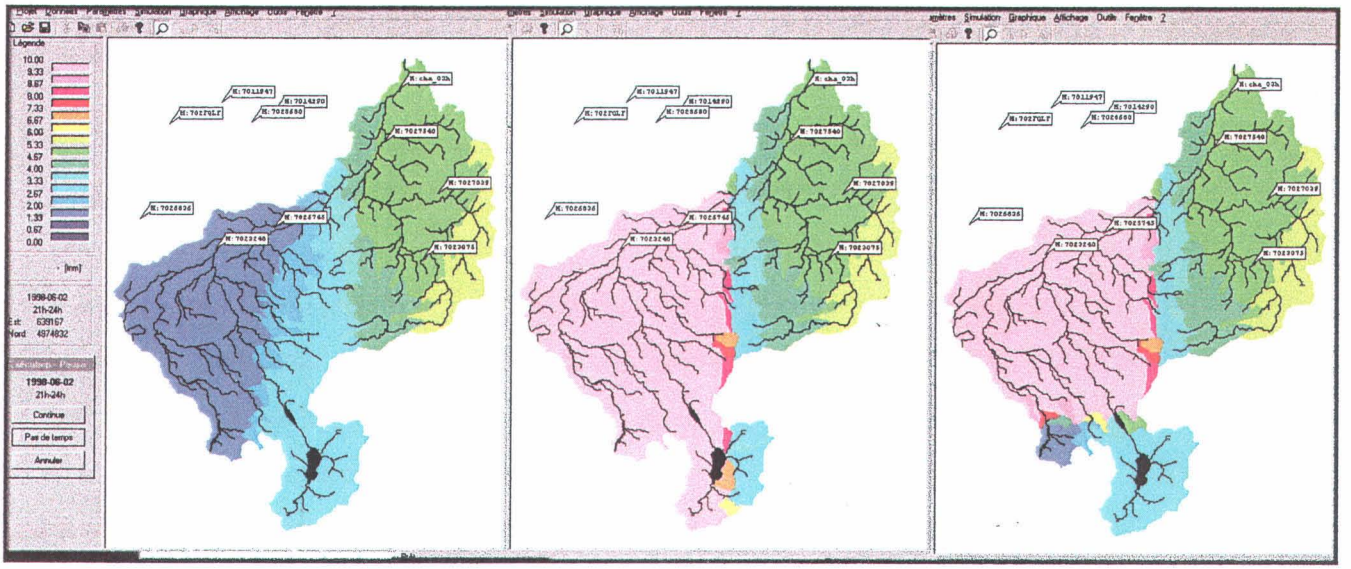

Figure 3.1 : Répartition spatiale des précipitations sur le bassin de la rivière Châteauguay à partir du traitement conjoint d'une image simulée d'un radar météorologique et des données aux stations météorologiques. Image de gauche : Interpolation à partir des stations météorologiques. Image centrale : Image radar couvrant entièrement le bassin mais avec données manquantes dans sa moitié est. Image de droite : Image radar ne couvrant pas la partie sud du bassin et comportant des données manquantes dans sa moitié est

3.2 Utilisation des prévisions météorologiques aux points de grille

L'objectif de cette activité consistait à effectuer les modifications nécessaires pour permettre à HYDROTEL l'utilisation de données météorologiques observées ponctuellement à des stations et de prévisions météorologiques à des points de grille à l'intérieur d'une même séquence météorologique utilisée pour une simulation en mode prévision.

Au moment d'écrire ce rapport, l'INRS-Eau n'avait toujours pas reçu de l'IREQ de données de prévisions ni même de spécifications sur le format que prendra ces données. Hydro-Québec reçoit bien actuellement d'Environnement Canada des données de prévisions météorologiques sous une forme acceptable avec leur façon actuelle de préparer leur prévisions hydrologiques. Toutefois, Hydro-Québec souhaitait utiliser des prévisions météorologiques mieux adaptées à une modélisation hydrologique distribuée dans l'espace. Les informations que nous avons reçues précédemment étaient à l'effet que ce format n'était pas encore défini. Nous attendons donc

toujours les spécifications nécessaires pour permettre l'utilisation des prévisions météorologiques aux points de grille.

En attendant, nous avons pensé à une solution possible et nous permettons de suggérer une approche facile à implanter dans HYDROTEL et qui devrait aussi satisfaire Hydro-Québec. Avec la lecture et le traitement des données en provenance de radars météorologiques, HYDROTEL peut dès maintenant lire et traiter des matrices dont la dimension des mailles en X et en Y est identique, même quand cette dimension est plus grande que celle des mailles qui constituent les UHRH. A titre d'exemple, les mailles d'un radar météorologiques ont 1 km x 1km et les mailles constituant les UHRH ont 100m x 100m la plupart du temps. Les mailles sur le bassin de la Gatineau ont 200m x 200m. Les mailles des modèles de prévisions météorologiques ont des mailles encore plus grandes que celle des radars météorologiques, mais le traitement par rapport aux UHRH est le même que celui des données radar. Les structures informatiques de base pour ce type de traitement sont déjà implantées dans HYDROTEL. Les faire servir au traitement des prévisions météorologiques aux points de grille sera relativement facile.

Ainsi, le fichier entête devra prévoir la spécification de deux types de données : les précipitations (*.pce) et les températures (*.tem) et non un seul comme actuellement avec les fichiers entête pour un radar météorologique. Quant aux données, elles pourront être présentée sous la forme d'une matrice dont on connaît le nombre d'éléments en x et en y, la dimension de ces éléments et les coordonnées géographiques de l'un des coins, tout comme les données des radars météorologiques et d'autres types de matrices utilisées dans HYDROTEL.

3.3 Autres améliorations apportées à HYDROTEL.

Les divers tests de simulation que nous avons effectués avec HYDROTEL dans le cours du projet nous ont amenés à améliorer diverses caractéristiques du modèle non prévues initialement.

Ainsi, nous nous sommes aperçus qu'il était possible de diminuer l'espace mémoire requis pour l'utilisation conjointe des données en provenance des radars et des stations météorologiques. Cette amélioration peut permettre une accélération de l'exécution du programme, surtout lorsque l'ordinateur doit utiliser la mémoire virtuelle.

Un meilleur contrôle du débordement des tableaux est aussi ajouté afin de mieux prévoir et corriger certaines erreurs ou distraction de l'utilisateur. À titre d'exemple, auparavant lorsque l'utilisateur demandait une simulation comportant au moins une des dates limites en dehors de la période de disponibilité des données, le logiciel indiquait une erreur et la simulation n'était pas exécutée ou les informations temporelles non affichées. Maintenant, le logiciel peut non seulement reconnaître qu'une partie de la période demandée est à l'extérieur de la période, mais aussi afficher la période disponible à l'intérieur de la période demandée.

De plus, de nouveaux messages ont été ajoutés afin de mieux guider l'utilisateur. Parmi ces messages certains lui permettent de corriger immédiatement une erreur de frappe dans l'entrée de données, suite à la validation immédiate des informations entrées dans une boîte de dialogue. Ainsi, si un utilisateur tape un « o » à la place d'un « 0 » ou écrit « 0..8 » plutôt que « 0.8 », il verra le message « Tapez un nombre » apparaître quand il confirmera ses choix (figure 3.2). La fenêtre demeurera affichée et la valeur fautive sera identifiée en affichage inverse.

