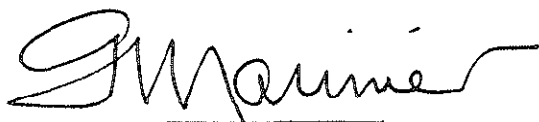


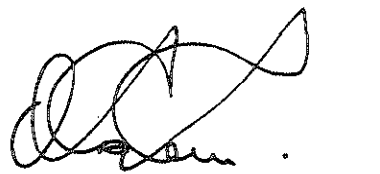
**RAPPORT DU COMITÉ D'EXPERTS  
SUR LES CRUES EXCEPTIONNELLES  
DU LAC-RÉSERVOIR KÉNOGAMI**

Ce rapport a été préparé par les membres du Comité avec la participation des spécialistes du groupe Ingénierie, Approvisionnement et Construction d'Hydro-Québec.

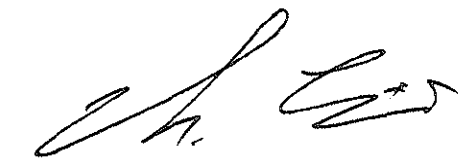
Les membres du Comité remercient très sincèrement toutes les personnes qui ont apporté leur soutien à la préparation de ce rapport.



Gilles Marinier, ing., M.Sc.  
Président du Comité



Octave Caron, ing., M.Sc.



Christian Guillaud, ing., M.Sc.

---

## TABLE DES MATIÈRES

|   | Page      |
|---|-----------|
| <b>1.0 INTRODUCTION .....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1 RAPPEL DU MANDAT.....   | 2         |
| 1.2 SCÉNARIOS SOUMIS À L'EXAMEN.....  | 2         |
| 1.3 AUTRES SUJETS À ABORDER .....   | 3         |
| 1.4 LIMITE DU MANDAT.....   | 4         |
| <b>2.0 MÉTHODOLOGIE, CRITÈRES DE SÉCURITÉ ET DONNÉES DE BASE.....</b>               | <b>5</b>  |
| 2.1 MÉTHODOLOGIE .....  | 5         |
| 2.2 CRITÈRES DE SÉCURITÉ DES PERSONNES ET DES BIENS.....                            | 5         |
| 2.3 DONNÉES DE BASE.....  | 9         |
| <b>3.0 DÉFINITION DES CRUES EXTRÊMES .....</b>                                      | <b>12</b> |
| 3.1 CRUE DE JUILLET 1996 .....  | 12        |
| 3.2 CRUES SUPÉRIEURES À CELLE DE JUILLET 1996.....                                  | 13        |
| 3.3 COMPARAISON DES RÉSULTATS .....   | 14        |
| 3.4 FIABILITÉ ET PRÉCISION DES RÉSULTATS .....                                      | 14        |
| <b>4.0 SCÉNARIO A .....</b>   | <b>16</b> |
| 4.1 REHAUSSEMENT DES DIGUES ET DES PARAPETS DES BARRAGES.....                       | 16        |
| 4.2 ACCROISSEMENT DE LA CAPACITÉ D'ÉVACUATION ET MODERNISATION DES ÉVACUATEURS..... | 18        |
| 4.3 EXCAVATION D'UN SEUIL NATUREL SUR LA RIVIÈRE AUX SABLES .....                   | 20        |
| 4.4 ÉCHÉANCIER DU SCÉNARIO A .....  | 22        |
| 4.5 ESTIMATION DES COÛTS DU SCÉNARIO A.....   | 22        |
| 4.6 NIVEAU DE PROTECTION DU SCÉNARIO A .....  | 26        |
| 4.7 VALEUR DES DOMMAGES RÉSIDUELS DU SCÉNARIO A.....                                | 28        |
| <b>5.0 SCÉNARIO B .....</b>   | <b>35</b> |
| 5.1 REHAUSSEMENT DES DIGUES ET DES PARAPETS DE BARRAGES .....                       | 35        |
| 5.2 ACCROISSEMENT DE LA CAPACITÉ D'ÉVACUATION ET MODERNISATION DES ÉVACUATEURS..... | 37        |
| 5.3 EXCAVATION D'UN SEUIL NATUREL SUR LA RIVIÈRE AUX SABLES .....                   | 38        |
| 5.4 AMÉNAGEMENT DES RÉSERVOIRS RE 1 ET RC 1 .....                                   | 39        |
| 5.5 CENTRALES.....  | 41        |
| 5.6 ÉCHÉANCIER DU SCÉNARIO B.....   | 42        |
| 5.7 ESTIMATION DES COÛTS DU SCÉNARIO B.....   | 42        |

---

|  |           |
|--|-----------|
| 5.8 NIVEAU DE PROTECTION DU SCÉNARIO B .....   | 42        |
| 5.9 VALEURS DES DOMMAGES RÉSIDUELS DU SCÉNARIO B .....   | 46        |
| 5.10 BÉNÉFICES ANNEXES DU SCÉNARIO B .....   | 46        |
| <b>6.0 SCÉNARIO C .....</b>  | <b>51</b> |
| 6.1 REHAUSSEMENT DES DIGUES ET DES PARAPETS DES BARRAGES.....  | 51        |
| 6.2 ACCROISSEMENT DE LA CAPACITÉ D'ÉVACUATION ET MODERNISATION DES OUVRAGES<br>RÉGULATEURS .....   | 51        |
| 6.3 EXCAVATION DES SEUILS SUR LES RIVIÈRES CHICOUTIMI ET AUX SABLES .....  | 51        |
| 6.4 AMÉNAGEMENT DU RÉSERVOIR EPC .....   | 52        |
| 6.5 CENTRALE EPC .....   | 54        |
| 6.6 ÉCHÉANCIER DU SCÉNARIO C.....  | 54        |
| 6.7 ESTIMATION DES COÛTS DU SCÉNARIO C .....   | 55        |
| 6.8 NIVEAU DE PROTECTION DU SCÉNARIO C .....   | 55        |
| 6.9 VALEURS DES DOMMAGES RÉSIDUELS DU SCÉNARIO C .....   | 57        |
| 6.10 BÉNÉFICES ANNEXES DU SCÉNARIO C.....  | 57        |
| <b>7.0 CONSTATS.....</b>   | <b>62</b> |
| 7.1 ÉTUDES DE CRUES RÉALISÉES À CE JOUR .....  | 62        |
| 7.2 VALEUR TECHNIQUE DES SCÉNARIOS PROPOSÉS.....   | 62        |
| 7.3 UTILISATION DE LA GESTION PRÉVISIONNELLE.....  | 64        |
| 7.4 ACCROISSEMENT DE LA CAPACITÉ ET DE LA SÉCURITÉ D'ÉVACUATION AUX OUVRAGES<br>RÉGULATEURS DE PORTAGE-DES-ROCHES ET DE PIBRAC EST ET OUEST..... | 65        |
| 7.5 REHAUSSEMENT DES DIGUES ET DES PARAPETS DES BARRAGES.....  | 66        |
| 7.6 EXCAVATION DES SEUILS SUR LA RIVIÈRE AUX SABLES .....  | 67        |
| 7.7 DIFFICULTÉS DE MISE EN ŒUVRE DE CHACUN DES SCÉNARIOS.....  | 68        |
| 7.8 RÉSULTATS COMPARATIFS DES SCÉNARIOS .....  | 69        |
| 7.9 COÛT DES SCÉNARIOS ET BÉNÉFICES POTENTIELS .....   | 70        |
| 7.10 AUTRES ÉLÉMENTS DE COÛTS .....  | 71        |
| 7.11 RECONSTRUCTION ET RÉTABLISSEMENT SUITE AU PASSAGE D'UNE CRUE EXCEPTIONNELLE .....   | 72        |
| 7.12 PRATIQUES QUÉBÉCOISES ET INTERNATIONALES EN MATIÈRE DE CONTRÔLE DES INONDATIONS ..  | 73        |
| 7.13 SYSTÈMES D'ALERTE ET PLAN D'ÉVACUATION .....  | 73        |
| 7.14 ORIENTATION QUANT À LA POURSUITE DES ÉTUDES ET DES TRAVAUX .....  | 74        |
| <b>RÉFÉRENCES .....</b>  | <b>76</b> |

---

## 1.0 INTRODUCTION

La pluie très abondante qui s'est abattue sur le bassin versant du lac-réservoir Kénogami les 19 et 20 juillet 1996 a provoqué des crues exceptionnelles sur les deux exutoires. Bien qu'il n'y ait eu aucune perte de vie, les dommages causés aux biens publics et privés s'élèvent à plus de 400 millions de dollars et certains travaux remédiateurs sont encore à venir.

Devant l'ampleur des dégâts, le gouvernement du Québec a créé la Commission scientifique et technique sur la sécurité des barrages afin d'analyser ce désastre et de formuler des recommandations quant aux moyens à prendre pour atténuer les conséquences de semblables phénomènes à l'avenir.

Certaines des recommandations de la Commission ont déjà été mises en application comme, par exemple, l'amélioration du système d'observation des phénomènes météorologiques et la réalisation de plusieurs études techniques visant à mieux définir les caractéristiques hydrologiques de ce bassin. De même, une étude de solutions visant la gestion des crues exceptionnelles a été réalisée à l'automne 1997 et a permis de cibler celles qui semblent les plus intéressantes.

Ayant convenu, dans le respect des normes de sécurité des barrages, que tous les ouvrages de retenue des bassins en amont des villes de Chicoutimi et de Jonquière doivent résister au passage de la crue maximale probable (CMP), le ministère de l'Environnement (MENV) et Hydro-Québec ont réalisé une étude conjointe de la crue maximale probable du bassin du lac-réservoir Kénogami. Ce travail a été complété en décembre 1998.

Concurremment, diverses solutions d'aménagement potentiellement intéressantes ont été élaborées ou révisées par des équipes différentes sans toutefois uniformiser les critères d'études ou poursuivre les différents aspects au même niveau de précision.

C'est donc afin de réunir, d'uniformiser et de commenter l'ensemble des données nécessaires à une prise de décision quant à la poursuite d'une solution de contrôle des crues extrêmes que le Gouvernement a formé un comité d'experts et lui a confié le mandat défini ci-dessous.

## 1.1 RAPPEL DU MANDAT

Le Comité a pour mandat de faire rapport de ses observations et opinions en regard de trois scénarios de gestion des crues extrêmes des bassins versants du lac-réservoir Kénogami et des rivières aux Sables et Chicoutimi, ainsi que de définir l'ordre de grandeur des coûts directs et indirects de chacun de ces scénarios et d'indiquer la fiabilité de ces estimations.

Le Comité est formé de messieurs Gilles Marinier, ing., nommé par le ministère des Transports, Christian Guillaud, ing., nommé par le ministère de l'Environnement, et Octave Caron, ing., nommé par Hydro-Québec.

## 1.2 SCÉNARIOS SOUMIS À L'EXAMEN

Les scénarios examinés sont décrits aux sections 4, 5 et 6 de ce rapport et leur définition sommaire \* est la suivante :

### *Scénario A*

Scénario basé sur un rehaussement de certains ouvrages du lac-réservoir Kénogami et l'arasement de seuils naturels de contrôle sur les rivières Chicoutimi et aux Sables [MENV, 1999].

---

\* Définitions en début de mandat mais qui ont été modifiées par la suite.

### *Scénario B*

Scénario comprenant deux réservoirs à l'amont du lac-réservoir Kénogami dont l'un sur la rivière aux Écorces (RE 1) et l'autre sur la rivière Pikauba (RC 1); ce scénario comprend deux possibilités, soit la construction des deux réservoirs seulement afin de contrôler les crues (scénario B1), ou encore l'ajout aux réservoirs de centrales hydroélectriques à l'aval de ceux-ci (scénario B2). Ce scénario B comprend aussi un rehaussement de certains ouvrages du lac-réservoir Kénogami et l'arasement de seuils naturels sur les rivières Chicoutimi et aux Sables.

### *Scénario C*

Scénario comprenant un seul réservoir (EPC) à l'amont du lac-réservoir Kénogami, sur le cours aval de la rivière Pikauba, captant la majeure partie des bassins des rivières aux Écorces, Pikauba et Cyriac, ainsi que la construction d'une centrale hydroélectrique souterraine de 141 MW. Comme dans le cas des scénarios A et B, ce scénario comprend aussi un rehaussement de certains ouvrages du lac-réservoir Kénogami et l'arasement de seuils sur les rivières Chicoutimi et aux Sables.

## **1.3 AUTRES SUJETS À ABORDER**

En plus d'apporter des commentaires sur les scénarios A, B et C, le Comité a abordé les sujets suivants:

- niveau de sécurité et de dommages en situation de crues extrêmes et en situation de crues ordinaires pour les populations et les milieux habités et industrialisés situés en amont, sur le pourtour des ouvrages de retenue des eaux et en aval des ouvrages;
- qualités et défauts de chaque scénario au chapitre de la rapidité, de la fiabilité et de l'efficacité des manoeuvres et des opérations à respecter en situation de crues extrêmes;

- valeur des dommages résiduels et description sommaire du type et de la durée de la reconstruction et du rétablissement subséquent;
- facilités et difficultés de mise en oeuvre du scénario (nature des obstacles et des avantages inhérents à chaque scénario);
- les pratiques québécoises et internationales en matière de contrôle des inondations;
- la comparaison des coûts des scénarios en fonction de leurs avantages et inconvénients ainsi que leur rentabilité économique;
- toute autre observation ou opinion jugée pertinente.

#### 1.4 LIMITE DU MANDAT

La réalisation du mandat s'appuie sur les documents et études mis à la disponibilité du Comité et dont la liste est présentée en annexe à ce rapport. Il est de plus supposé que ces sources sont exemptes d'erreurs grossières qui les rendraient invalides. Le travail du Comité ne comprend donc aucune vérification ni optimisation des études disponibles.



## 2.0 MÉTHODOLOGIE, CRITÈRES DE SÉCURITÉ ET DONNÉES DE BASE

### 2.1 MÉTHODOLOGIE

La démarche retenue comprend les étapes suivantes:

- revue des documents communiqués au Comité (liste des références) et analyse sommaire des résultats qu'ils contiennent ;
- revue des scénarios visés dans le mandat ;
- définition des crues extrêmes ;
- application des plans de gestion des réservoirs en cas de crues extrêmes ;
- revue des travaux à réaliser autour du lac-réservoir Kénogami pour chacun des scénarios ;
- revue des travaux à réaliser sur les rivières Chicoutimi et aux Sables pour chacun des scénarios ;
- revue des travaux à effectuer sur les retenues amont (scénarios B et C);
- revue des estimations des coûts directs et indirects des travaux et avis quant à leur fiabilité ;
- revue des estimations des dommages en cas de crues extrêmes pour chacun des scénarios;
- évaluation des besoins d'évacuation des populations et avis quant à la faisabilité d'évacuations importantes ;
- formulation des constats découlant des étapes précédentes ;

### 2.2 CRITÈRES DE SÉCURITÉ DES PERSONNES ET DES BIENS

Pour la protection contre les effets des catastrophes naturelles, deux cas sont distingués :

- la protection de la vie et de la santé des personnes en danger;
- la protection des biens matériels, privés et publics.

*CRITÈRES RELATIFS À LA PROTECTION DE LA VIE DES PERSONNES*

La protection de la vie des personnes doit être assurée avec le plus haut degré de fiabilité possible. Pour le cas des crues, cette protection consiste, pour les cas extrêmes, à assurer une évacuation ordonnée des populations situées dans les zones d'inondation potentielles. L'expérience internationale montre que, lorsqu'un plan d'évacuation existe et que l'alerte est donnée au minimum trois heures avant l'arrivée de la crue, il n'y a pas de perte de vie à déplorer.

Dans le cas du bassin du lac-réservoir Kénogami, le temps d'alerte serait supérieur à trois heures puisque d'une part le temps de concentration du bassin\* est de l'ordre de 24 heures et d'autre part les débits dans les rivières aux Sables et Chicoutimi sont ensuite contrôlés durant encore plusieurs heures par les ouvrages de Portage-des-Roches et de Pibrac.

En plus de l'évacuation des personnes, il faut s'assurer que, lors du passage de la crue, des événements engendrés par cette dernière ne viennent mettre en danger la vie et la santé des personnes. Ces événements à éviter sont :

- la rupture par débordement de barrages ou de digues entraînant un relâchement incontrôlé, dans un temps très bref, de très grands volumes d'eau et laissant peu de temps pour l'évacuation des personnes;
- la destruction de voies de communication essentielles, des ponts en particulier, mettant ainsi en danger le succès des opérations d'évacuation et de secours;
- la destruction d'édifices contenant des substances dangereuses, les contenants de chlore des usines de filtration par exemple.

---

\* Temps de concentration du bassin: le temps qui s'écoule entre la chute de la pluie et l'arrivée de la crue à un point donné.

---

### *CRITÈRES RELATIFS À LA PROTECTION DES BIENS MATÉRIELS*

Il convient de protéger les biens matériels contre les dommages causés par les catastrophes naturelles. Cependant, il doit y avoir une commune mesure entre les sommes investies pour garantir cette protection et le coût et la probabilité d'occurrence des dommages.

On trouvera ci-après une revue de la pratique dans le monde relativement au niveau de protection des biens matériels.

#### *La pratique québécoise*

Jusqu'à maintenant, la pratique québécoise dans le domaine de la protection des biens matériels contre les inondations a été de fournir une protection contre les crues de fréquence centennale.

#### *La pratique canadienne*

Le programme canadien fédéral-provincial de cartographie des zones inondables et de travaux remédiateurs contre les crues, qui a été en vigueur du milieu des années 70 jusqu'en 1997, prévoyait de protéger les zones inondables contre les crues ayant une fréquence centennale. Au-delà de cette fréquence, les dommages sont payés en partie par le programme selon des conditions pré définies.

#### *Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB)*

Un bulletin de la Commission Internationale des Grands Barrages [CIGB, en préparation] indique que les protections fournies contre les dommages matériels causés par les crues varient dans le monde :

- zones rurales :  
protection contre les crues de fréquence une fois dans 20 ans à une fois dans 50 ans;
- zones urbaines :  
protection contre les crues de fréquence une fois dans 50 ans à une fois dans 200 ans.  
Cependant, si des raisons économiques, sociales ou environnementales le justifient, la

protection peut être portée à une fois dans 500 ans et même à une fois dans 1000 ans dans les cas de très grandes villes à l'aval.

### *La pratique aux États-Unis*

Aux États-Unis, le Corps of Engineers [USACE,1999] a adopté depuis une vingtaine d'années le critère économique pour le dimensionnement des ouvrages de protection le long des grands cours d'eau (Mississippi en particulier) où des barrages sont entièrement ou partiellement destinés à la protection contre les crues.

Les ouvrages construits offrent des fréquences de protection allant de une fois dans 20 ans dans les zones rurales à une fois dans 500 ans pour les grandes concentrations urbaines, comme la ville de Saint Louis par exemple [USACE, 1994].

### *La pratique suisse*

Le gouvernement fédéral suisse [OFFICE FÉDÉRAL, 1995a, 1995b] a émis des directives pour la conception des ouvrages de protection contre les crues. Cette protection varie de une fois dans 20 ans pour les zones rurales à une fois dans 300 ans pour les zones urbaines importantes.

### *La pratique française*

Une loi a été votée en France en 1996 décrétant que les ouvrages de protection doivent être dimensionnés pour la crue centennale ou pour la plus forte crue observée si celle-ci est supérieure à la crue centennale [JOURNAL OFFICIEL, 1996].

### *La pratique néerlandaise*

Lors de la reconstruction des digues côtières du delta du Rhin [DIJKMAN J., et al., 1997] suite aux graves inondations de février 1953 qui avaient fait plus de 2000 morts, le critère adopté était de reconstruire pour des fréquences de une fois dans 4000 ans à une fois dans 10 000 ans. Il faut cependant considérer que les zones protégées sont des polders situés sous le niveau de la

mer, et que la rupture des digues causerait l'inondation par la mer d'un vaste territoire et probablement encore une fois de nombreuses victimes.

Des discussions se sont tenues récemment aux Pays-Bas pour décider de la protection à apporter à la partie amont du delta du Rhin et de la Meuse. Le niveau de protection adopté pour ces nouveaux travaux évalués à 600 millions de dollars US est de une fois dans 1250 ans.

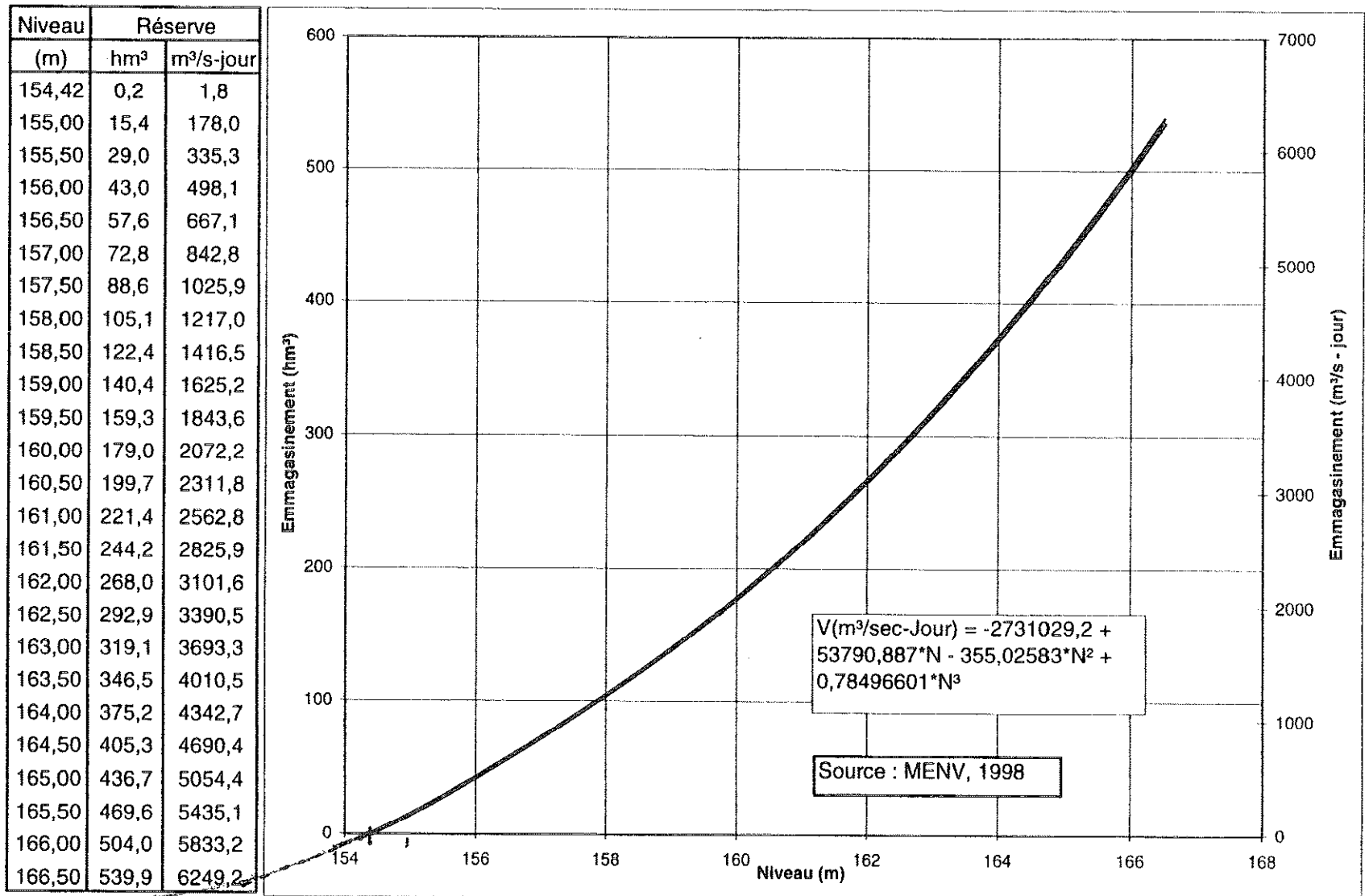
### *La pratique chinoise*

En Chine, des populations de plusieurs dizaines de millions de personnes sont concentrées dans les zones inondables des bassins du fleuve Jaune et du Yang Tzé. Les autorités chinoises [LIANG ZHIXIN, 1997] construisent présentement des ouvrages gigantesques sur ces fleuves dont la fonction première est la protection contre les crues : ce sont les barrages de Xiao Lang Di sur le fleuve Jaune et des Trois Gorges sur le Yang Tzé. Ces deux ouvrages sont conçus pour protéger les zones inondables à l'aval pour une fréquence de une fois dans 1000 ans.

