



Gouvernement du Québec
**Ministère
du Conseil exécutif**

**Gestion sécuritaire
des crues extrêmes
du lac Kénogami**

Rapport final

6374

Décembre 1997

GENIVEL · BPR · TECSULT

345, RUE DES SAGUENÉENS, CHICOUTIMI (QUÉBEC) CANADA G7H 6K9

SOMMAIRE EXÉCUTIF

L'étude réalisée par Genivel-BPR-Tecsult a permis de trouver des solutions à la gestion sécuritaire des crues au Lac Kénogami. Après avoir étudié un éventail de possibilités, les spécialistes de la firme en sont venus à la conclusion que seule la construction de nouveaux réservoirs à l'amont peut réduire l'impact des crues extrêmes à un niveau acceptable du point de vue de la sécurité.

Les solutions faisant appel à des canaux de dérivation tels que ceux vers la Belle-Rivière ou même le ruisseau Jean-Dechêne sont non seulement très coûteuses, mais génèrent en plus une série d'impacts environnementaux et sociaux inacceptables, sans compter les inévitables problèmes d'expropriation.

Quant à la possibilité de rehausser le niveau du lac Kénogami, les études montrent que la sécurité des populations riveraines serait nettement compromise en cas de crues extrêmes. Quant à l'option d'améliorer la capacité hydraulique des rivières Chicoutimi et aux Sables pour passer les crues extrêmes sans rehaussement du lac Kénogami, elle est impraticable.

D'autre part, l'étude montre qu'avec l'ajout de réservoirs placés à des endroits stratégiques sur les rivières qui coulent vers le lac Kénogami, il est possible de réduire au moins de moitié l'impact des crues extrêmes sur le lac et ses deux exutoires naturels, les rivières Chicoutimi et aux Sables.

Autre élément important mis en lumière par le consultant, c'est la possibilité de pouvoir utiliser ces mêmes réservoirs pour produire de l'hydroélectricité et ce, sans compromettre la gestion sécuritaire des crues. Cette situation est due en bonne partie aux caractéristiques mêmes du bassin du lac Kénogami. La crue maximum probable (CMP) pouvant survenir au printemps est pratiquement deux fois plus importante que celle survenant en été ou en automne. Une partie du réservoir utilisé pour amortir la crue du printemps peut alors servir le reste de l'année pour la production d'énergie, tout en conservant une réserve d'urgence suffisante pour faire face à des crues extrêmes d'été ou d'automne.

TABLE DES MATIÈRES

	page
SOMMAIRE EXÉCUTIF	
1	INTRODUCTION..... 1-1
1.1	Contexte et mandat..... 1-1
1.2	Cheminement des études 1-3
1.3	Approche multicritère 1-6
1.4	Format de présentation et contenu..... 1-7
2	GESTION SÉCURITAIRE DES CRUES (PRATIQUES ET CONCEPTS)..... 2-1
2.1	Généralités..... 2-1
2.2	Rappel des directives de l'ACSB 2-1
2.3	Rappel des recommandations de la Commission Nicolet..... 2-5
2.4	Présentation de la crue maximum probable (CMP) 2-7
2.5	Comparaison de la CMP été/automne avec la crue de juillet 1996..... 2-9
2.6	Comparaison de la CMP avec des crues de fréquences connues 1/20/100/ 1000/10000 ans 2-10
2.7	Particularités du bassin versant du lac Kénogami 2-11
2.7.1	Le bassin versant du lac Kénogami..... 2-11
2.7.2	Le lac Kénogami..... 2-17
2.7.3	Simulations de gestions de crues par le MEF 2-18
2.8	Enjeux et objectifs spécifiques au lac Kénogami 2-18
2.8.1	Généralités..... 2-18
2.8.2	Événements de 1996 2-21
2.8.3	Débits d'évacuations pour la CMP..... 2-22
2.8.4	Riverains du lac Kénogami..... 2-22
2.8.5	Riverains des rivières Chicoutimi et aux Sabies 2-23
2.8.6	Seuils des inondations mineure et majeure 2-23
2.8.7	Rupture de barrage 2-23
2.8.8	Résumé des enjeux et objectifs..... 2-24
2.9	Débits d'évacuation maximum acceptables..... 2-24
3	SOLUTIONS ENVISAGÉES..... 3-1
3.1	Généralités..... 3-1
3.2	Éventail des solutions envisagées..... 3-1
3.3	Solutions non viables 3-8

TABLE DES MATIÈRES

	page
3.4 Solutions étudiées	3-13
3.4.1 Option 1 - Réductions des apports	3-14
3.4.2 Option 2 - Dérivation des crues extrêmes.....	3-16
3.4.3 Option 3 - Passage des crues extrêmes par les exutoires naturels	3-20
3.5 La production hydroélectrique comme complément à une gestion sécuritaire des crues.	3-23
4 COMPORTEMENT DU RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE AVEC LES DIVERSES SOLUTIONS ÉTUDIÉES.....	4-1
4.1 Approche méthodologique (simulations).....	4-1
4.1.1 Conditions hydrométéorologiques à considérer	4-1
4.1.2 Scénarios de simulation.....	4-2
4.1.3 Modélisation des barrages-réservoirs amont pour la simulation de l'option 1	4-3
4.1.4 Modélisation de la gestion au lac Kénogami pour la simulation de l'option 1	4-5
4.1.5 Modélisation de la gestion au lac Kénogami pour la simulation de l'option 2	4-5
4.1.6 Modélisation de la gestion au lac Kénogami pour la simulation de l'option 3.....	4-6
4.2 Résultats des simulations des CMP	4-6
4.2.1 Résultats des simulations des CMP pour les options 2 et 3.....	4-6
4.2.2 Résultats des simulations des CMP avec les réservoirs amont (option 1) ...	4-8
4.2.2.1 Variantes permettant de limiter les dommages résiduels à « lourds ».....	4-10
4.2.2.2 Variantes permettant de limiter les dommages résiduels à « importants ».....	4-10
4.2.2.3 Variantes permettant de limiter les dommages résiduels à « mesurables ».....	4-11
4.2.2.4 Variantes permettant de limiter les dommages résiduels à « mineurs ».....	4-11
4.3 Résultats des simulations pour les conditions " Juillet 1996 " (option 1)	4-11
4.4 État des connaissances sur les rivières Chicoutimi et aux Sables	4-12
4.4.1 Gestion des ouvrages de Portage-des-Roches et de Pibrac	4-12
4.4.2 Situation sur la rivière Chicoutimi.....	4-13
4.4.3 Gestion des barrages de Portage-des Roches et de Pibrac	4-14

TABLE DES MATIÈRES

	page
5	PRODUCTION HYDROÉLECTRIQUE..... 5-1
5.1	Généralités..... 5-1
5.2	Développement du potentiel hydroélectrique..... 5-1
5.2.1	Hydraulicité 5-1
5.2.2	Évaluation des volumes de régularisation disponibles..... 5-3
5.2.3	Choix des sites propices à l'amont du lac Kénogami..... 5-4
5.2.4	Sites potentiels de Portage-des-Roches et Pibrac..... 5-11
5.2.5	Caractéristiques des sites retenus..... 5-12
5.3	Énergie additionnelle aux installations existantes..... 5-13
5.4	Synthèse du potentiel énergétique 5-13
6	ANALYSE MULTICRITÈRE 6-1
6.1	Généralités et définitions..... 6-1
6.1.1	Définition des critères..... 6-1
6.1.2	Approche analytique..... 6-8
6.2	Protection des personnes et des biens..... 6-8
6.2.1	Durée de mise en oeuvre 6-11
6.2.2	Domages résiduels..... 6-12
6.2.3	Robustesse de la solution 6-14
6.3	Enjeux économiques..... 6-15
6.3.1	Coûts directs d'immobilisation 6-15
6.3.2	Coûts d'opération annuels..... 6-17
6.3.3	Coûts de construction des centrales hydroélectriques..... 6-17
6.3.4	Coûts indirects..... 6-18
6.3.5	Retombées économiques régionales..... 6-25
6.4	Enjeux environnementaux..... 6-31
6.4.1	Importance des habitats fauniques perdus ou modifiés..... 6-31
6.4.2	Durée de la réadaptation..... 6-32
6.4.3	Volume de déblais..... 6-33
6.4.4	Autres éléments à considérer..... 6-33

TABLE DES MATIÈRES

	page
6.5	Enjeux sociaux 6-38
6.5.1	Qualité de vie 6-39
6.5.2	Facilité de mise en oeuvre du plan de gestion 6-41
7	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS 7-1
7.1	Conclusions 7-1
7.2	Recommandations pour les étapes ultérieures 7-4
ANNEXE A : Définitions des termes	
ANNEXE B : Simulations CMP	
ANNEXE C : Simulations crue juillet 1996	
ANNEXE D : Fiches descriptives des variantes retenues	
ANNEXE E : Fiches analytiques	
ANNEXE F : Recommandations de la commission Nicolet	

LISTE DES TABLEAUX

	page
Tableau 2.1	Catégories de conséquences selon l'ACSB 2-3
Tableau 2.2	Tableau récapitulatif des obligations des propriétaires de barrage Directive de l'ACSB..... 2-4
Tableau 2.3	CMP - Apport (débits et volumes) 2-8
Tableau 2.4	Comparaison de la CMP et de la crue 1996..... 2-9
Tableau 2.5	Valeur des apports pour diverses crues 2-11
Tableau 2.6	Récurrence des niveaux et des évacuations maximaux - Analyse stochastique 2-17
Tableau 2.7	Débits d'évacuation correspondant aux seuils d'inondation aux rivières Chicoutimi et aux Sables 2-18
Tableau 2.8	Débits utilisés dans les simulations de bris de barrages 2-20
Tableau 2.9	Tableau récapitulatif des apports, évacuation, volumes et niveaux..... 2-22
Tableau 2.10	Débits correspondant à divers niveaux de dommages résiduels 2-24
Tableau 3.1	Option 1 - Caractéristiques des réservoirs 3-11
Tableau 3.2	Combinaisons de réservoirs pour les diverses variantes..... 3-13
Tableau 3.3	Volume d'apport des CMP de printemps et d'été/automne 3-19
Tableau 4.1	Caractéristiques et courbes de remplissage des réservoirs simulés 4-4
Tableau 4.2	Synthèse des résultats de simulation au lac Kénogami - Options 2 et 3 4-7
Tableau 4.3	Résultats de simulation au lac Kénogami - Option 1 4-9
Tableau 4.4	Résultats de simulation au lac Kénogami - Pour la crue de juillet 1996 - Option 1 4-12
Tableau 4.5	Conditions hydrauliques - Rivière aux Sables 700 m ³ /s 4-15
Tableau 4.6	Comparaison des modes de gestion des crues extrêmes 4-14
Tableau 5.1	Volume de réserve disponible pour production d'énergie 5-3
Tableau 5.2	Caractéristiques des aménagements proposés 5-9
Tableau 5.3	Énergie hydroélectrique disponible 5-11
Tableau 6.1	Option 1 - Débits résiduels et coûts par variante..... 6-9
Tableau 6.2	Énergie additionnelle par variante de l'option 1 6-17



LISTE DES FIGURES

		page
Figure 2.1	Bassin du lac Kénogami.....	2-12
Figure 2.2	Courbe hypsométrique du bassin versant des rivières Chicoutimi et aux Sables et profil en long des rivières.....	2-14
Figure 2.3	Lac Kénogami - Emmagasinement et évacuations maximales lorsque tous les pertuis sont complètement ouverts.....	2-16
Figure 3.1	Identification des options.....	3-2
Figure 3.2	Localisation des réservoirs amont.....	3-4
Figure 3.3	Dérivation des crues extrêmes - Variante Belle-Rivière.....	3-8
Figure 3.4	Dérivation des crues extrêmes - Galerie Pibrac.....	3-15
Figure 3.5	Dérivation des crues extrêmes - Canal Jean-Dechéne.....	3-17
Figure 5.1	Courbes des débits mensuels classés.....	5-4
Figure 5.2	Localisation des réservoirs et centrales proposés.....	5-6
Figure 5.3	Schéma des réservoirs et centrales hydroélectriques.....	5-7
Figure 6.1	Grille d'analyse multicritère.....	6-2
Figure 6.2	Option 1 - Réservoir(s) en amont - Débit résiduel et coût total par variante ...	6-10
Figure 6.3	Option 1 - Réservoir(s) en amont - Réduction des débits et coût total par variante.....	6-11
Figure 6.4	Option 1 - Réservoir(s) en amont - Coûts moyen et marginal par variante.....	6-12



1 INTRODUCTION

1.1 Contexte et mandat

Suite au dépôt du rapport de la Commission scientifique et technique sur la gestion des barrages¹, communément appelée Commission Nicolet, le ministère du Conseil exécutif a mandaté le consortium Génivel-BPR-Tecsult pour identifier et évaluer les différentes options permettant un passage sécuritaire des crues extrêmes au travers du lac Kénogami et des rivières Chicoutimi et aux Sables.

Depuis les événements des 19, 20 et 21 juillet 1996, la gestion des crues du lac Kénogami est au centre de préoccupations de la population saguenéenne et du gouvernement du Québec. Plusieurs options ont ainsi été mises de l'avant en vue de gérer les crues extrêmes. Le gouvernement a voulu, par cette étude, en établir la faisabilité technique, connaître leurs coûts et évaluer les enjeux tant sociaux qu'environnementaux qui en découlent.

Trois grandes options d'aménagement ont été identifiées soit :

- Option 1 : Réduction des apports;
- Option 2 : Dérivation des crues extrêmes;
- Option 3 : Passage des crues extrêmes par les exutoires naturels.

L'option 1 consiste essentiellement à créer des réservoirs dans le bassin versant qui alimente le lac Kénogami. En cas de crue, une partie de l'eau de pluie et de fonte des neiges est retenue dans ces réservoirs, réduisant d'autant les apports dans le lac Kénogami et, partant, les déversements dans les rivières Chicoutimi et aux Sables. À cette option est rattachée l'estimation des bénéfices découlant d'une production hydroélectrique à partir d'une gestion rationnelle des nouveaux réservoirs.

¹ Nicolet, R., Roy, L., Arès, R., Dufour, J., Marinier, G., Morin G., « Rapport - Commission Technique et scientifique sur la gestion des barrages » Janvier 1997.

L'option 2 consiste à créer des canalisations autres que les rivières Chicoutimi et aux Sables pour évacuer les grandes crues. Les solutions envisagées comprennent :

- l'utilisation du ruisseau Jean-Dechêne;
- l'utilisation de la Belle-Rivière qui se jette dans le lac Saint-Jean;
- le percement de galeries entre le lac Kénogami et la rivière Saguenay;
- la dérivation d'une partie des eaux du bassin versant du lac Kénogami vers d'autres bassins limitrophes.

L'option 3 consiste à modifier les ouvrages de retenue et d'évacuation du lac Kénogami en vue d'absorber la crue. Elle comprend deux volets :

- le rehaussement des structures sur le pourtour du lac Kénogami pour augmenter la capacité d'emmagasinement en cas de crues;
- l'amélioration des sections hydrauliques de certains tronçons des rivières Chicoutimi et aux Sables pour en augmenter la capacité.

Dès les débuts de l'étude, on a défini une grille multicritère pour l'évaluation des diverses solutions. Un de ces critères (critère 1b) traite du niveau de dommages résiduels inhérent à une variante. Ce critère comprend cinq niveaux de dommages soit :

- très lourds;
- lourds;
- importants;
- mineurs et
- négligeables.

Pour la définition des solutions, on a déterminé que les évacuations acceptables dans les rivières Chicoutimi et aux Sables ne devaient pas dépasser le niveau des dommages résiduels « lourds ».

Suite à l'examen des bénéfices résultant des diverses options analysées, le ministère a ajouté au mandat l'examen de solutions capables de ramener les dommages résiduels à des niveaux moindre que « lourds », c'est-à-dire, « importants » et « mineurs ».

Les diverses options ont été étudiées, leur impact sur la gestion des crues a été calculé et les enjeux environnementaux et socio-économiques ont été évalués. Elles font l'objet du présent rapport.

1.2 Cheminement des études

Le point de départ des études fut la détermination de la valeur à retenir pour le débit entrant dans le lac Kénogami (les apports) lors d'une crue extrême appelée aussi crue maximum probable (CMP). La valeur de cette crue a été déterminée par le MEF conjointement avec Hydro-Québec et a été utilisée comme une donnée de base dans nos études. La valeur de la crue et les raisons de ce choix sont expliquées à la section 2 du rapport.

Connaissant la CMP, on s'est d'abord donné des critères visant à établir les débits maximum « tolérables » dans les rivières Chicoutimi et aux Sables en conditions de crues exceptionnelles. Tel qu'on l'a mentionné à la section 1.1, ces critères sont basés sur trois des niveaux de dommages résiduels (lourds, importants et mineurs) définis dans l'analyse multicritère. À chacun de ces niveaux peut se rattacher un débit maximum à ne pas dépasser dans les rivières Chicoutimi et aux Sables. Ces débits sont déterminés à la section 2.

Option 1 : Réduction du volume des apports

Pour réaliser les études de l'option 1, on a d'abord identifié des sites de réservoirs potentiels, en amont du lac Kénogami. Ces réservoirs ont pour fonction de retenir l'eau lors de crues majeures. Comme on ne connaissait pas a priori les bénéfices résultant de la création de chaque réservoir, on a voulu d'abord trouver le plus grand nombre de sites de réservoirs possible pour ensuite en arriver, par une analyse des coûts/bénéfices de diverses combinaisons des réservoirs implantés, à connaître les ouvrages nécessaires pour atteindre les

niveaux de dommages résiduels lourds et ensuite ceux qui sont soit importants ou mineurs. Des huit sites identifiés initialement, cinq ont finalement été retenus pour une analyse plus détaillée.

Les ouvrages de retenue comprenant des barrages, des digues et des ouvrages d'évacuation ont été conçus à chacun de ces sites et portés sur des dessins. Ceci a permis d'en déterminer les coûts et de cerner les enjeux environnementaux et socio-économiques qui s'y rattachent. La description des ouvrages à chacun des sites est donnée à la section 3. Les divers enjeux sont présentés à la section 6. Des fiches descriptives de chacun des réservoirs se retrouvent à l'annexe « D ».

Les volumes d'emmagasinement des divers réservoirs et la valeur de la CMP étant désormais connus, on a pu déterminer, par calcul, les bénéfices reliés à chacun d'eux en termes de réduction des débits d'évacuation du lac Kénogami. Les résultats de ces calculs sont présentés à la section 4. Plusieurs combinaisons de réservoirs peuvent réduire, à divers degrés, le débit de crue extrême dans les rivières Chicoutimi et aux Sables, et mener à des dommages résiduels réduits comme il sera démontré à la section 4. La description de ces diverses combinaisons ou variantes a été regroupée à l'annexe « E ».

Finalement, il est possible, notamment dans la section abrupte des rivières Pikauba et aux Écorces en aval des réservoirs sélectionnés, d'installer des centrales hydroélectriques qui produiraient des revenus permettant d'absorber une partie des coûts de l'ensemble des ouvrages tout en créant des bénéfices additionnels pour la région lors de la construction et de l'exploitation de ces centrales. L'importance de ce potentiel ainsi que les protocoles de gestion à mettre en place pour éviter les conflits entre la fonction protection contre les crues et la génération d'électricité sont présentés aux sections 3 et 5.

Option 2: Dérivation des crues extrêmes

L'étude de l'option 2 est relativement simple. Connaissant la valeur de la CMP il s'agissait de déterminer la valeur des débits d'évacuation maximums qui seraient acceptables dans les

rivières Chicoutimi et aux Sabies sur la base du critère des dommages résiduels; les débits excédentaires étant évacués via d'autres exutoires.

Des études sur cartes et une visite sur le terrain ont conduit à éliminer assez rapidement les exutoires suggérés dans le mandat. Par la suite, les structures pour les autres solutions de dérivation ont été portées sur les dessins et sont présentées à la section 3. Les enjeux socio-économiques et environnementaux ont été estimés et sont traités à la section 6. Il est à signaler qu'avec cette option, il n'est pas possible de bénéficier du potentiel de génération d'électricité.

Option 3: Passage des crues extrêmes par les exutoires naturels

Deux aspects sont à considérer ici. Le premier porte sur la possibilité d'augmenter la réserve utile du lac Kénogami pour fins de réduction des crues. Ceci peut se faire par un rehaussement des ouvrages de retenue ou par un abaissement du niveau d'opération. Le second aspect est la création, sur les rivières aux Sables et Chicoutimi, de conditions permettant le passage de débits de crue plus élevés. Les travaux requis et les modes d'exploitation auront un impact direct sur les riverains bordant le lac Kénogami et les deux rivières.

Les solutions potentielles reliées à l'augmentation de la réserve utile dans le lac Kénogami sont d'abord présentées à la section 3. Les simulations visant à passer des débits de crue plus élevés dans les deux rivières exutoires du lac Kénogami sont ensuite présentées à la section 4. Cette section traite également de l'état des connaissances de ces deux rivières.

Une fois les solutions définies et les bénéfices résultant de la mise en oeuvre estimés, les enjeux socio-économiques et environnementaux de chaque option et de chaque variante sont étudiés suivant l'approche multicritère. Le résultat de cette étude se trouve à la section 6.

Finalement, les sections 7 et 8 donnent les conclusions, recommandations ainsi qu'un aperçu des étapes requises pour en arriver à la mise en oeuvre des solutions.

1.3 Approche multicritère

Le consultant n'a pas pour mandat de recommander une solution plutôt qu'une autre. Bien au contraire, il doit présenter chacune des solutions considérées « réalistes » avec suffisamment de données pour permettre au Comité provisoire d'établir ses préférences sur la base d'un ensemble de critères dont certains peuvent être exprimés en termes monétaires alors que d'autres le seront sur une base qualitative. Il appartiendra au Comité provisoire d'évaluer ces critères en fonction de l'importance qu'il attache à chacun, dans le but d'en arriver à une solution qu'il privilégie.

Les critères ont été définis en retenant quatre domaines ou dimensions qui sont :

- protection des personnes et des biens;
- économie;
- environnement et faune;
- social.

Pour chacun des domaines, un certain nombre de critères ont été sélectionnés et définis. Une échelle de mesure propre à chacun de ces critères a aussi été établie.

Un total de 21 critères ont ainsi été sélectionnés et serviront de base au choix de la solution à retenir. Les définitions et échelles de mesure de chacun d'eux se retrouvent à l'annexe « G ». Le consultant s'est appuyé sur ces critères pour établir une grille d'analyse qui servira de document de référence ayant pour but de guider le Comité provisoire dans l'étude et le choix des options et variantes. Cette grille permettra, d'un seul coup d'oeil, d'évaluer, pour chacune des solutions, les effets bénéfiques et les désavantages qui y sont rattachés.

Comme on l'a mentionné plus haut à la section 1.1, le critère de protection des personnes et des biens couvre l'aspect des dommages résiduels qui a servi à définir une gamme de débits d'évacuation cibles à ne pas dépasser dans les rivières Chicoutimi et aux Sables avec les diverses options.

1.4 Format de présentation et contenu

Pour en faciliter sa lecture, le présent document a été structuré de manière à concentrer les descriptions techniques des ouvrages hydrauliques et des réservoirs principalement sous forme de fiches descriptives que le lecteur pourra consulter à l'annexe « D ».

Dans le même but, les diverses variantes considérées sont décrites plus en détail à l'annexe « E ». Le lecteur retrouvera donc à ces deux annexes les dessins, les estimations de coûts et autres détails servant à alimenter la discussion qui suit.