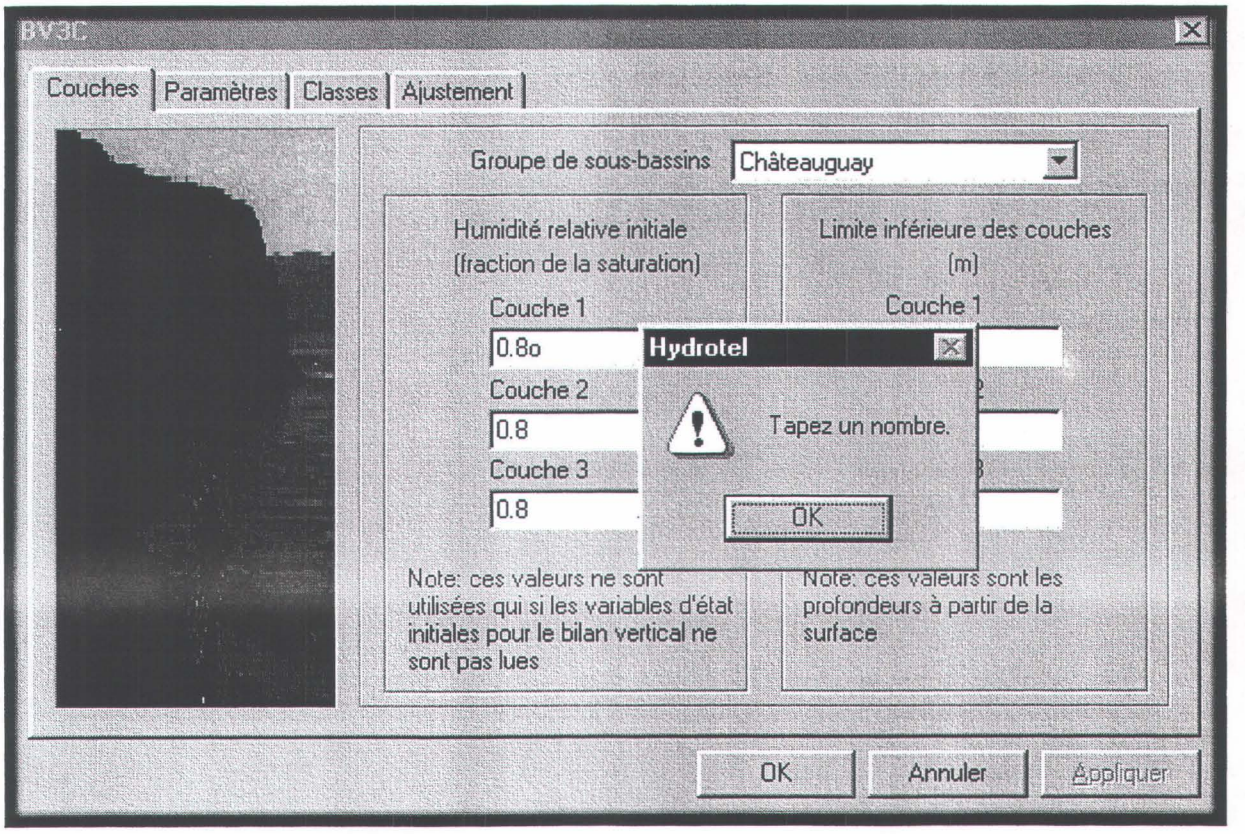

Figure 3.2 : Exemple de message affiché pour la correction d'une information erronée

4 PREPARATION DE LA BASE DE DONNEES DESCRIPTIVES DU BASSIN DE LA RIVIERE GATINEAU

4.1 Détermination de la structure d'écoulement

4.1.1 Acquisition et pré-traitement des données

Un modèle numérique d'altitude (MNA) et un réseau hydrographique numérique sont nécessaires pour déterminer la structure d'écoulement d'un bassin versant. Dans les deux cas, les feuillets numériques au 1/250000 31f, 31g, 31j, 31k, 31n, 31o et 32b ont été acquis.

Les feuillets constituant le MNA ont été acquis directement du fournisseur Géomatique Canada. Il s'agit de fichiers DNEC en NAD83 dont le quadrillage est basé sur les coordonnées géographiques et les altitudes sont en mètres. Comme le bassin de la rivière Gatineau couvre plusieurs fichiers et que ces fichiers sont divisés en une partie est et une partie ouest, il a fallu tout d'abord effectuer une mosaïque de ces fichiers, en utilisant le logiciel EASI-PACE de PCI Geomatics Inc. Compte tenu des dimensions du bassin, un ré-échantillonnage à 200m x 200m selon une projection UTM(zone 18) a par la suite été effectué.

Les cartes numériques du réseau hydrographique nous ont été fournies directement par l'Unité géomatique d'Hydro-Québec sous la forme de fichiers CCODIF, mais avec des délais très importants et diverses difficultés, dont une première transmission avec un mauvais format. Le réseau de rivières et lacs sur le bassin de la rivière Gatineau était très ramifié et comportait une grande quantité de lacs. Rappelons que ces cartes numériques ont été conçues initialement à des fins de graphisme. Divers traitements ont donc dû leur être appliqués de manière à pouvoir en extraire des renseignements à caractère physique sur les écoulements. En particulier, il a été nécessaire (1) d'éditer les cartes numériques de manière à transformer les lacs en surfaces fermées, (2) de vérifier que chacun des tronçons du réseau soit bien connecté avec les tronçons situés immédiatement en aval ou en amont et (3) de s'assurer que chacun des tronçons soit représenté par un trait unique. Ces modifications ont aussi été réalisées à l'aide du logiciel EASI-PACE de PCI Geomatics Inc..

La figure 4.1 permet de visualiser le modèle numérique d'altitude (fig. 4.1a) sur lequel le réseau numérique a été superposé, ainsi que le réseau numérique (fig. 4.1b) après le pré-traitement.