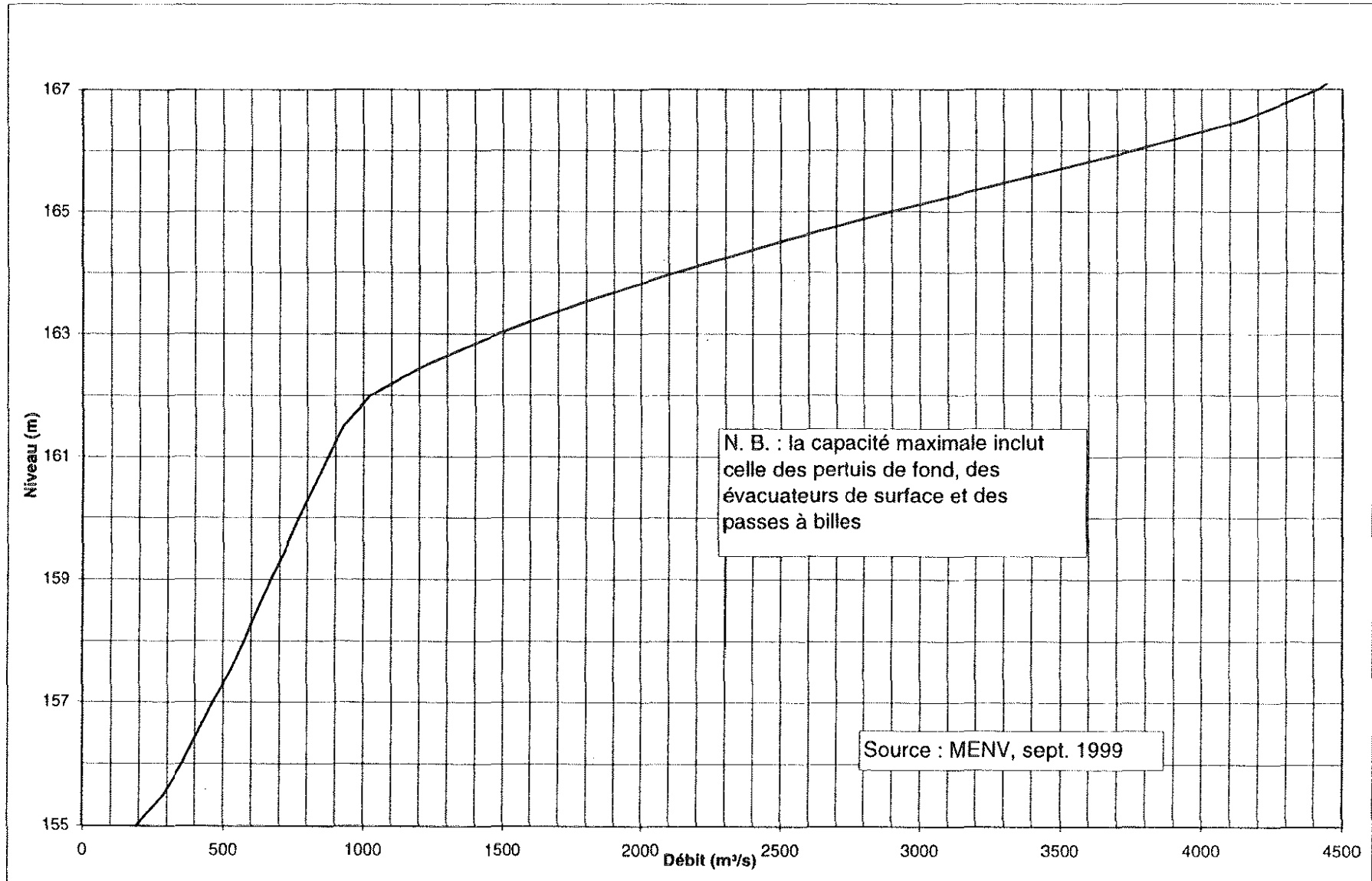
## **2.3 DONNÉES DE BASE**

Les principales données de base sont:

- courbe d'emmagasinement du lac-réservoir Kénogami (figure 2.1);
- courbe de capacité des ouvrages régulateurs Portage-des-Roches et Pibrac Est et Ouest (figure 2.2); cette courbe a été ajustée par rapport à celle qui a été utilisée pour les études de CMP en 1998 [THERRIEN, F., 1999];
- niveau d'eau au début de la crue de printemps: 155,0 m;
- cote maximale d'exploitation: 164,16 m;
- niveau d'eau maximal à la pointe de la crue de 1996: 166,07 m.



**Figure 2.1**  
**Courbe d'emmagasinement du lac-réservoir Kénogami**



**Figure 2.2**  
**Capacité maximale des ouvrages d'évacuation du lac-réservoir Kénogami**

### 3.0 DÉFINITION DES CRUES EXTRÊMES

#### 3.1 CRUE DE JUILLET 1996

Au mois de juillet de 1996, une pluie catastrophique s'est abattue sur la région du Saguenay, engendrant des dommages de plus de 400 millions de dollars. Il est tombé sur le bassin versant du lac-réservoir Kénogami 860 hm<sup>3</sup> d'eau, dont 589 hm<sup>3</sup> ont ruisselé dans le réservoir proprement dit entre les 19 et 24 juillet. Il n'aura fallu que 18 heures pour passer d'une situation normale, où le débit d'entrée au réservoir était de 200 m<sup>3</sup>/s, à une situation extrême, où ce débit a atteint 2 780 m<sup>3</sup>/s.

Des 589 hm<sup>3</sup> d'eau déversés dans le réservoir, 130 hm<sup>3</sup> y ont temporairement été emmagasinés et 459 hm<sup>3</sup> ont été évacués par les exutoires normaux, c'est-à-dire la rivière aux Sables et la rivière Chicoutimi, de même que par le ruisseau Jean-Dechêne, exutoire formé à cause du débordement aux digues Creek Outlet. Durant la pointe de la crue, le débit de sortie dans ces exutoires a largement excédé le seuil majeur d'inondation de ces cours d'eau, comme l'indique le tableau 3.1 suivant:

TABLEAU 3.1

*Crue de 1996 - Débits aux exutoires, m<sup>3</sup>/s*

|                             | Rivière aux Sables | Rivière Chicoutimi | Ruisseau Jean-Dechêne | Total |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-------|
| Seuil majeur d'inondation * | 170                | 310                | - **                  | 480   |
| Débit de sortie             | 653                | 1 100              | 103                   | 1 856 |

\* On définit comme seuil majeur d'inondation le débit aux exutoires à partir duquel le niveau de l'eau atteint les habitations en bordure de ces cours d'eau.

\*\* Le seuil d'inondation du ruisseau est inconnu, car ce cours d'eau ne sert normalement pas d'exutoire au lac-réservoir Kénogami.

La cote critique d'inondation du pourtour du lac-réservoir Kénogami (aucun dommage) est de 164,5 m. Au cours de la crue de 1996, le niveau d'eau du réservoir s'est élevé à la cote



166,07 m. Quand le niveau du réservoir atteint la cote 165,27 m, les dommages résidentiels sur son pourtour sont déjà de l'ordre de 1M\$ [INRS-EAU, 1997].

### 3.2 CRUES SUPÉRIEURES À CELLE DE JUILLET 1996

Le bassin versant du lac-réservoir KénoGami pourrait subir des crues encore plus importantes que celle de juillet de 1996 dont la plus forte serait la crue maximale probable (CMP) qui est définie comme suit:

La Crue Maximale Probable (CMP) est la crue la plus forte pouvant se produire en un site donné, due à une combinaison raisonnablement possible de conditions météorologiques extrêmes (pluie, neige et température).

La valeur de la CMP se calcule en tenant compte d'une combinaison raisonnable de conditions climatiques extrêmes ainsi que d'autres facteurs tels les caractéristiques physiographiques du bassin versant.

Il existe deux types de CMP: celle de printemps qui comporte la fonte d'un couvert de neige et celle d'été-automne qui se limite aux pluies.

Dans le cas de la crue de printemps, deux combinaisons distinctes sont considérées raisonnables:

1. un hiver rigoureux, dont l'importance des accumulations de neige ne se voit qu'une fois en 100 ans suivi d'un printemps tardif où le couvert neigeux fond rapidement. La valeur obtenue est combinée à celle de la pluie maximale probable (PMP), soit la pluie la plus importante qui pourrait tomber à cette période de l'année;

2. le pire hiver possible où les tempêtes de neige se succèdent pour générer l'accumulation de neige maximale probable (ANMP). La valeur obtenue est combinée à celle de la pluie la plus importante qui pourrait tomber en 100 ans.

Pour calculer la valeur de la CMP d'été-automne, la combinaison suivante des événements météorologiques est considérée: une période d'humidité prolongée, qui vient saturer le sol du bassin versant, suivie de la PMP d'été-automne.

La génération de la CMP se fait à l'aide d'un modèle de ruissellement qui permet de calculer les apports à un site donné à partir des conditions météorologiques et des caractéristiques physiographiques du bassin versant pour ce site. Plusieurs modèles existent à travers le monde. Dans le cas de l'étude des CMP pour le lac-réservoir Kénogami effectuée conjointement par le ministère de l'Environnement (MENV) et Hydro-Québec, il a été convenu d'utiliser trois modèles de ruissellement soit: le modèle HSAMI, le modèle SSARR et le modèle CEQUEAU [BRUNEAU, P. et al., 1998].

### 3.3 COMPARAISON DES RÉSULTATS

Le tableau 3.2 de la page suivante montre la valeur de la CMP calculée pour le lac-réservoir Kénogami dans les conditions actuelles. Bien que chaque modèle conduise à des résultats qui diffèrent quelque peu, les valeurs obtenues constituent des représentations valables des CMP de printemps et d'été-automne.

### 3.4 FIABILITÉ ET PRÉCISION DES RÉSULTATS

Les résultats obtenus fournissent une estimation fiable de la CMP. Dans le cas du débit horaire maximal de sortie, on évalue cette précision à  $\pm 10\%$ . Pour ce qui est des niveaux d'eau atteints, la précision est de l'ordre de 10 cm. Pour la suite des études, il a été décidé de retenir les résultats du modèle SSARR pour comparer différents scénarios.

Il convient de remarquer que le modèle SSARR est celui qui fournit les évaluations les plus fortes pour la CMP. Il est donc le plus pessimiste pour ce qui est des performances des différents scénarios.

TABLEAU 3.2

*CMP du bassin versant du lac-réservoir Kénogami dans l'état actuel*

*Règles de gestion des crues selon plan de gestion 1982 et seuil actuel d'inondation en rivière*

| Type de CMP | Modèle  | Volume <sup>a</sup><br>hm <sup>3</sup> | Débit entrant maximal<br>m <sup>3</sup> /s |                      | Débit sortant maximal <sup>c</sup><br>m <sup>3</sup> /s |         | Niveau maximal du réservoir<br>m |
|-------------|---------|--|--|----------------------|---|---------|----------------------------------|
|             |         |  | Journalier                                 | Horaire <sup>b</sup> | Journalier  | Horaire |                                  |
| Printemps   | HSAMI   | 2 445                                  | 4 256                                      | 5 182                | 4 050   | 4 557   | 166,47                           |
|             | SSARR   | 2 745                                  | 4 730                                      | 5 648                | 4 393   | 4 642   | 166,55                           |
|             | CEQUEAU | 2 080                                  | 4 417                                      | 5 208                | 3 346   | 4 332   | 166,38                           |
|             | Moyenne |  |  |                      | 3 930   | 4 510   | 166,47                           |
| Été-automne | HSAMI   | 775                                    | 3249                                       | 4 150                | 2 745   | 3 062   | 165,72                           |
|             | SSARR   | 677                                    | 3 119                                      | 5 050                | 2 943   | 3 204   | 165,84                           |
|             | CEQUEAU | 686                                    | 2 944                                      | 3 549                | 2 683   | 2 854   | 165,54                           |
|             | Moyenne |  |  |                      | 2 790   | 3 040   | 165,70                           |

<sup>a</sup> Le volume de la CMP d'été-automne a été calculé pour une crue qui durerait cinq jours tandis que celui de la CMP de printemps a été calculé pour une crue qui durerait 90 jours et qui se produirait entre les 1<sup>er</sup> avril et 29 juin.

<sup>b</sup> Les valeurs fournies ne résultent pas de simulations horaires. Celle de la CMP d'été-automne du modèle SSARR provient d'une simulation effectuée aux trois heures et les autres, d'un ajustement des hydrogrammes obtenus de simulations journalières.

<sup>c</sup> Ces valeurs proviennent des calculs de 1998 qui ne tenaient pas compte des améliorations proposées.

## 4.0 SCÉNARIO A

Le scénario A retenu à ce jour est différent de celui qui fut proposé par le MENV en début de mandat. En effet, des études réalisées par Hydro-Québec au cours des derniers mois ont ajouté au rehaussement des digues autour du lac-réservoir Kénogami, un accroissement de la capacité des ouvrages régulateurs, une modernisation des vannes et des mécanismes de levage, une protection des tabliers de barrages contre le déferlement et une alimentation électrique de secours. Elles ont, par contre, éliminé l'excavation des seuils naturels dans la rivière Chicoutimi tout en conservant l'excavation des seuils dans la rivière aux Sables. La figure 4.1 montre les ouvrages de retenue du lac-réservoir Kénogami, les seuils naturels qui sont susceptibles d'être excavés et les centrales hydroélectriques existantes situées en aval. Le tableau 4.1 présente les principales caractéristiques du lac-réservoir Kénogami.

### 4.1 REHAUSSEMENT DES DIGUES ET DES PARAPETS DES BARRAGES

Les études de laminage des crues exceptionnelles suggèrent que, de façon préliminaire, on devrait retenir la valeur de 166,55 m pour une gestion sans réservoir amont (scénario A). Cette valeur a été obtenue en se basant sur les règles de gestion adoptées en 1982 [BOUCHARD, B. et al., 1997]; une optimisation supplémentaire sera requise suite à l'implantation de règles de gestion améliorées dont seules quelques-unes ont pu être explorées ici.

Dans son rapport [NICOLET, R. et al., 1997], la Commission scientifique et technique sur la gestion des barrages recommande de prévoir une revanche de 1,5 m au-dessus du niveau maximum critique, i.e. celui associé à la CMP la plus défavorable et de s'assurer que l'étanchéité des digues est à 0,5 m au-dessus de ce niveau de réservoir.

À Hydro-Québec, l'usage veut que l'on prévoit, pour les digues, une revanche de 3,0 m par rapport au niveau maximal normal d'exploitation et que l'on admette un empiètement de 1,0 m sur cette revanche en cas de CMP, ramenant ainsi la revanche à 2,0 m pour la CMP. Le

TABLEAU 4.1

*Caractéristiques actuelles du réservoir Kénogami*

|   |                         |
|---|-------------------------|
| Superficie du bassin versant  | 3 409 km <sup>2</sup>   |
| Superficie du réservoir au niveau 164,16 m  | 59,57 km <sup>2</sup>   |
| Nombre d'ouvrages de retenue  | 3 barrages et 9 digues  |
| Élévation en crête des ouvrages de retenue  | de 165,67 m à 167,41 m  |
| Niveau d'eau maximum normal   | 164,16 m                |
| Niveau d'eau maximum critique (niveau d'étanchéité de la digue la plus basse)                               | 165,37 m                |
| Niveau d'eau maximum en juillet 1996  | 166,07 m                |
| Cote critique d'inondation du pourtour du réservoir (aucun dommage)   | 164,50 m                |
| Niveau d'eau minimum de départ pour le laminage de la crue de printemps (à partir du 1 <sup>er</sup> avril) | 155,00 m                |
| Volume utile entre 154,4 et 164,16 m  | 384,5 hm <sup>3</sup>   |
| Volume moyen de crue de printemps   | 997 hm <sup>3</sup>     |
| Apport naturel moyen  | 76,1 m <sup>3</sup> /s  |
| Débit maximal total sortant du réservoir en juillet 1996  | 1 856 m <sup>3</sup> /s |

niveau de l'étanchéité demeure toutefois à 0,5 m au-dessus du niveau maximum critique atteint lors de la CMP la plus défavorable. On obtient ainsi une étanchéité à la cote de 167,05 m et une crête de digues à 168,55 m en l'absence de réservoir(s) à l'amont.

Pour les digues de Pibrac-Ouest, de Pibrac-Est et de Creek Outlet n<sup>o</sup> 3 et 2, la crête actuelle en béton est rehaussée sur toute sa largeur jusqu'à la cote de 167,05 m. Un mur supérieur en béton, épais de 1,0 m, est ensuite ajouté jusqu'à la cote de 168,55 m. Il n'y a pas de mise en place de remblais. On prévoit également enlever environ 20 cm de béton actuel avant d'intégrer le nouveau béton de la crête.

Pour les digues possédant un mur de béton comme élément d'étanchéité, la crête actuelle est arasée jusqu'à un niveau d'environ 0,5 m plus bas que le sommet du mur de béton actuel (digues de Coulée Gagnon, de Creek Outlet n° 1 et de Moncouche). Le parement amont est excavé, quant à lui, jusqu'à la cote de 162,0 m. Par la suite, le mur de béton est rehaussé, sur toute sa largeur, jusqu'à la cote de 167,05 m. La digue est rehaussée jusqu'à la cote de 168,55 m avec des matériaux granulaires. Un nouveau perré (1,0 m) et son coussin (0,5 m) sont remis en place entre les cotes de 162,0 m et 168,55 m. Ici aussi quelque 20 cm de béton seront enlevés du sommet actuel du mur de béton avant la mise en place du nouveau béton.

Dans le cas de la digue Ouiqui, on excave la crête et les parements amont et aval avant la mise en place de l'étanchéité, du perré amont et du parement aval.

Pour les ouvrages régulateurs, on prévoit rehausser le parapet amont jusqu'à la cote de 167,05 m et mettre en place des murets de protection autour des ouvertures des poutrelles, et ce, jusqu'à la cote de 167,05 m pour assurer l'accès aux équipements en tout temps.

Les travaux reliés aux digues et aux parapets des barrages sont décrits plus en détail dans [BEAUPRÉ, M., 1999b].

#### **4.2 ACCROISSEMENT DE LA CAPACITÉ D'ÉVACUATION ET MODERNISATION DES ÉVACUATEURS**

Afin d'améliorer la capacité d'évacuation des ouvrages régulateurs pour de bas niveaux d'exploitation (i.e. sous la cote de 163,8 m), les ouvertures des passes-à-billes et certaines ouvertures des déversoirs sont remplacées par des ouvertures plus profondes et plus larges. Les vannes métalliques de remplacement sont des vannes chauffées montées sur roues de dimensions variables. Les pièces encastrées actuelles sont remplacées. Les rainures de vannes sont chauffées. Des poutrelles amont sont prévues pour les vannes dont le seuil est à la cote 158,5 m. Le plancher des treuils pour les nouvelles vannes est à la cote de 174,0 m alors que celui des

vannes remplaçant les poutrelles de bois est à la cote de 171,0 m. On suppose que les pertuis de fond sont tous en bon état de fonctionnement et que l'alimentation électrique est suffisante pour alimenter les nouvelles vannes et leur chauffage.

L'alimentation électrique d'urgence se fera par génératrices au diesel. Elles ont été prévues pour opérer deux vannes à la fois avec démarrage séquentiel. Les génératrices peuvent être fixes ou mobiles. Les puissances prévues sont de 75 kW pour les évacuateurs de crues de Portage-des-Roches et de Pibrac-Ouest et de 50 kW pour celui de Pibrac-Est. Il faut prévoir le raccordement rapide de ces génératrices aux points d'utilisation.

À Pibrac-Ouest, on propose de remplacer les passes-à-billes n° 6 et 7 par une seule passe large de 9,145 m avec coursier à la cote de 158,54 m. On propose, en plus, de remplacer les passes n° 3 et 4 par une seule passe large de 8,84 m ayant son coursier à la cote de 158,54 m. Les poutrelles de bois des passes 1 et 2 sont remplacées par des vannes droites larges de 3,658 m et hautes de 3,26 m. Des modifications sont apportées au tablier pour assurer une largeur suffisante pour la circulation des véhicules. Une structure à tours et pont permet d'abriter les treuils pour les 4 vannes et de supporter le monorail pour les poutrelles en amont (passes 3-4 et 5-6).

À Pibrac-Est, on propose de remplacer les poutrelles des passes n° 4, 5, 6 et 7 par des vannes droites motorisées. Ces vannes sont larges de 4,572 m et hautes de 3,26 m. Une structure à tours et pont permet d'abriter les treuils pour les quatre vannes et de supporter le monorail pour les poutrelles en amont. Les poutrelles de bois des passes 1, 2 et 3 continuent d'être déplacées par le chariot treuil existant.

À Portage-des-Roches, la protection contre le débordement est assurée par un mur parapet amont, large de 0,25 m, rehaussé jusqu'à la cote de 167,05 m et par la mise en place de murs minces (0,25 m) surélevés, jusqu'à la cote de 167,05 m, autour des ouvertures des passes. Ces murs ne doivent pas gêner l'opération de la vanne et des poutrelles. Le tablier à 165,9 m n'est pas modifié. Les drains de la partie amont du tablier sont obturés et le drainage de surface est réorienté vers l'aval.

L'amélioration de la capacité d'évacuation pour de bas niveaux d'exploitation a été étudiée pour la cote de 163,8 m. On propose de remplacer les passes-à-billes n° 21 et 22 par une seule passe de 9,15 m de large ayant son coursier à la cote de 158,565 m. Des modifications sont apportées au tablier pour assurer une largeur suffisante pour la circulation des véhicules.