Les figures et les tableaux sont intercalés dans le texte aux endroits appropriés.

2 GESTION SÉCURITAIRE DES CRUES (PRATIQUES ET CONCEPTS)

2.1 Généralités

L'estimation des débits dans les cours d'eau lors de crues exceptionnelles intéresse à la fois les riverains de ces cours d'eau qui risquent d'être inondés, les propriétaires d'ouvrages hydrauliques sur ces mêmes cours d'eau, ainsi que les autorités gouvernementales, responsables de la sécurité des populations. Ces ouvrages doivent être équipés d'organes d'évacuation capable de transiter les débits de crues sinon il y a risque de débordement causant, dans certains cas, la rupture de l'ouvrage. C'est pourquoi la sélection d'une valeur appropriée pour la Crue de projet est un élément clé dans la planification de la gestion des bassins hydrographiques et de la construction des ouvrages de contrôle.

Dans cette section, la sélection de la valeur du débit de la « Crue de projet » pour la gestion sécuritaire des crues extrêmes sera discutée. Cette crue de projet sera utilisée pour déterminer la valeur des débits entrant dans le lac Kénogami (les apports). Il faudra aussi déterminer la valeur des débits sortant du lac Kénogami (évacuation) et qui seraient tolérables dans les rivières Chicoutimi et aux Sables lors d'une crue correspondant à la crue de projet. Ces valeurs à ne pas dépasser sont définies dans la présente section et serviront à mesurer l'efficacité des diverses options et variantes.

Finalement, les enjeux qui confrontent les décideurs dans leur choix d'une solution parmi les options proposées sont discutés.

2.2 Rappel des directives de l'ACSB

Compte tenu du nombre de barrages dans le monde et des conséquences que peuvent entraîner leur rupture, des sociétés savantes ont été mises sur pied pour traiter de leur sécurité.

Au Canada, une telle société est l'Association canadienne pour la sécurité des barrages (ACSB)² qui s'est donnée pour mandat d'établir des directives relatives à la sécurité des barrages s'appliquant à des ouvrages d'au moins 2,5 m de hauteur et ayant une capacité de retenue d'au moins 30 000 mètres cubes. Les ouvrages existants sur le pourtour du lac Kénogami et sur les rivières aux Sables et Chicoutimi répondent presque tous à cette définition.

Les barrages sont classés suivant la directive de l'ACSB, en quatre catégories selon les conséquences qu'auraient leur rupture en termes de pertes de vies humaines et en dommages économiques, environnementaux et sociaux. Ces catégories de conséquences sont détaillées au tableau 2.1 de la page suivante.

Selon la catégorie dans laquelle se classe un barrage, les exigences relatives à sa conception, son entretien et sa surveillance seront plus ou moins sévères. Le tableau 2.2 donne, de façon condensée, les exigences relatives à chaque catégorie de conséquences. On y remarque que, pour un ouvrage aux « conséquences » très lourdes, la réévaluation des crues doit se faire en utilisant la crue maximum probable (CMP).

Les rivières Chicoutimi et aux Sables, les deux exutoires naturels du bassin Kénogami traversent toutes les deux des villes. Les conséquences de la rupture des barrages qui y sont implantés seraient très lourdes. Ainsi donc, tous ces ouvrages se classent selon la directive de l'ACSB dans la catégorie des conséquences très lourdes.

Pour tous les ouvrages dans le bassin Kénogami les normes les plus sévères doivent donc être imposées tant au niveau de la conception que de la gestion. Pour la réévaluation de la crue, la CMP a été considérée.

² Il est à noter qu'en septembre 1997, l'ACSB s'est fusionnée avec une autre société savante, CANCEL, pour former l'Association Canadienne des barrages (ACB).

TABLEAU 2.1
Catégories de conséquences selon l'ACSB

Catégorie de conséquence	Conséquences additionnelles d'une rupture potentielle ³	
	Pertes de vies humaines	Économiques, sociales, environnementales
Très lourdes	Forte augmentation prévue ⁴	Augmentation excessive des pertes sociales, économiques et (ou) environnementales.
Lourdes	Une certaine augmentation prévue	Augmentation sensible des pertes sociales, économiques et (ou) environnementales.
Réduites	Aucune augmentation prévue	Pertes sociales, économiques et (ou) environnementales réduites.
Très réduites	Aucune augmentation	Petits barrages causant des pertes sociales, économiques et (ou) environnementales minimales. Pertes généralement limitées à la propriété du propriétaire; les dommages aux propriétés de tiers sont acceptables pour la société.

³ Conséquences additionnelles, considérées en sus de celles que les mêmes circonstances naturelles (crue, tremblement de terre, etc.) auraient causées en l'absence de toute rupture du barrage. Le type de conséquence (par exemple, pertes de vies humaines ou pertes économiques) ayant la plus forte estimation détermine dans quelle catégorie l'ouvrage est classé.

⁴ Le critère de pertes de vies humaines constituant la distinction entre les conséquences lourdes et très lourdes peut être basé sur le risque reconnu comme étant acceptable ou tolérable pour la société, soit 0,001 vie par année et par barrage. Sur la base de ce risque acceptable pour la société, les critères minimaux (CMP et séisme maximum probable (SMP)) des barrages à conséquences très lourdes devraient aboutir à une probabilité annuelle de rupture inférieure à 1 sur 100 000.

TABEAU 2.2

Tableau récapitulatif des obligations des propriétaires de barrage

Directives de l'ACSB

CATÉGORIE DE CONSÉQUENCES	CONSÉQUENCES ADDITIONNELLES D'UNE RUPTURE		FRÉQUENCE DE RÉ-ÉVALUATION	MANUEL D'EXPLOITATION MAINTENANCE SURVEILLANCE (EMS)	JOURNAL PERMANENT	PLAN DE MESURES D'URGENCE (PMU)	RÉÉVALUATION DES SECOURS SÉISMQUES MAXIMALES DE DIMENSIONNEMENT (SMD)	RÉÉVALUATION DES CRUES MAXIMALES DE DIMENSIONNEMENT (CMD)
	PERTES DE VIES	ÉCONOMIQUES SOCIALES ENVIRONNEMENTALES						
Très lourdes	Forte augmentation	Augmentation excessive	5 ans	Très détaillé	Oui	Oui	SMP ou 1/10000	CMP
Lourdes	Certaine augmentation	Augmentation sensible	7 ans	Détaillé	Oui	Oui	50% à 100% SMP ou 1/1000 à 1/10000	Entre CMP et CMD
Réduites	Aucune augmentation	Pertes réduites	10 ans	Succinct	Oui	Non	1/100 à 1/1000	1/100 à 1/1000
Très réduites	Aucune augmentation	Pertes minimales	10 ans Porte uniquement sur le classement des conséquences	Sans objet		Non	S.O.	S.O.

2.3 Rappel des recommandations de la Commission Nicolet

La Commission Nicolet a fait une série de recommandations qui sont reproduites intégralement à l'annexe « F » de ce rapport.

Les recommandations sont regroupées sous huit rubriques soient :

- 11.1 Le cadre juridique
- 11.2 Sécurité des ouvrages de retenue
- 11.3 Exigences de conception et de gestion des barrages
- 11.4 Répertoires des ouvrages de retenue
- 11.5 Gestion de la ressource hydrique - Comités de bassin
- 11.6 Aménagement du territoire en zones inondables et à risque
- 11.7 Sécurité civile
- 11.8 Bassin et ouvrages du territoire d'étude de la Commission.

Un certain nombre de ces recommandations méritent d'être soulignées. Ainsi, sous la rubrique « Cadre juridique » on recommande d'utiliser la directive de l'ACSB. Le texte de la recommandation se lit comme suit :

« La Commission recommande que la législation spécifique portant sur la sécurité des ouvrages de retenue des eaux repose sur les principes fondamentaux suivants » :

Parmi ces principes fondamentaux on retrouve :

« Les normes de conception, d'exploitation, de maintenance et de surveillance d'un ouvrage de retenue des eaux doivent être prévues dans un règlement. Ce règlement doit incorporer le texte des directives relatives à la sécurité des barrages de l'Association Canadienne pour la sécurité des barrages, texte qui sera modifié de temps à autre selon les besoins ».

Selon cette recommandation, on devrait, selon un cadre juridique à venir, se plier aux « Directives » préparées par l'ACSB en ce qui a trait à la conception et l'exploitation des barrages. Ce qui signifie, entre autres, que pour le bassin Kénogami, on doit concevoir le modèle de gestion des crues extrêmes en utilisant la Crue Maximum Probable.

Sous la rubrique « Sécurité des ouvrages de retenue », la Commission recommande la création d'une autorité responsable de la sécurité des barrages (ARSB).

Le mandat de l'ARSB serait large, allant de la validation des critères d'aménagement et de construction d'ouvrages de retenue, à l'approbation des plans et devis et des plans de gestion et aux inspections et contrôles périodiques.

Sous la rubrique « Gestion de la ressource hydrique - Comités de bassin », la Commission recommande la formation de comités de bassin ayant assumé un certain nombre de responsabilités dont :

« de concert avec la MRC, la préparation d'un bilan de rivière et du bassin qui l'alimente ainsi que des usages qui en sont faits; »

et aussi

« en regard des ouvrages de retenue des eaux existants ou projetés, la préparation d'un schéma directeur des usages de la rivière dont l'objectif premier est la sécurité des populations, ainsi que sa mise à jour chaque fois que ces usages se modifient ou que des exploitants proposent d'en ajouter de nouveaux ».

Finalement, sous la rubrique « Bassins et ouvrages du territoire d'étude de la Commission », celle-ci recommande la formation d'un « Comité de bassin du réservoir Kénogami » et précise que :

« Le comité de bassin, avec le soutien du ministère de l'Environnement et de la Faune, révisé dans les meilleurs délais, la problématique du réservoir Kénogami afin de préciser les options techniques en tenant compte de leurs incidences économiques.... »

Le Comité provisoire est issu de cette recommandation et le mandat pour la présente étude y a trouvé, en grande partie, son inspiration.

2.4 Présentation de la crue maximum probable (CMP)

La crue maximum probable est, en termes non scientifiques, la plus grande crue qu'on puisse raisonnablement imaginer. Pour obtenir la valeur des débits selon cette situation, on fait appel aux connaissances qu'on a de la météorologie de la région ainsi que des conditions du sol, entre autres la topographie (terrain accidenté, valonneux ou plat) et du couvert végétal. Ainsi donc, on détermine combien d'eau va se retrouver au sol au cours d'une période donnée. C'est ce qu'on appelle la pluie maximum probable ou PMP. Plus le bassin versant est étendu, plus longue sera la durée de la PMP. La vitesse avec laquelle cette eau dévalera les rivières dépend en particulier de la topographie. Suivant la directive 6,3 de l'ACSB, la CMP doit être réévaluée lorsque survient un événement d'une ampleur exceptionnelle, tel que celui survenu en juillet 1996 au Saguenay.

Dans le cas du calcul de la CMP pour le bassin Kénogami, on a étudié deux scénarios soit :

- un scénario « printemps »;
- un scénario « été/automne ».

Dans le scénario « printemps », on suppose que le couvert de neige au sol en fin d'hiver atteint une épaisseur qui se produit une fois par cent ans. Donc, épais couvert de neige qui tarde à fondre. Au moment où ce couvert de neige commence à fondre, une pluie maximale probable (PMP) pour cette période de l'année s'abat sur l'ensemble du bassin versant. Il s'agit en fait des combinaisons de phénomènes météorologiques les moins favorables. On retrouve dans les rivières l'eau provenant de la fonte de neige et l'eau de la pluie en même temps.

Dans le scénario « été/automne », on n'a pas de couvert de neige à considérer. En contrepartie, les températures étant plus chaudes, la valeur de la pluie maximum probable calculée en millimètres de pluie tombée dans une période donnée est sensiblement plus importante que celle du printemps.

Les données qui intéressent le concepteur d'un plan de gestion sécuritaire des crues sont :

- a) le débit horaire maximum qui entre (apport horaire) dans le réservoir qu'on veut gérer, dans ce cas-ci, Kénogami,);
- b) le volume total d'eau qui entrera dans le réservoir durant la crue, en supposant qu'aucun ouvrage n'intercepte cette eau en amont (volume des apports).

Pour le bassin du lac Kénogami, les résultats fournis au consultant pour les deux scénarios se résument comme suit :

TABLEAU 2.3
CMP - Apports (débits et volumes)

	Apports horaires (m ³ /s)	Volume des apports (Mm ³)
Scénario printemps	5 208	1 835
Scénario été/automne	4 562	836

Ces résultats sont ceux obtenus du modèle CEQUEAU. Signalons que l'étude des crues extrêmes s'est faite avec trois modèles hydrologiques différents, soit les modèles SSARR, HSAMI et CEQUEAU et que dans les trois cas, les résultats générés par les modèles coïncident.

Le lac Kénogami agit comme un tampon. Le débit qui va en sortir, c'est-à-dire dans ce cas les évacuations via les rivières Chicoutimi et aux Sables, seront plus faibles que les apports si, au cours de la crue, une partie de ceux-ci sont retenus dans le lac qui agit comme réservoir.

L'étalement du volume des apports se reflétera dans les fluctuations du niveau d'eau du lac. Cet aspect sera traité à la section 4.

La différence de valeur entre la CMP printemps et la CMP été/automne jouera un rôle important favorable à l'exploitation du potentiel hydroélectrique tel qu'on le verra plus loin.

2.5 Comparaison de la CMP été/automne avec la crue de juillet 1996

Le rapport de la Commission Nicolet nous informe que l'apport maximum au lac Kénogami a été observé le samedi 20 juillet à 16 heures et atteignait $2\,778\text{ m}^3/\text{s}$. Cette valeur est à mettre en rapport avec la valeur de $4\,562\text{ m}^3/\text{s}$ pour la CMP été/automne.

Le volume d'eau écoulé au cours de la crue de 1996 est de 589 millions de mètres cubes (Mm^3). Cette valeur est à comparer avec la valeur de 836 Mm^3 pour la CMP d'été/automne.

TABLEAU 2.4
Comparaison de la CMP et de la crue 1996

	Apports horaires (m^3/s)	%	Volume des apports (Mm^3)	%
CMP Été/automne	4 562	164	836	142
Crue 1996	2 778	100	589	100

Pour la CMP d'été/automne, la moyenne de précipitations a été estimée à 346 mm ce qui est une fois et demie la valeur mesurée en 1996 même si, lors des événements de juillet 1996, on a mesuré, dans une zone, une valeur de 337 mm.

La CMP de printemps représente 1,87 fois la crue de 1996 alors que la CMP d'été/automne est 1,64 fois plus importante que la crue de 1996. En terme de volume des apports, les proportions sont de 3,12 et de 1,42. Pour se faire une idée de ce que représente une CMP, on peut considérer qu'il s'agit d'un événement dont l'intensité est de 50% supérieure à celle de juillet 1996.

2.6 Comparaison de la CMP avec des crues de fréquences connues 1/20/100/ 1000/10000 ans

La conception d'ouvrages et de plans de gestion sur la base de la CMP impose la mise en place d'ouvrages de contrôle et d'évacuation très coûteux. Les spécialistes conviennent qu'un tel degré de sécurité n'est pas toujours nécessaire. Ainsi, l'ACSB dans ses « Directives » relie le choix du débit de crue de conception à la catégorie de conséquences tel que l'indique la dernière colonne du tableau 2.2 de la section 2.2.

Pour des ouvrages tombant dans une catégorie de conséquences autre que « Très lourdes », on a normalement recours à une méthode d'estimation de la « crue de projet » basée sur les statistiques des crues observées par le passé.

Par un traitement statistique à partir des données historiques, on peut déterminer la probabilité d'occurrence de divers débits. Ainsi, on peut dire, par exemple, qu'il y a une chance sur cent de recevoir des apports de 923 m³/s dans le réservoir Kénogami au cours de l'été/automne. Ou, si l'on préfère, une telle crue est appelée à se produire une fois tous les 100 ans. Pour le débit de 2 264 m³/s cette probabilité est de 0,1% (une chance sur 1000).

Le tableau 2.5 donne les divers apports au lac Kénogami en fonction de leur probabilité d'occurrence et les met en relation avec la CMP et la crue 1996.

TABLEAU 2.5
Valeur des apports pour diverses crues
Analyse stochastique

Période de récurrence (ans)	Apports horaires au lac Kénogami	
	Printemps (m ³ /s)	Été/automne (m ³ /s)
20	991	608
100	1 208	923
1000	1 513	2 264
Juillet 1996	S.O.	2 778
10000	2 251	3 133
CMP	5 208	4 562

De ce tableau, on note que l'événement de 1996 serait de récurrence très faible.

Ainsi, selon les « Directives » de l'ACSB, (voir tableau 2.2), la conception d'ouvrages dont les conséquences résultant d'une rupture sont réduites serait basée sur des débits de crue variant entre 1 208 m³/s et 2 264 m³/s. Pour un ouvrage à conséquences « très lourdes » comme c'est le cas pour les ouvrages de contrôle du lac Kénogami, on utilisera 5 208 m³/s aux conditions de printemps et 4 562 m³/s pour le reste de l'année.

2.7 Particularités du bassin versant du lac Kénogami

2.7.1 Le bassin versant du lac Kénogami

La figure 2.1 montre le bassin versant qui se draine dans le lac Kénogami. Le bassin couvre une superficie de 3 390 km². Si l'on ajoute à cette valeur les terres se drainant directement dans les rivières Chicoutimi et aux Sables, cette superficie couvre 3 500 km².

Deux caractéristiques d'un bassin hydrographique influencent la précipitation et le temps requis pour le gonflement des rivières. Ce sont la variation d'altitude et le profil en long des rivières.

Nous reproduisons à la figure 2.2, la figure 3.9 du rapport de la Commission Nicolet illustrant ces deux caractéristiques pour le bassin Kénogami. De la première partie de la figure 2.2 on note que l'altitude du bassin Kénogami varie de façon régulière. Le tout se passe comme sur un plan incliné. On ne retrouve pas de plateau ou lacs importants qui auraient pour effet de ralentir l'écoulement de l'eau. On note de plus qu'une grande partie du bassin, soit 40% de sa superficie, se retrouve à une altitude de plus de 650 m. Ceci a pour effet de provoquer les précipitations. En fait, le bassin versant du lac Kénogami est l'une des rares régions du Québec soumise de façon significative à des effets dits orographiques, c'est-à-dire que la présence des montagnes augmente l'intensité des précipitations sur le flanc ascendant.

Dans la seconde partie de la figure 2.2 on note que les rivières ont une assez forte pente. Les rivières Pikauba et aux Écorces ont des pentes moyennes plus modestes que les rivières Cyriac et Petite Pikauba en raison de plateaux entre les km 100 et 70. C'est sur ces plateaux que sont proposés les réservoirs RE-1 et RC-1 dont on parlera plus loin. Ces fortes pentes font transiter l'eau rapidement, ce qui accentue l'intensité des crues.

La majeure partie du territoire du bassin Kénogami est boisé exception faite des zones marécageuses. Toutefois, en cas de pluies extrêmes alors que le sous-sol est saturé, ce couvert végétal qui autrement ralentirait le ruissellement, est d'une utilité limitée.

Les rives des rivières aux Écorces, Pikauba et Petite Pikauba sont peu habitées. Une station de plein air sur le lac aux Écorces est l'habitation principale de la région. Par contre des habitations (chalets) se retrouvent le long de la rivière Cyriac.