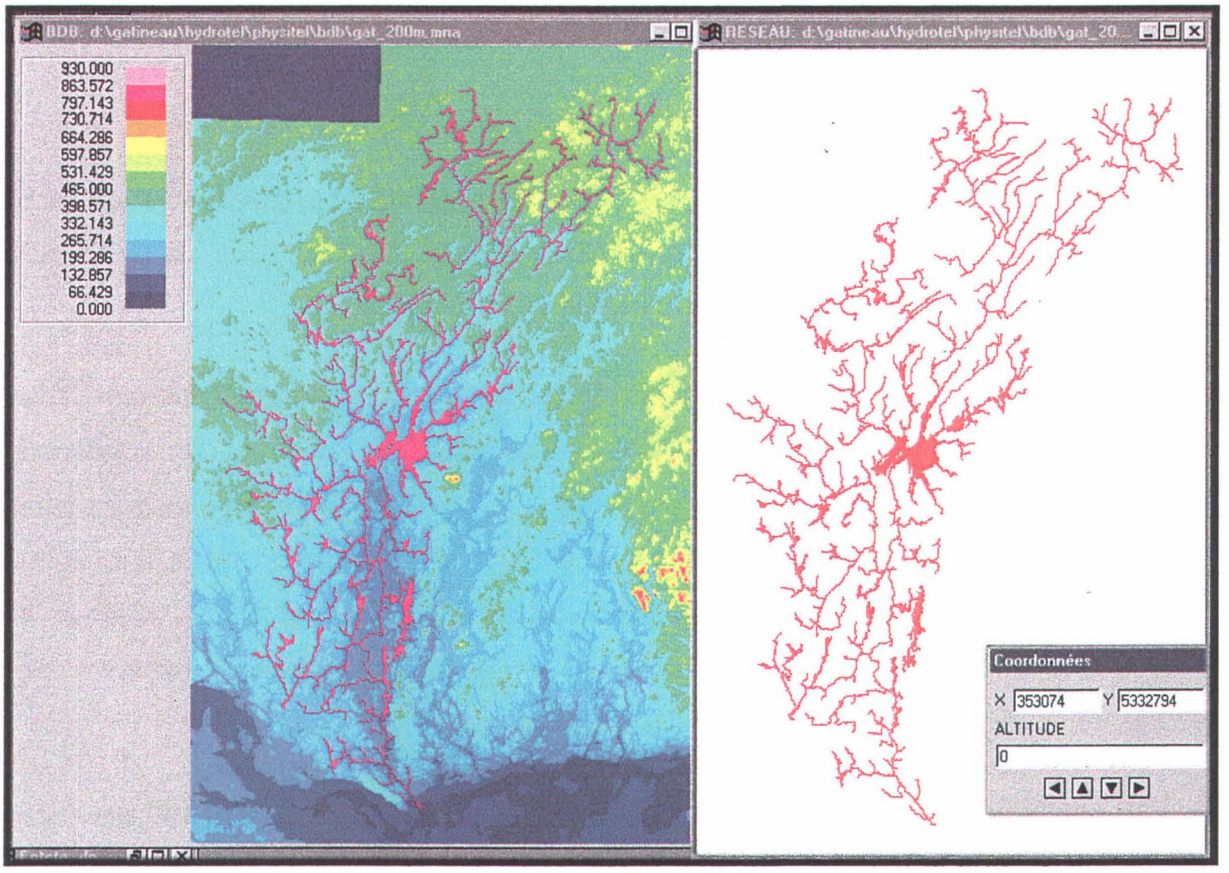

Figure 4.1 : Modèle numérique d'altitude (MNA) et réseau hydrographique numérique utilisés pour le bassin de la rivière Gatineau. (a) MNA et réseau hydrographique numérique superposé après traitement; (b) réseau hydrographique numérique après traitement

4.1.2 Structure d'écoulement et d'unités hydrologiques relativement homogènes

Une fois le MNA et le réseau hydrographique numérique prétraités, ces fichiers sont introduits dans PHYSITEL afin d'obtenir la structure d'écoulement du bassin versant étudié. Sur un bassin versant en montagne ne comportant pas de lacs ou réservoirs, uniquement un MNA serait suffisant pour définir la structure d'écoulement à l'intérieur de ce bassin. Toutefois, le bassin de la rivière Gatineau comporte beaucoup de lacs et réservoirs. Comme un MNA ne peut distinguer entre une plaine et une étendue d'eau, les deux correspondant à une zone d'altitude à peu près

constante, nous devons recourir à un réseau hydrographique pour définir les zones du MNA correspondant à des étendues d'eau.

Le traitement conjoint du MNA et du modèle hydrographique numérique permet de définir tout d'abord les pentes et les orientations en tout point du MNA, en tenant compte du réseau hydrographique numérique. Les orientations étant définies, on peut alors sélectionner la maille considérée comme l'exutoire du bassin afin de déterminer le bassin entier et, par conséquent, l'ensemble de sa structure d'écoulement. Il reste alors à choisir un seuil de superficie à compter duquel on considère que les écoulements se font dans un cours d'eau plutôt que sur et dans le sol. Plus ce seuil est faible, plus le réseau hydrographique obtenu dans PHYSITEL sera détaillé et plus le nombre d'unités hydrologiques relativement homogènes (UHRH) crées sera grand. Il s'en suivra une simulation détaillée du bassin, mais éventuellement un temps de calcul relativement long, sans que la précision obtenue soit beaucoup plus grande. Il importe donc de déterminer un seuil acceptable afin de définir un nombre d'UHRH raisonnable, compte tenu du temps de calcul.

Dans le cas du bassin de la rivière Gatineau qui atteint une superficie de 21 408 km^2, le nombre d'UHRH est de 651 et le nombre de tronçons du réseau hydrographique de 624 (fig. 4.2). Il est à noter que le réservoir Cabonga et la partie du bassin située en amont de ce réservoir ne sont pas inclus actuellement dans cette représentation du bassin de la rivière Gatineau. Pour le moment, les débits évacués du réservoir seront considérés comme une donnée d'entrée pour les simulations. Cette partie du bassin de la rivière Gatineau sera ultérieurement ajoutée.

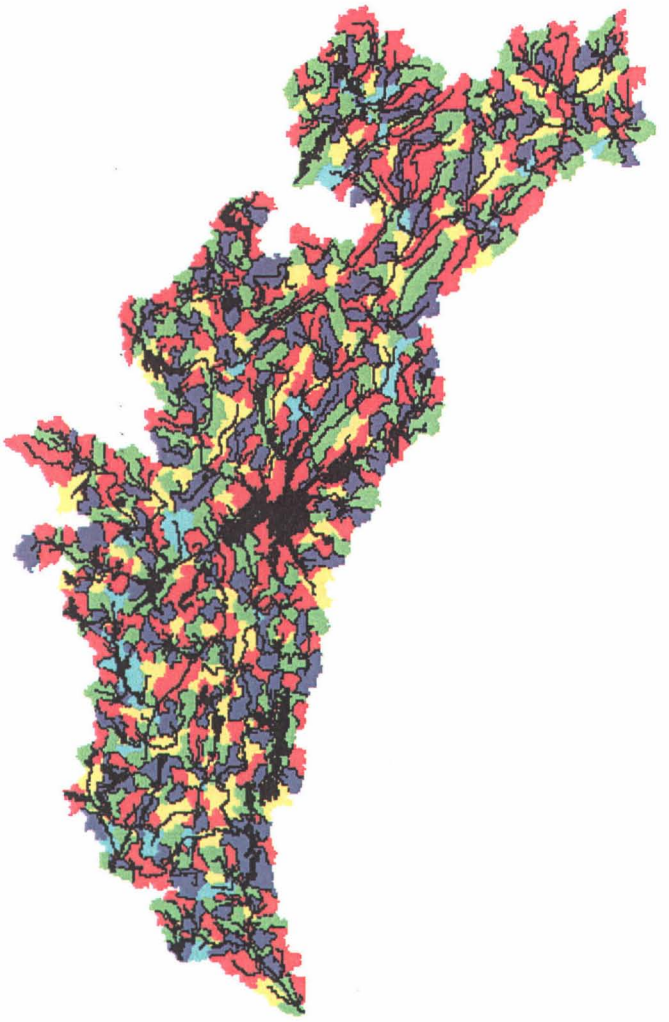

Figure 4.1 : Unités hydrologiques relativement homogènes sur le bassin de la rivière Gatineau avec le réseau hydrographique retenu

4.2 Occupation du sol

La simulation des divers processus hydrologiques sur un bassin versant tient compte de l'occupation du territoire qui peut avoir une influence non négligeable sur ces processus. Ainsi, la fonte de la neige se fait différemment en zone agricole et en zone forestière de conifères. Sur les autres bassins sur lesquels HYDROTEL a été appliqué au Québec, nous avions utilisé une cartographie de l'occupation du territoire dérivée d'images Landsat-TM, dont la résolution était de 25m. Ainsi, dans un précédent contrat avec l'IREQ sur la rivière Mitis, nous avions pu utiliser une classification d'une image Landsat-TM par l'intermédiaire d'une entente avec la direction régionale du Bas-Saint-Laurent du Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimantation (MAPAQ). L'INRS-Eau souhaitait faire de même pour le bassin de la rivière Gatineau, mais des difficultés et un processus traînant en longueur ont forcé l'IREQ et l'INRS-Eau a avoir recours a un autre type d'information moins détaillé.