Une vanne plate de 9,15 m x 6,46 m est prévue (sommet à 165,00 m) avec son jeu de quatre poutrelles à l'amont. Une structure à tours et pont permet d'abriter le treuil pour la vanne et de supporter le monorail pour les poutrelles en amont.

Il n'y a actuellement aucune prévision pour la modernisation des passes avec poutrelles en bois.

Les travaux reliés aux ouvrages régulateurs sont décrits plus en détail dans [BEAUPRÉ, M., 1999b].

#### **4.3 EXCAVATION D'UN SEUIL NATUREL SUR LA RIVIÈRE AUX SABLES**

L'étude d'amélioration de certains seuils dans la partie amont des rivières Chicoutimi et aux Sables a été entreprise [BEAUPRÉ, M., 1999c]. Les travaux sur la rivière Chicoutimi sont importants, coûteux et présentent passablement plus d'impacts sur les deux rives que pour la rivière aux Sables. Les améliorations de la capacité hydraulique qui en résultent ne touchent qu'une courte section de la rivière (moins de 2,5 km). Elles ne permettent pas de régler les problèmes d'inondation observés au niveau du réservoir de la Chute-Garneau (pk 8 à 18,5) ni ceux observés dans certains secteurs à l'amont (pk 19,5 à 21,0). Pour ces raisons, on a concentré l'étude sur l'amélioration des seuils de la rivière aux Sables et délaissé complètement la rivière Chicoutimi. L'étude a démontré que les travaux au seuil du pk 10,6 de la rivière aux Sables (figure 4.5) présentaient le meilleur rapport bénéfices/coûts.



Des excavations sont requises à l'amont du pont St-Dominique (pk 10,35), pour porter le seuil mineur d'inondation de  $150 \text{ m}^3/\text{s}$  à  $620 \text{ m}^3/\text{s}$ . Le seuil majeur d'inondation est évalué à  $650 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Les caractéristiques du canal proposé sont les suivantes :

Partie amont: Excavations dans le canal de fuite de Pibrac-Ouest, entre les pk 10,92 et 11,15, larges de 40 m, longues d'environ 250 m, avec une pente longitudinale de 0,1 % et un radier à la cote de 152,1 m à l'aval. Les pentes latérales sont de 1,5H:1,0V. L'épaisseur maximum de matériaux à enlever est de 2 m. Le volume d'excavation atteint  $8\,500 \text{ m}^3$ .

Partie médiane: Le canal est large de 80 m et présente une pente longitudinale de 0,1 % avec des pentes latérales de 1,5H:1,0V. Le radier, à l'amont, est à la cote de 152,1 m et à l'aval de 151,8 m. L'épaisseur maximum de matériaux à excaver est de 4,5 m en bordure gauche du canal. La profondeur d'eau maximale est d'environ 3 m. Le volume d'excavation atteint  $25\,800 \text{ m}^3$ .

Partie aval: Des excavations sont proposées à l'aval du pk 10,58. Cette section du canal est creusée en rivière dans le prolongement de la partie médiane. Elle est large de 80 m, longue de 250 m (pk 10,30 à 10,55) et profonde, en moyenne, de 2 m. La profondeur d'eau maximale est inférieure à 1,5 m. Le volume d'excavation atteint  $40\,000 \text{ m}^3$ .

Les travaux d'excavation en rivière sont complexes puisqu'ils se font majoritairement en eaux rapides et peu profondes, ce qui demande la mise en place d'enceintes, d'épis et de plateformes pour contrôler la turbidité en aval. Un très bon contrôle des sautages (vibrations, projections), du bruit et de la poussière et une gestion étroite des évacuations par les ouvrages régulateurs Pibrac-Ouest et Pibrac-Est sont également requis. L'accès aux travaux peut se faire à partir des deux rives.

#### 4.4 ÉCHÉANCIER DU SCÉNARIO A

L'échéancier de réalisation du scénario A tel qu'étudié par Hydro-Québec est présenté à la figure 4.2. On remarquera que les études et l'obtention des autorisations occupent les trois premières années du projet. Les travaux reliés aux seuils de la rivière aux Sables et au rehaussement des digues du lac-réservoir Kénogami sont réalisés durant la quatrième année. Les travaux concernant l'amélioration des ouvrages régulateurs sont réalisés seulement dans la cinquième année à cause du délai d'approvisionnement des équipements mécaniques.

#### 4.5 ESTIMATION DES COÛTS DU SCÉNARIO A

Le tableau 4.2 présente un sommaire des coûts pour le scénario A. Le coût global estimé en dollars constants de 1999 est de 39 511 000\$. Les estimations ont été préparées selon les critères suivants [BÉRUBÉ, P. ET LESIÈGE, B., 1999].

- Les travaux sont réalisés par l'entreprise privée et l'estimation est structurée par lot.
- La structure d'estimation est conforme à l'approche d'Hydro-Québec, ce qui implique notamment:
  - la participation des groupes d'ingénierie interne et externe;
  - une gestion conforme aux normes de l'industrie et basée sur des organigrammes standards pour la gérance de projet et de chantier;
  - l'application d'une contingence sur les coûts par une analyse de risques;
  - l'application des frais généraux d'administration comprend: les frais du Siège social soit 0,67 % du coût de projet ainsi que 1,25 % pour la Direction principale Approvisionnement et Services (frais associés à l'acquisition);
  - selon le décret de la construction, l'horaire de base est de 50 heures par semaine pour tous les effectifs travaillant sur le chantier;
  - l'estimation comporte les frais indirects des entrepreneurs qui sont comptabilisés pour couvrir les coûts relatifs à l'administration, au support logistique, aux frais d'exploitation et

autres. De plus, des frais sont prévus pour les assurances, les risques, le financement et les profits de l'entrepreneur;

- ce chantier est considéré comme un chantier de ville, c'est-à-dire sans campement sur le site des travaux;
- l'estimation est présentée en dollars constants 1999 ainsi qu'en dollars courants;
- les taux d'inflation utilisés proviennent de l'unité Ressources Financières de la Direction principale Projets d'équipement d'Hydro-Québec en date de juin 1999 et s'établissent ainsi:

|              |      |
|--------------|------|
| 2000         | 2,0% |
| 2001         | 1,9% |
| 2002 et plus | 1,7% |

- les coûts reliés aux programmes de mise en valeur, SOTRAC, SOCOM et autres sont exclus.
- Pour assurer une évaluation réaliste du coût global du projet, la contingence doit compenser pour l'imprécision rencontrée au niveau de l'estimation des éléments suivants:
  - détails du contenu technique (incluant les éléments susceptibles d'être ajoutés et/ou optimisés);
  - connaissance du site (relevés techniques);
  - risques d'exécution (méthodes, productivité, aléas climatiques, etc.);
  - connaissance du marché et de la compétition;
  - changements administratifs;
  - temps supplémentaire.
- Par contre, cette contingence exclut les risques suivants:
  - fluctuations des taux d'intérêt et d'inflation;
  - changement aux caractéristiques de base du projet;
  - événements fortuits.

La contingence qui varie entre 10% et 25% selon les scénarios développés est calculée selon une méthode détaillée d'analyse de risques qui tient compte de chaque structure et du projet, dans laquelle une marge minimale et maximale de fluctuation est comptabilisée pour les quantités (précision du contenu) et les coûts (précision de l'estimation), ceci dans le but d'établir un pourcentage de contingence final pouvant être appliqué sur l'article en question.

**TABLEAU 4.2  
SOMMAIRE DES COÛTS POUR LE SCÉNARIO A**

PROJET: REHAUSSEMENT DES DIGUES ( NIV. CRÊTE = 168,55 M ) & SEUIL MINEUR ( 620 m³/sec ) À LA RIVIÈRE AUX SABLES, MODIFICATION / AJOUT ÉVACUATEURS - LAC KÉNOGAMI

| DESCRIPTION  | ESTIMATION<br>1000\$ CONSTANT | ESTIMATION<br>1000\$ COURANT |
|--|-------------------------------|------------------------------|
| <b>COÛTS DU PROJET</b>   |                               |                              |
| Ingénierie   | 1 527                         | 1 638                        |
| <b>Construction</b>  |                               |                              |
| Installations temporaires  | 1 083                         | 1 168                        |
| Structures permanentes ( incluant approvisionnement )                        |                               |                              |
| - Digues   | 9 484                         | 10 231                       |
| - Seuils rivière aux Sables  | 5 893                         | 6 358                        |
| - Évacuateurs ( ajouts de capacité )   | 4 178                         | 4 507                        |
| - Évacuateurs ( modernisations )   | 1 798                         | 1 939                        |
| Mise en route  | 320                           | 350                          |
| Acquisitions et dédommagements   | 504                           | 548                          |
| <b>Total Construction</b>  | <b>23 259</b>                 | <b>25 102</b>                |
| Gérance de projet ( incluant gérance chantier )                              | 2 750                         | 2 967                        |
| <b>Total des coûts directs</b>   | <b>27 536</b>                 | <b>29 707</b>                |
| Contingence sur les coûts du projet  | 6 884                         | 7 427                        |
| Frais généraux d'administration  | 637                           | 687                          |
| <b>SOUS-TOTAL PROJET CONSTRUCTION</b>  | <b>35 057</b>                 | <b>37 820</b>                |
| <b>COÛTS ÉVALUÉS À PARTIR DE PROJETS<br/>COMPARABLES</b>                     |                               |                              |
| Études de faisabilité  | 3 155                         | 3 248                        |
| Autorisations gouvernementales   | 800                           | 843                          |
| Mesures d'atténuations   | 500                           | 543                          |
| SOTRAC, SOCOM, PMVI ou autres compensations                                  | NON INCLUS                    | NON INCLUS                   |
| <b>SOUS-TOTAL ÉTUDES FAISAB. , AUTORISATIONS &amp; MESURES D'ATTÉNUATION</b> | <b>4 455</b>                  | <b>4 634</b>                 |
| <b>TOTAL GLOBAL</b>  | <b>39 511</b>                 | <b>42 454</b>                |

NOTE : LE COÛT TOTAL NE PEUT ÊTRE MORCELÉ EN DIFFÉRENTES COMPOSANTES SANS REFAIRE L'ESTIMATION.

#### 4.6 NIVEAU DE PROTECTION DU SCÉNARIO A

L'effet des améliorations proposées pour l'augmentation des valeurs des seuils d'inondation est montré au tableau qui suit :

TABLEAU 4.3

*Scénario A - Augmentation du seuil majeur d'inondation de la rivière aux Sables*

|                    | Capacité (m <sup>3</sup> /s) des seuils majeurs |            |
|--------------------|---|------------|
|                    | Actuelle  | Proposée   |
| Rivière aux Sables | 170   | 650        |
| Rivière Chicoutimi | 310   | 310        |
| <b>TOTAL</b>       | <b>480</b>                                      | <b>960</b> |

L'effet des améliorations proposées sur la fréquence des inondations est donné au tableau suivant :

TABLEAU 4.4

*Scénario A - Améliorations associées aux seuils majeurs d'inondation*

|  | Fréquence de dépassement du seuil majeur |                     |
|--|--|---------------------|
|  | Crues de printemps                       | Crues d'été-automne |
| Situation actuelle                         | 1:4 ans                                  | 1:6 ans             |
| Situation avec les améliorations proposées | 1 : > 10 000 ans                         | 1 : 10 000 ans      |

Des résultats plus détaillés sont fournis au tableau 4.5. On rappelle toutefois qu'il s'agit d'estimations préliminaires qui requerront une optimisation avant de servir à une conception définitive des ouvrages. Ces valeurs supposent l'implantation de toutes les améliorations décrites ci-dessus ainsi que des règles de gestion améliorées incluant une prévision des apports sur 24 heures. L'accroissement de capacité par jumelage des passes (section 4.2) n'est toutefois pas incluse dans ces calculs hydrologiques.

TABLEAU 4.5

*Scénario A*

*Niveaux et débits atteints pour diverses crues avec les améliorations proposées*

| Crues d'été-automne  | Fréquence   |                |        |
|--|-------------|----------------|--------|
|  | 1 : 100 ans | 1 : 10 000 ans | CMP    |
| Niveau maximal du réservoir Kénogami (m)                             | 165,07      | 166,23         | 166,55 |
| Débit total max. sortant de Kénogami (m <sup>3</sup> /s)             | 468         | 960            | 1645   |
| Débit total max. sortant de Pibrac (m <sup>3</sup> /s) *             | 312         | 650            | 1000   |
| Débit total max. sortant de Portage-des-Roches (m <sup>3</sup> /s) * | 156         | 310            | 645    |

| Crues de printemps   | Fréquence   |               |        |
|--|-------------|---------------|--------|
|  | 1 : 100 ans | 1 : 10000 ans | CMP    |
| Niveau maximal du réservoir Kénogami (m)                             | 165,07      | 165,07        | 166,55 |
| Débit total max. sortant de Kénogami (m <sup>3</sup> /s)             | 400         | 606           | 3895   |
| Débit total max. sortant de Pibrac (m <sup>3</sup> /s) *             | 267         | 404           | 1000   |
| Débit total max. sortant de Portage-des-Roches (m <sup>3</sup> /s) * | 133         | 202           | 2895   |

\* Le partage des débits entre les deux exutoires reste à discuter.

L'examen de ces tableaux montre que l'excavation des seuils sur la rivière aux Sables, combinée à des améliorations aux évacuateurs et à un rehaussement des digues aurait un effet très important sur la récurrence des inondations au printemps et à l'automne. On notera que ces valeurs supposent également qu'une gestion de type prévisionnelle est implantée. Par contre, les calculs ont montré que la gestion prévisionnelle implantée seule (c'est-à-dire sans amélioration aux seuils ou aux évacuateurs) n'apporte que de faibles améliorations, surtout pour les crues supérieures à 1:100 ans.

On observe donc que l'excavation des seuils sur la rivière aux Sables a un impact positif certain sur le secteur de Pibrac, sans effets néfastes en aval. De plus, cette amélioration permet une gestion plus aisée et pro-active du réservoir Kénogami en évacuant des volumes d'eau plus importants du réservoir avant l'arrivée de l'onde de crue (gestion prévisionnelle). Cette excavation et la gestion sont donc bénéfiques pour les autres tronçons concernés lors du passage

des crues. On notera que, même si l'excavation des seuils n'est faite que sur la rivière Aux Sables, un impact positif est obtenu sur les deux rivières.

Les figures 4.3 et 4.4 montrent les résultats des simulations des laminages des CMP au lac-réservoir Kénogami pour le scénario A.

#### **4.7 VALEUR DES DOMMAGES RÉSIDUELS DU SCÉNARIO A**

L'évaluation des dommages causés autour du lac-réservoir Kénogami et le long des rivières Chicoutimi et aux Sables est tirée d'un document [COMITÉ DU BASSIN, 1998] qui avait comme objectif de démontrer qu'en cas de crues, il est préférable d'évacuer davantage par la rivière aux Sables, donc à l'inverse de l'entente de partage des débits convenue pour les fins de production électrique.

Cette évaluation, préparée par un groupe de représentants des riverains et des utilisateurs des rivières ne considère que la valeur des immeubles affectés et s'appuie sur les études de rupture de barrages pour les très grands débits.

Cette approche bien que suffisante en regard de l'objectif visé, ne représente qu'une partie de la réalité et ne saurait être suffisante pour une analyse coût-bénéfice rigoureuse en particulier dans le cas des crues extrêmes. On doit donc utiliser avec prudence les valeurs des dommages indiquées ci-dessous vu qu'elles n'ont pas la précision de la valeur des travaux de protection qui leur sont opposés.

Par ailleurs, la valeur des dommages résiduels reliés à la CMP ne doit pas être associée à la comparaison coût-bénéfice puisque que, par définition, la CMP n'a pas de probabilité statistique.



*Crue de printemps:*

Le tableau 4.5 ci-dessus montre que pour la crue décennale, le débit sur chacun des exutoires demeure inférieur aux seuils majeurs d'inondation (310 m<sup>3</sup>/s sur la rivière Chicoutimi, et 650 m<sup>3</sup>/s sur la rivière aux Sables). Les dommages résiduels sont donc nuls à l'aval des ouvrages régulateurs et sont limités au rehaussement du lac-réservoir Kénogami à la cote 165,07 m. La courbe niveau-dommages [INRS-EAU, 1997] indique une valeur de 0,6 million de dollars pour ce niveau.

Dans le cas de la crue centennale, on remarque que les débits relâchés (133 + 267 = 400 m<sup>3</sup>/s) sont inférieurs aux seuils majeurs d'inondation de chacune des rivières mais que le niveau du lac est porté à la cote 165,07 m ce qui conduit aux mêmes dommages autour du lac que pour la crue décennale. Une optimisation devrait conduire à des dommages résiduels moindres.

*Crue d'été-automne:*

Pour la crue décennale, les débits dans chacun des exutoires atteignent les seuils majeurs d'inondation sans causer de dommages à l'aval des ouvrages, mais le niveau du lac atteint la cote 166,23 m correspondant à des dommages résiduels évalués à 8,7 millions de dollars sur le pourtour du lac.

Pour la crue centennale, là encore, les débits relâchés sont bien inférieurs aux seuils majeurs d'inondation mais le niveau du lac atteint la cote 165,07 m. Une gestion différente devrait réduire ces dommages résiduels.