BASSIN DU LAC KÉNOGAMI

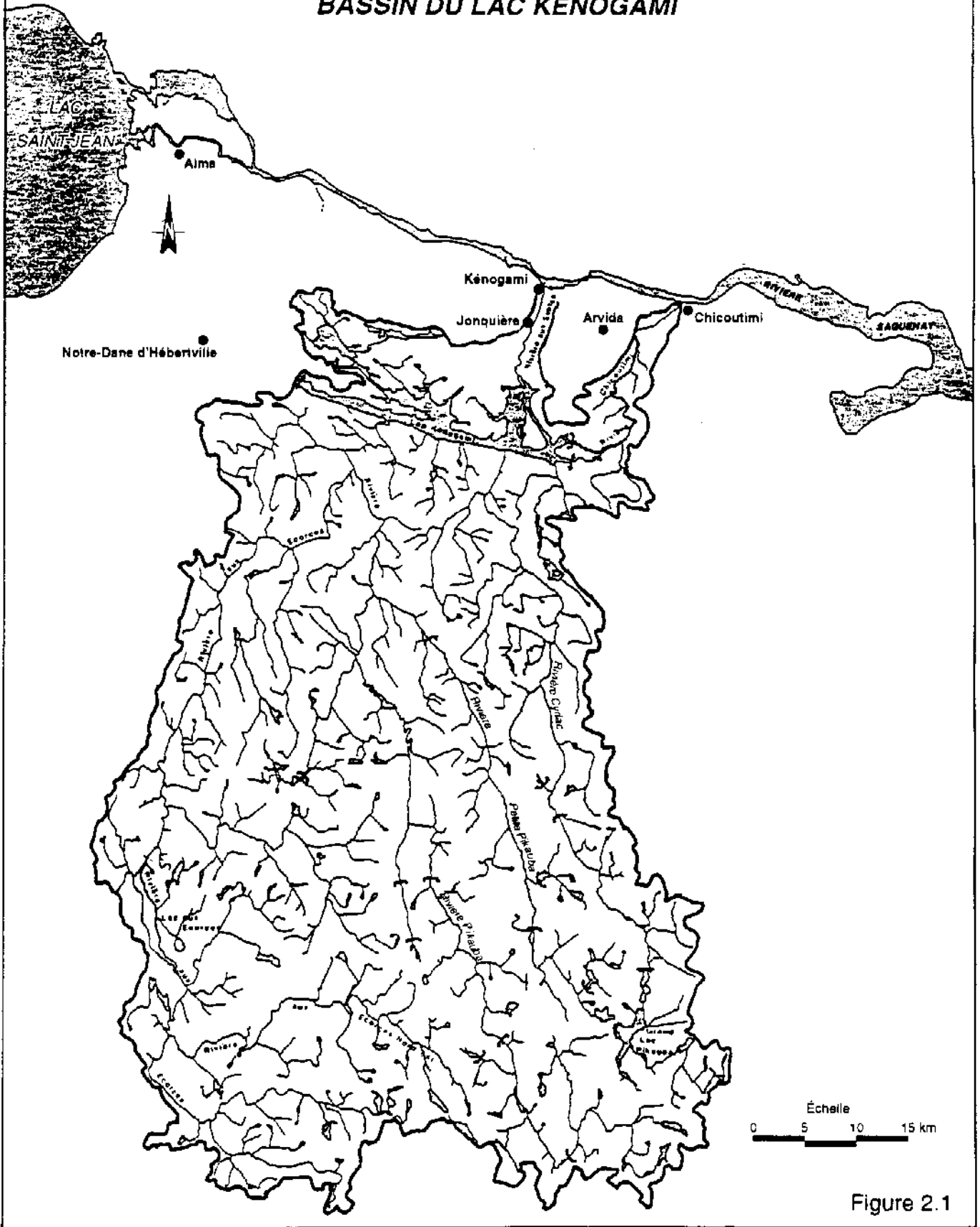


Figure 2.1

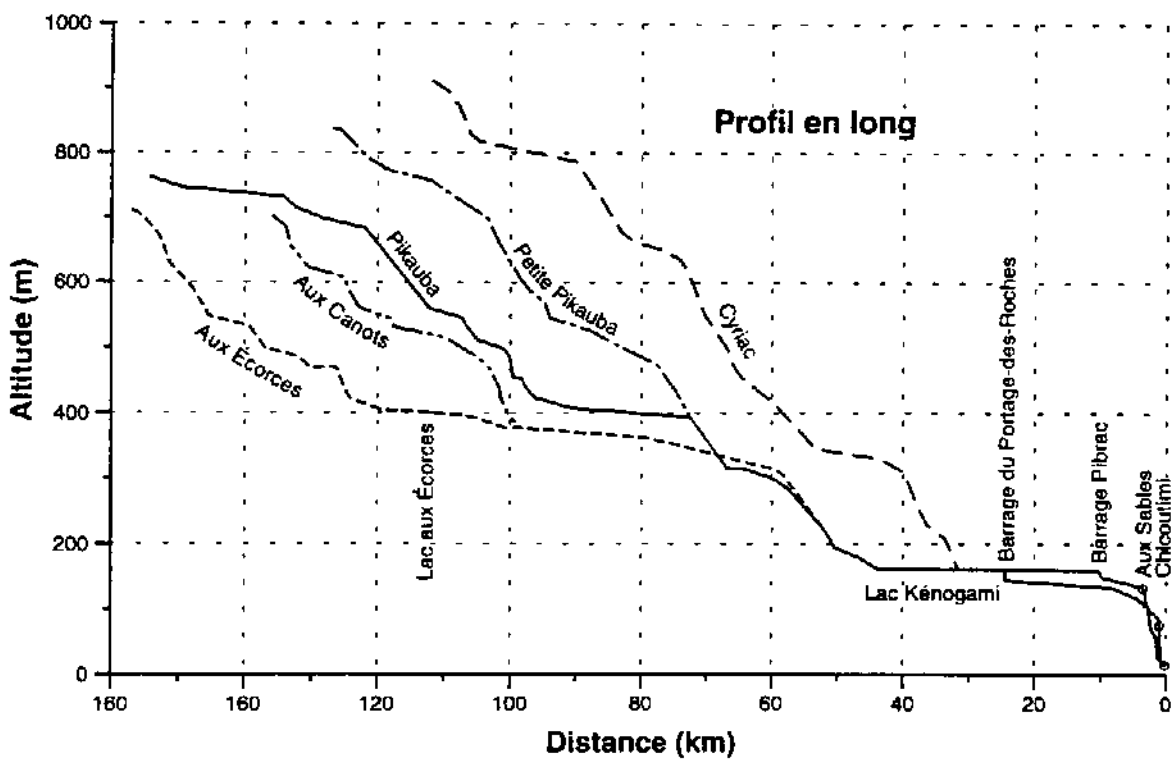
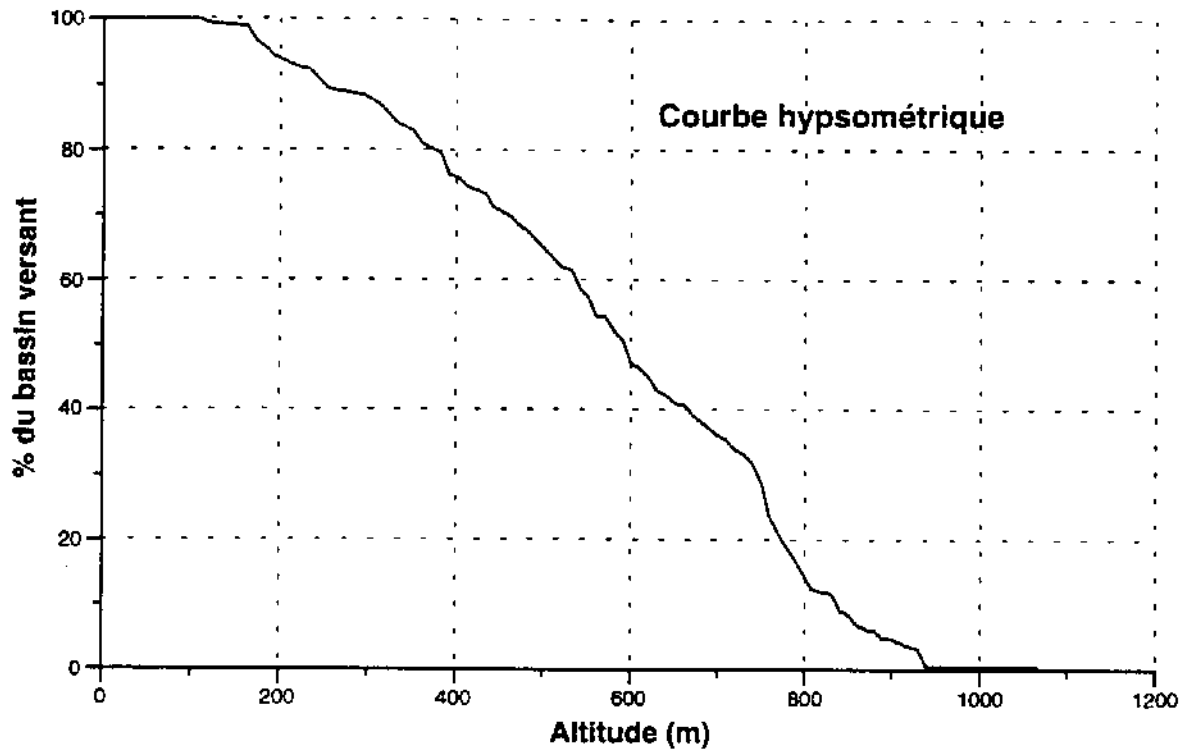


Figure 2.2 Courbe hypsométrique du bassin versant des rivières Chicoutimi et Aux Sables et profil en long des rivières.

Certaines sections de la rivière aux Écorces sont proposées aux amateurs de canots camping dans les guides de plein air.

Finalement, toutes ces rivières sont poissonneuses et sont des routes de migration pour des poissons de pêche sportive dont la ouananiche.

2.7.2 Le lac Kénogami

Si l'on examine à nouveau la figure 2.1 on remarque que le bassin versant du lac Kénogami est de forme rectangulaire alors que souvent les bassins versants sont de forme trapézoïdale dont le petit côté est l'exutoire. On constate également que le lac Kénogami vient intercepter les eaux qui dévalent des montagnes un peu à la manière d'une gouttière. Les ondes de crues se déplacent dans les rivières sensiblement à la même vitesse, ce qui fait que les pointes de débit arrivent en même temps au lac.

Les courbes de remplissage et les capacités d'évacuation des ouvrages de contrôle à la sortie du lac Kénogami sont montrées à la figure 2.3 tirée, également, du rapport de la Commission Nicolet. On note que la capacité maximale d'emmagasinement, lorsque l'eau arase la crête des ouvrages de contrôle à la cote 165,67 m, est de 481 Mm³. Lorsque le niveau du lac est à cette élévation, l'évacuation maximale via les ouvrages de contrôle existants, est de 2 156 m³/s à Portage-des-Roches et 1 157 m³/s à Pibrac pour un total de 3 313 m³/s. À titre comparatif, l'évacuation maximum lors de la crue de 1996 a été enregistrée entre 10 et 14 heures le 21 juillet. Le débit à Portage était de 1 100 m³/s et à Pibrac de 653 m³/s, soit 1 753 m³/s au total. Le niveau du lac était alors à la cote 166,08 m, soit 41 cm au-dessus de la crête des barrages, ce qui montre clairement que plusieurs pertuis de ces ouvrages n'étaient pas à pleine ouverture.

2.7.3 Simulations de gestions de crues par le MEF

Des simulations de gestions des crues du bassin Kénogami ont été réalisées par le MEF dans le cadre de ce projet et ce, pour des crues de diverses périodes de récurrence en utilisant les conditions actuelles d'emmagasinement et la gestion du réservoir simulée par le modèle KENO 97. Les résultats sont donnés au tableau 2.6 qui suit.

TABLEAU 2.6
Récurrence des niveaux et des évacuations maximaux
Analyse stochastique

Période de récurrence (ans)	Été/Automne		Printemps	
	Niveau (m)	Débit (m ³ /s)	Niveau (m)	Débit (m ³ /s)
20	164.26	480	164.27	768
100	164.33	896	164.36	1 088
1000	164.82	2 261	164.46	1 472
10000	165.27	2 510	164.70	2 176
Juillet 1996	166.08	1 856	S/O	S/O
CMP	166.11	3 654	166.46	4 554

Source : document de travail MEF et HQ, 9 septembre 1997.

2.8 Enjeux et objectifs spécifiques au lac Kénogami

2.8.1 Généralités

Comme on l'a vu, le bassin Kénogami est, par son altitude et sa situation géographique, un milieu propice aux pluies abondantes et aux ruissellements. Sa topographie est telle que les eaux de pluie dans le bassin se retrouvent rapidement dans le lac Kénogami. L'enjeu principal est de trouver une façon de ralentir le passage de l'eau et de l'évacuer du lac Kénogami sans que les

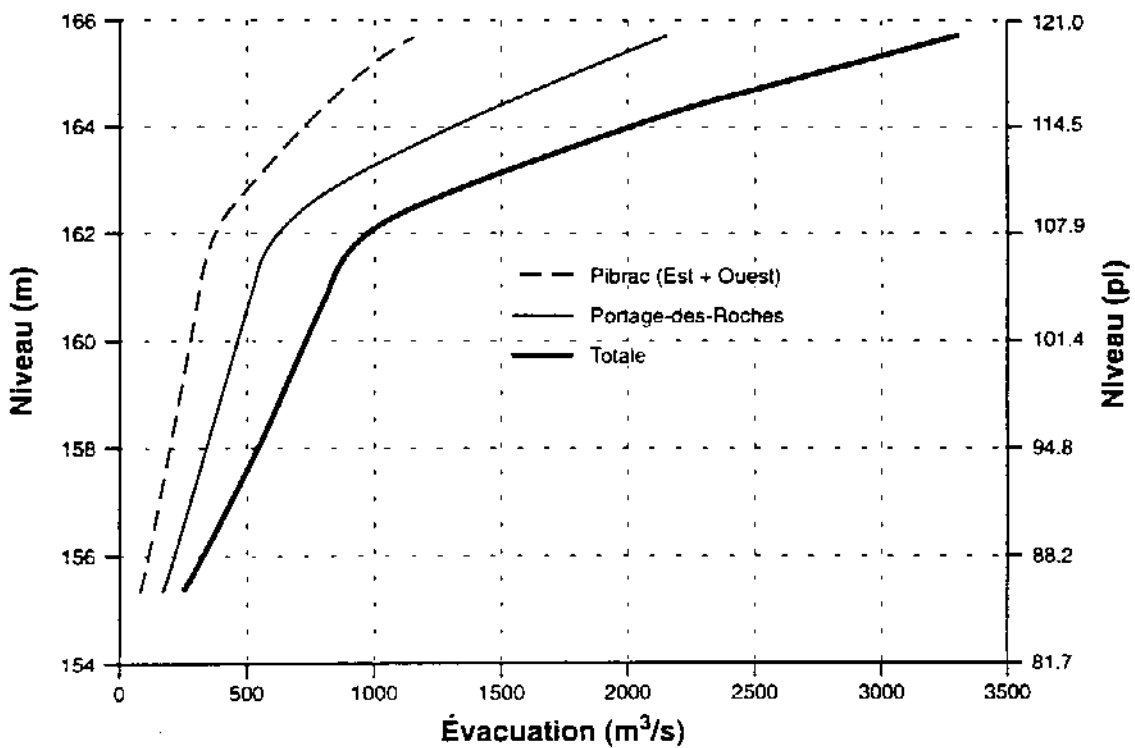
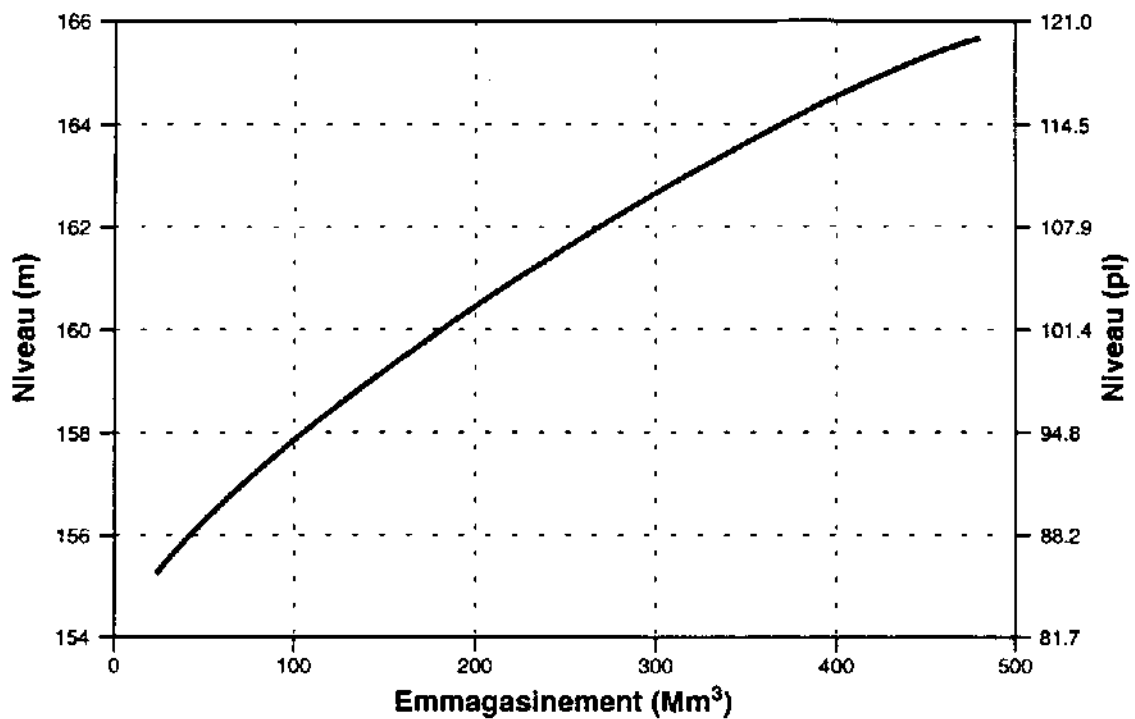


Figure 2.3 Lac Kénogami, emmagasinement et évacuations possibles lorsque tous les pertuis sont complètement ouverts

riverains du lac et ceux des rivières Chicoutimi et aux Sables n'aient à craindre pour leur vie et leurs biens.

Sur les rivières Chicoutimi et aux Sables les débits correspondant à ces seuils sont comme suit :

TABLEAU 2.7
Débits d'évacuation correspondant aux seuils d'inondation
aux rivières Chicoutimi et aux Sables

	Mineur (m ³ /s)	Majeur (m ³ /s)
Chicoutimi	255	310
aux Sables	150	170
Total	405	480

La valeur de ces débits sont à comparer avec les évacuations de 1996 et les évacuations d'une CMP.

2.8.2 Événements de 1996

Il est tombé au cours de la crue de juillet 1996 un volume de 860 Mm³ d'eau sur le bassin Kénogami dont 589 Mm³ sont entrés dans le lac Kénogami entre le 19 et le 24 juillet.

De ce volume, 130 Mm³ ont été stockés temporairement dans le lac Kénogami et le reste soit 459 Mm³ a été évacué par les rivières Chicoutimi et aux Sables ainsi que par le ruisseau Jean-Dechêne. Les débits de pointe dans ces exutoires furent respectivement de 1 100 m³/s, 653 m³/s et 103 m³/s.

On avait donc, lors de l'inondation de 1996, des débits nettement supérieurs à ceux rencontrés aux seuils majeurs d'inondation pour les deux rivières.

2.8.3 Débits d'évacuations pour la CMP

Des simulations d'évacuation de la CMP, sans ouvrages de contrôle additionnels pour la gestion de la crue, ont donné des débits totaux de 4 554 m³/s en condition de printemps et 3 654 m³/s en condition d'été/automne.

La valeur de 4 554 m³/s d'évacuation est de 1,4 fois plus élevée que la capacité des déversoirs de Portage et de Pibrac dont le total fait 3 313 m³/s lorsque le réservoir est plein jusqu'à la crête des barrages (cote 165,67 m).

2.8.4 Riverains du lac Kénogami

Le lac Kénogami qui reçoit l'eau du bassin versant peut emmagasiner jusqu'à 385 Mm³ d'eau en condition de printemps entre le niveau le plus bas du lac et le niveau du lac correspondant à la cote maximale d'exploitation fixée à 164,16 m.

On sait aussi qu'à ce niveau la capacité totale d'évacuation de Portage-des-Roches peut déverser 1 368 m³/s et celle de Pibrac 760 m³/s. En été, en conditions de gestion normale, on peut emmagasiner, entre le niveau maximal d'exploitation soit (164,16 m ou 115 pi.) et la crête des ouvrages (165,67 m), un volume d'environ 100 Mm³ (voir figure 2.2) avant débordement.

Un grand nombre d'habitations, (surtout des chalets), sont situés sur le pourtour du lac Kénogami. Lorsqu'en été le niveau du lac est inférieur à la cote 163,50, les riverains sont incommodés et les bateaux de plaisance ont de la difficulté à circuler. Par contre, lorsque le niveau est supérieur à 164,50 ils sont affectés par les inondations. À la cote 165,27 m, par exemple, les dommages résidentiels sont évalués à 1 M \$⁵

⁵ Lecler, M.; INRS-Eau document de travail présenté le 9 septembre 1997.

2.8.5 Riverains des rivières Chicoutimi et aux Sables

Les résidences le long des rivières Chicoutimi et aux Sables sont directement affectées par les crues. Une procédure d'alerte est en place pour les avertir des modifications majeures dans les débits évacués à Portage-des-Roches. En conditions normales, ils sont avertis par un système d'alerte basé sur des seuils d'inondation.

2.8.6 Seuils des inondations mineure et majeure

En aval du lac Kénogami, deux seuils d'inondation sont considérés dans les mécanismes de gestion du réservoir. Le seuil d'inondation mineure correspond au débit d'inondation des premiers terrains privés. Le seuil majeur correspond à l'inondation des premières résidences. Lorsque le débit doit dépasser ces seuils d'inondation, la direction régionale du MEF est prévenue afin d'aviser la population via les médias d'information.

2.8.7 Rupture de barrage

Une dernière série de valeur reste à mentionner. Il s'agit du cas de bris de barrages. Au cours des années quatre-vingt-dix, le MEF a fait exécuter des simulations de bris des barrages en vue de déterminer, en cas d'un tel cataclysme, quels ouvrages d'art (ponts, routes, prises d'eau, barrages et centrales) seraient emportés et les zones qui seraient inondées. Des cartes d'inondation ont été réalisées à partir des résultats de ces études et servent aux agents de la Protection civile pour leurs plans d'évacuation des populations. Ces débits sont moins importants que les débits d'évacuation de la CMP. Ils sont donnés ici à titre de référence.

TABLEAU 2.8
Débits utilisés dans les simulations de rupture de barrage

	Rupture de barrage débit moyen (m³/s)
Rivière Chicoutimi ⁶	2 000
Rivière aux Sables	1 300
Ruisseau Jean-Dechêne ⁷	1 100

2.8.8 Résumé des enjeux et objectifs

Le tableau 2.9 qui suit a été préparé afin de regrouper la masse de chiffres qui ont été présentés jusqu'ici. Ce tableau sera, nous le souhaitons, un élément clé dans l'évaluation de la valeur des solutions proposées dans chacune des trois options.

2.9 **Débits d'évacuation maximum acceptables**

Comme on l'a vu ailleurs dans la section 2 et comme le montre éloquentement le tableau 2.9 à la colonne 7, le débit qui passerait dans les rivières Chicoutimi et aux Sables dans le cas d'une CMP du printemps, sans ouvrages additionnels de contrôle, serait de 4 554 m³/s, soit plus de 11 fois le débit correspondant au seuil mineur d'inondation (4 554/405). Il serait techniquement possible mais très coûteux de vouloir garantir en tous temps des débits correspondant aux seuils mineurs et majeurs et à moins d'expropriations massives, il serait difficile de garantir la sécurité des riverains contre un tel événement.

⁶ MENVIQ, - Rivière Chicoutimi - Évaluation des conséquences d'une rupture de barrage de Portage-des-Roches, Juin 1990.

⁷ Tecsalt, - Étude de l'onde de submersion résultant de la rupture des barrages Pibrac Est et Creek Outlet N° 1, Novembre 1994.

Les données suivantes du tableau 2.9 nous ont guidés dans le choix d'un critère pour le débit maximum à ne pas dépasser. Ce sont :

Capacité combinée des évacuateurs

• Portage-des-Roches et Pibrac à 164,16	=	2 128 m ³ /s (tous les pertuis ouverts)
• Portage-des-Roches et Pibrac à 165,3	=	3 000 m ³ /s (tous les pertuis ouverts)
Débit de juillet 1996 : Portage-des-Roches	=	1 100 m ³ /s
Débit de juillet 1996 : Pibrac	=	653 m ³ /s
Débit d'évacuation de la crue décennale :	=	2 510 m ³ /s
Débit d'évacuation de la crue millénaire	=	2 261 m ³ /s
Débit d'évacuation de la crue centennale	=	1 088 m ³ /s

Il va de soi que plus l'on tente de diminuer les débits de crue plus il faudra construire d'ouvrages de contrôle. Les débits maximums à évacuer dans les rivières Chicoutimi et aux Sables n'échappent pas à ce critère. Les débits que l'on pourra admettre ne devraient cependant pas être supérieurs à la capacité d'évacuation des ouvrages de Pibrac et Portage-des-Roches sans cela, il faudrait soit augmenter la capacité de ces ouvrages, ou soit admettre un niveau d'eau dépassant celui de la crête, ce qui ne serait pas recommandable.

Afin de tenter d'estimer dans un premier temps, les débits maximums à ne pas dépasser aux exutoires du lac Kénogami, nous avons porté au tableau 2.10 de la page 2-29 les récurrences de crues en fonction des dommages résiduels qui seraient créés par les débits de crue correspondant.

L'examen de ce tableau et de la figure 2.3 montre que la capacité totale d'évacuation de Portage-des-Roches et Pibrac est supérieure à la crue de 1:10 000 ans, mais nettement inférieur à la CMP. Des ouvrages de contrôle additionnels sont donc nécessaires. En créant, par exemple, des ouvrages de contrôle additionnels qui réduiraient les évacuations à Pibrac et Portage-des-Roches à 2 510 m³/s, le niveau de dommage serait réduit en terme de conséquences, au niveau qu'on aurait eu présentement avec une crue de récurrence de 1:10 000 ans. De même, en créant des ouvrages de contrôle qui permettraient de réduire le débit total d'évacuation à 1 500 m³/s, les dommages seraient réduits à ceux rencontrés

TABLEAU 2.9

Tableau récapitulatif des apports, évacuation, volumes et niveaux

(1)	(2)	Apports		Débits d'évacuation		Total Chicoutimi et aux Sables m ³ /s (7)	Volume emmagasiné dans le lac Kénogami Mm ³ (8)	Niveau du lac Kénogami (m) (9)
		Débit (max. horaire) m ³ /s (3)	Volume Mm ³ (4)	Rivière Chicoutimi m ³ /s (5)	Rivière aux Sables m ³ /s (6)			
1	Niveau de la crête des barrages	---	---	---	---		---	165,67 (120 pi)
2	Niveau maximum normal d'opération	---	---	---	---		---	164,16 (115 pi)
3	Volume max. d'emmagasinement (printemps)	---	---	---	---		385	de 154,4 @ 164,16
4	Volume max. d'emmagasinement (été)	---	---	---	---		≈ 70	de 164,16 à 165,27
5	Seuil d'inondation mineur	---	---	255	150	405	---	---
6	Seuil d'inondation majeur	---	---	310	170	480	---	---
7	Crue centennale printemps	1 208				1 088		164,36
8	Crue centennale été/automne	923				896		164,27
9	Crue millénaire printemps	1 513				1 472		164,46
10	Crue décennale printemps	2 251				2 176		164,70
11	Crue millénaire été/automne	2 264				2 261		164,82
12	Juillet 1996	2 778	589	1 100	653	1 856 ⁽¹⁾	130	166,08
13	Crue décennale été/automne	3 133				2 510		165,27
14	Capacité des évacuateurs Niveau maximum d'exploitation	---	---	1 368	760	2 128	385 (printemps)	164,16
15	Crue CMP été/automne (sans ouvrages de gestion)	4 562	836			3 654		166,11
16	Passage de la CMP du printemps (sans ouvrages de gestion)	5 208	1 835			4 554		166,46
17	Rupture de barrages			2000	1300			---

(1) Inclus 103 m³/s au ruisseau Jean-Dechêne (6374-038 TAB)

présentement avec une crue de récurrence 1:200 ans et ainsi de suite pour les autres récurrences.