La carte d'occupation du sol utilisée actuellement provient de la classification d'une image NOAA AVHRR de 1995 par le Centre canadien de télédétection et le Service canadien des fôrets (fig. 4.3). La résolution de cette classification est donc de 1km x1km. Cette carte compte uniquement 6 classes d'occupation : les étendues d'eau, les forêts de feuillus, les forêts mixtes, les forêts de conifères, les zones agricoles et, enfin, les coupes et repousses. Comme on peut le voir sur la figure 4.2, le bassin est surtout recouvert de forêts mixtes et compte très peu de zones agricoles. L'INRS-Eau espère toujours pouvoir remplacer cette classification par une classification basée sur des images TM.

Figure 4.1 : Occupation du sol sur le bassin de la rivière Gatineau

4.3 Types de sol

Outre l'occupation du sol, les types de sol rencontrés sur un bassin versant, de même que leur distribution spatiale et leur profondeur moyenne pour chacun des groupes d'UHRH définis dans HYDROTEL, doivent être fournis au modèle. Par le passé, nous sommes partis de cartes de dépôts meubles sur papier plutôt que de cartes numériques très détaillées, ces dernières demandant un pré-traitement considérable. Pour le bassin de la rivière Gatineau, nous avons eu recours à une carte numérisée présentant la répartition spatiale des matériaux de surface au Canada, sur terre et sur de vastes étendues au large des côtes, à l'échelle de 1/5 000 000. Cette carte (la carte 1880A) représente des catégories générales de matériaux de surface, notamment les matériaux alluviaux, lacustres, marins et glaciaires et le substratum rocheux. Elle a été préparée par la Commission géologique du Canada et est disponible sur Internet à l'adresse suivante : htte://sts.gsc.nrcan.gc.ca/page !/sgm/fmaps.

Comme on peut le constater sur la figure 4.4, quatre types de sols différents peuvent être rencontrés sur le bassin : les « loams », les « sables loameux », les « argiles silteuses » et les « sables », mais le principal type de sol rencontré sur le bassin est le « loam ».

Rappelons que ces divers types de sols sont caractérisés dans le modèle par des attributs hydrauliques.

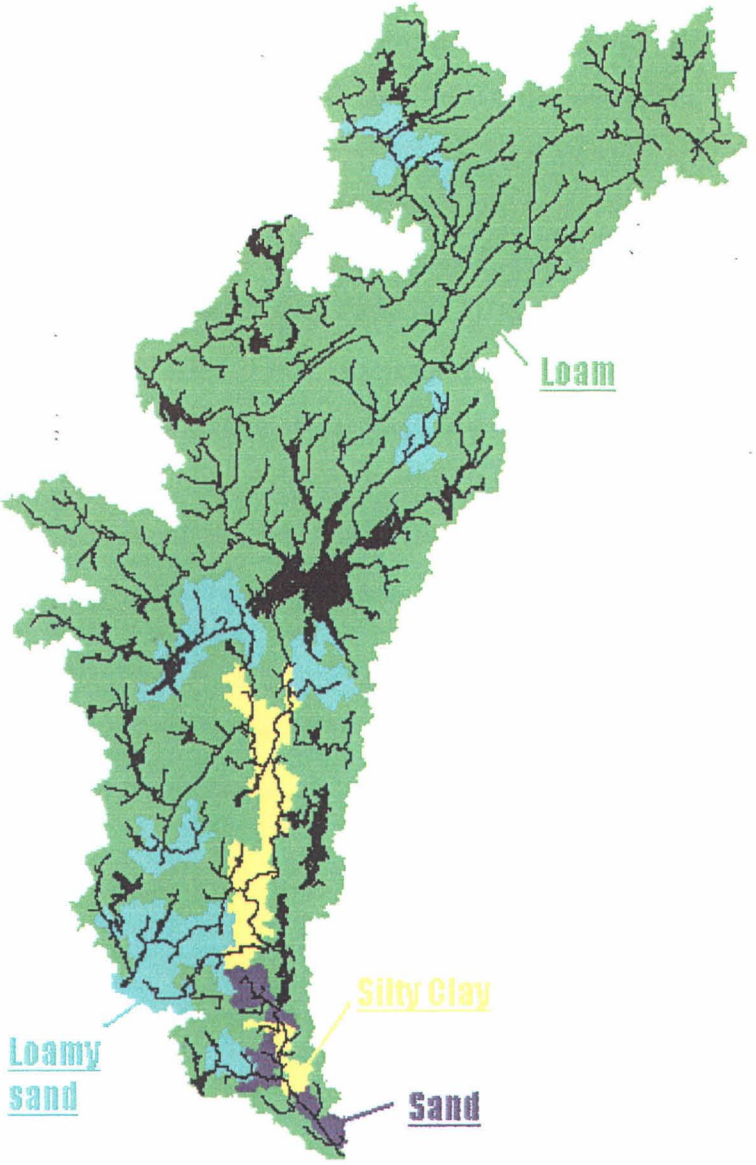

Figure 4.1 : Carte des types de sol (ne pas oublier de refaire la légende en français)

5 DONNEES METEOROLOGIQUES, HYDROMETRIQUES ET NIVOMETRIQUES

Le développement ou l'exploitation d'un modèle hydrologique sur un bassin versant nécessite des séries de données représentatives de la variation spatiale et temporelle des processus que l'on veut modéliser. Les données météorologiques comprennent les précipitations et les températures de l'air. Ce sont les données d'entrée les plus importantes. Les données hydrométriques sont les données qui renseignent sur les flux d'eau dans les cours d'eau, elles donnent une mesure de la réponse d'un bassin versant en fonction des données d'entrée. Enfin, les données nivométriques sont les niveaux de neige au sol relevés dans les stations de mesures de façon ponctuelle. Pour chacune d'entre elles, nous présenterons le réseau de stations, ainsi que les contraintes d'utilisation de ces données par Hydrotel, si elles existent.

5.1 Données météorologiques

Les données météorologiques sont disponibles sur 16 stations, dont 7 situées sur le bassin versant (**Figure 5.1**). Elles consistent en données de précipitations et de température de l'air. On peut distinguer deux types de stations suivant l'intervalle de temps entre chaque relevé :

- Les données des stations horaires sont disponibles pour la période 1996-2000, avec cependant quelques manques pour certaines années, tels qu'identifiés au **Tableau 5.1.**
- Les données des trois stations synoptiques (Parent, Ottawa et Maniwaki) sont également disponibles pour la période 1996-2000 mais aussi pour la période 1990-2000 au pas de temps de 24h.