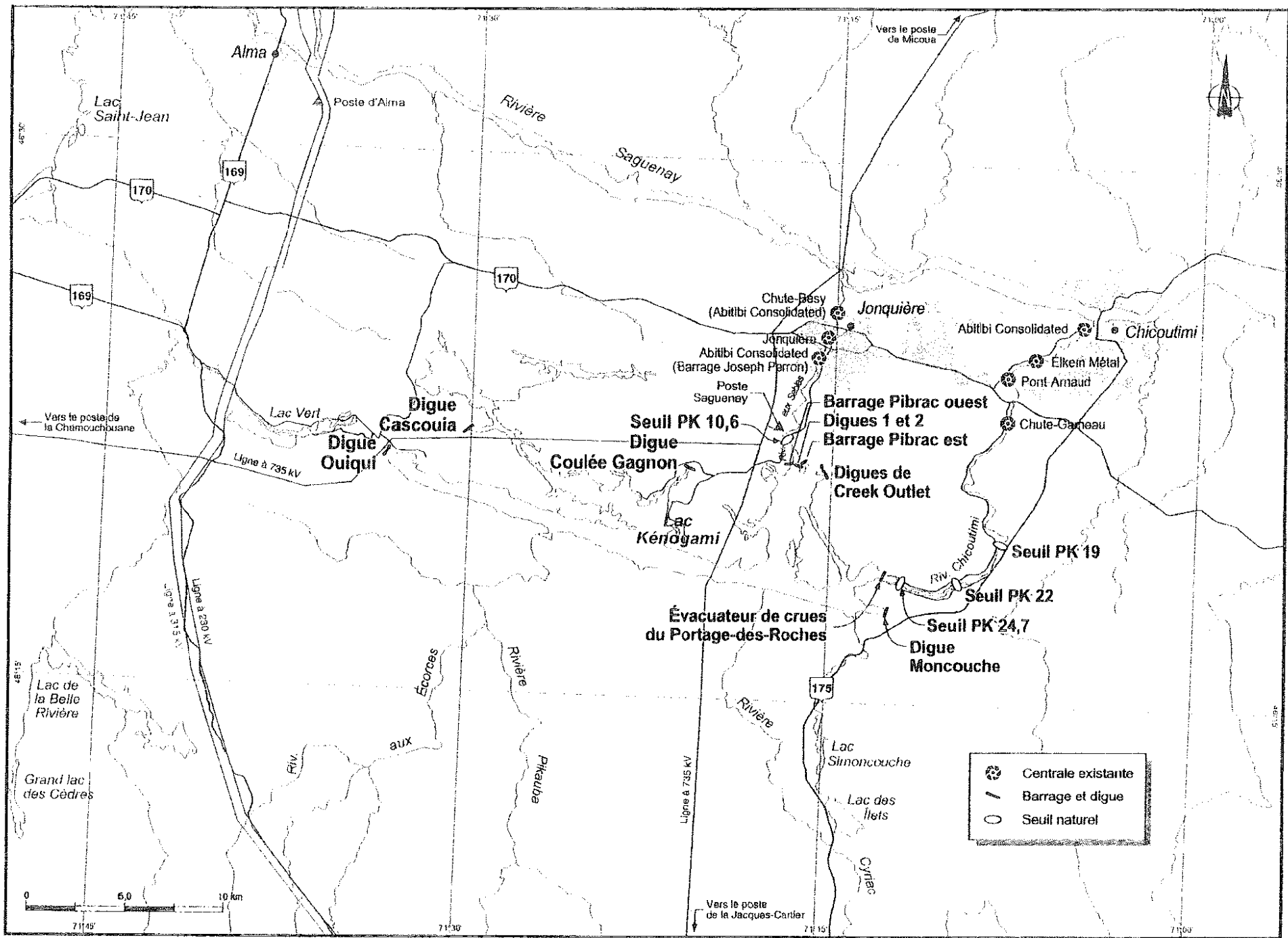


Figure 4.1 Emplacement du réservoir Kénogami

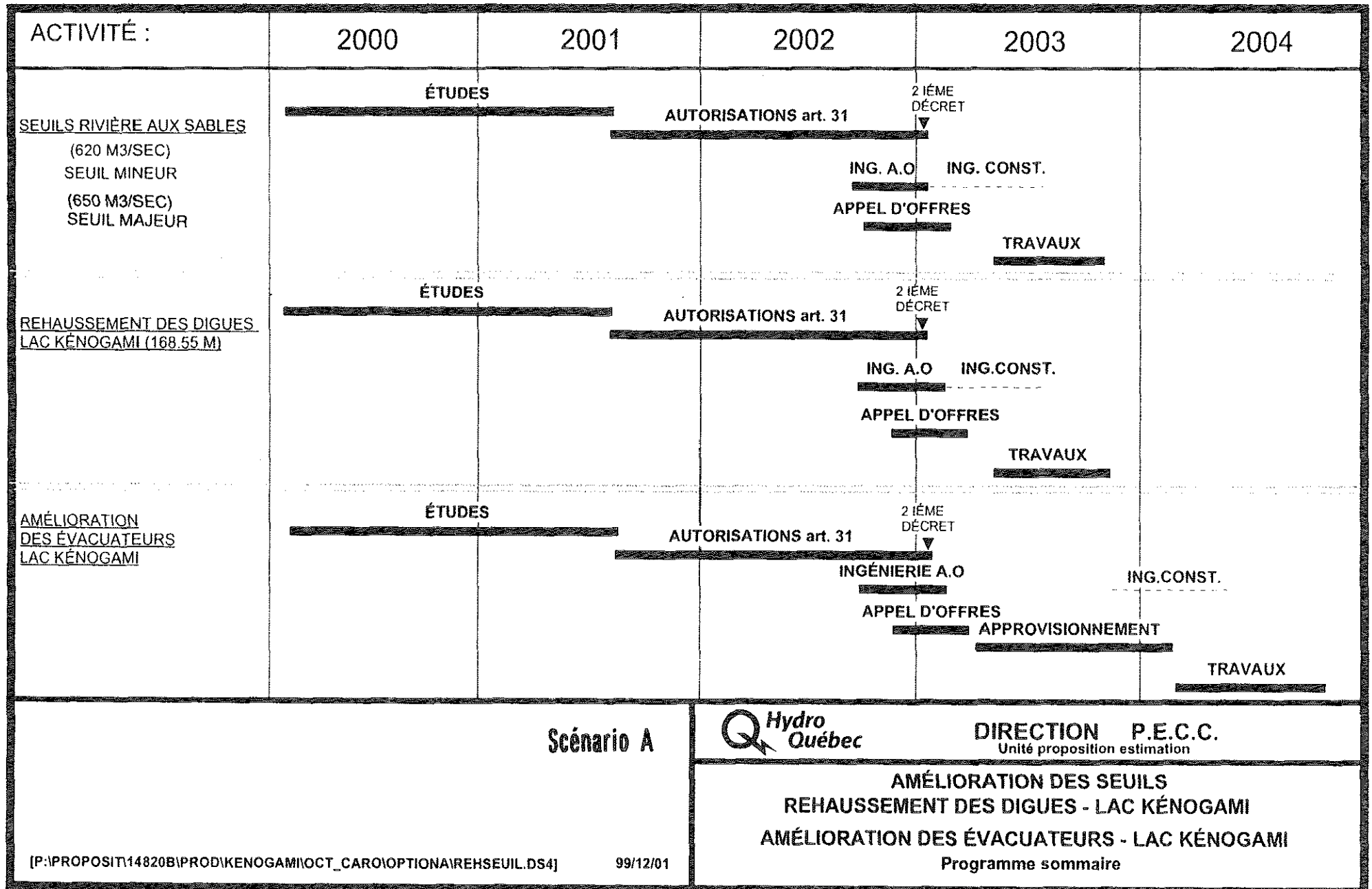
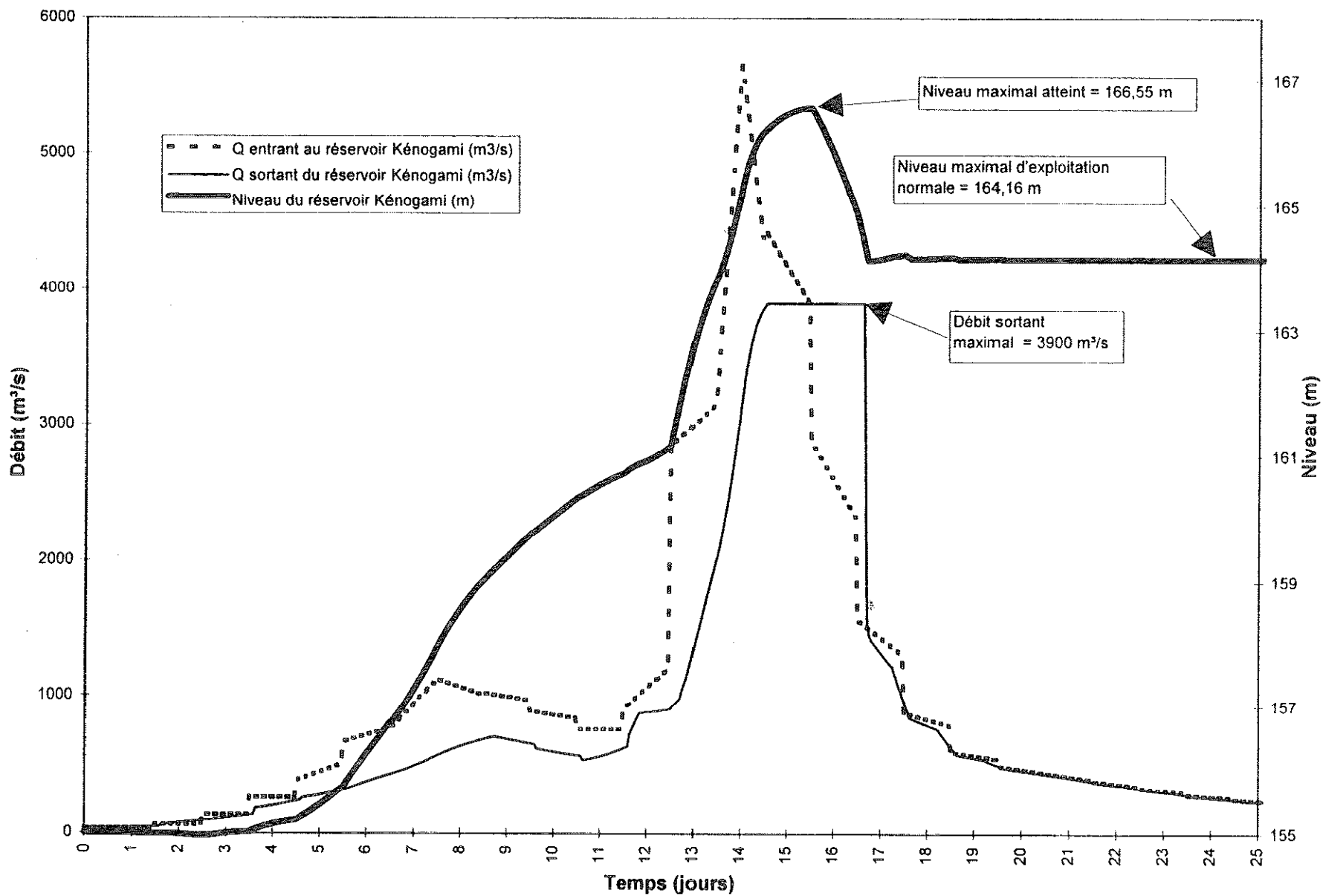
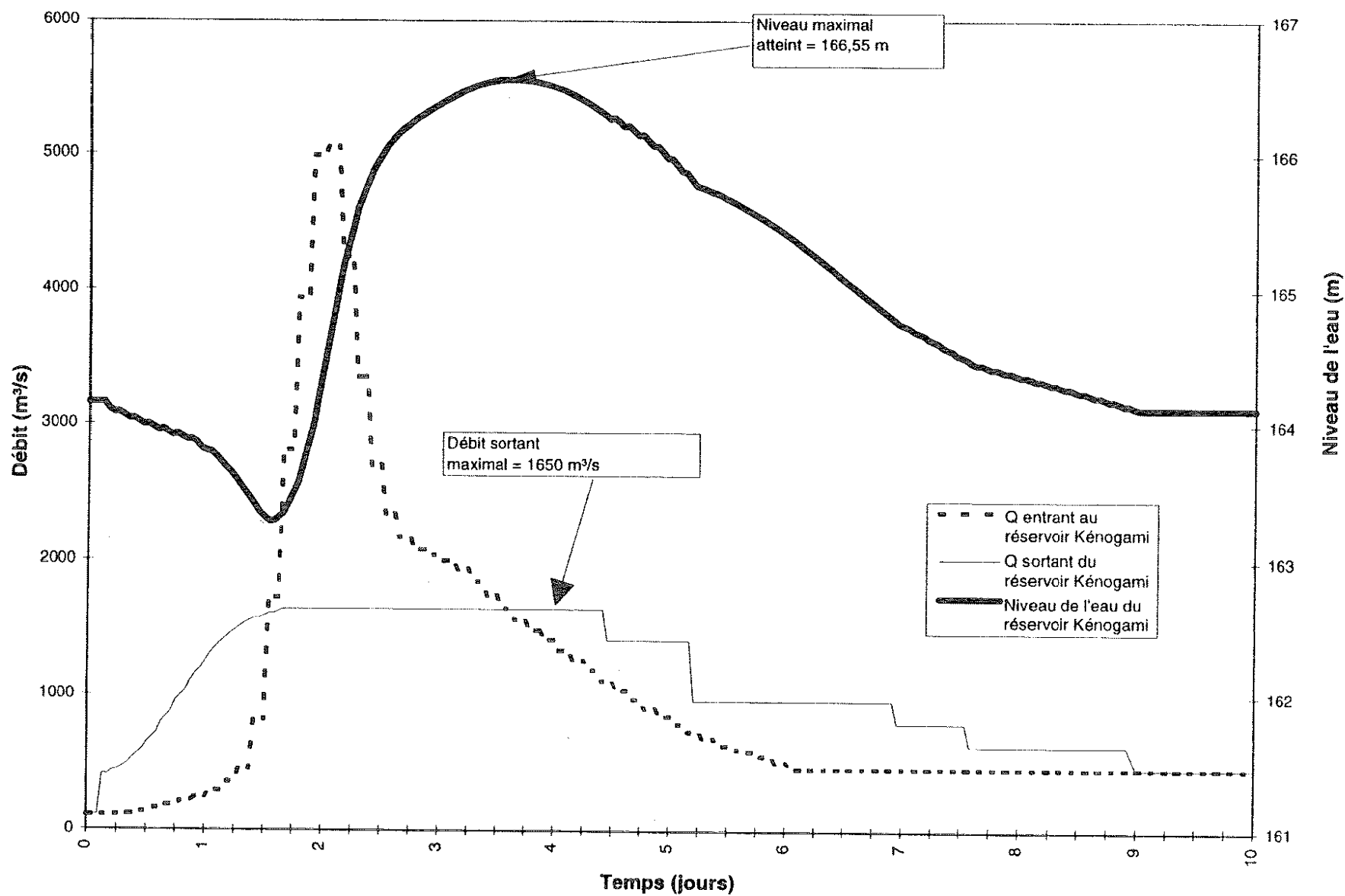


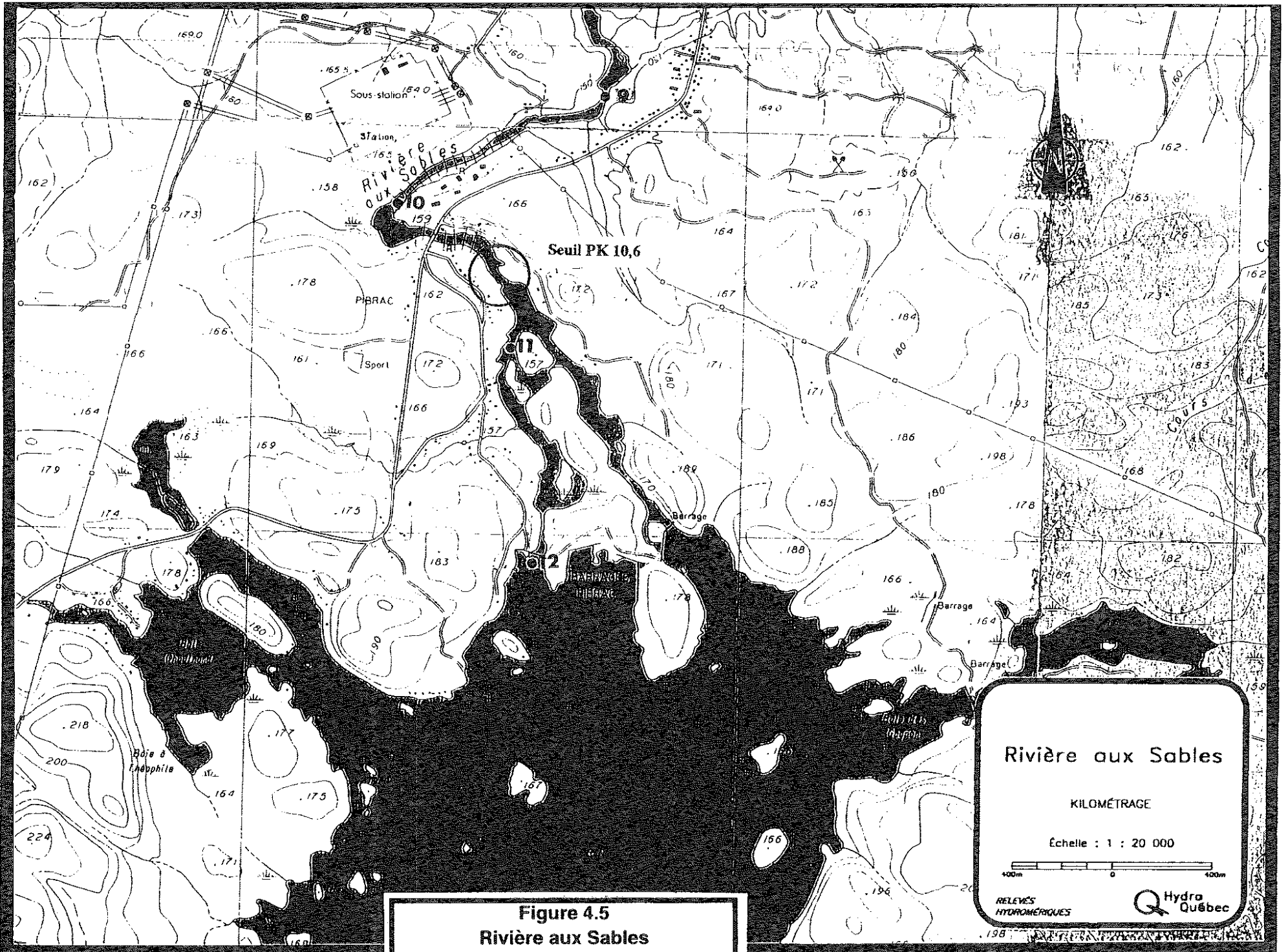
Figure 4.2 : Échéancier pour le scénario A



**Figure 4.3**  
**Scénario A : Gestion de la crue maximale probable de printemps**



**Figure 4.4**  
**Scénario A : Gestion de la crue maximale probable d'été-automne**



**Figure 4.5**  
**Rivière aux Sables**  
**Localisation du seuil au PK 10,6**

## 5.0 SCÉNARIO B

Le scénario B consiste à créer deux réservoirs à l'amont du lac-réservoir Kénogami dont l'un sur la rivière aux Écorces (réservoir RE 1) et l'autre sur la rivière Pikauba (réservoir RC 1) en vue de mieux régulariser les crues du lac-réservoir Kénogami. Ce scénario comprend aussi un rehaussement des digues autour du lac-réservoir Kénogami et l'arasement de seuils sur la rivière aux Sables. L'objectif visé était de limiter le niveau d'eau du lac-réservoir Kénogami à la cote 166,07 m et le débit total sortant à 1800 m<sup>3</sup>/s ou moins lors de la CMP, soit les mêmes valeurs que celles observées lors de la crue de juillet 1996.

Ce scénario comporte deux possibilités, soit la construction des deux réservoirs seulement afin de contrôler les crues (scénario B1), ou l'ajout aux réservoirs de deux centrales dont l'une située à la sortie du réservoir RE 1 et l'autre en aval de la confluence des rivières aux Écorces et Pikauba (scénario B2). La figure 5.1 montre l'emplacement des réservoirs RE 1 et RC 1 ainsi que l'emplacement des centrales RE 1 et Pikauba.

Le scénario B retenu à ce jour est le scénario B1 auquel on ajoute un accroissement de la capacité des ouvrages régulateurs, une modernisation des vannes et des mécanismes de levage, une protection des tabliers de barrages contre le déferlement et une alimentation électrique de secours. En effet, des études réalisées par Hydro-Québec au cours des derniers mois ont démontré que le scénario B2 n'est pas économique.

### 5.1 REHAUSSEMENT DES DIGUES ET DES PARAPETS DE BARRAGES

Les études de laminage des crues exceptionnelles (crues maximales probables de printemps et d'été-automne) suggèrent que, de façon préliminaire, on devrait retenir pour ce scénario, la valeur de 166,1 m comme niveau maximum critique du réservoir Kénogami. En l'absence d'une gestion prévisionnelle, les débits en condition de CMP seraient plus élevés de plusieurs centaines de mètres cubes par seconde pour un même niveau maximal.

En appliquant les mêmes règles de calcul de revanche que celles décrites en 4.1, on obtient une étanchéité à la cote de 166,6 m et une crête de digues à 168,1 m.

Pour les digues de Pibrac-Ouest, de Pibrac-Est et de Creek Outlet n° 3 et 2, la crête actuelle en béton est rehaussée en pleine largeur jusqu'à la cote de 166,6 m. Un mur supérieur en béton, épais de 1,0 m, est ensuite ajouté jusqu'à la cote de 168,1 m. Il n'y a pas de mise en place de remblais. On prévoit également enlever environ 20 cm de béton actuel avant d'intégrer le nouveau béton de la crête.

Pour les digues possédant un mur de béton comme élément d'étanchéité, la crête actuelle est arasée jusqu'à un niveau d'environ 0,5 m plus bas que le sommet du mur de béton actuel (digues de Coulée Gagnon, de Creek Outlet n° 1 et de Moncouche). Le parement amont est excavé, quant à lui, jusqu'à la cote de 162,0 m. Par la suite, le mur de béton est rehaussé, en pleine largeur, jusqu'à la cote de 166,6 m. La digue est rehaussée jusqu'à la cote de 168,1 m avec des matériaux granulaires et un nouveau perré (1,0 m) et son coussin (0,5 m) sont remis en place entre les cotes de 162,0 m et 168,1 m. Ici aussi quelque 20 cm de béton seront enlevés du sommet actuel du mur de béton avant la mise en place du nouveau béton.

Aucune intervention n'est requise sur la digue de Cascouia.

Pour les ouvrages régulateurs, on prévoit rehausser le parapet amont jusqu'à la cote de 166,6 m et mettre en place des murets de protection autour des ouvertures des poutrelles, et ce, jusqu'à la cote de 166,6 m.

Les travaux reliés aux digues et aux parapets des barrages sont décrits plus en détail dans [BEAUPRÉ, M., 1999b].



## 5.2 ACCROISSEMENT DE LA CAPACITÉ D'ÉVACUATION ET MODERNISATION DES ÉVACUATEURS

Afin d'améliorer la capacité d'évacuation de ces évacuateurs de crues pour de bas niveaux d'exploitation (i.e. sous la cote de 163,8 m), les ouvertures des passes-à-billes et certaines ouvertures des déversoirs sont remplacées par des ouvertures plus profondes et plus larges. Les vannes métalliques de remplacement sont des vannes chauffées montées sur roues. Les pièces encastrées actuelles sont remplacées. Les rainures de vannes sont chauffées. Des poutrelles amont sont prévues pour les vannes dont le seuil est à la cote de 158,5 m. Le plancher des treuils pour les nouvelles vannes est à la cote de 174,0 m alors que celui des vannes remplaçant les poutrelles de bois est à la cote de 171,0 m. On suppose que les pertuis de fond sont tous en bon état de fonctionnement et que l'alimentation électrique est suffisante pour alimenter les nouvelles vannes et leur chauffage.

L'alimentation électrique d'urgence se fait par génératrices au diesel. Elles sont prévues pour opérer deux vannes à la fois avec démarrage séquentiel. Les génératrices peuvent être fixes ou mobiles. Les puissances prévues sont de 75 kW pour les ouvrages régulateurs de Portage-des-Roches et de Pibrac-Ouest et de 50 kW pour celui de Pibrac-Est. Il faut prévoir le raccordement rapide de ces génératrices aux points d'utilisation.

À Pibrac-Ouest, on propose de remplacer les passes-à-billes n° 6 et 7 par une seule passe large de 9,145 m avec coursier à la cote de 158,54 m. On propose, en plus, de remplacer les passes n° 3 et 4 par une seule passe large de 8,84 m ayant son coursier à la cote de 158,54 m. Les poutrelles de bois des passes 1 et 2 sont remplacées par des vannes droites larges de 3,658 m et hautes de 3,26 m. Des modifications sont apportées au tablier pour assurer une largeur suffisante pour la circulation des véhicules. Une structure à tours et pont permet d'abriter les treuils pour les quatre vannes et de supporter le monorail pour les poutrelles en amont (passes 3-4 et 5-6).

À Pibrac-Est, on propose de remplacer les poutrelles des passes n° 4, 5, 6 et 7 par des vannes droites motorisées. Ces vannes sont larges de 4,572 m et hautes de 3,26 m. Une structure

à tours et pont permet d'abriter les treuils pour les quatre vannes et de supporter le monorail pour les poutrelles en amont. Les poutrelles de bois des passes 1, 2 et 3 continuent d'être déplacées par le chariot treuil existant.

À Portage-des-Roches, la protection contre le débordement est assurée par un mur parapet amont, large de 0,25 m, rehaussé jusqu'à la cote de 166,6 m et par la mise en place de murs minces (0,25 m) surélevés, jusqu'à la cote de 166,6 m, autour des ouvertures des passes. Ces murs ne doivent pas gêner l'opération de la vanne et des poutrelles. Le tablier à 165,9 m n'est pas modifié. Les drains de la partie amont du tablier sont obturés et le drainage de surface est réorienté vers l'aval.

L'amélioration de la capacité d'évacuation pour de bas niveaux d'exploitation a été étudiée pour la cote de 163,8 m. On propose de remplacer les passes-à-billes n° 21 et 22 par une seule passe de 9,15 m de large ayant son coursier à la cote de 158,565 m. Des modifications sont apportées au tablier pour assurer une largeur suffisante pour la circulation des véhicules.

Une vanne plate de 9,15 m x 6,46 m est prévue (sommet à 165,00 m) avec son jeu de quatre poutrelles à l'amont. Une structure à tours et pont permet d'abriter le treuil pour la vanne et de supporter le monorail pour les poutrelles en amont.

Il n'y a actuellement aucune prévision pour la modernisation des passes avec poutrelles en bois.

Les travaux prévus sur les ouvrages régulateurs sont décrits plus en détail dans [BEAUPRÉ, M., 1999b].

### **5.3 EXCAVATION D'UN SEUIL NATUREL SUR LA RIVIÈRE AUX SABLES**

L'étude d'amélioration de certains seuils dans la partie amont des rivières Chicoutimi et aux Sables a été entreprise [BEAUPRÉ, M., 1999c]. Les travaux sur la rivière Chicoutimi sont

importants, coûteux et présentent passablement plus d'impacts sur les deux rives que sur la rivière aux Sables. C'est pour ces raisons que l'on a délaissé complètement la rivière Chicoutimi pour ne réaliser que l'amélioration des seuils de la rivière aux Sables. L'étude a démontré que les travaux au seuil du pk 10,6 de la rivière aux Sables présentaient le meilleur rapport bénéfices/coûts. Les excavations sont requises à l'amont du pont St-Dominique, pour y porter le seuil majeur d'inondation de  $170 \text{ m}^3/\text{s}$  à  $320 \text{ m}^3/\text{s}$ . En effet c'est dans ce secteur de la rivière aux Sables que les impacts négatifs des crues de fortes récurrences se font sentir. On réalise un élargissement de 30 m sur la rive droite, à la cote de 154,15 m. Ce site correspond à l'emplacement de l'ancien ouvrage de contrôle (caissons de bois remplis de pierres) construit à la sortie du lac Kénogami en 1906. Ces travaux sont décrits dans [BEAUPRÉ, M., 1999c]. Étant donné la faible augmentation des débits, l'augmentation de capacité des seuils a été conçue pour garantir pour le débit module de  $25 \text{ m}^3/\text{s}$  les mêmes niveaux d'opération amont que pour les conditions actuelles. On a donc opté pour un élargissement des seuils en empiétant sur une ou deux rives. Les autres solutions envisagées, soit l'encaissement des seuils ou la mise en place d'ouvrages de contrôle, semblent plus coûteuses, demandent plus d'entretien et présentent potentiellement plus d'impacts sur les rivières, les riverains et leurs activités récréo-touristiques.