TABLEAU 2.10
Débits correspondant à divers niveaux de dommages résiduels

Niveaux des dommages résiduels		Évacuations (conditions actuelles) des crues dans les rivières Chicoutimi et aux Sables	
CONSÉQUENCES	Probabilité d'occurrence	Débit m^3/s	Période de récurrence
Très lourdes	Infinitésimale	4 642	CMP - Printemps
Lourdes	0.01%	2 510	10 000 ans
Importantes	0.1%	2 261	1 000 ans
Mesurables	0.5%	≈ 1 500	≈ 200 ans
Mineures	1%	1 088	100 ans
Négligeables	5%	768	20 ans

Note : voir annexe G, Critère 1b.

Dans le choix du critère que nous recherchons, nous avons considéré les directives de l'ACSB pour les débits maximums à évacuer sur les rivières Chicoutimi et aux Sables (voir para. 2.2) et selon lesquelles l'objectif est d'éliminer le risque de pertes de vies humaines et d'en arriver à des pertes sociales, économiques et environnementales « réduites » en comprenant que ces événements sont très rares, ce qui nous conduit à une récurrence de crue de 1:10 000 ans. En conséquence, le critère suivant a été retenu :

- L'évacuation combinée par les rivières Chicoutimi et aux Sables ne doit pas dépasser 2 510 m^3/s , soit la valeur d'évacuation de la crue décennale d'été/automne. La valeur de ce débit d'évacuation a la signification suivante : Les ouvrages de contrôle additionnels qu'on s'engagera à mettre en place pour la gestion sécuritaire des crues devront, au minimum, être en mesure de ramener les débits d'évacuation du lac Kénogami de 4 554 m^3/s à 2 510 m^3/s soit une réduction de près de 50% en situation de CMP.

Les diverses options devront aussi être évaluées en termes de leur potentiel de réduction en deçà de cette valeur pour réduire d'autant les dommages résiduels.

3 SOLUTIONS ENVISAGÉES

3.1 Généralités

Dans le cadre du présent mandat, divers ouvrages hydrauliques ont été examinés en vue d'en déterminer, d'un point de vue technique la faisabilité. Suite à un premier survol, certaines solutions furent écartées parce que non viables. Les études des autres solutions ont été poursuivies à un niveau de détails correspondant à une étude préliminaire de façon à en établir les coûts. La description technique des diverses solutions fait l'objet de la présente section.

3.2 Éventail des solutions envisagées

La figure 3.1, ci-après, présente graphiquement les variantes et sous-variantes associées à chacune des trois options de gestion sécuritaire des crues. Le lecteur trouvera à l'annexe « E » la description des variantes requises pour atteindre les objectifs de chaque option. Toutefois, de prime abord, ces variantes ne sont pas également intéressantes. Elles feront l'objet des commentaires ci-après.

Option 1 : Réduction des apports

Comme on l'a expliqué à la section 1, on a d'abord trouvé, à l'intérieur du bassin, les endroits les mieux adaptés à la création de réservoirs. Par la suite, on a établi la superficie du bassin que chaque réservoir intercepte et le volume d'eau qu'il peut économiquement emmagasiner. De là, des simulations hydrologiques décrites à la section 4, ont permis de déterminer les bénéfices que procure chaque réservoir en terme de laminage de la crue. C'est alors seulement, à partir de simulations avec plusieurs regroupements de réservoirs, qu'on pourra déterminer les combinaisons permettant d'atteindre les divers seuils de dommages résiduels visés.

L'objectif de départ est donc d'identifier et de définir les caractéristiques du plus grand nombre de réservoirs possibles en vue de permettre une gamme importante de choix lors des simulations (section 4). Diverses combinaisons de réservoirs choisis pour les simulations donneront des efficacités de laminage variées et des débits de pointes différents dans les rivières Chicoutimi et aux Sables. Les résultats obtenus permettront ensuite de classer les combinaisons de réservoirs en fonction des dommages résiduels.

Une étude des cartes topographiques du bassin Kénogami a permis de localiser huit emplacements potentiels de réservoirs pour l'accumulation de l'eau de ruissellement en cas de crues (figure 3.2). La courbe de remplissage a été tracée pour chacun d'eux jusqu'à une cote qui a été définie en fonction de la topographie et des biens immobiliers dans la zone inondée. Ils incorporent presque tous soit des lacs de dimensions assez importantes soit des vallées ouvertes, d'où la possibilité d'une grande accumulation d'eau au moyen d'ouvrages de contrôle d'assez faible hauteur.

Néanmoins, trois de ces réservoirs possédaient des capacités de retenue trop faibles ou bien drainaient des sous-bassins d'une superficie réduite. Ils ont été rejetés. Finalement, les cinq réservoirs suivants ont été retenus pour études détaillées :

RE-1 sur la rivière aux Écorces;

RE-2 à l'emplacement de l'actuel lac aux Écorces;

RC-1 sur la rivière Pikauba;

RCY-1 sur la rivière Cyriac et

RP-1 sur la rivière Petite Pikauba.

On sait d'ores et déjà que le potentiel d'atténuation via ces réservoirs est intéressant. Toutefois, le coût des infrastructures relié à chacun d'eux variera d'un à l'autre. Il en sera de même pour les impacts environnementaux et sociaux lors de leur remplissage en cas de crues.

Options	Variantes
<p>Option 1 Réduction du volume des apports</p>	<p>1.1 <i>Dommmages résiduels lourds (2 500 M³/s)</i></p> <p>1.2 <i>Dommmages résiduels importants (2 000 M³/s)</i></p> <p>1.3 <i>Dommmages résiduels mesurables (1 500 M³/s)</i></p> <p>1.4 <i>Dommmages résiduels mineurs (1 100 M³/s)</i></p>
<p>Option 2 Dérivation des crues extrêmes</p>	<p>2.1 <i>Exutoire vers le Saguenay</i></p> <p>2.2 <i>Ruisseau Jean-Dechéne</i></p> <p>2.3 <i>Belle-Rivière (rejetée)</i></p> <p>2.4 <i>Bassins illimitrophes (rejetée)</i></p>
<p>Option 3 Passage des crues extrêmes par les exutoires naturels</p>	<p>3.1 <i>Accroissement de la réserve dans le lac Kénogami</i></p> <p>3.2 <i>Amélioration de la section hydraulique des rivières Chicoufmi et aux Sables (rejetée)</i></p>

BASSIN DU RÉSERVOIR KÉNOGAMI

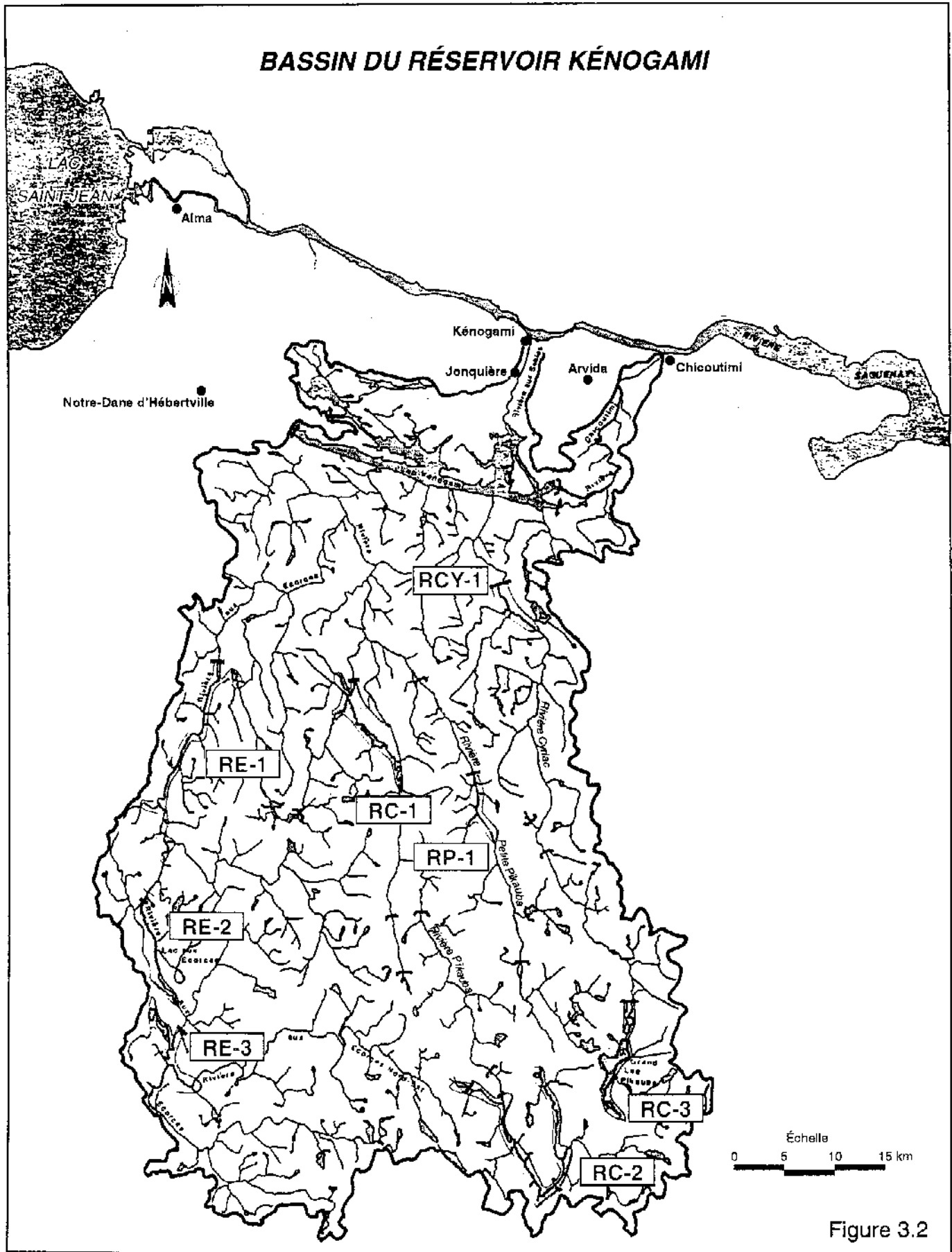


Figure 3.2

Dans un premier temps, on a considéré, à la sortie de ces réservoirs, des ouvrages de contrôle d'évacuation comprenant des vannes de fond et un déversement en crête libre.

Option 2 : Dérivation des crues extrêmes

a) Variante 2.1 : exutoire vers le Saguenay

Nous avons identifié deux solutions pour le transit de débits entre le lac Kénogami et le Saguenay au moyen de galeries. Les distances sont grandes (11 et 13 km). Des deux variantes, une seule a été retenue pour examen plus détaillé. Elle comprend une structure de mise en charge sur le lac Kénogami, la galerie et une ou des structures de dissipation d'énergie à la sortie (voir figure 3.3).

b) Variante 2.2 : ruisseau Jean-Dechêne

Utilisation de l'emprise du ruisseau Jean-Dechêne qui traverse le quartier Arvida afin d'évacuer le trop-plein du lac Kénogami jusqu'à la rivière Saguenay.

c) Variante 2.3 : utilisation de la Belle-Rivière

Cette rivière semble le seul exutoire quasi naturel du lac Kénogami en direction ouest. Toutefois, la rivière est pleine de méandres et une étude datant de 1984⁸ fait état des problèmes d'inondation lors de conditions de débits de l'ordre de 100 à 150 m³/s.

⁸ MENVIQ - Étude de protection contre les inondations résultant de crues à l'eau libre et de la formation d'embâcles - Juin 1984.

d) Variante 2.4 : dérivation vers des bassins limitrophes

Au cours des recherches de sites de réservoirs, on a identifié certaines possibilités de dérivation des eaux d'une partie de la zone amont du bassin Kénogami vers d'autres bassins, notamment les bassins des rivières du Moulin, Jacques-Cartier à Mars et Métabetchouane.

Option 3 : utilisation des exutoires naturels

Deux aspects sont considérés dans cette option, soient :

- a) l'accroissement de la réserve utile dans le réservoir même;
- b) l'amélioration des sections hydrauliques dans certains tronçons des rivières Chicoutimi et aux Sables;

3.3 Solutions non viables

Trois solutions potentielles pour la gestion sécuritaire qui avaient été considérées dans le mandat du consultant ont été rejetées pour des raisons techniques. Ce sont :

- la variante 2.3 - utilisation de la Belle-Rivière;
- la variante 2.4 - dérivation dans les bassins limitrophes;
- la variante 3.2 - amélioration de la section hydraulique dans les rivières Chicoutimi et aux Sables.

Les raisons du rejet de ces variantes sont présentées ci-après.

Variante 2.3 : utilisation de la Belle-Rivière

Une première étude sur carte, (voir figure 3.3) permet de constater que la création d'un exutoire dans cette direction n'est pas facile. Le cheminement le plus naturel passerait du lac Kénogamichiche au lac Vert, pour ensuite passer via le grand Lac Sec et aboutir finalement

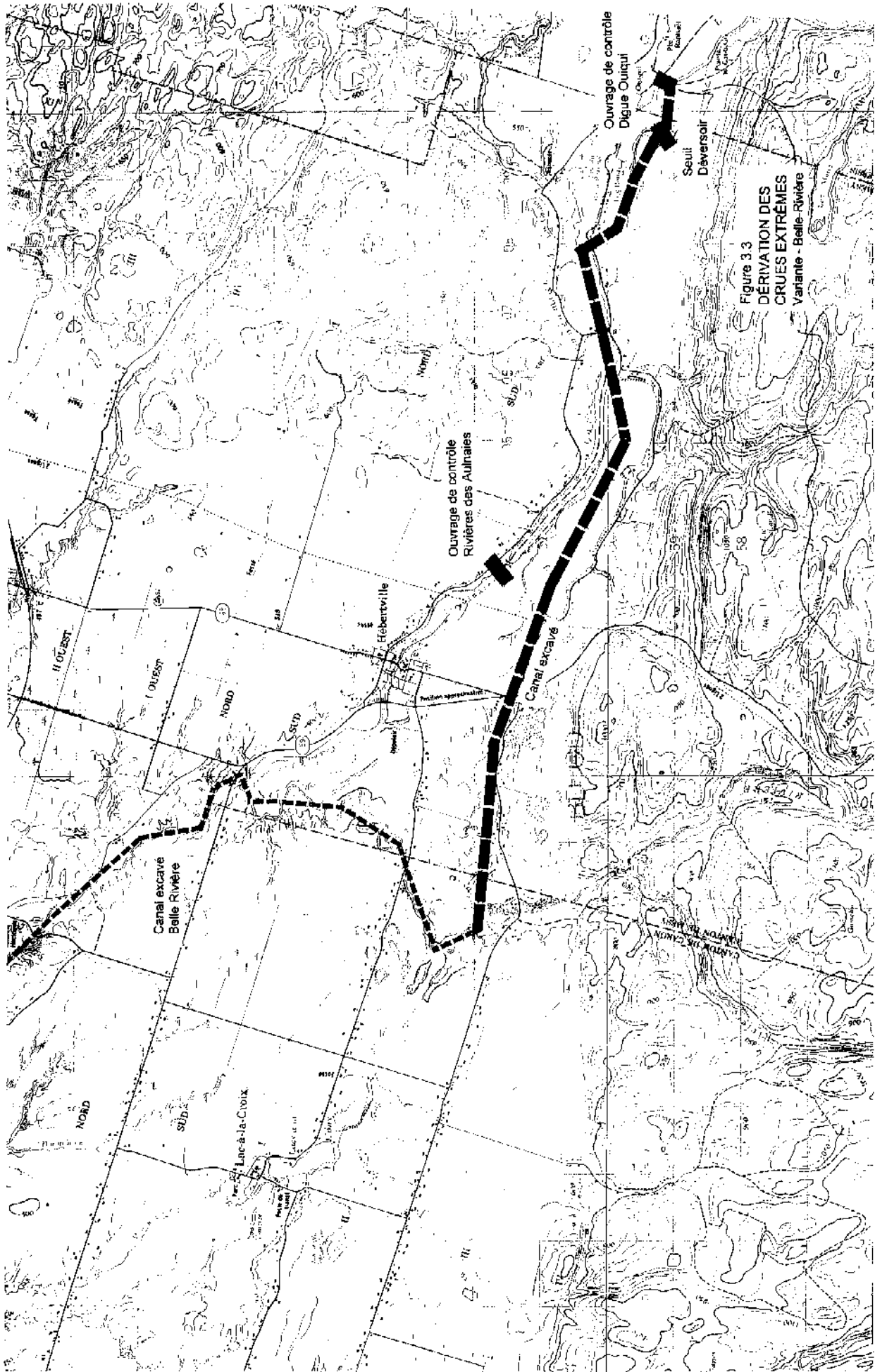


Figure 3.3
 DÉRIVATION DES
 CRUES EXTRÊMES
 Variante - Belle-Rivière

dans la Belle-Rivière et, de là, jusqu'au lac St-Jean. La longueur du canal serait de plus de 30 km.

Le premier obstacle vient de la dénivelée importante (± 20 m) en terrain sablonneux entre le réservoir et le lac à l'Ours. Un ouvrage de contrôle serait nécessaire. Le deuxième obstacle est la protection qu'on doit apporter au village d'Hébertville au moyen d'un barrage sur la rivière des Aulnaies.

Une visite sur le terrain a confirmé les divers problèmes qui sont de nature à compromettre sérieusement la faisabilité d'une telle solution. Quelques-unes des difficultés les plus apparentes sont :

- matériaux granulaires érodables à l'aval de la digue Ouiqui qui, jumelés à une dénivelée importante, obligeraient à construire un ouvrage de dissipation d'énergie;
- pertes importantes de terres agricoles propices pour la grande culture, notamment dans le secteur d'Hébertville;
- modification du drainage des eaux souterraines, notamment à proximité de sources exploitées commercialement;
- reprofilage complet de la Belle-Rivière pour lui permettre d'absorber un débit de pointe horaire supérieure à $2\,700\text{ m}^3/\text{s}$. En effet, la Belle-Rivière étant voisine de la Rivière-aux-Écorces, serait assurément en crue en même temps que les rivières alimentant le lac Kénogami;

Bref la solution d'une dérivation en canal par la Belle-Rivière induirait des coûts et modifierait de façon telle l'environnement de cette région qu'il n'a pas été jugé bon de poursuivre plus avant cette solution. En conséquence cette variante n'a pas été retenue.

Variante 2.4 : dérivation vers des bassins limitrophes

Quant aux bassins limitrophes des rivières du Moulin, Jacques-Cartier, à Mars et Métabetchouane, la superficie des bassins pouvant s'y drainer est peu importante et la barrière à franchir pour se rendre d'un bassin à l'autre est de plusieurs dizaines de mètres. D'où le peu d'intérêt pour cette variante.

Lors des simulations du comportement des bassins en temps de crue, on a constaté que les sous-bassins éloignés du lac Kénogami ont une influence mineure dans la gestion de la crue, car les eaux venant de ces zones arrivent au lac Kénogami après la pointe de la crue. En conséquence, les ouvrages d'art requis pour la dérivation de ces portions de bassins seraient d'une efficacité plus que limitée.

Il a donc été décidé, pour des raisons techniques de ne pas pousser plus loin les investigations relatives à cette solution compte tenu des faibles bénéfices mentionnés et de la difficulté pour les populations touchées d'accepter une telle solution. Car il faut bien réaliser que s'il y a crue extrême dans le bassin Kénogami, on aura au moins une crue très sévère dans les bassins voisins.

Variante 3.2 : Amélioration de la section hydraulique des rivières Chicoutimi et aux Sables

Selon cette variante, le niveau du lac Kénogami ne serait pas rehaussé mais la crue serait évacuée entièrement par les rivières Chicoutimi et aux Sables.

Or, comme on l'a vu à la section 2.8.1, des simulations réalisées par les spécialistes du MEF ont démontré que pour la CMP de printemps, en débordant de 98 cm la crête des ouvrages de Portage et de Pibrac, on devait évacuer au rythme de 4 642 m³/s dans les rivières Chicoutimi et aux Sables pour transiter la crue vers le Saguenay.

Si on devait garder le niveau du réservoir à la cote de la crête de ces ouvrages, (165,67 m) le débit à transiter serait plus élevé que 4 642 m³/s. On parle ici de débits de 2,5 fois supérieurs à

ceux de juillet 1996. Tous les barrages, mêmes ceux reconstruits après le « déluge », devraient être reconstruits pour résister à un tel événement. Ces quelques considérations démontrent la non viabilité de cette variante qui a donc été écartée pour des raisons techniques.

On pourrait toujours imaginer une situation mitoyenne entre les variantes 3.1 et 3.2, c'est-à-dire un rehaussement moindre du lac Kénogami jumelé à un accroissement moindre de la débitance des rivières Chicoutimi et aux Sables. Toutefois, compte tenu de l'importance des volumes et des débits à gérer et de l'ampleur des conséquences économiques et sociales, une telle solution ne serait qu'un exercice académique qu'on n'a pas jugé bon d'effectuer.

3.4 Solutions étudiées

De l'ensemble des options et variantes envisagées (figure 3.1), les solutions suivantes furent retenues pour études plus détaillées :

Option 1 : Réduction des apports

Agencement de réservoirs permettant de réduire les niveaux de dommages résiduels de « TRÈS LOURDS » à « LOURDS », « IMPORTANTS » ou « MI-NEURS ».

Option 2 : Dérivation des crues extrêmes

Variante 2.1 - Exutoire vers le Saguenay

Variante 2.2 - Ruisseau Jean-Dechéne

Option 3 : Modifications aux exutoires naturels

Variante 3.1 - Accroissement de la réserve dans le lac Kénogami

Ces options et variantes sont traitées ci-dessous.