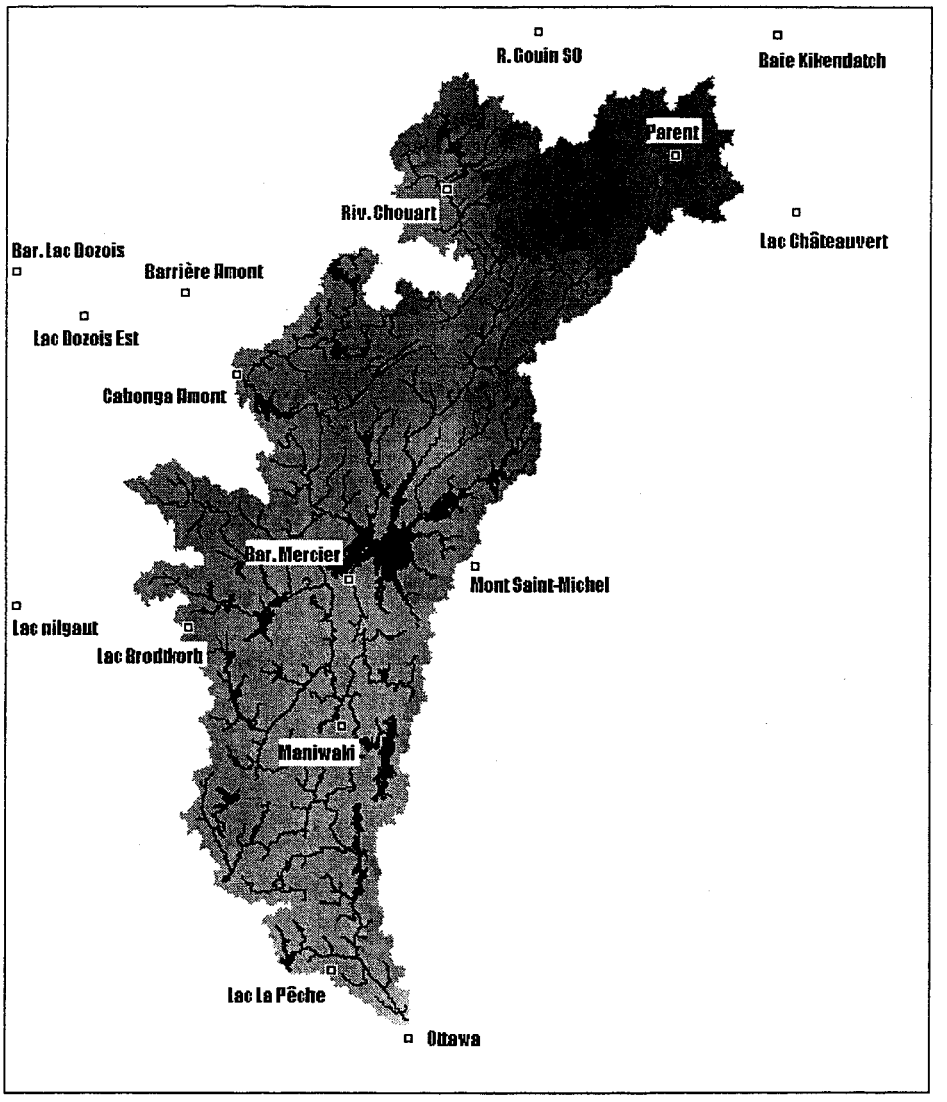

Figure 5.1 : Distribution spatiale des différentes stations météorologiques

Une station a été éliminée du jeu de données reçu de l'IREQ au vu de sa position spatiale : il s'agit de la stations de Joncas (0S01564), trop éloignée du bassin pour avoir une quelconque influence.

Pour les températures, Hydrotel accepte une température par heure par station lorsque l'on utilise des données à l'échelle horaire, et des températures minimales et maximales si on travaille à un pas de temps supérieur. Pour les précipitations, Hydrotel va utiliser les équivalents en eau tombés à la station sur l'intervalle de temps fixé à la simulation.

Cependant, le présent projet utilise des données contenues dans une base de données MS-ACCESS, tel que proposé par Hydro-Québec (Fortin *et al.*, 2000), et dans ce cadre strict, Hydrotel ne permet de lire que des données météorologiques dont les incréments sont soit horaire (1h), soit journalier (24h) via l'accès aux tables HYDROTEL_METEOOBS1H et HYDROTEL_METEOOBS24H respectivement. Il est cependant toujours possible d'effectuer des simulations aux pas de temps 2, 3, 4, 6, 8, 12 ou 24h en utilisant des données météorologiques horaires, mais au cas où l'utilisateur veut effectuer des simulations au pas de temps 6h avec des données météorologiques relevées aux 6h par exemple, il lui faut redistribuer ces précipitations sur un pas de temps horaire.

Cette redistribution a été réalisée par l'IREQ pour les stations synoptiques d'Ottawa, Parent et Maniwaki.

Tableau 5.1 : Périodes de mesures des stations météorologiques situées sur ou à proximité du bassin de la rivière Gatineau

Numéro d'identification de la station	*Années de relevés météorologiques*											*Pas de Temps*	*Type*
	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00		
Station 0S00017 – Bar. Lac Dozois -												1h	P
Station 0S00154 – Parent -												24h ; 1h	P,T
Station 0S00021 – Bar. Mercier 1 -												1h	P,T
Station 0S01561 – Lac Brodtkorb -												1h	P,T
Station 0S01562 – Lac Nilgaut -												1h	P,T
Station 0S00152 – Ottawa -												24h ; 1h	P,T
Station 0S01911 – Mont St-Michel -												1h	P,T
Station 0S01898 – Lac La Pêche -												1h	P,T
Station 0S01864 – Maniwaki (A) -												24h ; 1h	P,T
Station 0S01856 – Dozois est -												1h	P,T
Station 0S01853 – R. Gouin SO -												1h	P,T
Station 0S01671 – Cabonga Amont -												1h	P
Station 0S00798 – Riv. Chouart -												1h	P,T
Station 0S01542 – Baie Kikendatch -												1h	P,T
Station 0S01673 – Lac Châteauvert -												1h	P,T
Station 0S01668 – Barrière Amont -												1h	P
Pluie et Temp.	Temp. seulement		24h									24h et 1h	

(une case blanche indique qu'il n'y a pas de relevés cette année)

Précisons que la station météorologique de Parent n'a pas été utilisée car elle paraissait douteuse au vu des bilans annuels de plusieurs années, selon l'IREQ. Le **Tableau 5.2** présente les lames d'eau observées annuellement aux stations du Réservoir Gouin côté Sud-Ouest et Parent, fort proche l'une de l'autre.

Tableau 5.2 : Lames d'eau relevée sur quatre années pour deux stations situées au Nord du bassin versant de la rivière Gatineau

Nom	Station	Année hydrologique	Pourcentage de données manquantes	Lame d'eau
Parent	0S00154	1996-1997	16 %	521 mm
Parent	0S00154	1997-1998	42 %	175 mm
Parent	0S00154	1998-1999	7 %	398 mm
Parent	0S00154	1999-2000	4 %	503 mm
Gouin_SO	0S01853	1996-1997	6 %	950 mm
Gouin_SO	0S01853	1997-1998	1 %	818 mm
Gouin_SO	0S01853	1998-1999	3 %	952 mm
Gouin_SO	0S01853	1999-2000	29 %	756 mm

5.2 Données hydrométriques

Les données hydrométriques sont disponibles à 3 points de contrôle présentés sur la **figure 5.3.** et dont les caractéristiques se trouvent dans le **tableau 5.3.**

Tableau 5.3

Station	Type de Données	Années de Relevé
Rapides Ceizur (0S00913)	Débit 1h Débit 24h	1996-2000 1975-2000
Rivière Désert (02LH002)	Débit 24h	1975-1997
Cabonga (digue) (0S01861)	Débit 1h	1996-2000