Les travaux d'excavation ( $19500 \text{ m}^3$ ) se font en bonne partie dans les matériaux meubles, et les coupes dans le roc sont inférieures à 3 m.

#### **5.4 AMÉNAGEMENT DES RÉSERVOIRS RÉ 1 ET RC 1**

Ces deux réservoirs ont été conçus de façon à pouvoir emmagasiner, pour leur bassin versant respectif, les volumes d'eau générés par les CMP de printemps et d'été-automne. Un débit d'évacuation de  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  est permis lors de la CMP de printemps et de  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  lors de la CMP d'été-automne. Les réservoirs sont vides à la fin de l'hiver, et emmagasinent une partie de la crue de printemps. Ils sont ramenés pour le début de l'été sous le niveau maximal d'exploitation de façon à conserver un volume d'emmagasinement suffisant pour recevoir une CMP d'été-automne. Les réservoirs sont lentement vidangés durant l'hiver de façon à atteindre

le niveau minimal d'exploitation avant l'arrivée de la prochaine crue de printemps. Ces deux réservoirs ne contrôlent que 54 % du bassin versant du lac Kénogami.

Les principales caractéristiques de ces réservoirs sont données au tableau 5.1:

TABLEAU 5.1  
*Caractéristiques des réservoirs RE 1 et RC 1*

|  | Réservoir RE 1 | Réservoir RC 1 |
|--|----------------|----------------|
| Bassin versant (km <sup>2</sup> )                | 1104           | 751            |
| Superficie du réservoir (km <sup>2</sup> )       | 41,2           | 28,5           |
| Volume d'emmagasinement total (hm <sup>3</sup> ) | 488            | 296            |
| Cote de la crête des ouvrages (m)                | 406,0          | 427,5          |
| Niveau maximal critique (m)                      | 404,0          | 425,5          |
| Cote du déversoir de sécurité (m)                | 403,0          | 424,0          |
| Niveau maximal d'exploitation (m)                | 396,0          | 418,4          |
| Niveau minimal d'exploitation (m)                | 375,0          | 404,0          |
| Volume des digues et barrages (m <sup>3</sup> )  | 1 270 000      | 1 272 000      |
| Volume d'excavation de roche (m <sup>3</sup> )   | 622 000        | 283 000        |
| Volume de béton (m <sup>3</sup> )                | 10 800         | 6 300          |
| Apport naturel moyen (m <sup>3</sup> /s)         | 28,2           | 19,8           |

Le réservoir RE 1 sur la rivière aux Écorces comprend un barrage, deux digues, une galerie de dérivation de 8 x 8 m, un ouvrage de régulation constitué de deux vannes étagées de 3 x 4 m et un déversoir de sécurité à crête libre de 50 m de large, en rive droite. L'accès principal (8,0 km) se fait depuis la route provinciale 169 et la rive droite. Un accès secondaire (5,5 km) est prévu par la rive gauche (route no 36).

Le réservoir RC 1 sur la rivière Pikauba possède un barrage, une digue, une galerie de dérivation de 7 x 8,75 m, un ouvrage de régulation constitué d'une vanne de 3 x 4 m et un déversoir de sécurité à crête libre de 50 m de large en rive droite. L'accès principal (15 km) se fait par la rive gauche depuis la route provinciale 169. Un pont de 20 m est prévu en aval du barrage pour donner accès à la rive droite et à l'ouvrage de régulation. Une bretelle, depuis le chemin d'accès principal, donne accès à la rive gauche du barrage.

Dans les deux cas, les ouvrages sont télécommandés depuis le centre d'exploitation régional et alimentés à partir de la ligne à 25 kV qui longe la route 169 jusqu'au site du Mont Apica. On prévoit le déboisement des réservoirs jusqu'aux cotes respectives de 400 m et 420 m, et l'élimination, par brûlage, des débris ligneux.

## 5.5 CENTRALES

Lors de l'étude préliminaire de 1998, deux centrales ont été évaluées : la centrale RE 1 en rive droite du site de fermeture sur la rivière aux Écorces, et la centrale Pikauba, immédiatement à l'aval de la confluence des rivières aux Écorces et Pikauba.

La centrale de RE 1 a une puissance installée de 5,8 MW, un débit d'équipement de 20 m<sup>3</sup>/s et une hauteur de chute moyenne de 33 m. La production annuelle moyenne est de 46 GWh. La centrale souterraine de Pikauba possède une galerie d'amenée de 2,4 km, une hauteur de chute brute de 102 m, un débit d'équipement de 72 m<sup>3</sup>/s, une puissance installée de 54 MW et une production annuelle moyenne de 314 GWh.

Le coût élevé de ces deux centrales a conduit à les éliminer du scénario B.

## **5.6 ÉCHÉANCIER DU SCÉNARIO B**

L'échéancier de réalisation du scénario B est présenté à la figure 5.2. Comme dans le cas du scénario A, la réalisation de l'ensemble du projet est liée à la date d'obtention du deuxième décret (autorisation de construire) laquelle survient au début de la quatrième année. Les travaux reliés aux seuils de la rivière aux Sables ainsi que le rehaussement des digues sont réalisés au cours de la quatrième année. Les travaux relatifs à l'amélioration des ouvrages régulateurs sont réalisés seulement durant la cinquième année à cause du délai d'approvisionnement des équipements mécaniques.

En ce qui a trait aux réservoirs, les travaux d'accès, d'installations provisoires et de construction des structures permanentes se déroulent durant les trois années qui suivent l'obtention du deuxième décret. Les réservoirs sont donc disponibles pour laminer la crue de printemps de la septième année.

## **5.7 ESTIMATION DES COÛTS DU SCÉNARIO B**

Le tableau 5.2 présente un sommaire des coûts pour le scénario B. Les estimations ont été préparées selon les critères décrits en 4.5. Le coût global estimé en dollars constants de 1999 est de 204 845 000\$.

## **5.8 NIVEAU DE PROTECTION DU SCÉNARIO B**

L'amélioration de la partie amont de la rivière aux Sables (pk 10,6) permet l'augmentation des seuils majeurs d'inondation tel qu'indiquée au tableau 5.3.

**TABLEAU 5.2  
SOMMAIRE DES COÛTS POUR LE SCÉNARIO B**

PROJET: RÉSERVOIRS RE-1 & RC-1, REHAUS. DIGUES À 168,1 m , AMÉLIORATION / AJOUT ÉVACUATEURS & SEUILS 320 m<sup>3</sup>/sec À LA RIVIÈRE AUX SABLES - LAC KÉNOGAMI

| DESCRIPTION  | ESTIMATION<br>1000\$ CONSTANT | ESTIMATION<br>1000\$ COURANT |
|--|-------------------------------|------------------------------|
| <b>COÛTS DU PROJET</b>   |                               |                              |
| Ingénierie   | 8 119                         | 8 685                        |
| Construction   |                               |                              |
| Installations temporaires  | 3 289                         | 3 549                        |
| Structures permanentes ( incluant approvisionnement )<br>RE-1 & RC-1         |                               |                              |
| - Barrages et Digues   | 58 041                        | 63 308                       |
| - Dérivation provisoire  | 9 648                         | 10 524                       |
| - Déversoir -Réservoir amont -Pertuis de fond                                | 31 210                        | 34 042                       |
| - Foresterie -Déboisement-   | 15 065                        | 16 432                       |
| - Routes d'accès - Incluant entretien 1 an & Pont                            | 3 286                         | 3 584                        |
| - Ligne 25 kV  | 736                           | 803                          |
| - Divers   | 1 625                         | 1 772                        |
| Relocalisation pour projet RE-1 & RC-1                                       | 3 249                         | 3 544                        |
| <b>REHAUSSEMENT DIGUES &amp; SEUILS (320 m<sup>3</sup>/s)</b>                |                               |                              |
| - Rehaussement des Digues  | 8 284                         | 9 036                        |
| - Seuil riv. aux Sables PK-10,6  | 1 127                         | 1 229                        |
| - Évacuateurs ( ajouts de capacité)  | 4 178                         | 4 557                        |
| - Évacuateurs ( modernisations )   | 1 646                         | 1 795                        |
| Mise en route pour projet de Rehaussement                                    | 708                           | 781                          |
| Acquisitions et dédommagements   | 213                           | 231                          |
| <b>Total Construction</b>  | <b>142 303</b>                | <b>155 187</b>               |
| Gérance de projet ( incluant gérance chantier )                              | 19 022                        | 20 740                       |
| <b>Total des coûts directs</b>   | <b>169 444</b>                | <b>184 612</b>               |
| Contingence sur les coûts du projet  | 19 825                        | 21 581                       |
| Frais généraux d'administration  | 3 501                         | 3 815                        |
| <b>SOUS-TOTAL PROJET CONSTRUCTION</b>  | <b>192 770</b>                | <b>210 008</b>               |
| <b>COÛTS ÉVALUÉS À PARTIR DE PROJETS<br/>COMPARABLES</b>                     |                               |                              |
| Études de faisabilité  | 9 147                         | 9 409                        |
| Autorisations gouvernementales   | 1 000                         | 1 056                        |
| Mesures d'atténuations   | 1 928                         | 2 113                        |
| SOTRAC, SOCOM, PMVI ou autres compensations                                  | NON INCLUS                    | NON INCLUS                   |
| <b>SOUS-TOTAL ÉTUDES FAISAB. , AUTORISATIONS &amp; MESURES D'ATTÉNUATION</b> | <b>12 075</b>                 | <b>12 578</b>                |
| <b>TOTAL GLOBAL</b>  | <b>204 845</b>                | <b>222 586</b>               |

NOTE : LE COÛT TOTAL NE PEUT ÊTRE MORCELÉ EN DIFFÉRENTES COMPOSANTES SANS REFAIRE L'ESTIMATION.

TABLEAU 5.3

*Scénario B - Augmentation du seuil majeur d'inondation de la rivière aux Sables*

|                    | Capacité (m <sup>3</sup> /s) des seuils majeurs |                            |
|--------------------|---|----------------------------|
|                    | Actuel  | Proposé                    |
| Rivière aux Sables | 170 m <sup>3</sup> /s                           | 320 m <sup>3</sup> /s      |
| Rivière Chicoutimi | 310 m <sup>3</sup> /s                           | 310 m <sup>3</sup> /s      |
| <b>TOTAL</b>       | <b>480 m<sup>3</sup>/s</b>                      | <b>630 m<sup>3</sup>/s</b> |

L'effet de cette variante d'amélioration sur la fréquence des inondations majeures est donné au tableau 5.4 :

TABLEAU 5.4

*Scénario B - Améliorations associées aux seuils majeurs d'inondation*

|   | Fréquence de dépassement du seuil majeur |                     |
|---|--|---------------------|
|   | Crues de printemps                       | Crues d'été-automne |
| Situation actuelle                            | 1:4 ans                                  | 1:6 ans             |
| Situation avec les améliorations recommandées | 1 : > 10000 ans                          | 1:10000 ans         |

Les résultats plus détaillés sont présentés au tableau 5.5. Les valeurs montrées supposent l'implantation de toutes les améliorations décrites ci-dessus ainsi que des règles de gestion améliorées incluant une prévision des apports sur 24 heures.



TABLEAU 5.5

*Scénario B - Niveaux et débits pour diverses crues avec les améliorations proposées*

| Crues d'été-automne  | Fréquence   |                |        |
|--|-------------|----------------|--------|
|  | 1 : 100 ans | 1 : 10 000 ans | CMP    |
| Niveau maximal du réservoir Kénogami (m)                             | 164,16      | 164,79         | 166,07 |
| Débit total max. sortant de Kénogami (m <sup>3</sup> /s)             | 630         | 630            | 1190   |
| Débit total max. sortant de Pibrac (m <sup>3</sup> /s) *             | 320         | 320            | 880    |
| Débit total max. sortant de Portage-des-Roches (m <sup>3</sup> /s) * | 310         | 310            | 310    |

| Crues de printemps   | Fréquence   |                |        |
|--|-------------|----------------|--------|
|  | 1 : 100 ans | 1 : 10 000 ans | CMP    |
| Niveau maximal du réservoir Kénogami (m)                             | 164,16      | 164,17         | 166,07 |
| Débit total max. sortant de Kénogami (m <sup>3</sup> /s)             | 480         | 630            | 1392   |
| Débit total max. sortant de Pibrac (m <sup>3</sup> /s) *             | 240         | 320            | 1000   |
| Débit total max. sortant de Portage-des-Roches (m <sup>3</sup> /s) * | 240         | 310            | 392    |

\* Le partage des débits entre les deux exutoires reste à discuter.

L'examen de ces tableaux montre que la réalisation des améliorations proposées éliminerait à toute fin pratique les problèmes de crues statistiques (autres que les CMP). Les débits sortants lors des CMP quant à eux sont ramenés à 1400 m<sup>3</sup>/s au printemps et à 1200 m<sup>3</sup>/s à l'automne.

Les autres commentaires formulés à la fin de la section 4.6 pour le scénario A s'appliquent également ici.

Les figures 5.3 et 5.4 montrent les résultats des simulations des laminages des CMP au lac-réservoir Kénogami pour le scénario B.

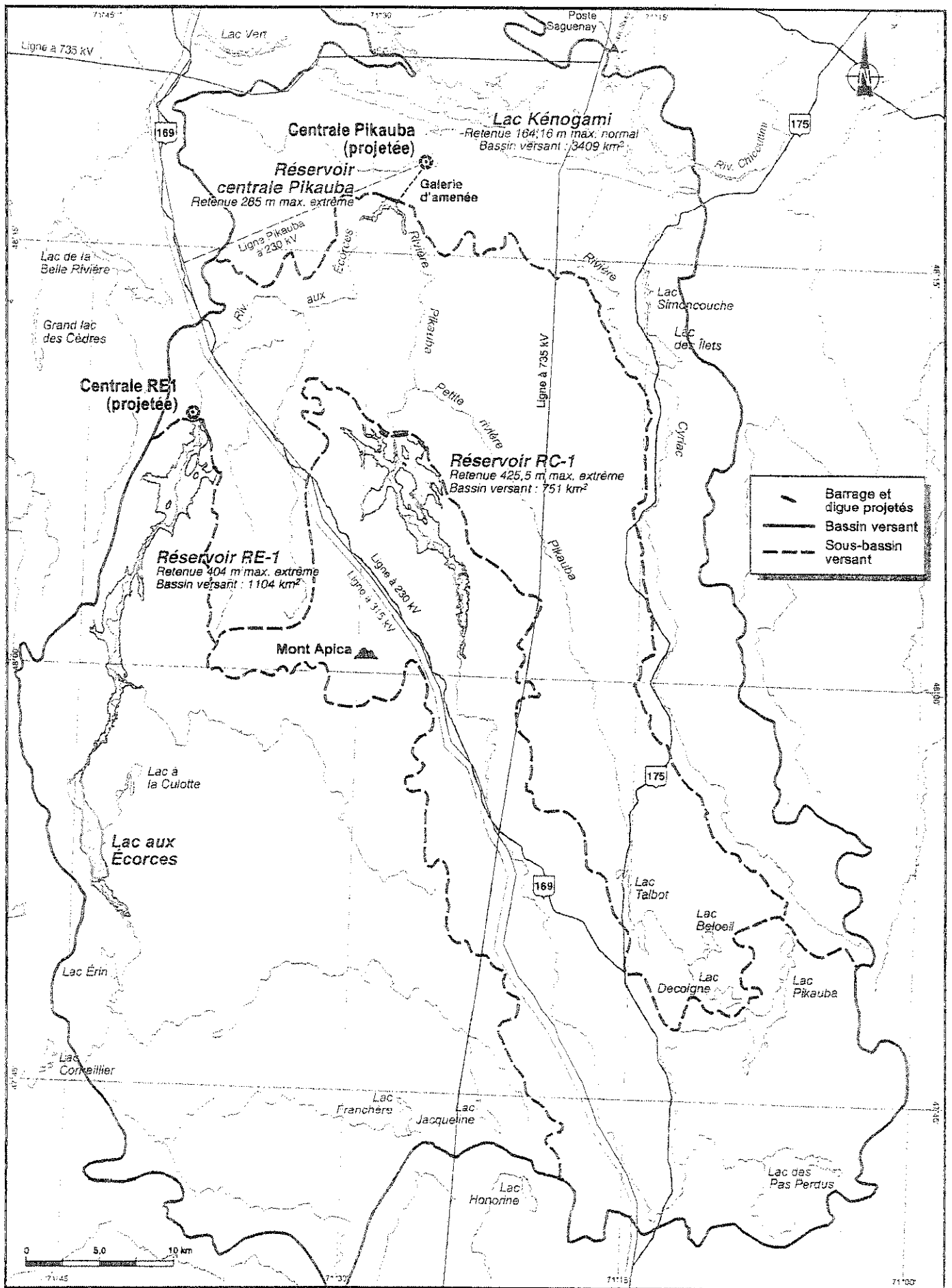
## **5.9 VALEURS DES DOMMAGES RÉSIDUELS DU SCÉNARIO B**

Pour toutes les crues de printemps jusqu'à la crue décennale, les débits relâchés sont inférieurs aux seuils majeurs d'inondation ( $630 \text{ m}^3/\text{s}$ ) et le niveau du lac n'excède pas le niveau maximal de retenue (164,16 m). Il n'y a donc plus de dommages résiduels.

Pour les crues d'été-automne, la crue décennale rehausse le niveau du lac à 164,79 m ce qui correspond à des dommages résiduels de l'ordre de 60 000 dollars. Quant à la crue centennale, elle ne cause aucun dommage résiduel.

## **5.10 BÉNÉFICES ANNEXES DU SCÉNARIO B**

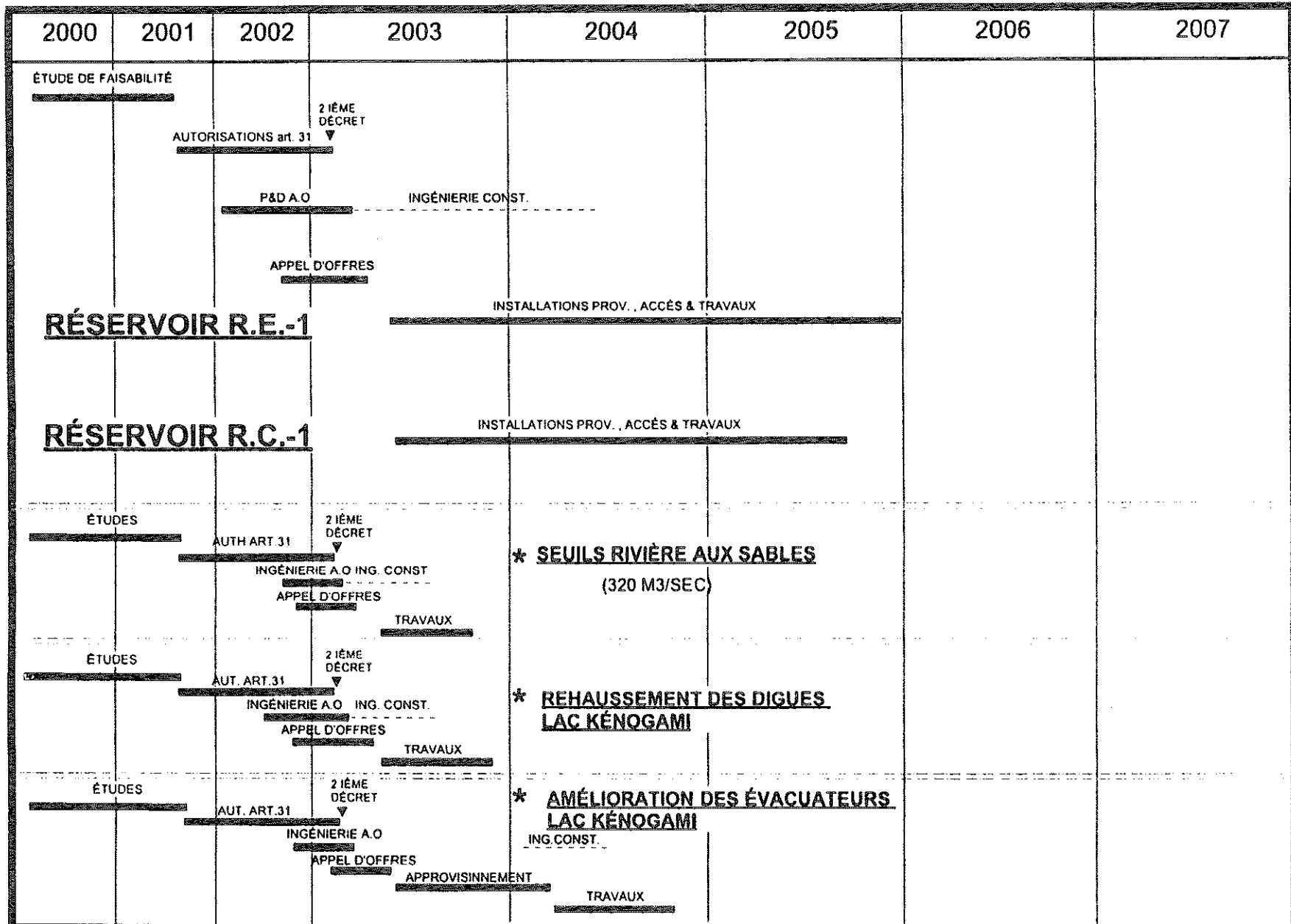
La régularisation supplémentaire apportée par les deux réservoirs permet d'augmenter la production moyenne des centrales en aval de 30 GWh. Cette augmentation est de 27,8 GWh si les centrales de Pont-Arnaud et Chute Garneau ne sont pas reconstruites [GAUDETTE, M., 1999].