3.4.1 Option 1 - Réductions des apports

Cinq réservoirs ont été retenus pour les études détaillées. Leurs caractéristiques sont montrées au tableau 3.1 qui suit :

TABLEAU 3.1
Option 1 - Caractéristiques des réservoirs

Rivière	Réservoir	Hauteur du barrage m	Nombre de digues	Gestion des crues		Production	Hydro-électrique	Superficie de bassin intercepté (km ²)
				Volume de retenue Mm ³	Niveau maximum extrême m	Volume de réserve Mm ³	Niveau d'exploitation m	
Écorces	RE-1	50,0	2	450	404,4	215	397,0	1 104
	RE-2	35,0	—	240	426,5	107	415,6	739
Pikauba	RC-1	38,5	2	225	421,8	96	415,0	751
Petite Pikauba	RP-1	45,0	—	67	566,1	25	552,0	223
Cyniac	RCY-1	30,0	2	85	363,0	14	349,0	354

Les diverses caractéristiques de chacun des ouvrages se retrouvent aux fiches descriptives à l'annexe « D » du présent rapport. Le concept retenu est sensiblement le même à chacun des aménagements et se résume comme suit :

Un barrage en enrochement, avec noyau en moraine, coupe la rivière. Le barrage est appuyé sur le roc. Une dérivation en galerie détourne la rivière de façon permanente. Cette galerie est équipée de vannes-wagon installées dans un portique en béton localisé à la sortie de la dérivation, avec en plus des poutrelles-batardeaux à l'entrée de la galerie. Pour éviter le débordement et se protéger ainsi contre la rupture de l'ouvrage en enrochement, un déversoir

avec seuil à crête libre, en béton, a été prévu sur une des rives, y compris un canal d'évacuation excavé dans le roc.

Une passe migratoire, qui n'a pas été étudiée en détails, est prévue à chacun des sites de barrages. Des digues sont nécessaires pour fermer le pourtour de certains des réservoirs. Ces digues seront toutes en enrochement avec noyau en moraine.

Pour les fins d'analyse, le modèle de gestion de réservoirs suivant a été retenu :

- a) Début d'hiver - Les réservoirs seront à la cote permise d'exploitation d'été, ce qui permettra la production hydroélectrique.
- b) Fin d'hiver - Les réservoirs auront été totalement vidés au cours de l'hiver pour maximiser la production d'électricité et la réserve du réservoir en prévision de la crue de printemps. Il est à noter ici qu'en hiver, les intérêts des producteurs d'électricité et des gestionnaires de crue coïncident.
- c) Crue de printemps - Les réservoirs seront remplis selon un barème précisé dans le plan de gestion. Ce barème tiendra compte des réserves nécessaires pour accommoder la CMP d'été/automne. Donc, l'emmagasinement se limitera aux volumes autorisés pour la production hydroélectrique.
- d) Opérations normales (été) - On évacuera les volumes optimaux pour production hydroélectrique en assurant, en tous temps, la réserve nécessaire à la gestion de la CMP d'été/automne.
- e) Alerte de grande crue - Fermeture ou modulation en vue d'optimiser le laminage de la crue au lac Kénogami.

- f) Fin d'alerte - Ouverture graduelle des vannes pour recouvrer les volumes d'emménagement nécessaires à la gestion d'une prochaine crue.

Les solutions comprises dans l'option 1 peuvent comprendre plus d'une trentaine de combinaisons de réservoirs. Suite à l'examen des caractéristiques des bassins et suite à quelques simulations exploratoires avec les combinaisons les plus prometteuses, on a réduit à 8 le nombre de celles-ci soit :

TABLEAU 3.2
Combinaisons de réservoirs pour les diverses variantes

Variantes	Réservoirs inclus
A	RE-1
B	RE-2, RC-1
C	RE-2, RC-1, RP-1
D	RE-2, RC-1, RCY-1
E	RE-1, RC-1
F	RE-1, RC-1, RP-1
G	RE-1, RC-1, RCY-1
H	RE-1, RC-1, RCY-1, RP-1

L'efficacité de ces diverses combinaisons de réservoir a été déterminée au moyen de simulations de gestion de crues dont les résultats sont présentés à la section 4. Les coûts de construction et d'exploitation sont présentés à la section 6 et les fiches de chacune des variantes sont présentés à l'annexe « E ».

3.4.2 Option 2 - Dérivation des crues extrêmes

Variante 2.1

Cette variante comprend une galerie entre le lac Kénogami et le Saguenay, le tout tel que montré selon le tracé de la figure 3.4.

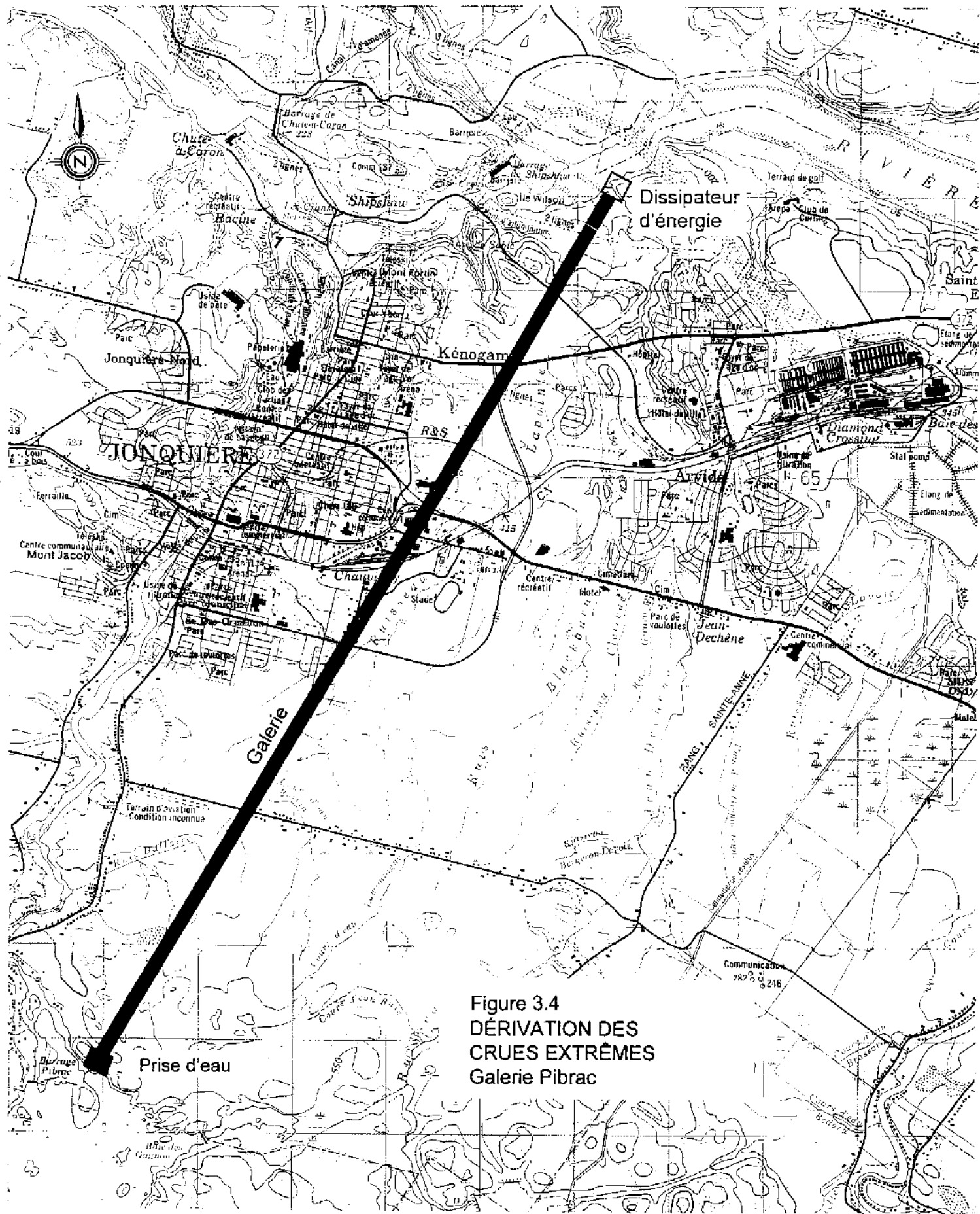


Figure 3.4
 DÉRIVATION DES
 CRUES EXTRÊMES
 Galerie Pibrac

À partir des hydrogrammes générés par le modèle KENO 97, il faut pouvoir évacuer un débit atteignant une pointe horaire de 2 700 m³/s. Pour le concept de la galerie de dérivation, les composantes requises sont les suivantes :

- a) Structure de prise d'eau, équipée de vanne, adjacente au barrage de Pibrac Est avec évents et grilles.
- b) Galerie dans le roc d'un diamètre équivalent de 20 mètres, non revêtu et d'une longueur de 11 kilomètres.
- c) Un ouvrage de sortie et de dissipation d'énergie à proximité de la confluence du ruisseau Jean Dechêne et de la rivière Saguenay.

Les seuls volumes d'excavation dans le roc sont évalués à 3,5 millions de m³. Cet ouvrage pourrait servir à l'évacuation de crues plus faibles.

Variante 2.2

Cette variante consiste à implanter un important ouvrage de contrôle à l'emplacement de la digue de Creek Outlet et à dériver une partie des apports du lac Kénogami vers le Saguenay en période de crues extrêmes via le ruisseau Jean-Dechêne. L'implantation de cette solution est montrée à la figure 3.5. Cette solution, tout comme celle de la dérivation vers la Belle-rivière pose plusieurs problèmes d'ordre technique.

Tout d'abord, afin d'évacuer 2 700 m³/s au site de la digue Creek Outlet, d'importants travaux d'excavation à l'amont et à l'aval de la digue Creek Outlet n° 1 sont nécessaires pour obtenir une capacité hydraulique suffisante. La digue Creek Outlet n° 1 devrait être remplacée au complet par un évacuateur de crues avec vannes.

Par la suite, le canal Jean-Dechêne devra être excavé en maintenant une emprise de l'ordre de 150 m de largeur. Rendu à la route 170, la possibilité d'y construire un ouvrage de mise en charge et une galerie a dû être écartée compte tenu des risques d'obturation de la prise d'eau par les débris emportés dans un canal d'une telle dimension soumis à un débit de 2 700 m³/s.

Ainsi, pour passer la route 170 et le secteur Arvida, la solution retenue consiste à construire un canal recouvert de 800 à 900 m de longueur. À l'aval du canal recouvert, des murs latéraux, le long du ruisseau, seront nécessaires afin d'éviter tout risque de glissement de terrain, notamment au centre sportif. Au moins un viaduc devra être prévu au boulevard du Royaume. Le canal devra également se poursuivre jusqu'au Saguenay et être canalisé de telle façon qu'il n'y ait pas de risque de perdre la ligne à haute tension qui traverse le ruisseau ainsi que la station d'épuration des eaux usées de la ville de Jonquière.

Dès les premières ébauches de cette solution, il est apparu que les coûts en seraient prohibitifs et qu'elle ne serait jamais totalement acceptable des points de vue social et environnemental. C'est pourquoi l'étude n'a pas été poussée au même niveau de détails que les variantes de l'option 1.

3.4.3 Option 3 - Passage des crues extrêmes par les exutoires naturels

Variante 3.1 - Accroissement de la réserve du lac Kénogami

Comme on le verra plus loin, les simulations ont démontré que pour réduire le débit d'évacuation de la CMP à 2 500 m³/s dans les exutoires naturels (rivières Chicoutimi et aux Sables) tel que le veut le critère qu'on s'est imposé à la section 2.8.2 de ce rapport, on doit, en condition de CMP de printemps, être en mesure d'atteindre un niveau de retenue de 168,3 m, ce qui est plus de 4 m au-dessus de la cote maximum d'opération en temps normal. Des études ont été réalisées pour évaluer les travaux nécessaires afin de rehausser le niveau du réservoir en construisant de nouvelles digues, en rehaussant les digues existantes et en rehaussant les barrages de Portage-des-Roches et de Pibrac. La crête des digues a donc été

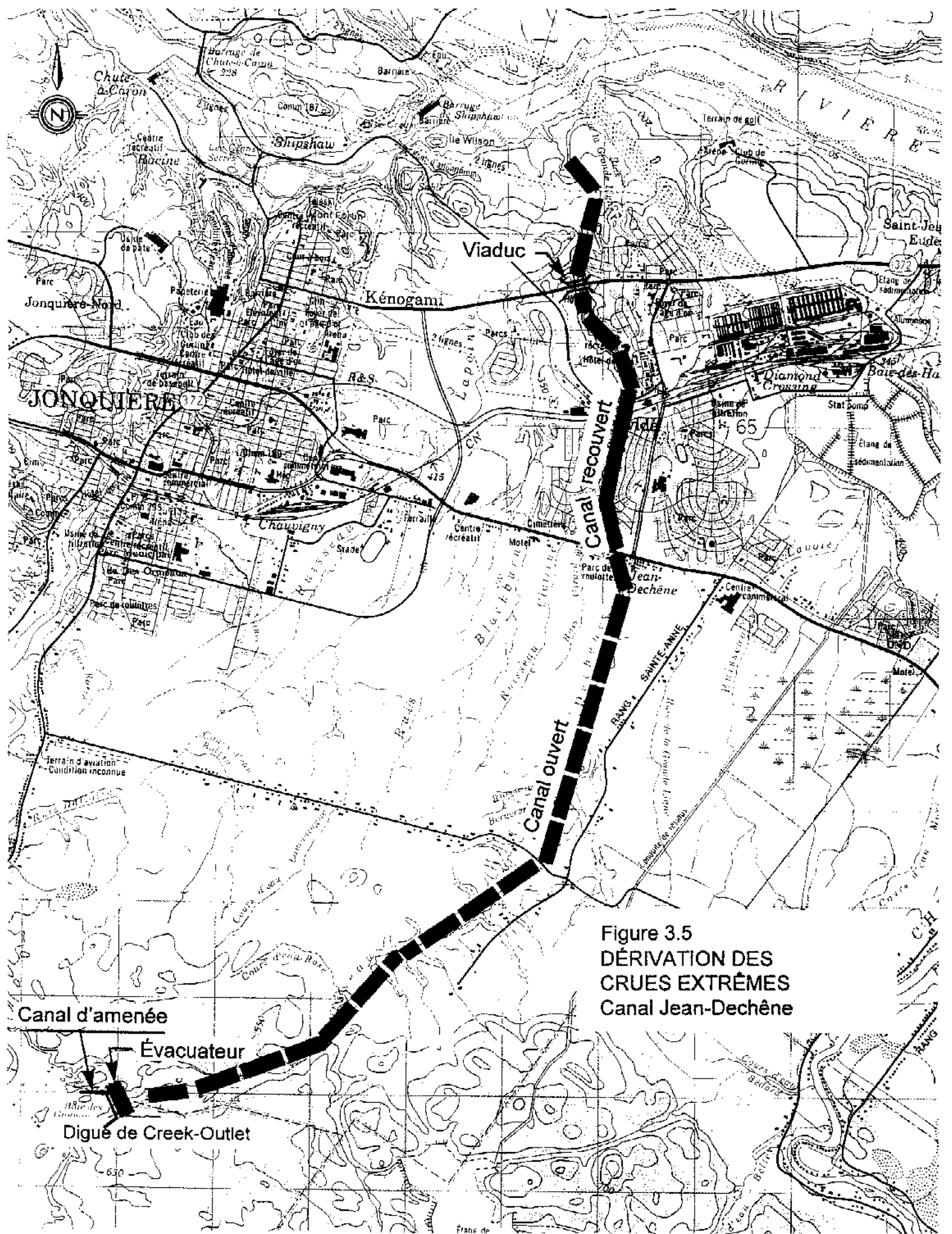


Figure 3.5
 DÉRIVATION DES
 CRUES EXTRÊMES
 Canal Jean-Dechêne

portée à la cote 170 m et la cote 169 m a été choisie pour la crête des ouvrages de Portage et de Pibrac. Les ouvrages en béton seraient renforcés et les vannes changées. Des solutions sécuritaires ont été appliquées pour assurer une coupure étanche aux digues rehaussées. Les nouvelles digues ont été conçues en enrochement avec noyau de moraine.

Les travaux nécessaires au rehaussement du niveau du lac Kénogami sont relativement modestes en comparaison des coûts d'immobilisation requis pour réaliser les ouvrages des autres options. Toutefois les enjeux sociaux et les dommages résiduels, tel qu'on le verra à la section 6, sont prohibitifs.

De plus, en cas de CMP d'été/automne, le temps de réaction sera court ce qui augmente les risques de pertes de vie humaine. Les conséquences d'une telle solution restent donc très lourdes.

3.5 La production hydroélectrique comme complément à une gestion sécuritaire des crues

Les concepts de production hydroélectrique développés plus loin se veulent complémentaires à une gestion sécuritaire des crues. En d'autres mots on ne cherche pas à optimiser le développement hydroélectrique du bassin du lac Kénogami, mais plutôt à voir dans quelle mesure les ouvrages de contrôle des crues peuvent être mis à profit par l'ajout d'une composante hydroélectrique qui favoriserait le financement des ouvrages.

On a vu précédemment que la CMP de printemps est nettement plus intense que la CMP d'été/automne. Si on compare les volumes d'eau d'une CMP de printemps à ceux de la CMP d'été/automne on voit au tableau 3.3 que la masse d'eau à gérer de façon sécuritaire est quasiment deux fois plus importante lors d'une CMP de printemps que pour toute autre CMP.

TABLEAU 3.3
Volume d'apport des CMP de printemps et d'été/automne

	Volume ($\times 10^6 \text{ m}^3$)	
	CMP Printemps	CMP Été/automne
• Apport	1 835	836
- Moins; réserve entre les cotes 154,4 m et 164,16 m	385	0
= volume d'eau à gérer	1 450	836

Ce constat amène à penser que la tranche inférieure de la réserve permettant d'amortir la crue de printemps dans les réservoirs amont peut être transformée le reste de l'année en réserve pour régulariser la production d'énergie, sans compromettre d'aucune façon la gestion sécuritaire des crues. Ce concept de gestion reprend en partie celui actuellement en vigueur au lac Kénogami qui consiste à vidanger graduellement le réservoir au cours de l'hiver de façon à ce qu'il soit vide lors de la crue printanière. Par contre, à la différence du lac Kénogami, la zone (ou tranche) prévue pour retenir les crues en été ou en automne est nettement plus importante.

Ainsi, pour les diverses variantes de réservoir les simulations hydrologiques se feront pour la CMP de printemps et celle d'été/automne. La CMP de printemps permet de fixer la taille du réservoir. En soustrayant ensuite le volume de réserve nécessaire pour amortir la CMP d'été/automne, on trouve le volume disponible pour la production d'énergie.

4 COMPORTEMENT DU RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE AVEC LES DIVERSES SOLUTIONS ÉTUDIÉES

4.1 Approche méthodologique (simulations)

La quantification des apports à gérer est effectuée par modélisation hydrologique. Les simulations furent réalisées par les représentants du ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (MEF), à partir de scénarios élaborés par le consultant.

Pour ce faire, le MEF utilise deux modèles, soit :

- le modèle CEQUEAU, développé à l'INRS-Eau, pour la simulation des apports au lac Kénogami;
- le modèle KÉNO 97, développé par le MEF, pour la simulation de la gestion effectuée au site du lac Kénogami.

4.1.1 Conditions hydrométéorologiques à considérer

Tel que mentionné précédemment, les conditions de crue extrême à prendre en compte sont celles de la crue maximale probable (CMP). Deux scénarios de CMP sont considérés, soit :

- la CMP de printemps, représentative de conditions alliant les apports issus de la fonte des neiges de récurrence 1/100 ans à ceux provenant d'une pluie maximale probable (PMP);
- la CMP d'été/automne, représentative de conditions causées par une PMP, superposée à des conditions d'humidité antécédentes élevées, telles que celles ayant prévalu préalablement à la précipitation du 19 au 21 juillet 1996.

Les caractéristiques de ces CMP ont été décrites plus haut au chapitre 2. Rappelons seulement que le volume de la CMP de printemps est deux fois plus important que celui d'une CMP d'été/automne.

4.1.2 Scénarios de simulation

En relation avec les options de gestion identifiées dans les termes de référence du mandat et décrites à la section 3.4, les scénarios de simulation suivants ont été étudiés :

Option 1 : réduction du volume des apports au moyen de barrages-réservoirs sur le bassin versant amont. En tout, 8 variantes de cette option ont été simulées et sont présentées à la section 4.3. Elles impliquent, rappelons-le, les sites de réservoirs suivants :

- RE-1 : rivière aux Écorces;
- RE-2 : lac aux Écorces;
- RC-1 : rivière Pikauba;
- RCY-1 : rivière Cyriac;
- RP-1 : Petite rivière Pikauba.

Option 2 : dérivation des crues extrêmes à partir du lac Kénogami

Option 3 : passage des crues extrêmes par les exutoires naturels :

- Rétention additionnelle au lac Kénogami par le rehaussement des structures existantes.

4.1.3 Modélisation des barrages-réservoirs amont pour la simulation de l'option 1

Dans le modèle CEQUEAU, un barrage-réservoir est défini par sa localisation, par une courbe de remplissage du réservoir et par une relation qui relie le débit sortant au volume emmagasiné. Ce débit est composé du débit de base relâché et de celui qui peut être évacué par le seuil déversoir de l'évacuateur de crue.

Ces relations ont été définies à partir d'une planimétrie des courbes de niveau de chaque réservoir sur une carte à l'échelle 1 :20 000 et d'une relation de débit reliant le débit relâché à la hauteur d'eau derrière le barrage. Cette relation se définit en deux temps, soit:

- un débit de base constant relâché en aval du réservoir lorsque le niveau d'eau du réservoir est inférieur à la cote de la crête du seuil déversoir;
- une loi de seuil décrivant le débit d'évacuation additionnel évacué au-dessus de la crête du déversoir en cas de déversement.

8 variantes d'implantation de réservoirs amont ont été simulées pour les conditions de crues de CMP de printemps et de CMP d'été/automne. Pour les simulations effectuées pour des conditions d'été/automne, un potentiel de réserve hydroélectrique a été considéré.

Les caractéristiques de chacun des réservoirs simulés sont présentées au tableau 4.1 ci-après. Chaque simulation des réservoirs respecte une certaine cohérence entre les résultats obtenus et les relations de niveaux, débits et volumes introduites dans le modèle CEQUEAU.

TABEAU 4.1
Caractéristiques et courbes de remplissage des réservoirs simulés

SITE	DÉBIT DE BASE RELÂCHÉ (m ³ /s)	SEUIL DÉVERSOIR		COURBE DE REPLISSAGE		RÉSERVE HYDROÉLECTRIQUE	
		Élévation (1) (m)	Largeur (m)	Élévation (1) (m)	Volume cumulé (10 ⁶ m ³)	Élévation ⁽¹⁾ (m)	Volume (10 ⁶ m ³)
Rivière- aux- Écorces (RE-1)	100	405	50	381	0	397	215
				390	71,5		
				400	291,0		
				410	629,9		
Lac-aux- Écorces (RE-2)	75	425	50	398	0	415,6	107
				405	25		
				415	100		
				425	220		
Rivière Pikauba (RC-1)	75	420	50	396	0	415	96
				410	37,8		
				420	174,8		
				430	441,3		
Rivière Cyriac RCY-1	20	360	30	340	0	349	14
				350	17,0		
				360	62,3		
				370	139,0		
Petite Rivière Pikauba RP-1	10	565	30	530	0,0	552	25
				550	19,0		
				560	47,0		
				580	142,0		

⁽¹⁾ Élévation géodésique

4.1.4 Modélisation de la gestion au lac Kénogami pour la simulation de l'option 1

La représentation de la gestion faite au lac Kénogami a été effectuée à l'aide du modèle KÉNO 97 selon le plan de gestion actuel et l'entente de gestion estivale de 1982. Selon qu'il s'agisse de la CMP de printemps ou de celle d'été/automne, les conditions de gestion conséquentes convenues ont été introduites dans le modèle KÉNO 97. Ainsi, le niveau initial du lac, en conditions de printemps, a été fixé à la cote 154,4 m et à la cote 164,0 m pour les conditions d'été/automne.