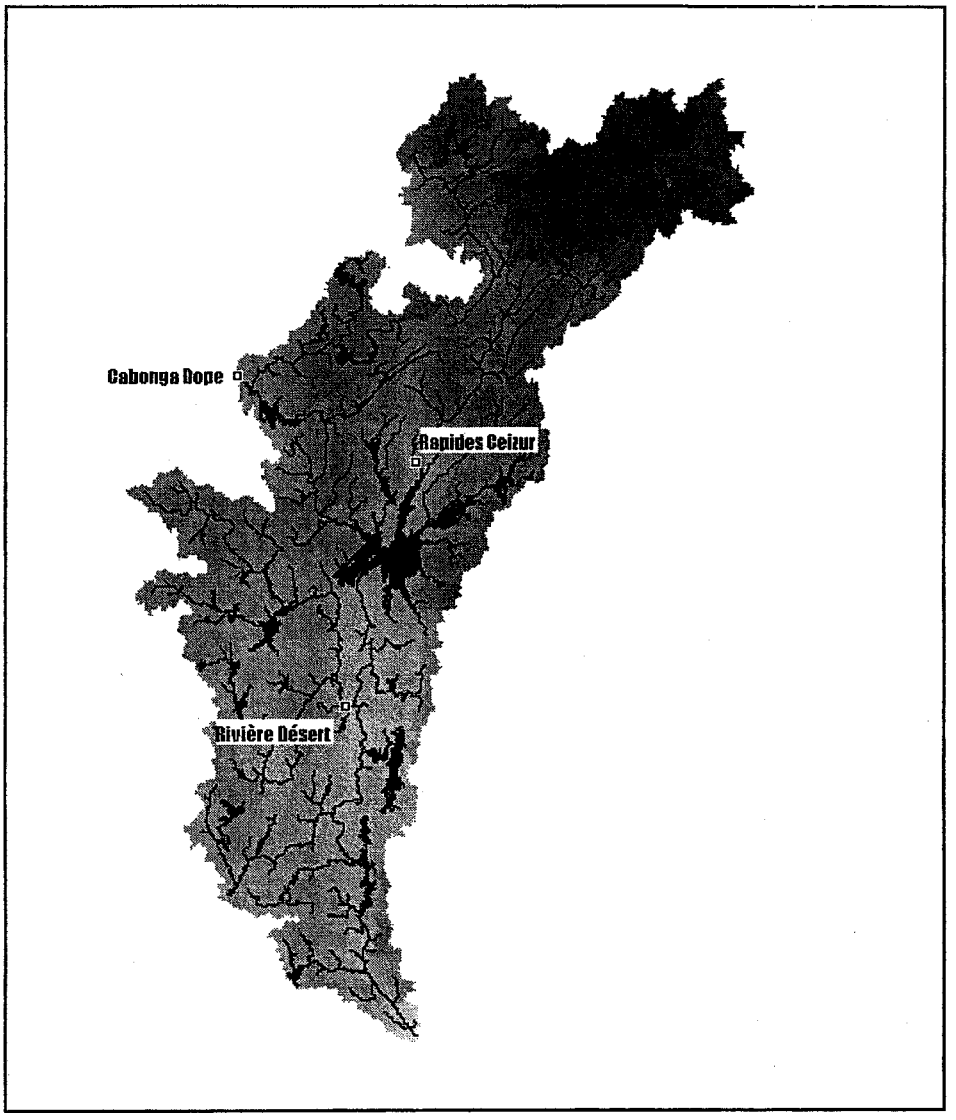

Figure 5.2 : Représentation spatiale des stations hydrométriques

Des données d'apports sont également disponibles pour les réservoirs Cabonga, Paugan, Maniwaki, Chelsea et Baskatong et ce, à un pas de temps de 24h, par la période 1996-2000.

Enfin, les niveaux du réservoir Cabonga, mesurés à barrière amont et Cabonga amont nous ont aussi été fournis, au pas de temps horaire, pour la période 1996-2000.

5.3 Données nivométriques

Plusieurs stations de neige au sol sont également disponibles. Elles sont présentées à la **figure 5.4** et au **tableau 5.4**. À ces stations, des données de hauteur de neige, d'équivalent en eau de la neige et de densité sont disponibles pour quelques dates au cours de l'hiver. Une telle quantité de stations nous permettra de mettre à jour le couvert de neige de façon assez représentative.

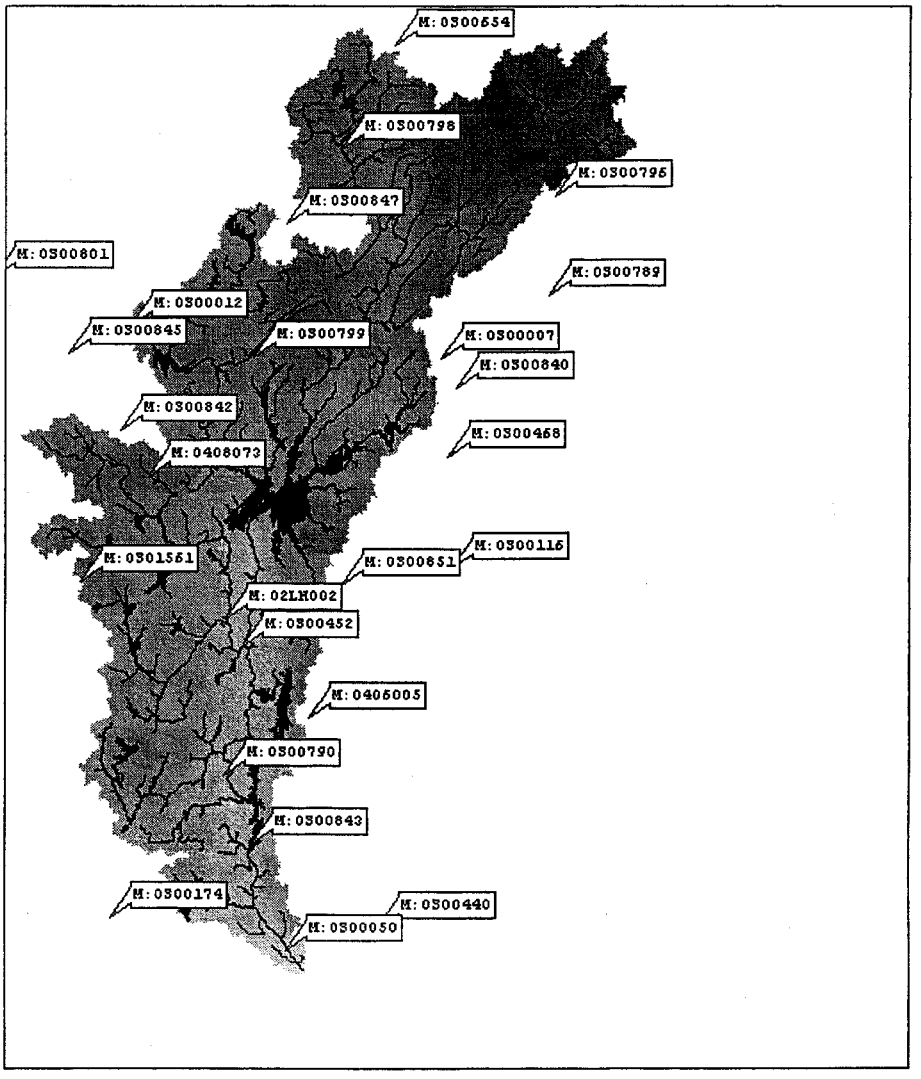

Figure 5.3 : Localisation des stations nivométriques

6 ETALONNAGE DU MODELE

6.1 Sélection du pas de temps

Sur le bassin de la rivière Gatineau, les données météorologiques sont disponibles à divers pas de temps, allant des valeurs horaires aux valeurs journalières. Comme toutefois, le pas de temps de prévision désiré est de six heures, il a été décidé d'effectuer l'étalonnage à ce pas de temps, sur la base des données disponibles pour effectuer des prévisions à ce pas de temps. Il est, en effet, important d'effectuer l'étalonnage avec essentiellement le même réseau que celui qui sera utilisé de façon opérationnelle. Autrement, un biais peut se glisser dans l'étalonnage pour tenir compte de la représentativité plus ou moins grande des stations utilisées.