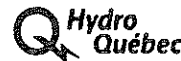
PL99SA80-C2.FH8 (1999-06-13)

Figure 5.1 Emplacement des réservoirs RE-1 et RC-1

Figure 5.2 : Échéancier pour le scénario B



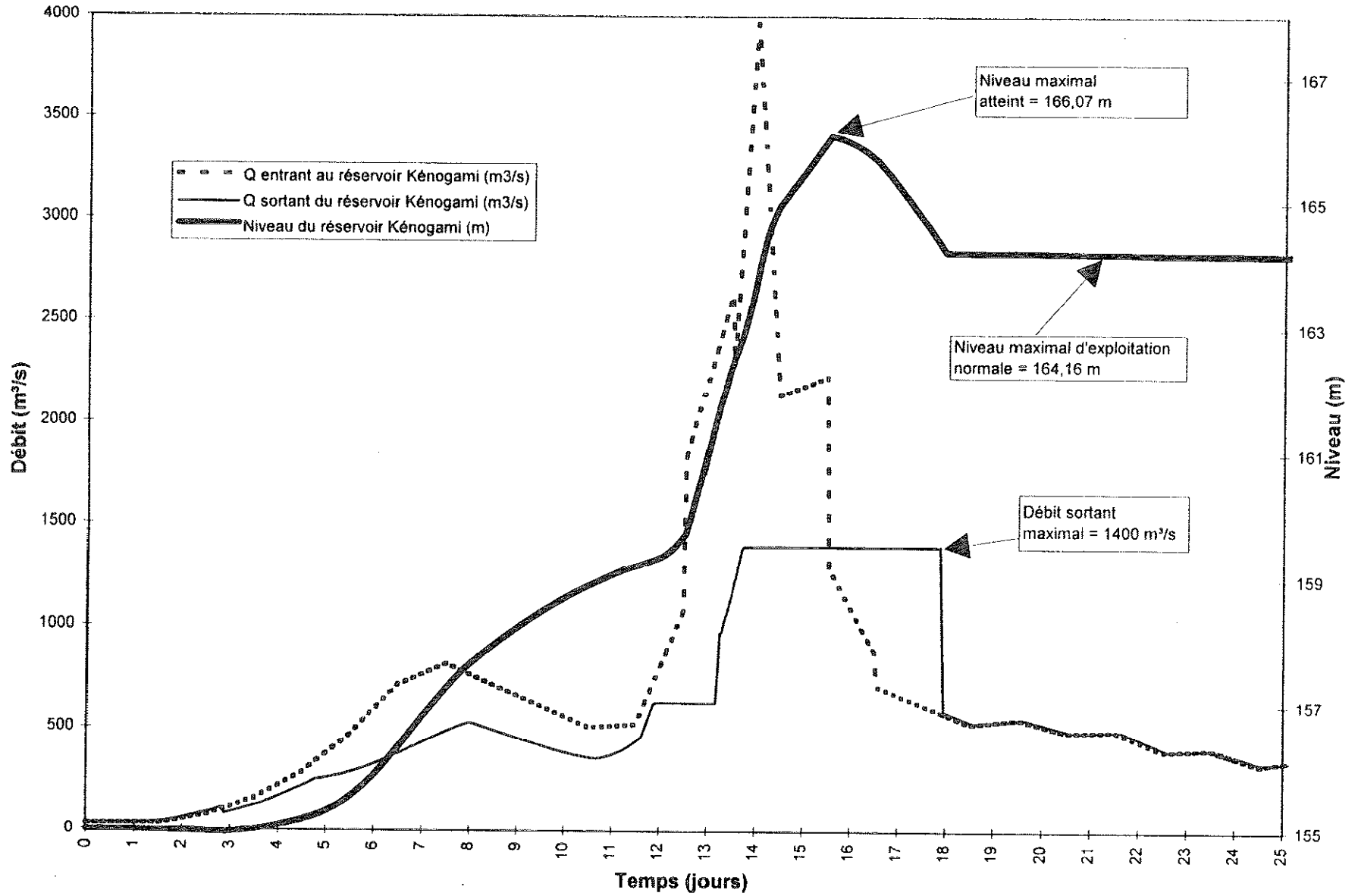
Scénario B



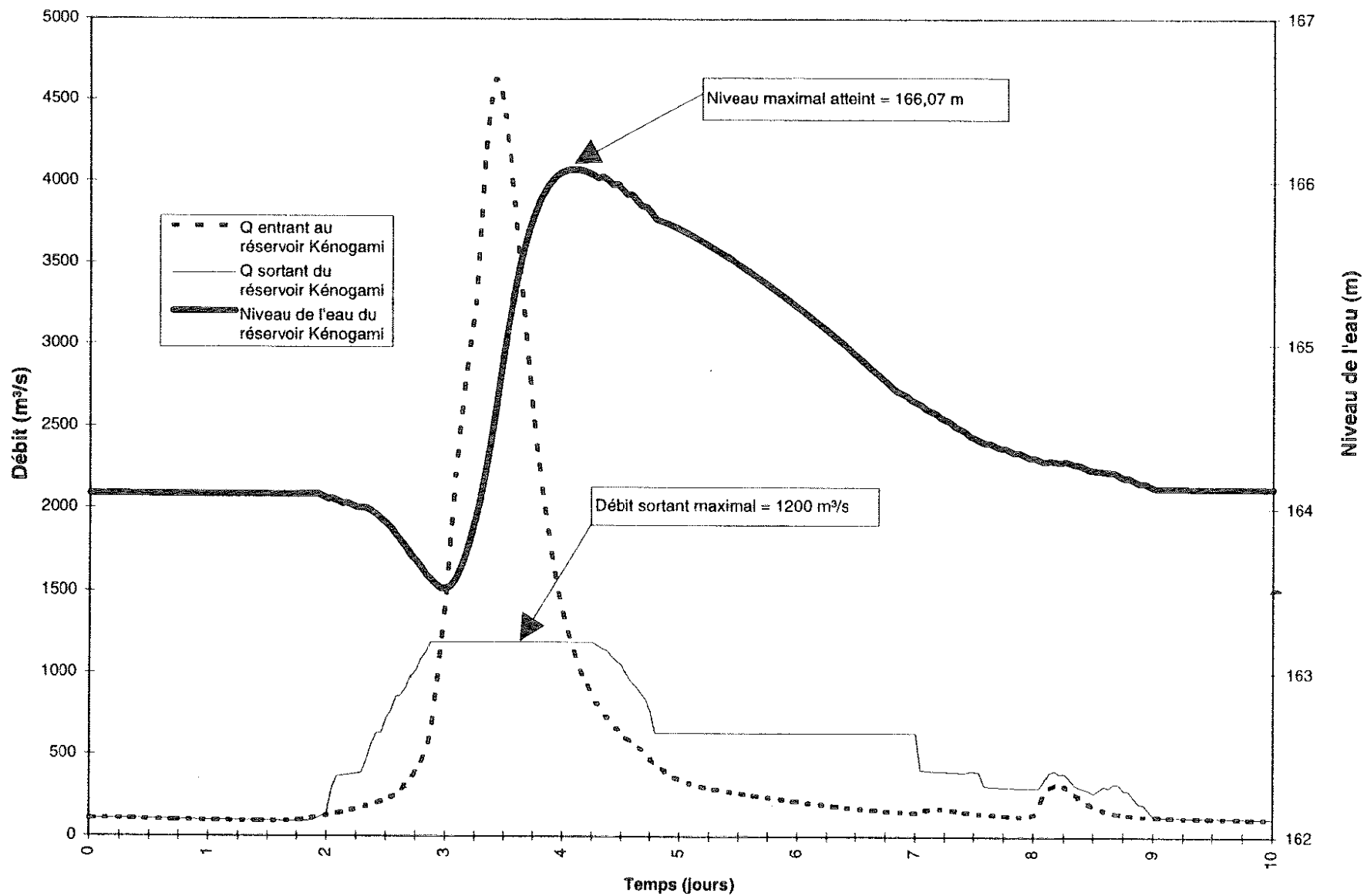
DIRECTION P.E.C.C.  
Unité proposition estimation

COMPLEXE LAC KÉNOGAMI AVEC R.E.-1 / R.C.-1

Programme sommaire



**Figure 5.3**  
**Scénario B : Gestion de la crue maximale probable de printemps**



**Figure 5.4**  
**Scénario B : Gestion de la crue maximale probable d'été-automne**

## **6.0 SCÉNARIO C**

Le scénario C propose de construire un seul réservoir (EPC), lequel permet de donner un service équivalent à celui fourni par les réservoirs RE 1 et RC 1 pour contrôler les crues extrêmes du bassin versant du lac-réservoir Kénogami. Les objectifs préliminaires étaient de limiter le niveau du lac-réservoir Kénogami à 166,07 m et le débit total évacué à 1800 m<sup>3</sup>/s lors de la CMP. De plus, une centrale de 141 MW fait aussi partie de ce scénario. Le réservoir appelé EPC et la centrale de même nom sont présentés à la figure 6.1.

Les travaux autour du lac-réservoir Kénogami (digues et ouvrages régulateurs) sont identiques à ceux du scénario B. Les travaux d'excavation des seuils naturels prévus dans la définition originale du scénario C se sont avérés non requis et ont donc été éliminés.

### **6.1 REHAUSSEMENT DES DIGUES ET DES PARAPETS DES BARRAGES**

Les travaux proposés dans ce scénario pour le rehaussement des neuf digues autour du lac Kénogami et des parapets des barrages sont identiques à ceux du scénario B (voir la section 5.1).

### **6.2 ACCROISSEMENT DE LA CAPACITÉ D'ÉVACUATION ET MODERNISATION DES OUVRAGES RÉGULATEURS**

Les travaux proposés dans ce scénario pour l'ajout de capacité et la modernisation des ouvrages régulateurs du lac Kénogami sont identiques à ceux du scénario B (voir la section 5.2).

### **6.3 EXCAVATION DES SEUILS SUR LES RIVIÈRES CHICOUTIMI ET AUX SABLES**

Les études préliminaires ont montré qu'il n'est pas nécessaire d'excaver les seuils des rivières Chicoutimi et aux Sables. Les seuils majeurs d'inondation (310 m<sup>3</sup>/s et 170 m<sup>3</sup>/s) demeurent donc les mêmes qu'actuellement.

#### 6.4 AMÉNAGEMENT DU RÉSERVOIR EPC

Ce réservoir a été conçu avec un volume utile équivalent à celui des réservoirs RE 1 et RC 1. Le réservoir est orienté est-ouest; sa longueur est de 30 km et sa largeur de 10 km. Les autres caractéristiques sont présentées au tableau 6.1 [GUERRERO, A., 1998].

TABLEAU 6.1  
*Caractéristiques du réservoir EPC*

|  |       |
|--|-------|
| Bassin versant (km <sup>2</sup> )  | 2 887 |
| Superficie du réservoir au niveau 353,6 m (km <sup>2</sup> )             | 63    |
| Niveau d'eau maximum normal d'exploitation (m)                           | 348,0 |
| Niveau d'eau minimum normal d'exploitation (m)                           | 335,0 |
| Niveau d'eau maximum lors la CMP (critique) (m)                          | 353,6 |
| Niveau d'eau minimum pour le laminage de la CMP (m)                      | 329,0 |
| Seuil de l'évacuateur de crues (m)                                       | 334,0 |
| Volume utile du réservoir entre 329 et 353,6 m (hm <sup>3</sup> )        | 800   |
| Apport naturel moyen (m <sup>3</sup> /s)                                 | 67,5  |
| Débit maximum évacué lors de la CMP (rivière Cyriac) (m <sup>3</sup> /s) | 2 300 |

Le réservoir EPC est formé par la mise en place, essentiellement dans sa partie nord, de neuf digues et cinq barrages fermant des vallées, des ruisseaux et des rivières. Le niveau critique du réservoir est de 353,6 m, le niveau d'étanchéité des digues et barrages de 354,1 m et celui de la crête de 355,6 m. La largeur de la crête est de 7,5 m pour les digues et de 9,0 m pour les barrages. Les coupes types utilisées correspondent à deux types retenus pour l'avant-projet NBR. Les digues de revanche sont constituées de till compacté protégé à l'amont par un matériau tout-venant compacté. Les batardeaux sont constitués d'enrochement déversé rendu étanche par la mise en place, du côté amont, d'un filtre et de till déversé.



La fermeture du réservoir à la cote de 355,6 m demande la mise en place de neuf digues et de cinq barrages. Les digues n° 1, 12 et 12 A sont des digues de revanche. Le volume de remblais atteint 8 430 000 m<sup>3</sup> et celui des excavations quelque 642 000 m<sup>3</sup>. On prévoit excaver, de plus, quelque 826 000 m<sup>3</sup> pour la mise en place de canaux de dérivation.

Les dépôts de till, de sable et de sable-et-gravier sont abondants, en quantités jugées suffisantes et situés, pour la grande majorité, à l'intérieur du futur réservoir. Les distances de transport varient entre 0,5 km et 3 km, la moyenne étant inférieure à 2 km.

Des galeries de dérivation sont prévues uniquement aux barrages de la rivière aux Écorces [11 m x 11 m] et de la rivière Pikauba [8 m x 8 m]. Les apports des autres rivières sont dérivés vers l'ouest grâce à la mise en place de batardeaux amont et de canaux de dérivation.

Un débit réservé total de l'ordre de 7 m<sup>3</sup>/s (10 % du débit module intercepté) a été prévu et a été réparti comme suit : 2,5 m<sup>3</sup>/s sur la rivière aux-Écorces, 2,5 m<sup>3</sup>/s sur la rivière Pikauba et 2,0 m<sup>3</sup>/s sur la rivière Cyriac. Il n'y a pas d'ouvrage prévu sur la rivière Jean-Boivin ou sur le ruisseau Fillion, ces deux cours d'eau se jetant dans la rivière Cyriac à l'aval de sa fermeture. On a retenu l'hypothèse que les débits réservés pouvaient être modulés en tout temps en fonction des besoins à l'aval. Le diamètre des conduites est légèrement surdimensionné pour fournir, si requis, des débits réservés plus grands que le 10 % des débits modules aux points de coupure.

L'évacuateur de crues a été implanté près de la rivière aux Écorces. Il est conçu pour une crue de 2 290 m<sup>3</sup>/s à la cote maximale critique de 353,6 m (CMP de printemps). Il est constitué de deux vannes de 7,7 m x 16 m avec un seuil parabolique à la cote de 334,0 m. L'ouverture de l'évacuateur se fait à partir de la cote de 344 m, i.e. lorsque le volume d'emmagasinement atteint environ 350 hm<sup>3</sup>.

Les simulations de laminage des crues indiquent que le réservoir sera rarement au-dessus de la cote de 344 m, de sorte que l'on ne prévoit déboiser le futur réservoir que jusqu'à cette cote et obtenir ainsi des économies significatives sur l'ampleur et le coût des opérations.

## 6.5 CENTRALE EPC

Le tracé de la galerie d'amenée a 7,0 km de long et la prise d'eau est implantée près de la rivière Jean-Boivin. Cette prise d'eau comporte un seul pertuis avec une grille à débris de 5 m x 9 m, une vanne de 4 m x 6,5 m et un radier à la cote de 316 m. Un canal de détournement de 3,5 km de long, avec radier à la cote de 326 m, permet d'amener les eaux des rivières Pikauba et aux Écorces vers la centrale.

La section de la galerie d'amenée est de 6,0 m x 6,5 m et son profil longitudinal présente une pente constante vers l'aval. Un répartiteur est prévu à l'aval. Le diamètre du puits de la chambre d'équilibre est limité à 4,0 m et celui de la chambre d'équilibre est de 8,6 m.

La centrale de surface est calée pour une cote du réservoir de Kénogami de 157,2 m. Elle est équipée de deux groupes Francis avec un débit d'équipement total de 90 m<sup>3</sup>/s. Elle est large de 17,92 m, longue de 41,24 m et haute de 23,18 m. La production annuelle est estimée à 728 GWh (F.U. de 0,60). La puissance est estimée à 141 MW.

La production électrique de la centrale est intégrée au poste Saguenay, à quelque 13 km au nord. Une ligne électrique monoterne à 161 kV relie le poste EPC au poste Saguenay. Cette nouvelle ligne longe la ligne actuelle à 735 kV reliant le poste Jacques-Cartier au poste Saguenay [BEAUPRÉ, M., 1999a].

## 6.6 ÉCHÉANCIER DU SCÉNARIO C

L'échéancier du scénario C est présenté à la figure 6.2. On remarque qu'il n'y a plus de travaux relatifs aux seuils de la rivière aux Sables durant la quatrième année. Les travaux de la centrale, qui constituent le cheminement critique, se terminent à la fin de la huitième année. Les travaux de digues, barrages et évacuateurs sur chacun des bassins versants ont été reportés à la sixième et septième année.

---

## 6.7 ESTIMATION DES COÛTS DU SCÉNARIO C

Le tableau 6.2 présente un sommaire des coûts pour le scénario C. Les estimations ont été préparées selon les mêmes critères que ceux décrits en 4.5. Le coût global estimé en dollars constants de 1999 est de 690 912 000\$.

## 6.8 NIVEAU DE PROTECTION DU SCÉNARIO C

Ce réservoir est dimensionné pour procurer un laminage équivalent à celui des réservoirs RE 1 et RC 1, et ce, tant pour la valeur du débit sortant maximal ( $1\,800\text{ m}^3/\text{s}$  si aucune autre mesure n'était prise) que pour le niveau d'eau atteint (166,1 m) sur le réservoir Kénogami lors du passage de la CMP de printemps. Pour atteindre un laminage équivalent, le réservoir EPC doit avoir une capacité d'emmagasinement de quelque  $800\text{ hm}^3$ . Une capacité d'emmagasinement de quelque  $450\text{ hm}^3$  doit demeurer disponible pour emmagasiner la CMP d'été-automne. Avec cette conception, le débit évacué à l'aval du lac Kénogami, lors de la CMP d'été-automne, n'est plus que de  $480\text{ m}^3/\text{s}$  pour un niveau maximal de 165,1 m, ce qui est nettement meilleur que le service obtenu des réservoirs RE 1 et RC 1 qui ne permettent de réduire le débit qu'à  $1200\text{ m}^3/\text{s}$  avec une cote de 166,07 m au lac-réservoir Kénogami.

Le problème des crues statistiques tant d'été-automne que de printemps est entièrement éliminé dans un tel scénario et on peut considérer que l'impact de la CMP d'été-automne est presque négligeable. Il ne reste donc que la CMP de printemps pour laquelle une bonne gestion prévisionnelle permet de réduire le débit maximal aux environs de  $1500\text{ m}^3/\text{s}$  pour une cote maximale de 166,07 m. Cette valeur est légèrement supérieure à la valeur équivalente pour le scénario B ( $1400\text{ m}^3/\text{s}$ ); il est toutefois probable qu'une optimisation plus poussée de la gestion du réservoir EPC permettrait de ramener le débit maximal sortant à une valeur plus basse.

**TABLEAU 6.2**  
**SOMMAIRE DES COÛTS POUR LE SCÉNARIO C**

PROJET: RÉSERVOIR & CENTRALE E.P.C. ( NIV. RÉSERVOIR = 352,6 M ), REHAUSSEMENT DES DIGUES ET AMÉLIORATION / AJOUT ÉVACUATEURS - LAC KÉNOGAMI

| DESCRIPTION  | ESTIMATION<br>1000\$ CONSTANT | ESTIMATION<br>1000\$ COURANT |
|--|-------------------------------|------------------------------|
| <b>COÛTS DU PROJET</b>   |                               |                              |
| Ingénierie   | 49 771                        | 54 574                       |
| Construction   |                               |                              |
| Installations temporaires  | 21 646                        | 23 869                       |
| Structures permanentes ( incluant approvisionnement )                        |                               |                              |
| <b>Réservoir = Bassin rivière aux Écorces</b>                                |                               |                              |
| - Canal de détournement  | 114                           | 127                          |
| - Batardeau, Barrage & Digués  | 29 857                        | 33 354                       |
| - Dérivation provisoire  | 12 200                        | 13 629                       |
| - Évacuateur   | 13 429                        | 15 002                       |
| - Débit réservé permanent  | 54                            | 60                           |
| <b>Réservoir = Bassin rivière Pikauba</b>                                    |                               |                              |
| - Canal de détournement  | 71                            | 80                           |
| - Batardeau, Barrage & Digués  | 111 710                       | 124 795                      |
| - Dérivation provisoire  | 7 741                         | 8 648                        |
| - Débit réservé ( temporaire & permanent )                                   | 576                           | 643                          |
| <b>Réservoir = Bassin rivière Cyriac</b>                                     |                               |                              |
| - Canal de détournement  | 41                            | 45                           |
| - Batardeau, Barrage & Digués  | 42 990                        | 48 025                       |
| - Dérivation provisoire  | 13 144                        | 14 683                       |
| - Débit réservé ( temporaire & permanent )                                   | 460                           | 514                          |
| - Alimentation Électrique permanente des structures                          | 436                           | 488                          |
| - Routes   | 12 703                        | 14 191                       |
| - Ponts  | 4 540                         | 5 071                        |
| - Ligne de transmission à relocaliser 25 kV                                  | 287                           | 320                          |
| <b>Centrale E.P.C.</b>   |                               |                              |
| - Structures permanentes et appareillages                                    | 98 225                        | 109 730                      |
| - Route d'accès à la Centrale  | 2 858                         | 3 192                        |
| <b>Rehaussement des digues à 168,1 m &amp; Modification des évacuateurs</b>  |                               |                              |
| - Digués   | 8 284                         | 9 254                        |
| - Évacuateurs ( ajouts de capacité )   | 4 178                         | 4 667                        |
| - Évacuateurs ( modernisations )   | 1 646                         | 1 839                        |
| Mise en route  | 6 320                         | 7 188                        |
| Acquisitions et dédommagements   | 640                           | 731                          |
| <b>Total Construction</b>  | <b>394 149</b>                | <b>440 147</b>               |
| Gérance de projet ( incluant gérance chantier )                              | 65 851                        | 73 606                       |
| <b>Total des coûts directs</b>   | <b>509 771</b>                | <b>568 327</b>               |
| Contingence sur les coûts du projet  | 105 354                       | 117 567                      |
| Travaux de foresterie ( avec droit de coupe )                                | 13 494                        | 14 903                       |
| Frais généraux d'administration  | 11 695                        | 13 050                       |
| Télécommunication permanentes & temporaires                                  | 2 250                         | 2 531                        |
| Ligne 735 kV à relocaliser   | 2 615                         | 2 985                        |
| Ligne 161 kV, départ poste Saguenay et poste à la centrale                   | 17 000                        | 19 508                       |
| <b>SOUS-TOTAL PROJET CONSTRUCTION</b>  | <b>662 179</b>                | <b>738 870</b>               |
| <b>COÛTS ÉVALUÉS À PARTIR DE PROJETS COMPARABLES</b>                         |                               |                              |
| Études de faisabilité  | 20 311                        | 21 017                       |
| Autorisations gouvernementales   | 1 800                         | 1 893                        |
| Mesures d'atténuations   | 6 622                         | 7 490                        |
| SOTRAC, SOCOM, PMVI ou autres compensations                                  | NON INCLUS                    | NON INCLUS                   |
| <b>SOUS-TOTAL ÉTUDES FAISAB. , AUTORISATIONS &amp; MESURES D'ATTÉNUATION</b> | <b>28 733</b>                 | <b>30 401</b>                |
| <b>TOTAL GLOBAL</b>  | <b>690 912</b>                | <b>769 271</b>               |

NOTE : LE COÛT TOTAL NE PEUT ÊTRE MORCELÉ EN DIFFÉRENTES COMPOSANTES TELLES QUE CENTRALE, PRISE D'EAU, ETC., SANS REFAIRE L'ESTIMATION

Le tableau 6.3 résume les résultats pour le scénario C:

TABLEAU 6.3

*Scénario C - Niveaux et débits pour diverses crues avec les améliorations proposées*

| Crues d'été-automne  | Fréquence   |               |        |
|--|-------------|---------------|--------|
|  | 1 : 100 ans | 1 : 10000 ans | CMP    |
| Niveau maximal du réservoir Kénogami (m)                             | 164,16      | 164,16        | 165,11 |
| Débit total max. sortant de Kénogami (m <sup>3</sup> /s)             | < 380       | 380           | 480    |
| Débit total max. sortant de Pibrac (m <sup>3</sup> /s) *             | < 150       | 150           | 170    |
| Débit total max. sortant de Portage-des-Roches (m <sup>3</sup> /s) * | < 230       | 230           | 310    |

| Crues de printemps   | Fréquence   |               |        |
|--|-------------|---------------|--------|
|  | 1 : 100 ans | 1 : 10000 ans | CMP    |
| Niveau maximal du réservoir Kénogami (m)                             | 164,16      | 164,16        | 166,07 |
| Débit total max. sortant de Kénogami (m <sup>3</sup> /s)             | < 275       | 480           | 1528   |
| Débit total max. sortant de Pibrac (m <sup>3</sup> /s) *             | < 150       | 170           | 1000   |
| Débit total max. sortant de Portage-des-Roches (m <sup>3</sup> /s) * | < 125       | 310           | 528    |

\* Le partage de débits entre les deux exutoires reste à discuter.