Mentionnons ici un point : les simulations effectuées avec le modèle KÉNO 97 révèlent que l'opération des barrages Pibrac et Portage-des-Roches, telle que représentée par le modèle, ne permet en général pas d'atteindre dans le lac le niveau extrême d'exploitation, de 165,27 m, fixé comme critère pour la gestion des CMP. Pour représenter une utilisation plus optimale du potentiel de remplissage du lac en conditions de CMP, les résultats obtenus du modèle KÉNO 97 ont été traités sur chiffrier électronique pour simuler une opération permettant d'atteindre la cote 165,27 m. Ce traitement, effectué par le consultant, a consisté en une modification du bilan entre le débit de sortie et le volume accumulé dans le réservoir afin d'approcher cette cote. Ce calcul permet ainsi de représenter l'atténuation de la pointe du débit évacué que procurerait effectivement une telle opération aux barrages de Pibrac et de Portage-des-Roches.

4.1.5 Modélisation de la gestion au lac Kénogami pour la simulation de l'option 2

Pour cette option, il faut évaluer le débit qui serait à dériver vers un exutoire additionnel à partir du lac Kénogami, lorsque le débit total à évacuer vers les exutoires naturels atteint et dépasse la consigne de 2 500 m³/s. Ainsi, les apports de crue simulés par le modèle CEQUEAU (sans gestion amont) sont transférés au modèle KÉNO 97 qui, moyennant une adaptation des règles de gestion qu'il contient, évalue les apports totaux à évacuer et à dériver. Il distingue donc, d'une part, l'hydrogramme des volumes qui sont évacués aux exutoires naturels jusqu'à concurrence de 2 500 m³/s, de ceux qui, d'autre part, devront être dérivés vers un autre exutoire éventuel (galerie, canal, etc.), lorsque le débit total à évacuer dépassera cette consigne.

4.1.6 Modélisation de la gestion au lac Kénogami pour la simulation de l'option 3

Tel que précisé plus haut, seule la variante de rehaussement du lac Kénogami a été simulée par le consultant. Pour ce faire, le modèle KÉNO 97 a été adapté afin de permettre une accumulation au-delà des cotes de stockage réelles actuelles. On simule donc l'effet d'une rétention qui serait permise par le rehaussement des barrages et digues actuels. Cette évaluation a été effectuée pour les conditions de CMP de printemps avec un débit de consigne maximal vers les exutoires naturels de 2 500 m³/s. Le niveau d'eau maximal conséquent dans le lac Kénogami, évalué par le modèle KÉNO 97, a été légèrement corrigé en fonction d'une planimétrie du contour du lac à la cote 170 m, effectuée à l'aide d'une cartographie à l'échelle 1 :20 000.

4.2 Résultats des simulations des CMP

Les résultats des simulations sont présentés ci-après. On présente d'abord les résultats des options 2 et 3 et ensuite ceux des variantes de l'option 1. Les résultats illustrés sont les débits et niveaux obtenus au lac Kénogami seulement. Pour connaître en détails les performances de chacun des barrages amont, dans le cas de l'option 1, on peut référer à l'annexe B.

4.2.1 Résultats des simulations des CMP pour les options 2 et 3

Les résultats des simulations pour les options 2 et 3 sont résumés au tableau 4.2. Rappelons les points suivants :

- Dans le cas de l'option 2, le débit à dériver vers un éventuel exutoire supplémentaire est de 2700 m³/s, soit la différence entre le débit de pointe total entrant au lac Kénogami et le débit maximal à évacuer, de 2500 m³/s;
- Pour cette même option, le niveau maximal simulé par le modèle KÉNO 97 était de 164,5 m, soit environ 0,3 mètre au-dessus du niveau maximum d'exploitation, fixé à 164,16 m.

- Dans le cas de l'option 3, soit le scénario d'accumulation additionnelle au lac Kénogami et un débit d'évacuation maximal de 2 500 m³/s vers les exutoires naturels, les résultats montrent qu'un volume de 264 millions de mètres cubes doit être accumulé en surplus de la cote du niveau normal d'exploitation (164,16 m). La cote maximale atteinte est alors à environ 168,3 m. Le débit de 2 500 m³/s est maintenu pendant environ 3 jours. Il diminuera ensuite progressivement et prendra plusieurs jours avant de se stabiliser à des niveaux normaux.

TABLEAU 4.2

Synthèse des résultats de simulation au lac Kénogami - Options 2 et 3

OPTION	NIVEAU MAXIMUM DU LAC KÉNOGAMI (1)	DÉBIT MAXIMUM VERS LES RIVIÈRES CHICOUTIMI ET AUX SABLES (1)	STOCKAGE AU-DESSUS DE LA COTE 164,16 m (2)	REMARQUES
Option 2 : Dérivation des crues extrêmes				
	164,5 m	2 500 m ³ /s	20 Mm ³	Débit de 2700 m ³ /s à dériver
Option 3 : Passage des crues extrêmes par les exutoires naturels				
Évacuation par les exutoires naturels (3)	166,46 m	4 554 m ³ /s	147 Mm ³	Solution non retenue
Remplissage accru	168,3 m	2 500 m ³ /s	264 Mm ³	

(1) CMP de printemps

(2) 164,16 m : niveau maximum d'exploitation

(3) Résultats fournis par le MEF et HQ.

4.2.2 Résultats des simulations des CMP avec les réservoirs amont (option 1)

Afin de vérifier la possibilité de réduire le débit d'évacuation du lac Kénogami en-deçà de la valeur de 2500 m³/s, différentes combinaisons d'utilisation de réservoirs ont été simulées. Rappelons que les objectifs de débit maximal d'évacuation visés étaient les suivants :

- 2 000 à 2 500 m³/s; - dommages résiduels lourds - événement décamillénaire;
- 1 500 à 2 000 m³/s - dommages résiduels importants - événement millénaire;
- 1 100 à 1 500 m³/s - dommages résiduels mesurables (événement bicentenaire);
- moins de 1 100 m³/s - dommages résiduels mineurs - événement centenaire.

En tout, huit (8) variantes ont été évaluées; elles sont présentées ci-après par ordre décroissant du débit maximal d'évacuation qu'elles permettent d'atteindre à la sortie du lac Kénogami pour l'une ou l'autre des CMP:

- A. Réservoir RE-1;
- B. Réservoirs RE-2 et RC-1;
- C. Réservoirs RE-2, RC-1 et RP-1;
- D. Réservoirs RE-2, RC-1 et RCY-1;
- E. Réservoirs RE-1 et RC-1;
- F. Réservoirs RE-1, RC-1 et RP-1;
- G. Réservoirs RE-1, RC-1 et RCY-1;
- H. Réservoirs RE-1, RC-1, RCY-1 et RP-1.

Le tableau 4.3 résume ces résultats obtenus. On y remarque d'abord que pour toutes les simulations, la cote maximale atteinte dans le lac Kénogami avoisine la valeur cible de 165,27 m, sauf pour le cas de la variante H en conditions de CMP de printemps, pour laquelle la cote ne dépasse pas 164,2 m.

TABLEAU 4.3
Résultats de simulation au lac Kénogami - Option 1

VARIANTE	NIVEAU MAXIMUM DU LAC KÉNOGAMI (m)		DÉBIT MAXIMUM VERS LES RIVIÈRES CHICOUTIMI ET AUX SABLES (m ³ /s)		VOLUME DE RÉTENTION SUR LES RÉSERVOIRS AMONT (Mm ³)	
	CMP Printemps	CMP Été/automne	CMP Printemps	CMP Été/automne	CMP Printemps	CMP Été/automne
Catégorie 1 : Débit sortant du lac Kénogami limité à un événement décamilléral - LOURDS						
A	165,4	165,2	2 700	1 850	431	216
B	165,3	165,20	2 150	1 650	410	207
Catégorie 2 : Débit sortant du lac Kénogami limité à un événement milléral - IMPORTANTS						
C	165,3	165,3	1 700	1 500	484	256
D	165,3	165,3	1 600	1 550	492	275
Catégorie 3 : Débit sortant du lac Kénogami limité à un événement bicentenal - MESURABLES						
E	165,1	165,3	1 100	1 450	611	300
F	165,3	165,3	570	1 300	684	348
G	165,1	165,3	550	1 100	693	368
Catégorie 4 : Débit sortant du lac Kénogami limité à un événement centenal - MINEURS						
H	164,2	165,3	210	850	766	416

Note : cote initiale du lac : CMP de printemps : 154,4 m; CMP d'été/automne : 164,0 m.

On peut également remarquer que pour une variante donnée, le débit maximal de sortie atteint au lac Kénogami n'est pas nécessairement causé par la condition de CMP de printemps. En effet, malgré le fait que la CMP de printemps soit un événement hydrologique supérieur à la CMP d'été/automne, elle n'est critique pour le débit de sortie du lac Kénogami que pour quatre des huit variantes.

Cela s'explique par la capacité de remplissage au lac Kénogami qui est beaucoup plus grande en conditions de printemps qu'en conditions d'été/automne. En conditions de printemps, la fluctuation permise du niveau d'eau du lac se situe entre les cotes 154,4 m et 165,27 m, soit presque 11 mètres, alors qu'en conditions d'été/automne, elle se situe entre la cote 164,0 et 165,27 m, ce qui ne représente que 1,27 mètre de fluctuation. Ainsi, en conditions de printemps, le volume de rétention maximal disponible dans le lac Kénogami est de 453 millions de mètres cubes, alors qu'il n'est que de 77 millions de mètres cubes en conditions d'été/automne.

4.2.2.1 Variantes permettant de limiter les dommages résiduels à « lourds »

Deux variantes se trouvent dans cette catégorie, soit les variantes A et B. Dans les deux cas, le débit maximal à la sortie du lac Kénogami est obtenu par la CMP de printemps. Pour la variante A (RE-1), le débit maximal sortant du lac Kénogami est de 2700 m³/s, pour la CMP de printemps et de 1 850 m³/s, pour la CMP d'été/automne. Rigoureusement parlant, cette variante ne permet pas d'atteindre, pour la CMP de printemps, l'objectif visé de 2 500 m³/s. Les figures B-1 et B-2 de l'annexe « B », illustrent les débits et niveaux obtenus au lac Kénogami pour cette variante. Pour la variante B, le débit maximal obtenu en CMP de printemps est de 2 150 m³/s et de 1 650 m³/s en conditions de CMP d'été/automne. Les figures B-3 et B-4 illustrent le résultat de cette variante au lac Kénogami.

4.2.2.2 Variantes permettant de limiter les dommages résiduels à « importants ».

Deux variantes peuvent être classées dans cette catégorie, soit les variantes C et D. En conditions de CMP de printemps, le débit sortant du lac Kénogami y est respectivement de

1 700 m³/s et de 1 600 m³/s. Pour les conditions de CMP d'été/automne, les débits obtenus sont, respectivement de 1 500 m³/s et de 1 550 m³/s. Ces débits, ainsi que les niveaux correspondants atteints dans le lac Kénogami, sont illustrés aux figures B-5 à B-8 de l'annexe « B ».

4.2.2.3 Variantes permettant de limiter les dommages résiduels à « mesurables »

Cette catégorie comprend les options E, F et G. Ce sont les débits de conditions d'été/automne qui dominent. Ils sont respectivement de 1 450 m³/s, 1 300 m³/s et 1 100 m³/s. Les débits d'évacuation du lac Kénogami pour la CMP de printemps y sont respectivement de 1 100 m³/s, 570 m³/s et 550 m³/s. Les figures B-9 à B-14 illustrent ces résultats.

4.2.2.4 Variantes permettant de limiter les dommages résiduels à « mineurs »

Cette catégorie est représentée par les résultats de la variante H en conditions de CMP d'été/automne, pour laquelle le débit d'évacuation du lac est de 850 m³/s. En conditions de CMP de printemps, le débit d'évacuation n'est plus que de 210 m³/s et la cote maximale du lac ne dépasse pas 164,2 m. Ces résultats sont illustrés aux figures B-15 et B-16.

4.3 Résultats des simulations pour les conditions " Juillet 1996 " (option 1)

La crue de juillet 1996 constitue une référence de premier plan pour l'évaluation des performances des variantes de rétention présentées ci-haut. Aux fins de connaître l'effet et les bénéfices qu'auraient pu apporter certaines de ces variantes de gestion sur les débits transités vers les rivières Chicoutimi et aux Sables lors de cet événement exceptionnel, nous avons simulé les variantes B, C et E sous les conditions hydrologiques de la crue de juillet 1996. Ces trois variantes représentent respectivement les trois premières catégories de variantes en terme de débit évacué à la sortie du lac Kénogami, soit les catégories « lourdes », « importantes » et « mesurables ». Les résultats de débit évacué et de niveau maximal atteint au lac Kénogami sont présentés au tableau 4.4 et sont illustrés aux figures C-1, C-2 et C-3 de l'annexe « C ».

TABLEAU 4.4
Résultats de simulation au lac Kénogami
Pour la crue de juillet 1996
Option 1

VARIANTE	SITES	NIVEAU MAXIMAL DU LAC KÉNOGAMI (m)	DÉBIT MAXIMAL VERS LES RIVIÈRES CHICOUTIMI ET AUX SABLES (m ³ /s)
B	RE-2 et RC-1	165,3	1 050
C	RE-2, RC-1 et RP-1	165,3	900
E	RE-1 et RC-1	165,3	800

Les débits de pointe horaires obtenus à la sortie du lac Kénogami pour ces variantes B, C et E sont respectivement de 1 050 m³/s, 900 m³/s et 800 m³/s. On constate que les abattements de débit obtenus sont importants si l'on considère que le débit de pointe sortant du lac Kénogami a dépassé 1 800 m³/s sans compter que le niveau du lac a atteint la cote 166,08 m, soit 78 cm plus haut que la cote utilisée pour les simulations.

4.4 État des connaissances sur les rivières Chicoutimi et aux Sables

4.4.1 Situation sur la rivière aux Sables

Le barrage Jonquière-Abitibi a été reconstruit avec une capacité d'évacuation de 1 000 m³/s. Des études sont présentement en cours à l'INRS-Eau afin d'évaluer les conditions hydrauliques de la rivière aux Sables à l'amont de cet ouvrage. Le tableau suivant résume certains des résultats obtenus à ce jour. Signalons que la zone à risque se situe à l'amont du Pont St-Dominique dans le secteur Pibrac.

TABLEAU 4.5
Conditions hydrauliques - Rivière aux Sables 700 m³/s

Endroit	Niveau Tablier	Niveau d'eau à 700 m ³ /s
Pont St-Dominique	159,9 m	156,0 m
Vieux-Pont	144,0 m	143,7 m
Pont Ferroviaire	147,4 m	142,8 m
Pont Harvey	148,2 m	142,8 m

À l'aval du barrage Jonquière-Abitibi, on retrouve le barrage et la minicentrale d'Hydro-Jonquière. Depuis les événements de juillet 1996, la capacité d'évacuation de ce barrage a été portée à 1 000 m³/s. Plus loin à l'aval, on a le barrage Bésy dont la capacité nominale d'évacuation est de 770 m³/s, selon le rapport de la Commission Nicolet. L'évacuateur est actuellement équipé de poutrelles de bois. Le propriétaire prévoit y apporter des modifications dans un avenir rapproché.

4.4.2 Situation sur la rivière Chicoutimi

La situation sur la rivière Chicoutimi est plus complexe que sur la rivière aux Sables. Tout comme pour cette dernière, des études hydrodynamiques de la rivière Chicoutimi sont en cours de réalisation. Hydro-Québec a aussi commandé diverses études pour les biefs amont et aval des barrages de Chute Garneau et Pont-Arnaud.

Rappelons seulement que déjà, à des débits de 400 m³/s, les dommages aux propriétés riveraines de Laterrière peuvent atteindre des sommes importantes. Aux ouvrages de Chute Garneau et de Pont-Arnaud, des débits de 1 400 m³/s sont présentement envisagés, par ailleurs, des craintes sérieuses de contournement des ouvrages apparaissent à des débits de 2 000 m³/s.

Plus à l'aval, le barrage de Elkem est dimensionné pour des débits $1\,080\text{ m}^3/\text{s}$. Une attention particulière devra être portée en rive droite pour éviter des débordements vers la ville de Chicoutimi.

Finalement le barrage Chicoutimi-Abitibi doit être revu. Des discussions sont présentement en cours en vue de trouver des solutions aux problèmes d'évacuation à cet endroit.

4.4.3 Gestion des barrages de Portage-des-Roches et de Pibrac

Si on met en parallèle les résultats montrés précédemment au tableau 4.3, avec les capacités d'évacuation au lac Kénogami (figure 2.3), on voit qu'avec l'ajout de réservoirs à l'amont, les barrages de Portage-des-Roches et de Pibrac auront une capacité d'évacuation suffisante en cas de CMP.

Les simulations ont également permis de faire ressortir l'importance de la gestion du lac Kénogami sur les débits évacués aux exutoires. À titre d'exemple, dans les simulations présentées plus haut, le consultant a cherché à optimiser l'utilisation de la réserve d'urgence du lac Kénogami (70 Mm^3), en gérant à la fois les niveaux du lac et les débits de sortie. Si à la place, on applique un mode de gestion par niveaux, les débits sortant du lac Kénogami vont augmenter substantiellement. Le tableau 4.6 qui suit montre les résultats qu'on obtiendrait en appliquant par exemple le mode de gestion Kéno 97 basé sur le contrôle des niveaux.

TABLEAU 4.6
Comparaison des modes de gestion des crues extrêmes

Variante	Niveau du lac		Débit sortant (m ³ /s)	
	Optimisé	Gestion KENO 97	Optimisé	Gestion KENO 97
A Printemps	165,37	165,37	2 704	2 704
B Printemps	165,27	165,06	2 150	2 463
C Printemps	165,27	164,90	1 700	2 338
D Printemps	165,26	164,80	1 600	2 223
E Été/automne	165,27	164,60	1 450	2 126
F Été/automne	165,30	164,60	1 350	2 120
G Été/automne	165,27	164,60	1 100	2 000
H Été/automne	165,27	164,50	850	1 888

On voit par ce tableau que le débit maximum probable dans les rivières Chicoutimi et aux Sables dépend en partie de la gestion qui sera appliquée pour l'opération des barrages de Portages-des-Roches et de Pibrac.

Cet aspect prend toute son importance si on considère que les barrages à l'aval sur les rivières Chicoutimi et aux Sables ont souvent des capacités d'évacuation inférieures à celles des barrages de tête. Cette incohérence soulevée par la Commission Nicolet existe toujours et ne pourra être résolue qu'avec une révision en profondeur du plan de gestion du lac Kénogami. La formulation du nouveau plan de gestion devra alors tenir compte des aspects suivants:

- partage optimal des débits de crues entre les rivières Chicoutimi et au Sables;
- maintien et amélioration de la flexibilité d'opération aux barrages de Portage-des-Roches et de Pibrac en période de crues;

- cohérence entre la capacité d'évacuation des barrages de tête au lac Kénogami et ceux à l'aval sur les rivières Chicoutimi et aux Sables;
- sécurité des riverains, tant ceux des rivières Chicoutimi et aux Sables que ceux du lac Kénogami.

5 PRODUCTION HYDROÉLECTRIQUE

5.1 Généralités

L'étude de la production d'énergie s'est centrée sur les diverses variantes de l'option n°1 qui impliquent la construction de réservoirs dans le bassin amont du lac Kénogami. L'évaluation du potentiel hydroélectrique s'appuie sur :

- l'hydraulicité des rivières Pikauba et aux Écorces telle que mesurée aux stations hydrométriques du MEF;
- l'évaluation du volume de régularisation;
- le choix de sites propices pour la construction de centrales hydroélectriques.

En plus de cette étude, le développement du potentiel hydroélectrique à l'aval du lac Kénogami sur les rivières Chicoutimi et aux Sables a été considéré de même que l'énergie additionnelle générée par les volumes d'eau régularisés à l'amont.

5.2 Développement du potentiel hydroélectrique

5.2.1 Hydraulicité

Le MEF exploite deux stations de jaugeage sur les principaux tributaires du lac Kénogami soit :

- la station n° 061020 opérée depuis 1971 sur la rivière aux Écorces à proximité du site envisagé pour le barrage RE-1;
- la station n° 061022 opérée depuis 1969 sur la rivière Pikauba à 8,2 km à l'amont de l'Upica.

Les principales caractéristiques de ces stations se résument comme suit :

	Station n° 061020 aux Écorces (1971-1993)	Station n° 061022 Pikauba (1969-1993)
Bassin versant	1 110 km ²	495 km ²
Module annuel	27,86 m ³ /s	13,08 m ³ /s
Débit spécifique	25,3 l/s/km ²	26,4 l/s/km ²

Les débits mensuels moyens de chacune des stations se présentent ainsi :

	STATION AUX ÉCORCES (71-93) (m ³ /s)	STATION PIKAUBA (69-93) (m ³ /s)
Janvier	8,54	3,95
Février	7,42	3,48
Mars	7,22	3,52
Avril	33,10	15,59
Mai	86,59	44,98
Juin	39,71	18,41
Juillet	30,99	13,09
Août	27,57	11,90
Septembre	25,00	11,67
Octobre	31,85	14,77
Novembre	24,09	10,67
Décembre	14,63	6,28
MOYENNE	27,86	13,08

Des courbes de débits mensuels classés (figure 5.1) ont été préparées pour le site de la station de la rivière aux Écorces ainsi qu'à l'exutoire de la rivière Pikauba. Les débits moyens au site des centrales Pikauba1 et 2 sont reconstitués en faisant la somme des débits des deux rivières. Ces derniers sont obtenus à leur tour en multipliant les valeurs mesurées aux stations 061020 et 061022 par le rapport des superficies des bassins versants. Pour les débits mensuels au site du barrage RE-1, les débits de la station 061020 sont utilisées directement, la station étant localisée à proximité du site du barrage. Ces courbes serviront plus loin à fixer les débits d'équipement aux centrales envisagées.

5.2.2 Évaluation des volumes de régularisation disponibles

Partant du principe énoncé plus haut, la réserve disponible pour la production d'énergie correspond, pour un réservoir donné, à la différence entre le volume retenu lors d'une CMP de printemps et celui retenu pour une CMP d'été/automne. Pour les variantes à l'étude le volume de régularisation se traduit comme suit :

TABLEAU 5.1
Volume de réserve disponible pour production d'énergie

Variante	Composantes	Volume pour Énergie (Mm ³)
A	RE-1	215
B	RE-2 + RC1	107 + 96 = 203
C	Variante B et RP-1	203 + 25 = 228
D	Variante B + RCY-1	203 + 14 = 217
E	RE-1 et RC-1	215 + 96 = 311
F	Variante E et RP-1	311 + 25 = 336
G	Variante E et RCY-1	311 + 14 = 325
H	Variante G et RP-1	325 + 25 = 350

5.2.3 Choix des sites propices à l'amont du lac Kénogami

La figure 5.2 de la page 5-7 montre l'emplacement des différentes centrales décrites ci-après.