6.2 Périodes d'étalonnage et de vérification

Comme on peut le lire au chapitre 5 précédent (tableau 5.1) , des données horaires permettant d'effectuer des simulations sur le bassin de la rivière Gatineau ne sont disponibles à une quinzaine de stations que depuis quelques années. De plus, même avec ce nombre de stations, des données manquantes à toutes ces stations en même temps ont été constatées à diverses dates au cours de cette période.

Par ailleurs, une procédure d'étalonnage doit pouvoir compter sur un nombre suffisamment grand d'événements météorologiques représentatifs des conditions météorologiques susceptibles de se produire sur le bassin dont on désire simuler les débits. Cet objectif a comme conséquence que la période d'étalonnage doit comporter ces événements si l'on désire un étalonnage valable. Dans notre cas, une période de quelques années de données qui serait séparée en deux pour comporter des périodes distinctes d'étalonnage et de vérification peut amener à un étalonnage incomplet. Nous avons donc opté pour un étalonnage utilisant le plus de données possibles sur la période disponible de 1996 à 2000.

6.3 Distribution des jeux de paramètres

La version actuelle d'HYDROTEL permet d'utiliser plusieurs jeux de paramètres. Plus précisément, il est possible de définir des jeux spécifiques de paramètres pour différents sous-bassins ou parties de sous-bassins dont les comportements sont considérés suffisamment distincts des autres parties du bassin complet. En pratique, on pense ici en particulier à l'épaisseur du sol contribuant aux écoulements, au soutient des étiages ou à la densité du couvert forestier. Lorsque l'on décide de préparer plus d'un jeu de paramètres pour un bassin, il est préférable que ces jeux de paramètres correspondent à des sous-bassins dont il sera possible de vérifier individuellement les débits par l'intermédiaire de stations de jaugeage où débits simulés et débits observés pourront être comparés.

Pour le bassin de la rivière Gatineau, il a été entendu avec l'IREQ de définir uniquement deux zones différentes : un premier jeu de paramètres pour le bassin en amont du barrage Mercier et un second pour tout le reste du bassin.

6.4 Résultats de l'étalonnage

Dans cette section, nous allons tout d'abord mentionné les sous-modèles retenus, puis nous ferons des commentaires sur les données disponibles et les résultats, tout en indiquant les valeurs des paramètres obtenues à date.

6.4.1 Choix des sous-modèles

Les sous-modèles retenus sont dans l'ordre : l'interpolation des précipitations et des températures à partir de trois stations les plus rapprochées de chaque maille de chaque UHRH, l'évapotranspiration potentielle selon l'équation développée par Hydro-Québec, la fonte de neige selon l'approche mixte du bilan d'énergie et des degrés-jours, le bilan vertical par BV3C, le transfert au sol vers les cours d'eau par une onde cinématique et, enfin, le transfert dans les cours d'eau par une onde cinématique.

6.4.2 Commentaires sur les résultats et valeurs des paramètres

L'INRS-Eau a eu énormément de difficultés à obtenir la base de données météorologiques et hydrologiques sur MS-Access nécessaire à l'étalonnage du modèle. Encore au moment d'écrire ce rapport, certaines données sont encore manquantes à toutes les stations horaires pour certains jours et une base de données acceptable nous a été transmise il y a quelques jours seulement, ne laissant donc que quelques jours pour tenter d'effectuer l'étalonnage du modèle sur le bassin de la rivière Gatineau.

Nous avons donc entrepris d'effectuer cet étalonnage de la manière habituelle, en débutant par des périodes neige, de manière à dissocier l'étalonnage des paramètres du sous-modèle fonte de neige de l'étalonnage des autres sous-modèles. Après un premier dégrossissement de l'étalonnage, nous avons voulu vérifier le comportement du modèle en hiver, compte tenu du fait que la partie du bassin en amont du barrage Mercier compte très peu de stations météorologiques et que la station qui serait la plus intéressante, Parent, semble sous-estimer les précipitations. Comme prévu, nous avons obtenus des volumes qu'il aurait fallu augmenter de 50 à 100% pour la saison hivernale !. Nous avons donc laissé tomber temporairement l'étalonnage du modèle en hiver pour nous concentrer sur son étalonnage en période hors neige. Les périodes sans neige de 1996 à 1999 étaient disponibles, théoriquement, mais avec beaucoup de manques dans les débits, selon les années, ou des débits relativement faibles pour de longues périodes.

Finalement, compte tenu du peu de temps disponible, nous avons concentré nos efforts d'étalonnage sur la période comprise entre le 12 juin et le 31 décembre 1997. Cette période, comme on peut le constater sur la figure 6.1, comporte des crues entre 150 et 300 m^3/s en juin et juillet, suivies par une période d'étiage autour de 50 m^3/s en août et septembre, d'une crue à plusieurs petites pointes montant jusqu'à 170 m^3/s en octobre et d'une dernière de 466 m^3/s en novembre. La simulation des débits sur cette période est tout à fait satisfaisante (fig. 6.1) , avec une valeur du coefficient de Nash de 0.88, malgré quelques onze valeurs de débits manquantes et remplacées par –999.999. Les valeurs des paramètres obtenues à date sont présentées au tableau 6.1.

Tableau 6.1 : Paramètre obtenus à date pour le bassin de la rivière Gatineau, en amont de Rapides Ceizur

ETP		Fonte de neige				BV3C				Trans. surface		Statistiques	
Coeef.	1.02	Fc		Tsc		Théta1	0.91	Z1	0.1	Nf	0.45	Nash	0.88
		Ff		Tsf		Théta2	0.955	Z2	0.4	Ne	0.05	RCEQM	0.8
		Fd		Tsd		Théta3	0.99	Z3	1.41	Naut.	0.3	Σqo	1.77^{e}+9
		rhox	550	Cst.tas	0.05	Co. Rés.	0.00003			Lame	0.006	Σqs	1.62^{e}+9