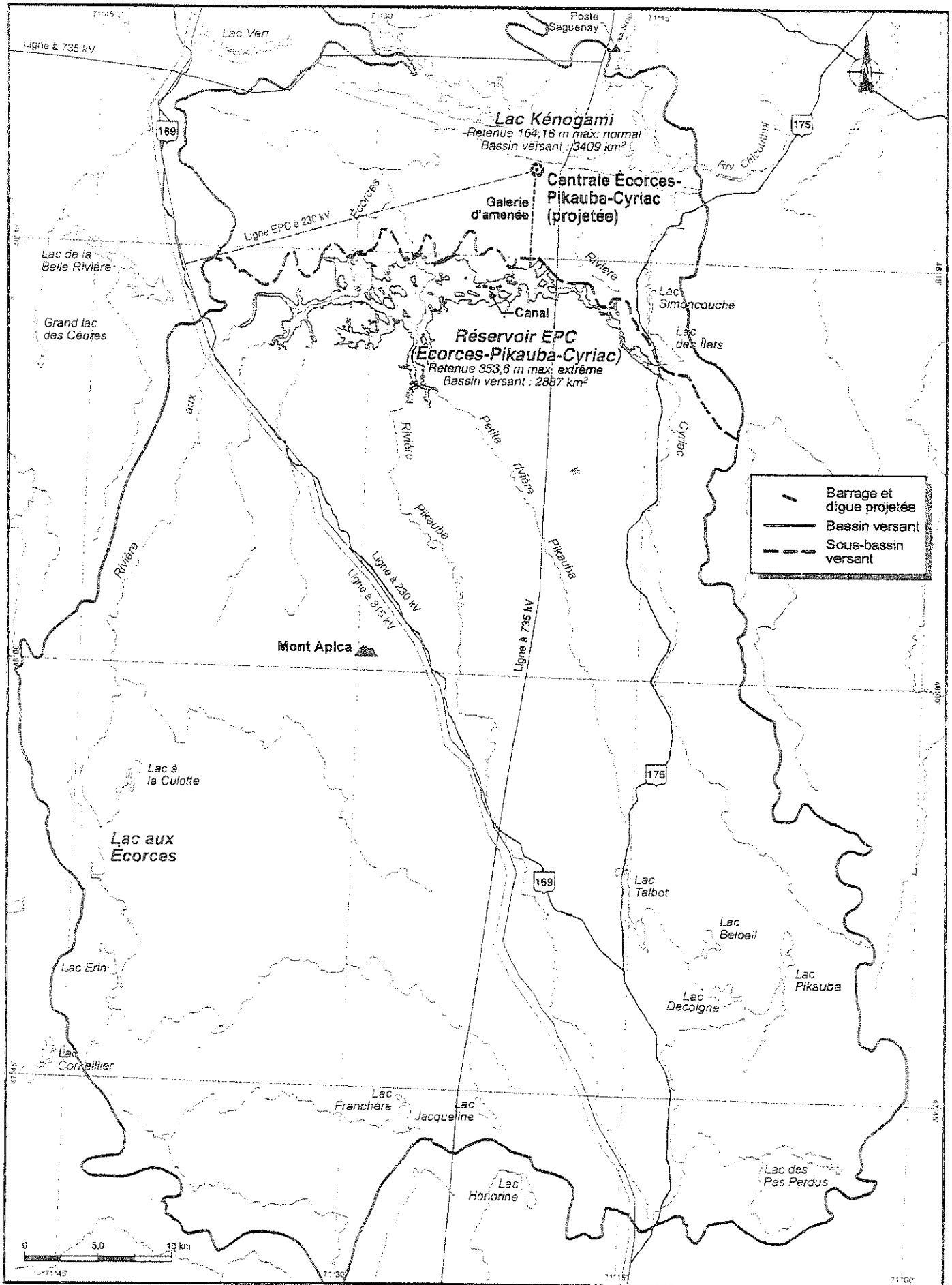
Les figures 6.3 et 6.4 montrent les résultats des simulations des laminages des CMP au lac-réservoir Kénogami pour le scénario C.

## 6.9 VALEURS DES DOMMAGES RÉSIDUELS DU SCÉNARIO C

Pour toutes les crues de printemps et d'été-automne jusqu'à la fréquence décennale, il n'existe aucun dommage résiduel.

## 6.10 BÉNÉFICES ANNEXES DU SCÉNARIO C

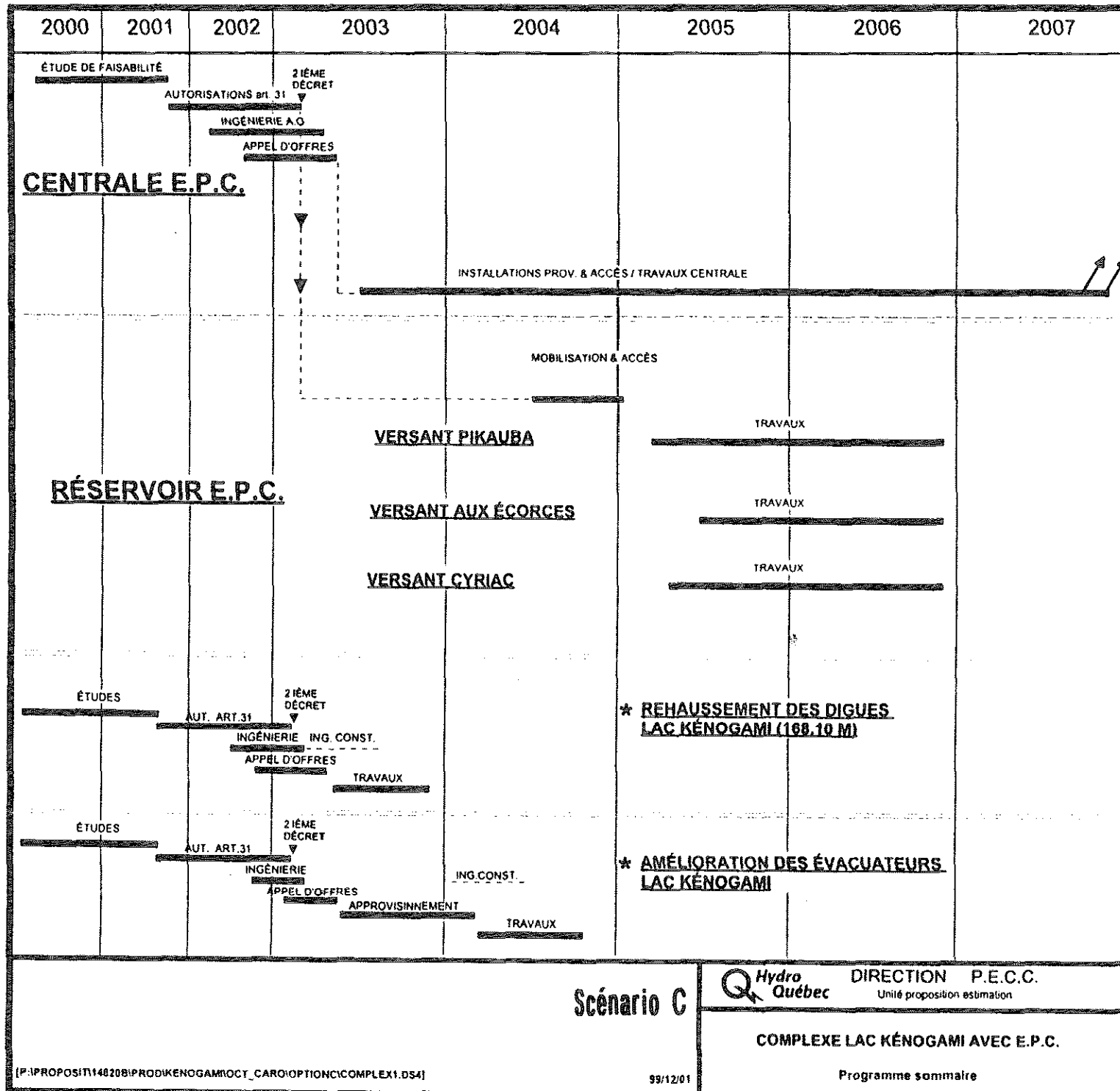
La régularisation supplémentaire apportée par le réservoir EPC permet d'augmenter la production moyenne des centrales en aval de 35,6 GWh. Cette augmentation est de 32,6 GWh si les centrales de Pont-Arnaud et Chute Garneau ne sont pas reconstruites [GAUDETTE, M., 1999].



PL99SA80-C3.F16 (1999-09-13)

Figure 6.1 Emplacement du réservoir EPC

Figure 6.2 : Échéancier pour le scénario C



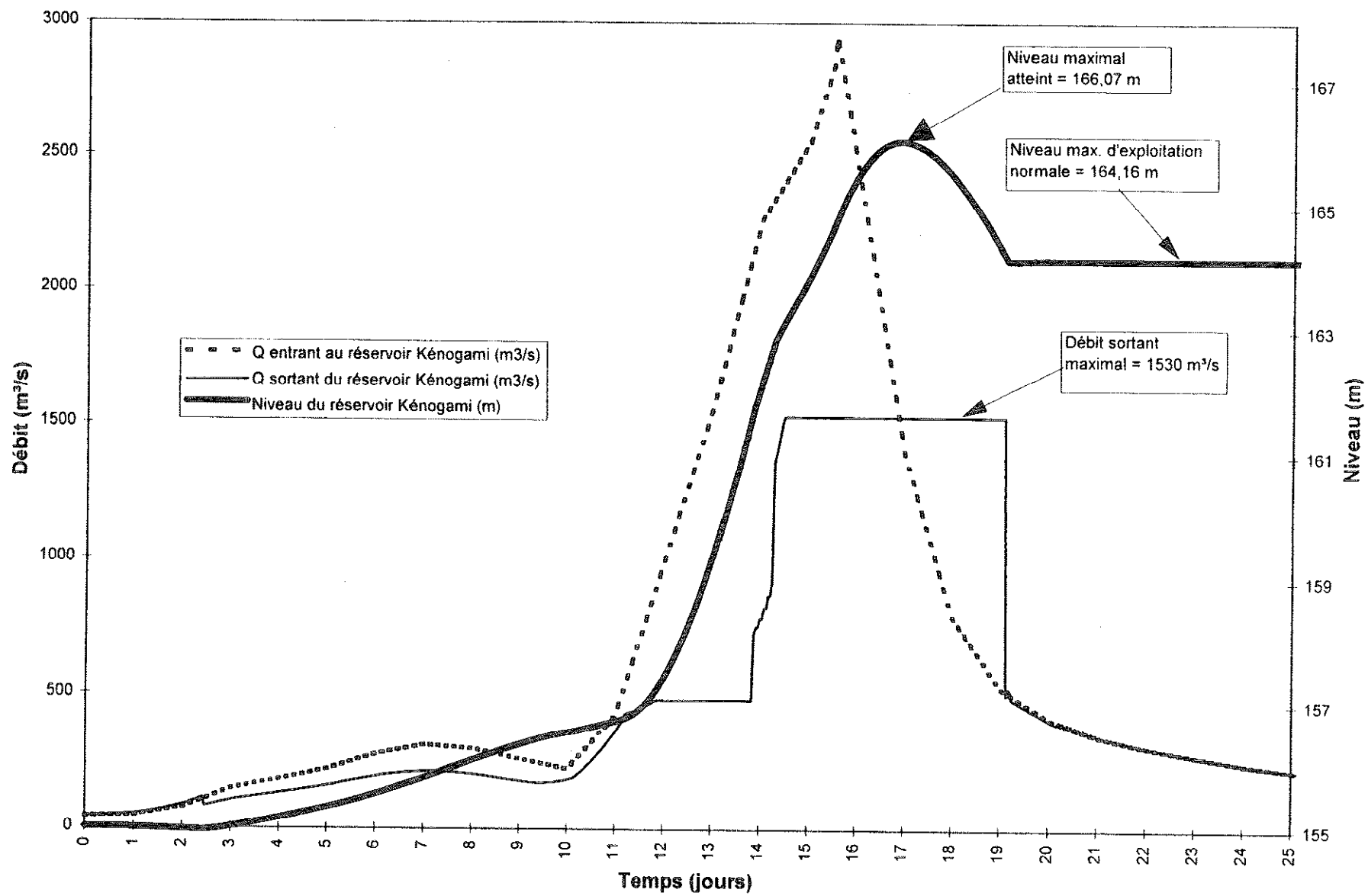
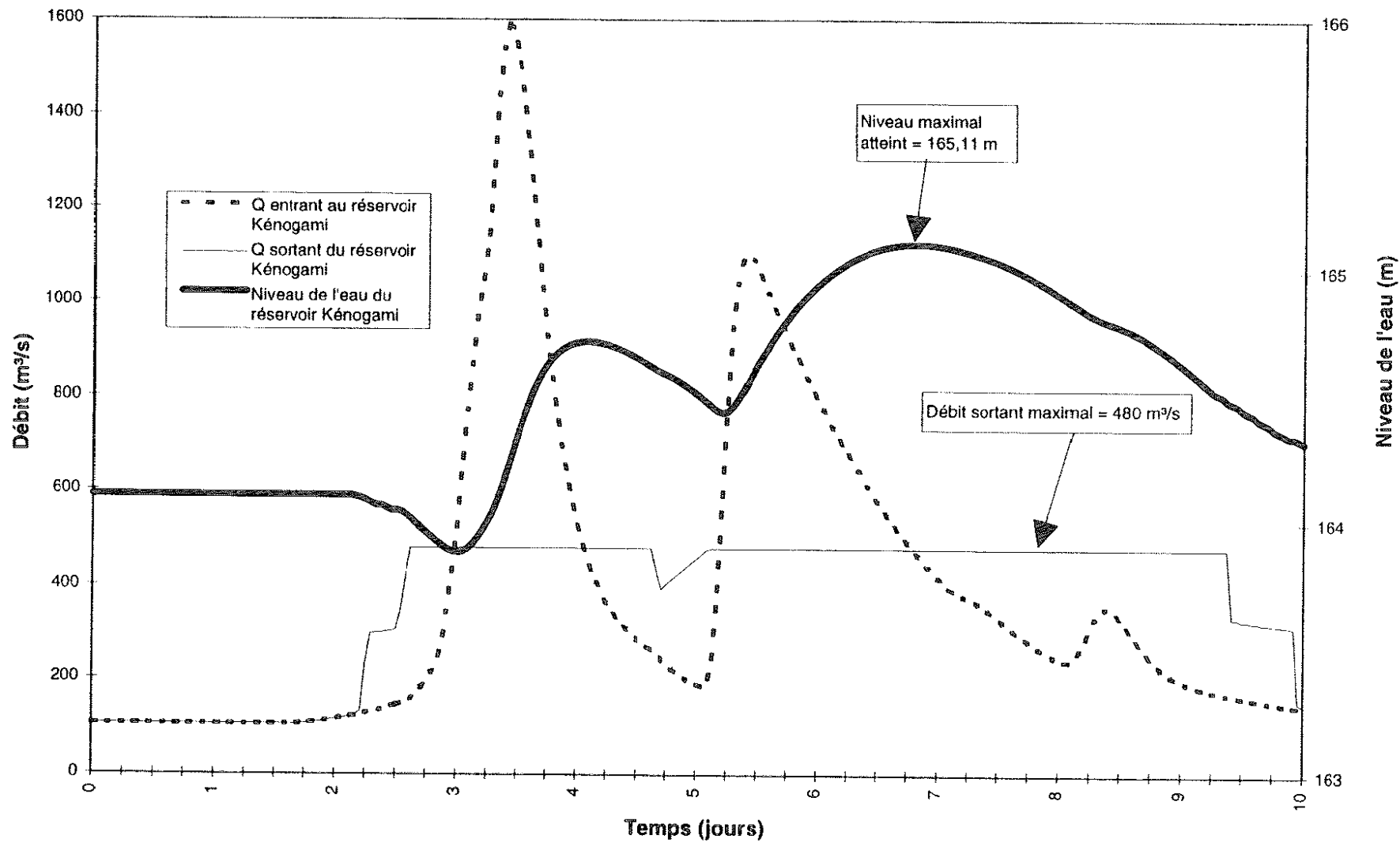


Figure 6.3

Scénario C : Gestion de la crue maximale probable de printemps





**Figure 6.4**  
**Scénario C : Gestion de la crue maximale probable d'été-automne**

## 7.0        **CONSTATS**

### 7.1    **ÉTUDES DE CRUES RÉALISÉES À CE JOUR**

Suite aux événements de 1996, les crues naturelles entrant au lac-réservoir Kénogami ont été entièrement réévaluées pour les conditions d'été-automne en incluant les informations fournies par la crue de juillet 1996 et, pour les crues de printemps, en tenant compte de toutes les informations disponibles historiquement depuis 1842. Les résultats ont été consignés dans un rapport conjoint Hydro-Québec/MENV, 1998. On y retrouve les caractéristiques des crues statistiques ainsi que celles des crues maximales probables pour le printemps et pour les conditions d'été-automne.

Le Comité constate que la méthodologie de l'étude des crues est rigoureuse et que les résultats présentés dans ce rapport conjoint sont d'excellente qualité et constituent une référence de base qui met un terme aux études de la CMP entrant dans le lac-réservoir Kénogami.

### 7.2    **VALEUR TECHNIQUE DES SCÉNARIOS PROPOSÉS**

Les scénarios proposés en début de mandat n'avaient pas tous le même niveau de définition tant par la quantité ou la précision de leurs données de base que par le niveau d'étude consentis par les initiateurs. Afin de procéder à une comparaison équitable conduisant à un choix éclairé, le Comité a obtenu des informations complémentaires et redéfini parfois certains scénarios pour donner plus de réalisme à la solution et permettre une meilleure évaluation de son coût.

Le Comité est d'avis que les scénarios décrits dans le rapport et rappelés sommairement ci-dessous sont techniquement corrects et suffisamment complets pour permettre de procéder aux étapes ultérieures.

### Scénario A

Le but de ce scénario est de tirer le meilleur parti possible des ouvrages de retenue existants suite à leur rehaussement et de s'assurer que ces ouvrages pourront résister à la plus forte des crues envisageables, soit la CMP de printemps. Les autres éléments du scénario sont l'utilisation d'une gestion prévisionnelle, l'accroissement de la capacité des ouvrages régulateurs, la modernisation de certaines vannes et de leur mécanisme de levage, ainsi que l'excavation de seuils naturels dans la partie amont de la rivière aux Sables pour permettre une évacuation de 650 m<sup>3</sup>/s sans dommages aux habitations riveraines. Le seuil majeur d'inondation de la rivière Chicoutimi demeure inchangé à 310 m<sup>3</sup>/s.

### Scénario B

Le scénario B comprend deux réservoirs à l'amont du lac-réservoir Kénogami qui servent à emmagasiner une partie des crues exceptionnelles: le réservoir RE 1 sur la rivière aux Écorces, et le réservoir RC 1 sur la rivière Pikauba. Ce scénario comprend lui aussi le rehaussement des digues autour du lac-réservoir Kénogami mais à un niveau 45 cm plus bas que dans le cas du scénario A. Le scénario B inclut l'utilisation d'une gestion prévisionnelle, l'accroissement de la capacité des ouvrages régulateurs, la modernisation de certaines vannes et de leur mécanisme de levage, ainsi que l'excavation de seuils naturels dans la partie amont de la rivière aux Sables pour y permettre une évacuation de 320 m<sup>3</sup>/s sans dommage aux habitations riveraines. Pour des raisons économiques, les deux centrales hydroélectriques initialement prévues ont été retranchées de la définition.

### Scénario C

Ce scénario comprend un grand réservoir EPC dont la capacité est équivalente à celle des réservoirs RE 1 et RC 1 du scénario B. Il est construit à l'amont du lac-réservoir Kénogami et une centrale hydroélectrique de 141 MW produisant 728 GWh/an est implantée entre les deux réservoirs. Ce scénario a les mêmes caractéristiques que le scénario B en ce qui a trait aux digues et aux ouvrages régulateurs sauf que l'excavation des seuils sur la rivière aux Sables n'est plus requise.

### 7.3 UTILISATION DE LA GESTION PRÉVISIONNELLE

Le Comité est d'avis que l'application de la gestion prévisionnelle constitue une méthode efficace pour améliorer la gestion du lac-réservoir Kénogami en période de crue. Cette technologie consiste à calculer les apports futurs en fonction des mesures de la pluie tombée au sol et des prévisions météorologiques. Dans un bassin comme celui du lac-réservoir Kénogami, cette méthode permet de connaître avec une bonne précision les apports qui arriveront dans 24 heures, et donne la tendance de ces apports sur un horizon de trois à quatre jours. À partir de ces informations, il est possible d'améliorer la gestion du réservoir. Par exemple, si des apports très importants sont prévus pour le lendemain et pour les deux ou trois jours à venir, cette approche permet de décider d'évacuer préventivement un débit qui peut atteindre le seuil majeur d'inondation. Cette évacuation préventive ne cause pas de dommages, libère de l'espace dans le réservoir et permet d'emmagasiner les volumes excédentaires de la crue attendue. À titre d'exemple, une évacuation de  $480 \text{ m}^3/\text{s}$  (soit le seuil majeur d'inondation actuel) durant 24 heures permet de sortir plus de  $40 \text{ hm}^3$  d'eau, ce qui correspond à une tranche de près de 70 cm dans le lac-réservoir Kénogami.

La gestion prévisionnelle permet de gérer les crues moyennes et fortes de façon plus souple, c'est-à-dire en évacuant uniformément les débits excédentaires, plutôt que d'évacuer peu au début de la crue et beaucoup à la fin. De plus, au cas où des évacuations de personnes seraient nécessaires, elle permet de donner un préavis plus long et de favoriser ainsi une évacuation plus ordonnée et plus sécuritaire. Ces avantages sont grandement renforcés lorsque la capacité d'évacuation à moyen niveau est augmentée et que le seuil majeur d'inondation est aussi augmenté.

Le développement rapide des techniques de communications et d'échange de données en temps réel a permis à cette technologie de prendre son essor. La gestion prévisionnelle est appliquée un peu partout dans le monde, en particulier aux États-Unis, dans les bassins du Colorado et du Tennessee, et en Europe. En Chine, un ambitieux système est en préparation pour

---

gérer les crues du Yang Tze au projet des Trois Gorges, lequel doit entrer en service en 2007; des compagnies canadiennes participent à ce développement. Au Canada, des systèmes de gestion prévisionnelle sont en opération, en particulier au Saguenay sur le bassin de la rivière Shipshaw (Abitibi-Consol) et en Nouvelle Écosse (NSPI).