Centrales Pikauba 1 et Pikauba 2

À partir des profils en long de la figure 2.2 on voit que la rivière Pikauba descend en cascade depuis sa confluence avec la rivière aux Écorces jusqu'au lac Kénogami. Une étude plus approfondie de ce tronçon couplée à une visite des lieux a permis d'identifier deux sites intéressants pour l'implantation de barrages avec centrales au fil de l'eau (figure 5.3). Les endroits sélectionnés permettraient d'exploiter deux chutes de 55 m. Le débit d'équipement, quant à lui, variera en fonction de la réserve disponible à l'amont.

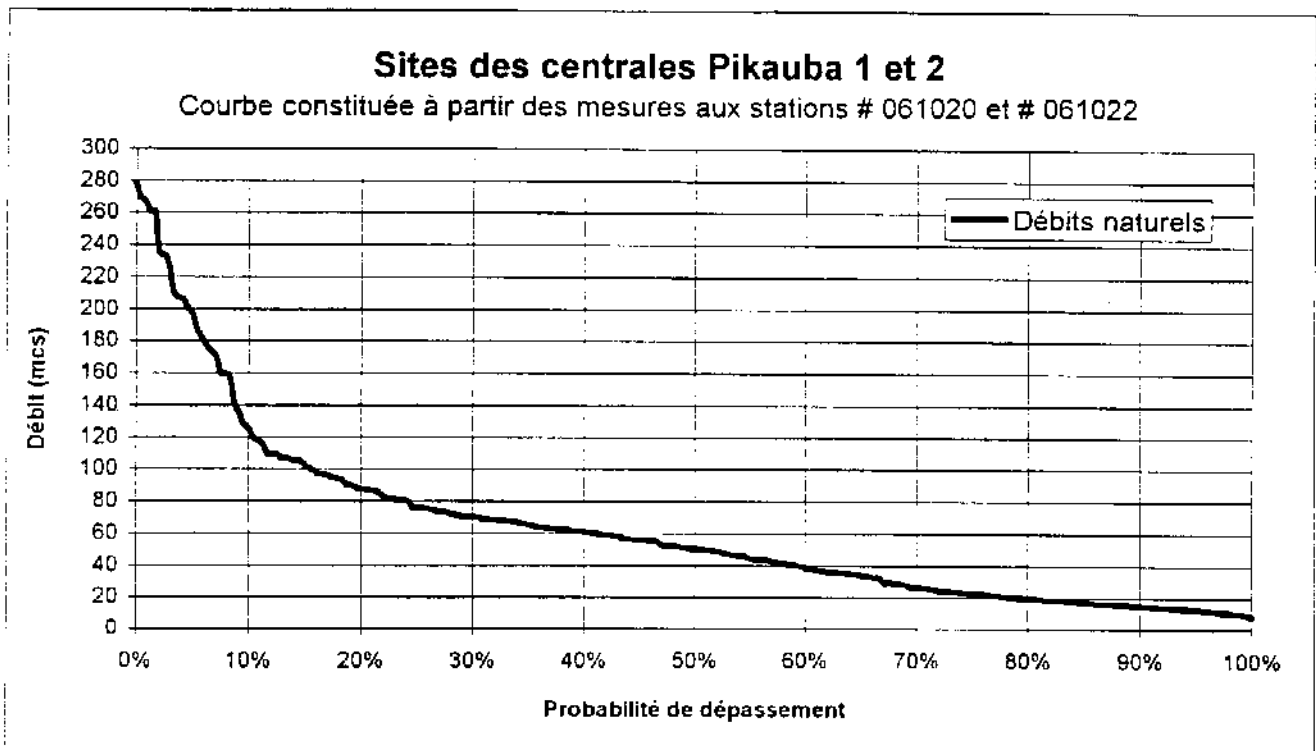
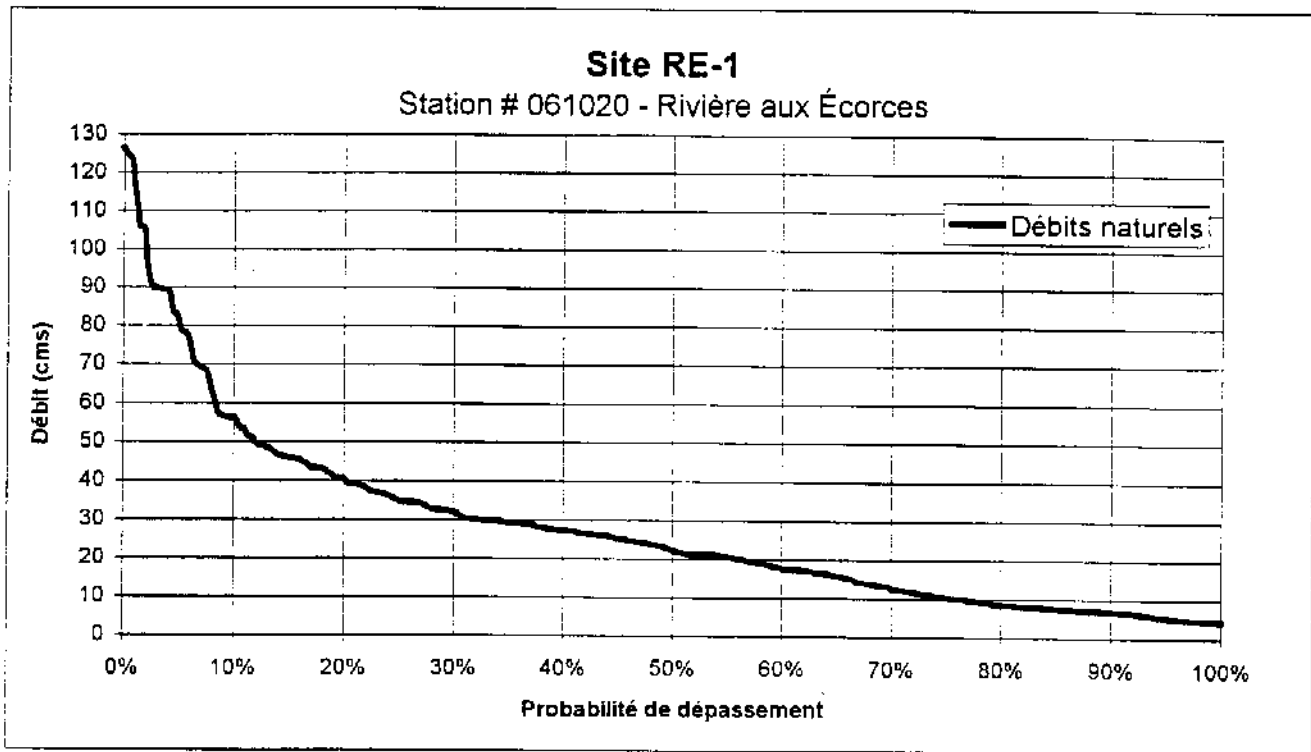
Si on reprend les courbes de débits classés de la figure 5.1 pour les sites Pikauba 1 et 2 et que l'on prend en compte les volumes disponibles présentés au tableau 5.1 on trouve que :

- pour les variantes A, B, C et D, avec un volume de réserve d'environ 215 Mm³, il est possible de soutenir un débit d'équipement de 51 m³/s au moins 85% du temps. La puissance installée sera alors de 2 x 23,4 MW;
- pour les variantes E, F, G et H, avec un volume de réserve d'environ 311 Mm³, ce même débit d'équipement peut être augmenté à 60 m³/s et soutenu au moins 85% du temps. La puissance installée sera haussée à 2 x 27,5 MW;

Il est intéressant de noter ici que le fait de prévoir des aménagements dont le facteur d'utilisation est élevé joue dans le sens de la sécurité pour la gestion des crues. En effet l'exploitant de la centrale ne retire pas d'avantage économique à empiéter sur la réserve de crues.

Figure 5.1

Courbes des débits mensuels classés



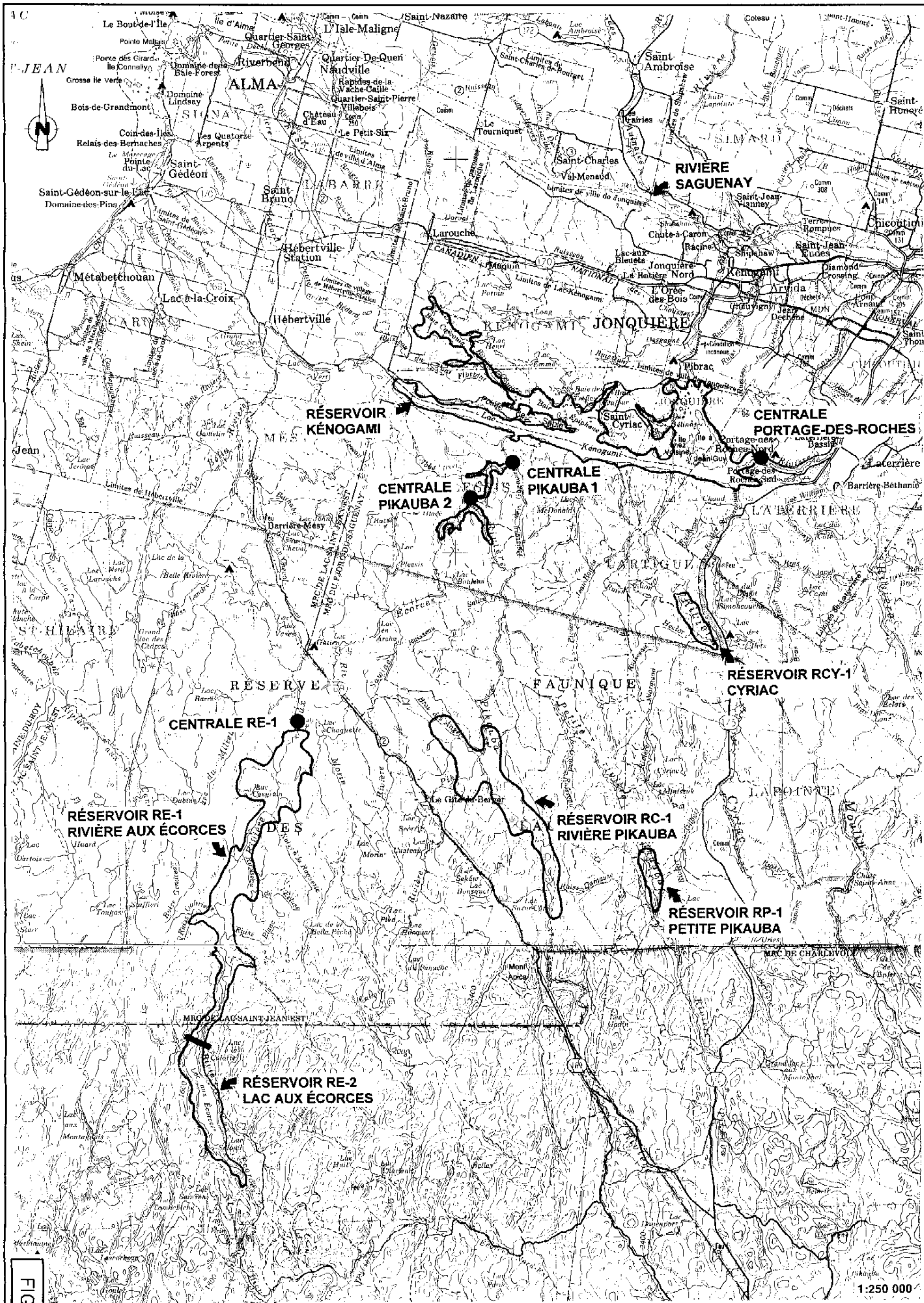

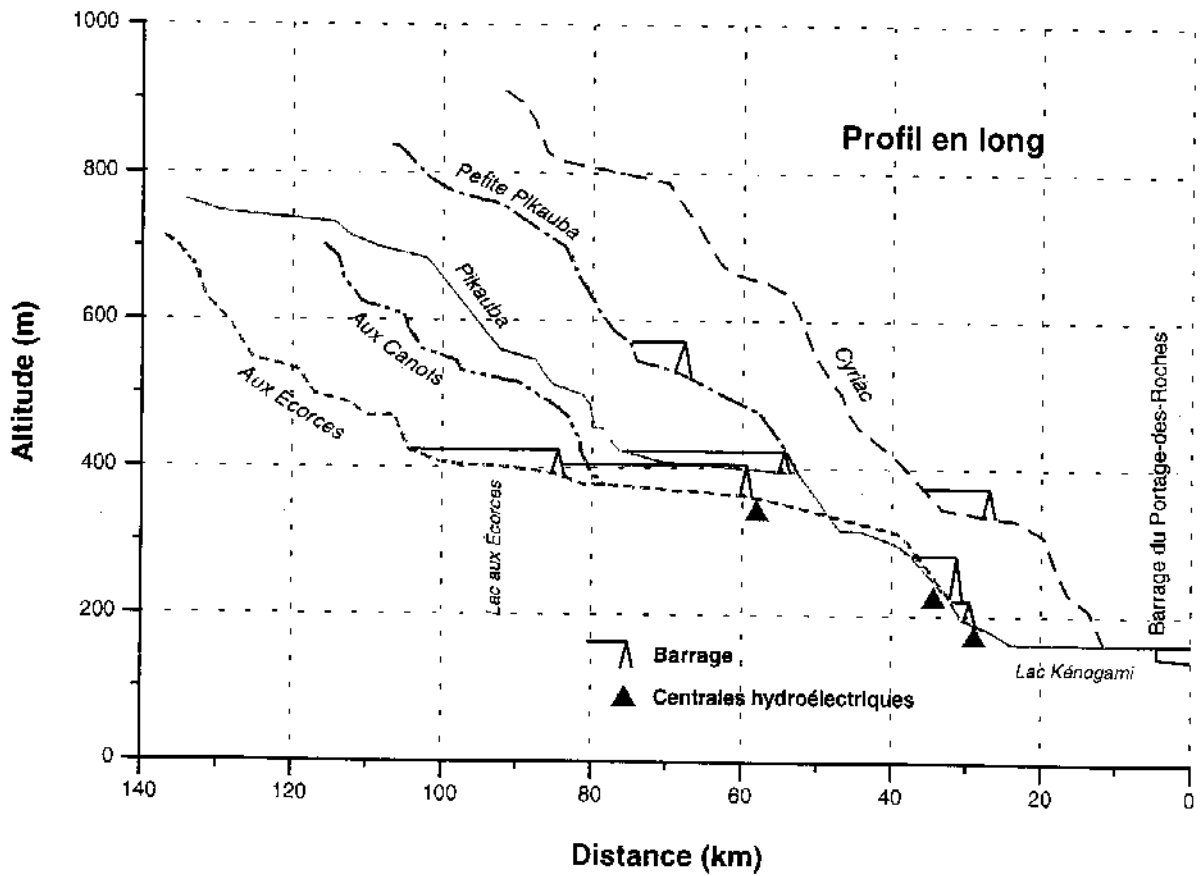


FIGURE 5.2

 <p>Gouvernement du Québec</p>	<p>LOCALISATION DES RÉSERVOIRS ET CENTRALES PROPOSÉES</p>	
	<p>GENIVEL · BPR · TECSULT</p>	

<p>LOCALISATION DES RÉSERVOIRS ET CENTRALES PROPOSÉES</p>	
<p>GESTION SÉCURITAIRE DES CRUES EXTRÊMES DU LAC-RÉSERVOIR KÉNOGAMI</p>	
DATE: Nov. 1997	PROJET: 6007707/6374
FIGURE: 5.2	

Figure 5.3 Schéma des réservoirs et centrales hydroélectriques.



Centrale RE-1

Un autre site d'intérêt est situé au barrage RE-1. À prime abord, il est possible d'y développer une chute de 35 m avec un débit régularisé de 20 m³/s. Cette centrale développerait une puissance de 5,8 MW avec un facteur d'utilisation évalué à 70% pour tenir compte de la vidange graduelle du réservoir durant l'hiver et un temps d'arrêt estimé à 6 semaines.

La possibilité d'installer une centrale de RC-1 a aussi été analysée, mais n'a pas été retenue. Une centrale de 1,5 MW a été considérée, mais son facteur d'utilisation sera faible à cause de la baisse du niveau d'eau en période hivernale.

Le développement de la rivière Cyriac n'a pas été considéré non plus, d'une part à cause des difficultés techniques reliées à l'implantation d'une réserve adéquate et, d'autre part, à cause du peu d'intérêt économique à construire un barrage d'une cinquantaine de mètres de hauteur pour une centrale de 4 MW de puissance.

5.2.4 Sites potentiels de Portage-des-Roches et Pibrac

La possibilité d'exploiter la chute à la sortie des barrages de Portage-des-Roches et de Pibrac a aussi été considérée. Parmi les différentes contraintes prises en considération dans l'analyse, notons :

- la vidange progressive du réservoir jusqu'à la côte 154,4 m à partir de décembre jusqu'à la mi-avril et,
- un débit maximum turbinable de 68 m³/s réparti entre Portage-des-Roches et Pibrac suivant la règle du 2/3-1/3
- le plan de gestion estival 1982.

Aménagement de Portage-des-Roches

Le barrage de Portage-des-Roches peut permettre l'installation d'une centrale pouvant développer 4,1 MW de puissance. Le facteur d'utilisation d'une telle centrale peut atteindre 70% en tenant compte de la baisse graduelle du niveau dans le lac durant la gestion hivernale et l'arrêt complet de la centrale 6 semaines par année en moyenne. L'énergie produite annuellement se chiffrerait à plus de 30 GWh par année en tenant compte de la régularisation à l'amont, ce qui donnerait des revenus annuels bruts évalués à 1,2 M \$ si on considère un prix de vente de 0,04 \$/kWh.

Aménagement de Pibrac Est

Tout comme à Portage-des-Roches, une centrale de 1,6 MW peut être implantée au barrage de Pibrac Est. Dans ce cas, le facteur d'utilisation sera plus faible (FU = 0,65), la prise d'eau étant dénoyée plus longtemps durant l'hiver. L'énergie annuelle moyenne produite atteindrait 9,5 GWh. Le coût de cet aménagement est évalué à 5,0 millions \$, ce qui enlève tout intérêt économique pour le développement de ce site.

5.2.5 Caractéristiques des sites retenus

Les principales caractéristiques des centrales hydroélectriques retenues pour la présente étude sont présentés au tableau qui suit :

TABLEAU 5.2
Caractéristiques des aménagements proposés

Centrale	Hauteur de chute	Débit d'équipement	Puissance installée kW	Coût par kW installé	Facteur d'utilisation F.U.	Production annuelle GWh
RE-1	35 m	20 m ³ /s	5 837	1 800 \$	70%	35,7
Pikauba 1 et 2 (51)	55 m	51 m ³ /s	2 x 23 400	2 000 \$	> 85%	> 175
Pikauba 1 et 2 (60)	55 m	60 m ³ /s	2 x 27 500	1 700 \$	> 85%	> 205
Portage-des-Roches	12 m	45 m ³ /s	4 143	1 800 \$	70 %	31,5

Il importe de signaler ici que ces valeurs sont préliminaires. L'aménagement des centrales Pikauba 1 et 2 en particulier est cher et n'a pas fait l'objet d'une optimisation. Parmi les coûts importants signalons celui des barrages et de la ligne de transport d'énergie à 69 kV. Lors des études d'avant-projet, la possibilité de combiner ces deux centrales en une seule devra être étudiée. De même, tout dépendant du schéma retenu, la possibilité d'équiper le barrage RC-1 d'une petite centrale de 1,5 MW devra être investiguée.

5.3 Énergie additionnelle aux installations existantes

On compte actuellement 3 centrales en exploitation sur la rivière aux Sables et 2 sur la rivière Chicoutimi en plus des centrales désaffectées du Pont-Arnaud et Chute Garneau. Les volumes d'eau emmagasinés à l'amont dans de nouveaux réservoirs se traduiront par un accroissement de l'énergie produite par ces centrales opérant au fil de l'eau. Pour les besoins de l'analyse, les centrales de Pont-Arnaud et de Chute Garneau sont considérées comme étant reconstruites avec les mêmes hauteurs de chute qu'avant juillet 1996.

5.4 Synthèse du potentiel énergétique

Le potentiel énergétique exploitable dépend des variantes de contrôle des crues qui sera retenu. Le lecteur trouvera au tableau 5.3 un détail de l'énergie générée pour chaque variante. On remarquera dans un premier temps que pour les variantes A à D, la production annuelle moyenne variera entre 443 et 478 GWh. Cette même production fait un bond à plus de 567 GWh pour les variantes E et suivantes. Cette situation est due essentiellement à l'accroissement de la réserve utile qui non seulement procure de l'énergie additionnelle supplémentaire aux centrales existantes sur les rivières aux Sables et Chicoutimi, mais permet également d'augmenter la puissance installée aux 2 sites de Pikauba.

Tableau 5.3 Énergie hydroélectrique disponible

Aménagements	Puissance installée kW	Énergie additionnelle en GWh (par variantes)							
		A	B	C	D	E	F	G	H
Volume de réserve (M. m.cu)		215	203	228	217	311	336	325	350
Rivière aux Sables									
Jonquière - Abitibi	4 500	3.22	3.04	3.41	3.25	4.65	5.03	4.86	5.24
Hydro-Jonquière	3 900	2.26	2.13	2.39	2.28	3.26	3.52	3.41	3.67
Bésy - Abitibi	4 998	12.69	11.99	13.46	12.81	18.36	19.84	19.19	20.67
Sous-total	13 398	18.17	17.15	19.27	18.34	26.28	28.39	27.46	29.57
Rivière Chicoutimi									
Chute-Gameau	En évaluation	3.25	3.07	3.45	3.28	4.70	5.08	4.91	5.29
Pont-Arnaud	En évaluation	5.39	5.09	5.72	5.44	7.80	8.43	8.15	8.78
Elkem	31 332	26.52	25.04	28.13	26.77	38.37	41.45	40.10	43.18
Chicoutimi - Abitibi	8 206	6.72	6.34	7.12	6.78	9.72	10.50	10.16	10.94
Sous-total	39 538	41.88	39.55	44.42	42.27	60.59	65.46	63.31	68.18
Nouveaux sites									
Portage-des-Roches	4 143	31.84	31.48	32.23	31.90	34.71	35.46	35.13	35.88
Pikauba 1: (51 mcs)	23 400	175.00	175.00	180.00	175.00				
Pikauba 1: (60 mcs)	27 500					205.00	210.00	205.00	210.00
Pikauba 2: (51 mcs)	23 400	175.00	175.00	180.00	175.00				
Pikauba 2: (60 mcs)	27 500					205.00	210.00	205.00	210.00
RE-1	5 837	35.70				35.70	35.70	35.70	35.70
Sous-total		417.54	381.48	392.23	381.90	480.41	491.16	480.83	491.58
Production moyenne annuelle		477.59	438.18	455.91	442.51	567.28	585.01	571.61	589.34

6 ANALYSE MULTICRITÈRE

6.1 Généralités et définitions

L'analyse multicritère des options de gestion des crues extrêmes du lac Kénogami utilise les quatre grandes dimensions d'analyse suivantes :

- protection des personnes et des biens;
- économie;
- environnement et faune;
- social.

6.1.1 Définition des critères

Critère 1.A : Durée de mise en oeuvre

Définition : Période de temps requise pour la construction et la mise en oeuvre d'une variante d'aménagement.

Mesure : Nombre de mois entre le début des travaux et la livraison aux gestionnaires

Source : Le consultant

Critère 1.B : Niveau de conséquences résiduelles inhérentes à une variante

Définition : Identification de l'ampleur et de l'importance du type de sinistre inhérent à une variante d'aménagement. Il s'agit d'attribuer à chaque variante l'ordre de grandeur des conséquences directes et indirectes normalement occasionnées par ces amplitudes de crues que cette variante ne peut pas accommoder.