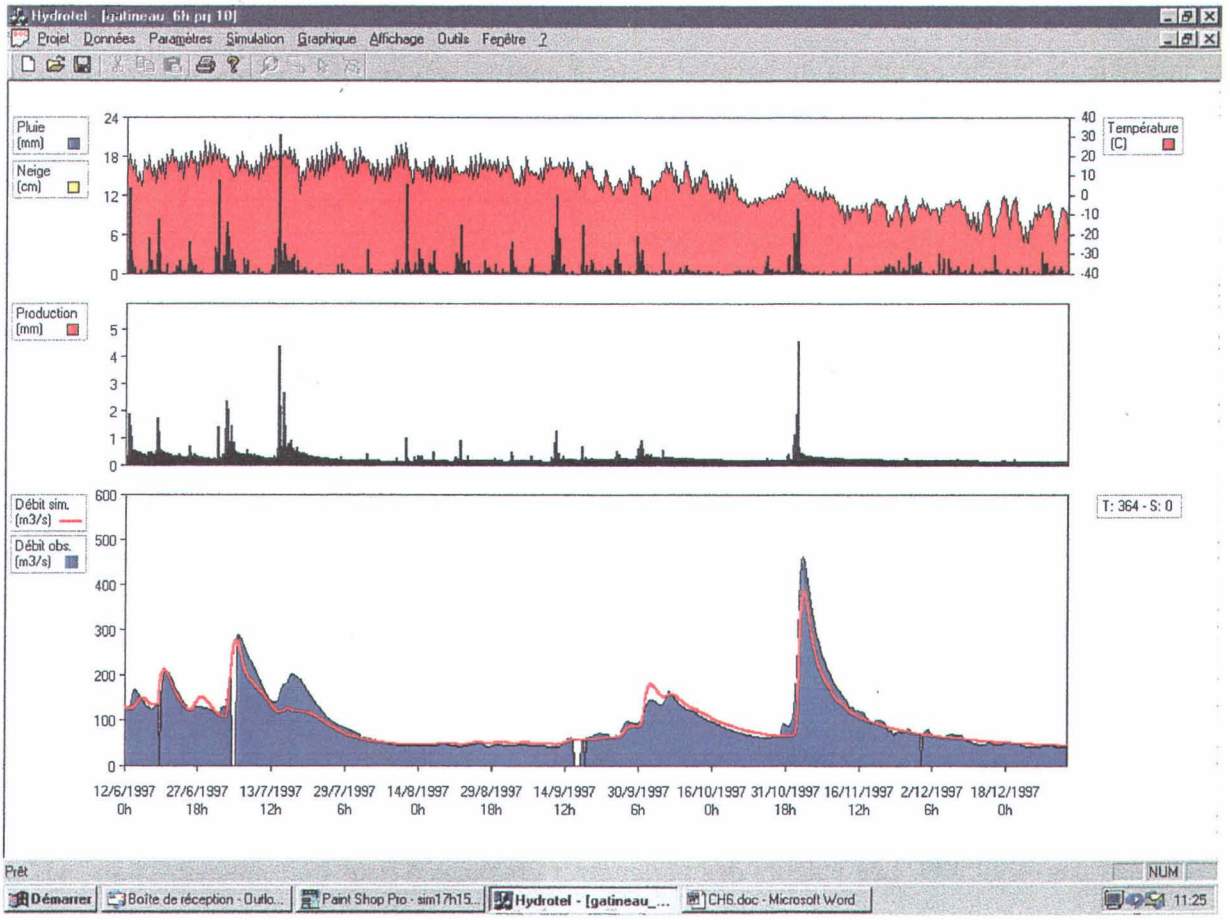

Figure 6.1 : Simulation des débits sur la rivière Gatineau à la station de Rapides Ceizur du 12 juin au 31 décembre 1997

Bien entendu, l'exemple de la figure 6.1 ne doit être considéré que comme un résultat préliminaire, quoique très encourageant, même pour la simulation des débits à un pas de temps de 6 heures. Au cours des prochains mois, nous comptons compléter l'étalonnage du modèle pour les périodes sans neige et passer à la simulation d'années complètes en utilisant la procédure de mise à jour du couvert nival à l'aide des relevés de neige au sol, procédure disponible dans HYDROTEL.

7 CONCLUSION

Une conclusion rapide s'impose.

Au cours du contrat actuel, nous avons réaliser l'ensemble des modifications proposées pour HYDROTEL afin de mieux intégrer le modèle au système de prévisions d'Hydro-Québec. De plus, compte tenu des délais très longs que nous avons subis pour obtenir les différentes données nécessaires à la mise en place du modèle HYDROTEL et à son étalonnage sur le bassin de la rivière Gatineau, nous en avons profité pour améliorer divers autres points du modèle, comme nous l'avons mentionné brièvement au début de ce rapport.

Il reste que le problème de l'acquisition de données demeure un problème crucial dans un projet comme celui que nous avons présentement. Ainsi, si nous considérons que la carte des sols utilisée présentement est probablement suffisamment précise, nous ne sommes pas sûrs que celle que nous avons pour décrire l'occupation du sol le soit. Cette dernière carte indique qu'une très grande partie du bassin est recouverte d'une végétation de forêt mixte, les forêts de conifères et celles de feuillus n'occupant qu'un faible pourcentage du bassin. Cela implique que pour la fonte de neige, nous n'avons, à toutes fins utiles, qu'une seule classe de forêt. Cela peut influencer la possibilité du modèle de répartir dans le temps la fonte en forêt de conifère de celle en forêt de feuillus. Nous souhaitons donc pouvoir obtenir la classification détaillée de l'occupation du territoire demandée au début de ce contrat et qui n'a pu encore être obtenue. Nous pourrons alors faire la comparaison avec la carte d'occupation du territoire moins détaillée que nous avons actuellement et vérifier si, pour les autres bassins d'Hydro-Québec, il serait utile, sinon nécessaire de recourir à une classification détaillée au 25m plutôt qu'à une classification au 1 km.

Enfin, les données météorologiques et hydrométriques sont essentielles au bon étalonnage d'un modèle. De concert avec l'IREQ, nous devrons analyser plus à fond les données disponibles, afin de nous assurer de leur utilité pour la mise en place du modèle HYDROTEL sur le bassin de la rivière Gatineau et sur les autres bassins d'Hydro-Québec. En particulier, il faudra savoir quelle confiance accorder à ces données pour l'ensemble des événements hydrologiques répertoriés. Pour cela, les simulations déjà réalisées avec le modèle hydrologique d'Hydro-Québec seront très

utiles, en pointant de possibles problèmes dans ces données. Si HYDROTEL pointe vers les mêmes problèmes, il ne faudra pas chercher à ajuster l'un ou l'autre modèle, ce qui sera un gain de temps et une confirmation que le problème ne vient probablement pas de l'un ou l'autre modèle, mais des données météorologiques ou hydrométriques. La modélisation hydrologique a cet avantage. Si le modèle est bien étalonné, il devrait fournir de bons résultats si les données météorologiques qui lui sont fournies le sont. Si les résultats sont mauvais, les données météorologiques ou les données hydrométriques sont alors à vérifier, tout en gardant un œil sur le comportement du modèle.

8 REFERENCES

Fortin J.P., Turcotte R. et Royer A. (2000). Intégration d'Hydrotel au système de prévision d'Hydro-Québec. Rapport No R567. INRS-Eau. 31 p.

Fortin, J.P., Bernier, M. (1999). 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. INRS-Eau, Sainte-Foy, Québec. 14 p. + annexes.

Fortin, J.P., Bernier, M. (2000). Proposition pour l'intégration d'Hydrotel au système de prévision d'Hydro-Québec et la simulation des apports sur la rivière Gatineau. Proposition à l'Institut de recherche d'Hydro-Québec. INRS-Eau, Sainte-Foy, Québec. 13 p. + annexes.

Fortin, J.P., Turcotte, R., Gauthier, Y., Royer, A., Bernier, M. (1999a). Simulations de crues maximales probables et prévisions des apports sur le bassin de la rivière Mitis par le modèle HYDROTEL, Rapport d'étape No R-551a, INRS-Eau, Sainte-Foy, 103 p. + annexe.

Fortin, J.P., Turcotte, R., Gauthier, Y., Royer, A., Bernier, M. (2000). Extrait du rapport : Simulations de crues maximales probables et prévisions des apports sur le bassin de la rivière Mitis par le modèle HYDROTEL, Rapport d'étape No R-551s1, INRS-Eau, Sainte-Foy, 85 p. + annexe.

Fortin, J.P., Turcotte, R., Royer, A. (1999b). Ajustement du modèle hydrologique Hydrotel pour la prévision d'apports sur le bassin de la rivière Mitis, Rapport de recherche No R-554, INRS-Eau, Sainte-Foy, 37 p.

World Meteorological Organization, WMO (1992). Simulated Real-Time Intercomparison of hydrological models, Operational Hydrology Report No.38, WMO – No. 779, Genève, 241 p.