Le Comité a été informé en fin de mandat qu'un système de gestion prévisionnelle est maintenant utilisé dans le bassin du lac-réservoir Kénogami. Ce système utilise en particulier les observations du nouveau radar météorologique du mont Castor dans les Monts Valin.

#### **7.4 ACCROISSEMENT DE LA CAPACITÉ ET DE LA SÉCURITÉ D'ÉVACUATION AUX OUVRAGES RÉGULATEURS DE PORTAGE-DES-ROCHES ET DE PIBRAC EST ET OUEST**

L'accroissement de la capacité d'évacuation au lac-réservoir Kénogami est intéressante dans le cas des crues extrêmes afin d'évacuer la première partie de la crue et de limiter les besoins de réserve soit dans le lac-réservoir Kénogami (scénario A) ou dans les réservoirs amont (scénarios B et C).

Les caractéristiques actuelles des ouvrages d'évacuation aux sites de Portage-des-Roches et Pibrac est et ouest permettent d'évacuer environ  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$  au niveau 162,00. Si des variantes d'amélioration des seuils aval sur les rivières Chicoutimi et aux Sables pour lesquelles la capacité dépasserait  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$  devenaient requises, suite à une optimisation, il serait alors nécessaire d'augmenter la capacité d'évacuation totale du lac. Étant donné que l'augmentation de la capacité d'évacuation dans les rivières à l'aval du lac-réservoir Kénogami se ferait certainement dans la rivière aux Sables plutôt que dans la rivière Chicoutimi, il faudrait dans un tel cas augmenter la capacité d'évacuation à Pibrac plutôt qu'à Portage-des-Roches. Actuellement la capacité d'évacuation à Pibrac au niveau 163,5 m est d'environ  $700 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Les vannes et le matériel de levage de Portage-des-Roches et de Pibrac doivent être revus et modernisés. Le temps nécessaire pour ouvrir toutes les vannes et les pertuis à Portage-des-Roches est actuellement estimé à plus de 10 heures. Après modernisation des ouvrages, ce temps sera porté à environ 3 heures. Cette modernisation aura surtout un effet bénéfique en été, car le délai de prévision des crues en cette saison est moins long qu'au printemps et, alors, le lac-réservoir est relativement plein. Il convient donc d'être en mesure de réagir le plus vite possible.

Le Comité constate toutefois que la réduction des temps d'ouverture des vannes et pertuis à Portage-des-Roches et Pibrac impose probablement des modernisations aux cinq autres aménagements existants en aval. Le coût de ces modernisations ou harmonisations doit être évalué, sans présumer par qui il sera payé.

Le Comité constate aussi qu'un système de communication très fiable doit être mis au point entre tous les exploitants de centrales puisque les évacuations de débits importants deviendront possibles à très courte échéance.

## **7.5 REHAUSSEMENT DES DIGUES ET DES PARAPETS DES BARRAGES**

Le rehaussement des digues constitue un élément essentiel de chacun des scénarios afin de prévenir des débordements et des bris de barrages en cas de crues exceptionnelles. Quant au rehaussement des parapets en béton, ceux-ci sont nécessaires afin d'assurer l'accès aux ouvrages de contrôle en tout temps.

Le Comité constate que les revanches correspondant à ces rehaussements respectent les normes habituellement appliquées dans ce domaine. Pour les fins d'évaluation des scénarios à l'étude, les normes d'Hydro-Québec ont été appliquées.

## 7.6 EXCAVATION DES SEUILS SUR LA RIVIÈRE AUX SABLES

Lors de l'examen des divers cas d'évacuation de crues sur les rivières Chicoutimi et aux Sables, le Comité a constaté que la limite critique d'inondation (appelée "seuil majeur d'inondation") est relativement faible ( $480 \text{ m}^3/\text{s}$ ) et constitue une contrainte lors de la gestion des crues même les plus courantes. Cette limite repose sur le débit à partir duquel des dommages sont causés aux habitations riveraines dans le secteur amont des rivières.

L'allègement de cette contrainte est possible et techniquement faisable en arasant certains seuils rocheux dans les secteurs amont afin de rabattre le profil hydraulique. On peut même poursuivre et excaver le lit de ces cours d'eau afin d'augmenter davantage la capacité d'évacuation sans causer de dommages aux propriétés riveraines.

L'importance de ces excavations est limitée par l'équilibre entre les coûts de réalisation et les bénéfices qu'on en retire. On constate à ce titre que:

- **Sur la rivière aux Sables:** la capacité des nouveaux évacuateurs à Jonquière est de  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ , et l'importance des dommages causés par l'inondation est relativement faible;
- **Sur la rivière Chicoutimi:** la capacité de l'évacuateur de la centrale d'Abitibi-Consol tout à l'aval, est de  $570 \text{ m}^3/\text{s}$ , et les deux rives sont habitées, souvent avec empiètement.

Les valeurs précitées constituent donc, à priori, la limite de capacité et le rapport des débits à utiliser dans une étude d'optimisation des excavations des seuils, sur chacune des rivières.

Le Comité signale que l'accroissement de ce "seuil majeur d'inondation" ( $480 \text{ m}^3/\text{s}$ ) par un facteur de l'ordre de 2 ou 3 est un élément essentiel de la gestion prévisionnelle décrite dans le rapport. Une étude sommaire a fixé la valeur du seuil majeur d'inondation comme suit pour les différents scénarios:

Scénario A : 960 m<sup>3</sup>/s

Scénario B : 630 m<sup>3</sup>/s

Scénario C : 480 m<sup>3</sup>/s (inchangé)

Seule une étude complète coûts-bénéfices peut permettre d'établir le dimensionnement définitif des travaux à réaliser. À ce jour, le Comité constate qu'une telle étude n'existe pas mais que les coûts de réalisation de certaines variantes d'excavation ont été estimés.

### **7.7 DIFFICULTÉS DE MISE EN ŒUVRE DE CHACUN DES SCÉNARIOS**

À cause de leur importance, chacun des scénarios devra être soumis à l'obtention de permis ou autorisations gouvernementales relevant des lois existantes dont en particulier la loi sur l'environnement et la loi sur l'aménagement du territoire. Ainsi, dans le cas de la loi sur l'environnement, la procédure normale comprend la présentation du projet auprès du ministère, l'obtention de directives quant à l'étendue et la forme de l'étude d'impact à réaliser, la préparation de l'étude et du rapport d'impact, les audiences et les recommandations du Bureau des Audiences Publiques en Environnement (BAPE), et enfin le certificat d'autorisation pour la réalisation des travaux. L'acquisition de servitude d'inondation avec négociation et peut-être le recours à une loi spéciale entraîne des délais et des coûts. Ces contraintes ne doivent pas être considérées comme des éléments d'intendance normale et sans grande importance.

Le délai requis pour atteindre la permission de construire est donc fonction de l'importance du milieu affecté et implicitement du nombre d'intervenants en cause.

Le scénario A est sûrement celui qui affecte le plus grand nombre de personnes tant par l'exhaussement du niveau du Lac Kénogami en cas de crues exceptionnelles que par l'importance des dommages résiduels.



Les scénarios A et B, comprennent l'excavation de seuils rocheux afin d'atténuer ou d'éliminer les dommages le long de la rivière aux Sables pour un débit respectif de 650 et 320 m<sup>3</sup>/s. Les difficultés de ces travaux d'excavation reposent essentiellement sur les problèmes d'accès et de dynamitage près des habitations.

Le scénario B, avec ses deux réservoirs d'amont, permet le laminage d'une grande partie de la CMP et des autres crues exceptionnelles et réduit l'importance des dommages résiduels. La construction des deux réservoirs et de leurs infrastructures est tout à fait conventionnelle et ne comprend aucune difficulté particulière d'autant plus que la zone d'intervention est inhabitée. Par contre, il y a risque d'opposition à la construction de nouveaux réservoirs dans une réserve faunique.

Le scénario C avec un seul grand réservoir est celui qui contrôle le mieux les crues exceptionnelles du bassin du Lac Kénogami. Il ne comprend aucune difficulté technique de réalisation; il faut souligner toutefois que les conditions géologiques à chacun des ouvrages ne sont pas encore bien connues. Comme dans le cas du scénario B, la construction du réservoir se situe dans une réserve faunique et peut amener le même type d'opposition.

## 7.8 RÉSULTATS COMPARATIFS DES SCÉNARIOS

Les études préliminaires réalisées à ce jour conduisent aux résultats du tableau 7.1.

Le Comité constate que chacun des scénarios permet de passer la crue décennale sans dommages à l'aval du lac-réservoir Kénogami, mais cependant avec certains dommages autour du lac. Cette protection excède la pratique internationale en matière de protection contre les crues, et est en accord avec la nouvelle loi française qui demande de protéger les zones inondables contre la plus grande crue observée.

TABLEAU 7.1

*Sommaire des résultats pour les divers scénarios*

| Conditions de crues   |        | Situation actuelle | Scénario |        |        |
|-----------------------|--------|--------------------|----------|--------|--------|
|                       |        |                    | A        | B      | C      |
| <b>Décamillennale</b> |        |                    |          |        |        |
| Printemps             | niveau | 164,54             | 165,07   | 164,17 | 164,16 |
|                       | débit  | 1876               | 606      | 630    | 480    |
| Été-automne           | niveau | 164,58             | 166,23   | 164,79 | 164,16 |
|                       | débit  | 2107               | 960      | 630    | 380    |
| <b>CMP</b>            |        |                    |          |        |        |
| Printemps             | niveau | 166,55             | 166,55   | 166,07 | 166,07 |
|                       | débit  | 4640               | 3900     | 1390   | 1530   |
| Été-automne           | niveau | 165,84             | 166,55   | 166,07 | 165,11 |
|                       | débit  | 3204               | 1645     | 1190   | 480    |

**7.9 COÛT DES SCÉNARIOS ET BÉNÉFICES POTENTIELS**

Les coûts des différents scénarios ont été estimés par les services d'Hydro-Québec et présentés aux tableaux 4.2, 5.2 et 6.2. Ces coûts globaux respectifs sont, en dollars constants:

Scénario A : 39,5 millions de dollars

Scénario B : 204,8 millions de dollars (sans centrale)

Scénario C : 690,9 millions de dollars (avec centrale)

Le scénario C inclut une centrale de 141 MW qui produit annuellement 728 GWh. Ceci représente un bénéfice dont la valeur actualisée est de l'ordre de 300 millions de dollars.

L'établissement de ces coûts reflète les contingences qui tiennent compte de l'état de connaissance actuelle des scénarios. Ces coûts excluent les mesures de compensations environnementales et les frais d'intérêt. Les coûts d'exploitation des ouvrages n'ont pas été évalués.

L'augmentation de production aux centrales à l'aval, incluant celles de Chute Garneau et de Pont Arnaud, est respectivement de 30 GWh pour le scénario B et de 35,6 GWh pour le scénario C.

#### 7.10 AUTRES ÉLÉMENTS DE COÛTS

En plus des coûts évalués dans ce rapport pour chacun des scénarios, il y a lieu d'identifier d'autres éléments de coûts qui devront être aussi évalués en regard du scénario retenu. Ces éléments sont:

- a) les coûts d'expropriation et d'achat de servitude d'inondation autour du lac-réservoir Kénogami pour les niveaux d'eau extrêmes qui seront établis dans l'étude finale;
- b) les travaux de protection des points bas autour du lac-réservoir Kénogami si les relevés à venir en démontrent la nécessité;
- c) le rehaussement de certains tronçons de route le long des rivières Chicoutimi et aux Sables afin d'assurer en tout temps l'accès aux ouvrages de contrôle et l'évacuation des personnes;
- d) la construction de digues le long des exutoires pour empêcher les débordements lors des crues extrêmes selon le scénario retenu;
- e) les modifications aux barrages et évacuateurs sur les rivières Chicoutimi et aux Sables en aval du lac-réservoir Kénogami selon le scénario retenu, afin de prévenir la rupture de ces ouvrages en cas de crues extrêmes;
- f) les modifications à certains ponts essentiels sur les rivières Chicoutimi et aux Sables afin de permettre en tout temps un accès sécuritaire aux zones affectées;

- g) les modifications aux usines de filtration et à leur prise d'eau sur les rivières Chicoutimi et aux Sables afin qu'elles résistent aux crues extrêmes et aux risques de pollution par le chlore;
- h) le déplacement préventif ou l'expropriation de certains bâtiments implantés en bordure des rivières Chicoutimi et aux Sables.

### **7.11 RECONSTRUCTION ET RÉTABLISSEMENT SUITE AU PASSAGE D'UNE CRUE EXCEPTIONNELLE**

Cet aspect des dommages résiduels est souvent oublié. En effet, l'évaluation des dommages s'appuie généralement sur la valeur des biens détruits ou endommagés et sur le coût de leur remplacement. Ainsi, lorsqu'il s'agit d'un bien de faible importance, une automobile ou même une maison, on compense habituellement le propriétaire pour la valeur marchande du bien perdu plus certains frais limités correspondant à la location temporaire d'un bien de remplacement temporaire.

Dans le cas d'un sinistre majeur comme celui d'un déversement résultant d'une crue exceptionnelle au lac-réservoir Kénogami, il ne serait plus question de simplement reconstruire ou remplacer puisque toute la structure socio-économique de Jonquière et Chicoutimi serait perturbée et certains éléments ne pourraient être restaurés avant plusieurs mois voire quelques années. Certaines industries pourraient même décider de ne pas reconstruire et de cesser toute activité, engendrant par le fait même des pertes d'emplois et une dégradation du tissu social.

L'évaluation des dommages résiduels reliés à un scénario doit donc comprendre tous les aspects post sinistre et ne pas se limiter au simple décompte de la valeur des biens à remplacer ou à compenser. Un tel exercice ne semble pas avoir été fait à ce jour; le travail qui a été communiqué au Comité consiste plutôt à simuler l'ampleur des dommages résultants d'une crue

semblable à celle de 1996 en tenant compte "d'aménagements adéquats" apportés aux ouvrages de contrôle du lac-réservoir Kénogami.

Tout en reconnaissant que la sécurité absolue est trop chère sinon impossible, la protection contre les crues ouvre un large débat qui dépasse les simples considérations économiques et englobe un choix de société. À ce titre, la pratique internationale dans ce domaine ne constitue qu'une information et ne saurait être transposée sans discernement au cas du lac-réservoir Kénogami.

#### **7.12 PRATIQUES QUÉBÉCOISES ET INTERNATIONALES EN MATIÈRE DE CONTRÔLE DES INONDATIONS**

Un aperçu de la pratique en matière de contrôle des inondations dans différents pays révèle que le maximum d'effort est fait partout pour protéger la vie des personnes. Pour les crues fréquentes, des infrastructures sont construites à cet effet; pour les crues fortes et extrêmes, des plans d'évacuation sont prévus. Quant à la protection des biens matériels, la fréquence de protection adoptée au Québec et au Canada est de une fois dans 100 ans. À l'étranger, les fréquences généralement adoptées sont de une fois dans 20 ans à une fois dans 50 ans dans les zones rurales et au maximum de une fois dans 300 ans à une fois dans 1250 ans dans les zones urbaines.

Le Comité constate que la protection offerte par les trois scénarios excède la pratique internationale et la pratique québécoise et canadienne courantes. Elle est en accord avec la nouvelle législation française qui prescrit une protection jusqu'au niveau de la plus grande crue observée.

#### **7.13 SYSTÈMES D'ALERTE ET PLAN D'ÉVACUATION**

Le Comité s'est abstenu d'élaborer en regard des systèmes d'alerte et des plans d'évacuation, jugeant que ces mécanismes font partie des plans d'urgence des municipalités et

doivent être élaborés, en collaboration avec le Ministère de la Sécurité publique, par une équipe multidisciplinaire connaissant bien les particularités du milieu. Par ailleurs, les éléments essentiels de ces plans, à savoir, le niveau et la vitesse de l'eau le long des cours d'eau, sont encore mal connus dans le cas des très forts débits. De même, les effets des crues résultant de rupture de barrages, qui sont différentes des crues naturelles exceptionnelles, doivent être introduits dans les plans d'urgence.

#### 7.14 ORIENTATION QUANT À LA POURSUITE DES ÉTUDES ET DES TRAVAUX

Le Comité juge utile de présenter certains éléments que devrait contenir la prochaine étape de ce dossier de gestion des crues. Ces éléments sont les suivants:

- a) définir les limites des zones inondables à l'amont et à l'aval du lac-réservoir Kénogami pour les crues vicennale, centennale, décennennale, les CMP et pour les cas de ruptures de barrages; ces études doivent tenir compte du nouveau mode de gestion qui sera élaboré ainsi que des améliorations qui seront apportées aux ouvrages régulateurs;
- b) évaluer les dommages directs et indirects dans les zones inondables définies en a);
- c) ✓ procéder à l'étude de faisabilité définitive de chacun des éléments du scénario retenu, c'est-à-dire le rehaussement des digues et des parapets des barrages, les améliorations aux ouvrages régulateurs, l'ajout de capacité d'évacuation, l'arasement des seuils à l'amont de la rivière aux Sables et, le cas échéant, les réservoirs à l'amont;
- d) ✓ reprendre les calculs de laminage de crues avec les caractéristiques des ouvrages retenus en c);
- e) ✓ établir un nouveau plan de gestion des eaux en tenant compte des nouveaux moyens qui seront mis en place, c'est-à-dire prévisions météorologiques, capacité d'évacuation des ouvrages régulateurs et capacité des exutoires;

- f) ✓ évaluer les ouvrages de protection le long des rivières Chicoutimi et aux Sables afin de prévenir les débordements en cas de crues extrêmes;
- g) ✓ définir les modifications à apporter aux infrastructures (routes et ponts) à l'aval du lac-réservoir Kénogami afin d'assurer en tout temps l'accès aux ouvrages de contrôle et l'évacuation des personnes;
- h) ✓ établir un système d'alerte et un plan d'évacuation adapté au scénario retenu en accord avec les plans d'urgence des municipalités concernées.





## RÉFÉRENCES

- BEAUPRÉ, M., 1999a. *Gestion des crues extrêmes du lac Kénogami, réservoirs EPC et RE 1/RC 1, pistes d'optimisation et revue de conception, étude préliminaire*. Rapport final, 1 de 4, décembre 1999, iv, 25 p., 7 tab., 3 ann.
- BEAUPRÉ, M., 1999b. *Gestion des crues extrêmes du lac Kénogami, rehaussement des ouvrages, amélioration de la capacité d'évacuation et modernisation des évacuateurs de crues autour du lac-réservoir Kénogami, étude préliminaire*. Rapport final, 2 de 4, décembre 1999, vii, 27 p., 10 tab., 2 pl., 5 ann.
- BEAUPRÉ, M., 1999c. *Gestion des crues extrêmes du lac Kénogami, amélioration de la capacité de certains seuils dans la partie amont des rivières Chicoutimi et aux Sables, étude préliminaire*. Rapport final, 3 de 4, décembre 1999, vii, 24 p., 16 tab., 3 ann.
- BEAUPRÉ, M., 1999d. *Gestion des crues extrêmes du lac Kénogami, relations débits / dommages et capacités d'évacuation sur les rivières Chicoutimi et aux Sables, étude préliminaire*. Rapport final, 4 de 4, novembre 1999, iv, 26 p., 11 tab., 2 pl., 3 ann.
- BÉRUBÉ, P. et LESIÈGE, B., 1999. *Gestion des crues extrêmes du lac Kénogami, scénarios A, B et C, estimation des coûts*. Rapport final, décembre 1999. PECC, Hydro-Québec
- BOUCHARD, B. et al., 1997. *Simulation de la gestion du lac-réservoir Kénogami - Modèle KENO 97*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec
- BRUNEAU, P. et al., 1998. *Étude des crues du bassin du réservoir du Lac-Kénogami*, Rapport conjoint Hydro-Québec/MENV, No 14320-RA-97-32
- CIGB, 1998. *Coût de la maîtrise des crues dans les barrages, Synthèse et recommandation*. Bulletin 108.
- CIGB, en préparation . *Barrages et crues*
- COMITÉ DU BASSIN du Lac Kénogami et des rivières Chicoutimi et aux Sables, octobre 1998. *Rapport sur le partage des débits des rivières Chicoutimi et aux Sables*
- DIJKMAN, J., & al., 1997. *Flood management strategies for the Rivers Rhine and Meuse in the Netherlands*. Proceedings of the Conference held at Anaheim, California. IAHS Pub. N° 239, 1997
- GAUDETTE, M., Avril 1999. *Gestion des crues du bassin versant du lac-réservoir Kénogami, Étude préliminaire, Rapport de synthèse*. Groupe Production, Hydro-Québec

- GUERRERO, A., Décembre 1998. *Gestion des crues extrêmes du Lac-Kénogami, Études hydrologiques de la variante EPC, Étude préliminaire*. CÉGERTEC pour Hydro-Québec, Unité hydraulique et géotechnique
- GUERRERO, A., et P. VANNOBEL, Novembre 1998. *Gestion des crues extrêmes du Lac-Kénogami, Aménagements RE 1 et RC 1, Étude préliminaire*. Hydro-Québec, Unité hydraulique et géotechnique
- INRS-EAU, Octobre 1997. *Prédiction des dommages résidentiels d'inondation en fonction de l'hydraulicité des rivières Chicoutimi et aux Sables et du lac Kénogami*. Rapport présenté à la Direction de l'Hydraulique du Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec
- JOANNETTE, J. et al., 1999. *Réservoir Kénogami - Gestion des crues, Étude préliminaire, Rivières Chicoutimi et aux Sables, Limites d'inondation - Amélioration des conditions actuelles*. Hydro-Québec, Unité hydraulique et géotechnique
- JOURNAL OFFICIEL de la République française, 1996. *Circulaire du 24 avril 1996 relative aux dispositions applicables au bâti et ouvrages existants en zones inondables*.
- MEF, 1998. *Avant-projet de loi sur la sécurité des barrages*
- MENV, Juillet 1999. *Gestion sécuritaire des crues extrêmes du Lac Réservoir Kénogami, Proposition du Ministère de l'Environnement*.
- MTQ, 1999. *Estimation préliminaire du coût d'acquisition d'une servitude d'inondation, Lac Kénogami*.
- NICOLET R. et al., 1997. *Rapport de la Commission scientifique et technique sur la gestion des barrages, volumes 1 et 2*
- OFFICE FÉDÉRAL de l'économie des eaux, Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie, Suisse. *1995a - Exigences posées à la protection contre les crues. 1995b - Prise en compte des dangers dus aux crues dans le cadre des activités de l'aménagement du territoire*.
- THERRIEN F., 1999. *Comparaison de cinq courbes de capacité totale d'évacuation des ouvrages de Portage-des-Roches, de Pibrac-Est et de Pibrac-Ouest*. Hydro-Québec, Unité Hydraulique et Géotechnique.
- USACE, 1994. *The great Flood of 1993, Post-Flood Report, Upper Mississippi River Basin, Appendix C*
- USACE, 1999. *Communication personnelle entre Earl Eiker, chief Hydraulic and Hydrology Branch, et Christian Guillaud*
- ZHIXIN, LIANG, 1997. *Flood destruction and abatement in China. Proceedings of the Conference held at Anaheim, California, 1997*. IAHS Pub. N° 239, 1997.