Mesure : **Très lourde**

- importantes probabilités de pertes de vie massives
- dommages évalués en milliard \$
- conséquences macro-économiques/pluri-annuelles
- période de reconstruction/rétablissement : 5 ans et plus
- exemple : rupture du réservoir Kénogami

- cause probable : CMP ingérable/perte de contrôle
- probabilité : infinitésimale (non calculable)

Lourde

- probabilité de quelques pertes de vie
- dommages évalués en centaines de M \$
- conséquences budgétaires et fiscales de durée limitée
- période reconstruction/rétablissement : moins de 5 ans
- cause probable : crue d'amplitude décamillénaire
- probabilité : 0,01 %

Importante

- faibles probabilités de pertes de vie
- dommages évalués en dizaines de M \$
- effets budgétaires absorbés facilement
- période reconstruction/rétablissement : moins de 2 ans
- exemple : inondation importante de la rivière Chaudière/Châteauguay
- cause probable : crue d'amplitude millénaire
- probabilité : 0,1 %

Mineure

- probabilités négligeables de pertes de vie
- dommages évalués en M \$
- effets budgétaires prévisibles
- période de reconstruction/rétablissement : 1 an et moins
- exemple : crue hors de l'ordinaire
- cause probable : crue d'amplitude centenaire
- probabilité : 1 %

Négligeable

- aucune probabilité de pertes de vie
- dommages évalués en K \$
- aucun effet budgétaire sensible
- période de reconstruction/rétablissement : en mois
- cause probable : crue d'amplitude 0-20 ans
- probabilité : 5 %

Source : Le consultant

Critère 1.C : Fiabilité technique

Définition : Capacité de l'option à fournir un contrôle fiable et adéquat des eaux lorsque soumis à des stress tel que le bris d'une des composantes

- Mesure : L'un des trois appréciations suivantes :
- **robuste**, si l'option reste fiable malgré le fait que certaines de ses composantes soient défailtantes
 - **acceptable**, si l'option est éprouvée par de nombreuses expériences pratiques et qu'elle répond aux critères de sécurité généralement utilisés
 - **sensible**, si l'option est non éprouvée, difficile à tester et présente des incertitudes si elle est soumise à des variations importantes des conditions de base
- Source : Le consultant
- Critère 2.A : Coûts directs d'immobilisation**
- Définition : Évaluation du coût des travaux de construction des infrastructures de gestion des crues tels que digues, barrages, production hydroélectrique, évacuateur de crues, routes d'accès, etc. Les coûts ne comprennent pas les coûts associés au déplacement d'infrastructures publiques ou privées existants tels que routes, chemin de fer ou aux coûts de relocalisation des résidences.
- Mesure : M \$
- Source : Le consultant
- Critère 2.B : Coût annuel d'opération-entretien**
- Définition : Ordre de grandeur des coûts de fonctionnement (opération/entretien) des aménagements hydrauliques décrits dans une variante.
- Mesure : M \$
- Source : Le consultant
- Critère 2.C.1 : Coûts indirects : Déplacement d'infrastructures publiques et privées**
- Définition : Coûts d'immobilisation rattachés à une variante aux fins de relocalisation d'une route provinciale par exemple ou d'infrastructures publiques ou privées essentielles.
- Mesure : M \$
- Source : Le consultant

Critère 2.C.2 : Relocalisation des résidences

Définition : Valeur globale (M \$) des propriétés résidentielles qui devraient être relocalisées en vertu d'une variante donnée.

Mesure : M \$

Source : Le consultant

Critère 2.C.3 : Superficie agricole

Définition : Superficie (en hectares) des terres agricoles perdues suite à la mise en oeuvre d'une variante ou soumise à une servitude d'inondation.

Mesure : Hectares

Source : Le consultant

Critères 2.C.4 : Superficie forestière

Définition : Superficie (en hectares) de terres forestières perdues suite à la mise en oeuvre d'une variante.

Mesure : Hectares

Source : Le consultant

Critère 2.D.1 : Retombées économiques régionales : emplois/année (construction)

Définition : Nombre de personnes/année requis aux fins de construction d'une variante.

Mesure : Personnes/année

Source : Le consultant

Critère 2.D.2 : Retombées économiques régionales : emplois/année (exploitation)

Définition : Nombre de personnes/année requis aux fins de l'exploitation d'une variante.

Mesure : Personnes/année

Source : Le consultant

Critère 2.D.3 : Retombées économiques régionales : valeur du potentiel hydro-électrique

Définition : Valeur actualisée en M \$ du potentiel d'énergie électrique identifié au sein d'une variante.

Mesure : M \$

Source : Le consultant

Critère 2.D.4 : Retombées économiques régionales : valeur du potentiel récréo-touristique

Définition : Valeur associée au potentiel récréo-touristique au sein d'une variante.

Mesure : Personnes/jour

Source : Le consultant

Critère 3.A : Habitats fauniques perdus ou modifiés

Définition : La construction d'un réservoir a comme effet d'envoyer un territoire plus ou moins grand causant la perte d'habitats terrestres, de milieux humides et d'habitats riverains et causant des modifications au milieu aquatique. L'envolement et la gestion du débit de la rivière en aval peut également causer la perte d'habitat ou leur inaccessibilité, étant donné l'absence de données précises sur les sites touchés, il s'agit de qualifier, pour chacune des variantes l'importance de la perte ou de la modification des habitats fauniques en employant l'une des trois appréciations suivantes.

Mesure : L'une des quatre appréciations suivantes :

Très élevée : Le milieu affecté par une variante touche directement ou indirectement à l'habitat d'une espèce menacée ou vulnérable ou susceptible d'être ainsi désignée (faune et flore), à un habitat reconnu unique à l'échelle régionale.

Élevée : Le milieu affecté par une variante donnée touche directement ou indirectement à des habitats de reproduction (frayères, ravages) et espèces fortement valorisées.

- (poissons considérés sportifs comme le saumon, espèce d'intérêt économique, culturel ou alimentaire).

Modérée : Le milieu affecté par une variante donnée touche directement ou indirectement à des habitats connus ou potentiels et considérés comme plus communs au niveau régional. Il peut s'agir d'habitats de reproduction d'espèces moins valorisés ou d'une grande superficie d'habitat d'alimentation d'une espèce valorisée (ex : orignal).

Négligeable : Le milieu affecté par une variante donnée a des superficies d'habitats négligeables à l'échelle régionale, ou n'affectent pas du tout les espèces concernées, ou touchant des espèces très communes.

Source : Le consultant

Critère 3.B : Durée de la réadaptation des habitats

Définition : Les bancs d'emprunt et les réservoirs une fois les travaux terminés traversent une période de régénération/cicatrisation qui est déjà documentée et qui se mesure en nombre d'années.

Mesure : Nombre d'années

Source : Le consultant

Critère 3.C : Volume de déblai à disposer

Définition : Certaines variantes (creusement de galeries par exemple) nécessiteront l'entreposage ou la disposition de grands volumes de déblai.

Mesure : Mètres cubes

Source : Le consultant

Critère 4.A : Qualité de vie

Définition : Appréciation de la variation de qualité de vie qu'une variante donnée engendre auprès des riverains et usagers. La variation est notée sous forme d'opinion qualitative.

Mesure : L'une des trois appréciations suivantes :

- statu quo
- détérioration
- amélioration

Source : Le consultant

Critère 4.B : Degré de facilité/difficulté de mise en oeuvre du plan de gestion subséquent

Définition : Le plan de gestion du complexe actuel de régularisation des crues du bassin versant est l'objet d'un certain nombre de difficultés. Chaque variante est appréciée au moyen d'un qualificatif global.

- statu quo
- plus difficile
- plus facile

Mesure : L'une des trois appréciations suivantes :

- statu quo
- plus facile
- plus difficile

Source : Le consultant

6.1.2 Approche analytique

Chaque option et variante a été soumise de façon détaillée à chacune des quatre dimensions et des critères décrits plus haut. Les données utilisées sont des données générales qui donnent un ordre de grandeur des composantes étudiées. Aussi, les critères sont restés qualitatifs la plupart du temps ou, lorsque chiffrés, doivent être interprétés comme une première approximation.

L'analyse détaillée est présentée à l'annexe « E » sous la forme de Fiches analytiques par option et variante.

La figure 6.1 de la page suivante synthétise les résultats de cette analyse détaillée.

Les prochaines sections présentent quant à elles pour chaque dimension, une analyse comparative entre les différentes options et variantes.

6.2 Protection des personnes et des biens

La dimension de la protection des personnes et des biens est évaluée à partir des trois critères suivants :

- durée de mise en oeuvre;
- dommages résiduels;
- fiabilité technique.

Tel que décrit ci-après ces trois critères mettent en évidence d'importantes faiblesses au niveau des options 0, 2 et 3.

Les options 0 et 3 entraînent un niveau très lourd de dommages résiduels, alors que les deux variantes de l'option 2 sont jugées sensibles au niveau de la robustesse de la solution.

Grille d'analyse multicritère
Gestion sécuritaire des crues extrêmes du Lac Kénogami

DIMENSION ET CRITÈRE	OPTIONS ET VARIANTES											
	O Statu quo	1 Réservoir(s) à l'amont								2 Dérivation		3 Rehaussement
		A) RE-1	B) RE-2 + RC-1	C) RE-2 + RC-1 + RP-1	D) RE-2 + RC-1 + RCY-1	E) RE-1 + RC-1	F) RE-1 + RC-1 + RP-1	G) RE-1 + RC-1 + RCY-1	H) RE-1 + RC-1 + RP-1 + RCY-1	A) Galerie de Pibrac au Saguenay	B) Canal Jean-Dechêne	A) Rehaussement du réservoir Kénogami
1. PROTECTION DES PERSONNES ET DES BIENS												
1A Durée de mise en oeuvre (mois)	12	36 à 48	36 à 48	36 à 48	36 à 48	36 à 48	36 à 48	36 à 48	36 à 48	6B	NE	36
1B Niveau des dommages résiduels	Très Lourd	Lourd	Lourd	Important	Important	Important	Important	Important	Important	Lourd	Lourd	Très Lourd
1C Robustesse de la solution	NA	Robuste	Robuste	Robuste	Robuste	Robuste	Robuste	Robuste	Robuste	Sensible	Sensible	Robuste
2. ÉCONOMIQUE												
2A Coûts directs d'immobilisation ouvrages de contrôle des crues en Million de \$ et nouvelles installations hydroélectriques	10	41	68	82	110	80	94	122	136	18B	166	24
2B Coûts d'opération annuelle \$	0	48 500	75 200	101 900	123 700	97 000	123 700	145 500	172 200	75 000	NE	130 800
2C Coûts indirects (1)												
2.C.1 - superficie forestière (ha) et	0	2 940	2 504	2 504	2 504	4 970	4 970	4 970	4 970	0	NE	0
- partie de matière ligneuse exploitable (m³)	0	3 200	3 665	3 665	3 665	6 350	6 350	6 350	6 350	0	0	0
2D Retombées économique régionales :												
- valeur des contrats octroyés en Millions de \$	6 à 7	13 à 23	23 à 40	28 à 40	37 à 65	27 à 49	32 à 56	41 à 72	46 à 81	NE	NE	8 à 14
2.D.1 - emploi construction (personne-année)	0	34 à 73	60 à 133	73 à 161	97 à 214	70 à 157	83 à 185	107 à 238	120 à 266	NE	NE	21 à 46
2.D.2 - emploi opération (personne/année)	0	1 à 3	1 à 3	1 à 3	1 à 3	1 à 3	1 à 3	1 à 3	1 à 3	1	NE	1
2.D.3 - potentiel hydroélectrique (gwh/année)	0	477,59	438,18	455,91	442,51	567,28	585,01	571,61	589,34	0	0	0
2.D.4 - potentiel touristique (personne/jour)	0	- 11 349	- 2 259	- 2 499	- 2 259	- 11 685	- 11 925	- 11 685	- 11 925	NS	NS	Très Négatif
3. ENVIRONNEMENTALE ET FAUNIQUE												
3A Importance des habitats fauniques perdus ou modifiés	0	Modérée à élevée	Modérée	Modérée	Modérée	Modérée à élevée	Modérée à élevée	Modérée à élevée	Modérée à élevée	0	NE	0
3B Durée de la réadaptation (année)	0	20 à 30	20 à 30	20 à 30	20 à 30	20 à 30	20 à 30	20 à 30	20 à 30	0	0	0
3C Volume de déblais (m³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3 500 000	Important	0
4. SOCIALE												
4A Qualité de vie	Statu quo	Amélioration	Amélioration	Amélioration	Amélioration	Amélioration	Amélioration	Amélioration	Amélioration	Amélioration	NE	Détérioration
4B Facilité de mise en oeuvre du plan de gestion	Statu quo	Plus Facile	Plus Facile	Plus Facile	Plus Facile	Plus Facile	Plus Facile	Plus Facile	Plus Facile	Plus Facile	NE	Plus Difficile

RE-1 : Rivière aux Écorces RC-1 : Rivière Pikauba RP-1 : Petite rivière Pikauba NS : Non Significatif
 RE-2 : Lac aux Écorces RCY-1 : Rivière Cyriac NA : Non Applicable NE : Non Évalué

(1) Les critères 2.C.1, 2.C.2 et 2.C.3 sont non-significatifs pour toutes les options et variantes étudiées.

Dans l'ensemble, seule l'option 1 semble bien répondre aux trois critères touchant à la protection des personnes et des biens.

6.2.1 Durée de mise en oeuvre

La rapidité avec laquelle une option donnée peut être mise en oeuvre et ainsi assurer un contrôle et une gestion sécuritaire des crues extrêmes, constitue un critère important. Ainsi une solution qui peut être implantée rapidement permet de réduire la probabilité de conséquence néfaste d'une crue à court terme et contribue à diminuer le stress pour les populations situées en aval du lac Kénogami.

La durée de mise en oeuvre de chaque option a été évaluée en tenant compte de la durée des travaux et de la durée des phases préparatoires telles que les différentes études préliminaires et les audiences publiques.

Pour l'ensemble des options et variantes évaluées, la durée de mise en oeuvre varie de 12 à 68 mois.

Le statu quo, qui comporte quand même certaines interventions correctives, prendrait effet après 12 mois. Cependant cette option n'apporte aucune réduction de la probabilité de conséquences néfaste d'une crue à court ou à long terme, ni ne diminue le stress pour les populations situées en aval du lac Kénogami.

La deuxième solution la plus rapide est l'option 3, le rehaussement du lac Kénogami qui peut prendre effet après une période d'environ 36 mois. Cette option est suivie de près par l'option 1, l'aménagement du réservoir à l'amont qui, pour l'ensemble des huit variantes serait mise en place sur une période allant de 36 à 48 mois.

Malgré le fait que les variantes de l'option 1 impliquent un nombre différent d'aménagement, leur durée de mise en oeuvre est maintenue constante par la réalisation simultanée des ouvrages.

La conduite en parallèle de plusieurs chantiers ne pose pas de difficulté particulière. La seule ombre au tableau est qu'une telle cadence risque de diminuer le potentiel de retombées économiques régionales par saturation du marché local.

Enfin, l'option la moins avantageuse du point de vue de la rapidité de mise en oeuvre est l'aménagement d'une galerie reliant Pibrac au Saguenay qui nécessite un délai de 68 mois soit plus de cinq années.

6.2.2 Dommmages résiduels

Les options et variantes ont été classées selon le niveau de conséquences d'une CMP suite à leur mise en oeuvre. Les éléments de mesure pour cette classification sont multiples et sont décrits plus haut.

Suite à l'analyse détaillée par option et variante présentée à l'annexe « E », les quatre éléments suivants se sont particulièrement démarqués :

- les risques de pertes de vies;
- l'évaluation des dommages;
- le débit résiduel en relation avec les débits observés lors de la crue de juillet 1996;
- la période de récurrence d'une crue (décamillénale, millénale ou centennale).

Les résultats obtenus pour l'ensemble des options et variantes vont d'un niveau de dommages très lourds à un niveau de dommages mineurs. Le critère est donc passablement discriminant.

- Niveau très lourd

Deux options sont associées à un niveau de dommages résiduels très lourds soit le statu quo (option 0) et le rehaussement du lac Kénogami (option 3).

Dans le cas de l'option 0, l'important débit de 4 554 m³/s à être évacué par les exutoires naturels du lac Kénogami permet d'anticiper, en aval, des pertes de vie humaine massives et des dommages supérieurs à ceux de la crue de juillet 1996.

Pour l'option 3, le débit obtenu à l'aval du lac est de 2 500 m³/s ce qui permettrait de maintenir les dommages résiduels à un niveau jugé lourd. Par contre, pour assurer un tel débit dans la portion aval, le niveau du lac Kénogami devrait être élevé de façon très subite dans le cas d'une CMP d'été/automne. Une telle hausse, particulièrement si elle se produit la nuit, risquerait d'entraîner de nombreuses pertes de vie humaines.

- Niveau lourd

Quatre options ou variantes permettent d'obtenir un niveau de dommages résiduels évalués comme lourds soit les variantes A et B de l'option 1 et les variantes A et B de l'option 2.

Pour ces quatre variantes, le niveau de débit résiduel obtenu en cas de CMP va de 2 150 à 2 704 m³/s. De tels débits sont supérieurs à celui obtenu lors de la crue de juillet 1996 mais présentent des dommages potentiels du même ordre de grandeur.

- Niveaux « important » et « mineur »

Seule l'option 1 permet d'atteindre un niveau de conséquences résiduels jugé « important » ou « mineur ».

Les variantes C, D, E et F de l'option 1 présentent des débits allant de 1 350 m³/s à 1 700 m³/s qui sont voisins d'une crue d'amplitude millénaire. Comme de tels débits sont inférieurs au débit de 1 855 m³/s atteint lors de la crue de 1996, les dommages résiduels devraient être amoindris étant donné les nombreux correctifs apportés lors des réparations qui ont suivi la crue. La variante G avec un débit de 1 100 m³/s se trouve à la limite inférieure de la catégorie des dommages résiduels « importants ».

La variante H de l'option 1 permet de ramener le débit résiduel suite à une CMP d'été/automne à $850 \text{ m}^3/\text{s}$. Ce débit est inférieur à une crue d'amplitude centennale évaluée à $1\,088 \text{ m}^3/\text{s}$ par le MEF et Hydro-Québec. À un tel débit, le niveau de conséquences résiduelles est jugé « mineur ».

6.2.3 Robustesse de la solution

Les options et variantes ont été classées selon leur capacité à fournir un contrôle fiable et adéquat des eaux lorsque soumises à des stress.

L'application du critère de robustesse de la solution a permis d'identifier deux groupes de solutions soit les solutions robustes et les solutions sensibles.

- Solutions robustes

Parmi les solutions robustes, on retrouve l'ensemble des variantes de l'option 1, l'aménagement de réservoirs à l'amont ainsi que l'option 3, le rehaussement du lac Kénogami.

Ces solutions font appel à des techniques éprouvées, fréquemment utilisées au Québec. De plus, elles regroupent plusieurs composantes, ce qui donne une certaine latitude au gestionnaire et assure une bonne fiabilité en cas de défaillance mineure.

- Solutions sensibles

Les solutions jugées sensibles sont les deux variantes de l'option 2, la dérivation des eaux vers le Saguenay.

Ces options sont difficiles sinon impossibles à tester pour des conditions extrêmes. De plus, elles font appel à une expertise peu utilisée au Québec et présentent des incertitudes quant à leur fiabilité si elles étaient soumises à des stress.

6.3 Enjeux économiques

La dimension des enjeux économiques est évaluée à partir des quatre critères suivants :

- coûts directs d'immobilisation;
- coûts d'opération annuels;
- coûts indirects;
- retombées économiques régionales.

Deux de ces quatre critères permettent de discriminer entre les différentes options et variantes soit les coûts directs d'immobilisation et les retombées économiques associées au potentiel de production hydroélectrique.

Les coûts directs d'immobilisation mettent en évidence le peu d'intérêt des options de dérivation qui sont beaucoup trop coûteuses. Lorsque mis en relation avec les débit résiduels obtenus ces mêmes coûts directs d'immobilisation montrent l'efficacité de deux variantes de l'option 1 soit les variantes A et E.

Enfin les huit variantes de l'option 1 permettent une production hydroélectrique additionnelle qui viendrait réduire les coûts nets de la gestion des crues extrêmes.

6.3.1 Coûts directs d'immobilisation

Les coûts directs d'immobilisation des ouvrages de gestion des crues extrêmes ont été évalués pour chacune des options et variantes (annexes D et E). Pour l'ensemble des options, ces coûts vont de 10 à 188 millions de dollars et ne tiennent pas compte des coûts d'ingénierie et des contingences.

L'option qui présente le coût additionnel le plus bas est l'option 0, le statu quo. Naturellement, cette option ne s'accompagne d'aucune amélioration de la gestion des crues extrêmes et d'aucune diminution des débits évacués en cas de CMP.

Les deux variantes de l'option 2 sont de loin les plus coûteuses avec 166 millions de dollars pour la variante du canal Jean-Dechêne et 188 millions pour la galerie reliant Pibrac au Saguenay.

Les variantes de l'option 1 présentent des coûts directs d'immobilisation allant de 41 millions de dollars dans le cas du seul réservoir RE-1 jusqu'à 136 millions de dollars dans le cas de l'aménagement des quatre réservoirs RE-1, RC-1, RP-1 et RCY-1.

Pour les huit variantes de l'option 1, il est possible de faire un lien entre les coûts directs d'immobilisation et la réduction des débits associés.

Le tableau 6.1 présente, par variante, les débits obtenus aux exutoires du lac Kénogami en cas de CMP, la réduction du débit associée, le coût total, ainsi que les coûts moyen et marginal pour chaque réduction d'un m³ de débit.

TABLEAU 6.1
Option 1 - Débits résiduels et coûts par variante

Variante	Réservoir	Débit obtenu m ³ /s	Réduction m ³ /s	Coût total million de \$	Coût moyen \$/m ³ réduit	Coût marginal \$/m ³ réduit
0	Aucun	4 554	0	0	0	0
A	RE-1	2 704	1 850	41	22 342	22 342
B	RE-2 + RC-1	2 150	2 404	66	28 284	—
C	RE-2 + RC-1 + RP-1	1 700	2 854	82	28 833	---
D	RE-2 + RC-1 + RCY-1	1 600	2 954	110	37 104	---
E	RE-1 + RC-1	1 450	3 104	80	25 760	30 802
F	RE-1 + RC-1 + RP-1	1 350	3 204	94	29 418	142 954
G	RE-1 + PC-1 + RCY-1	1 100	3 454	122	35 197	109 256
H	RE-1 + RC-1 + RCY-1 + RP-1	850	3 704	136	36 717	57 724

L'examen de ces différentes variantes montre la plus grande efficacité des cinq variantes qui incluent le réservoir RE-1 en terme de coût par m³ de débit réduit. Les données de ces cinq variantes ont donc été reproduites aux figures 6.2, 6.3 et 6.4 (pages suivantes).

L'examen de ces trois figures montre que la relation coût/réduction de débit se comporte de façon stable jusqu'à la combinaison des deux réservoirs RE-1 et RC-1. Par la suite, la combinaison de trois ou quatre réservoirs fait grimper rapidement les coûts en ne produisant qu'une faible réduction additionnelle des débits.

Les variantes A et E de l'option 1 sont donc celles qui présentent la meilleure combinaison coût direct d'immobilisation/réduction de débit obtenu.

6.3.2 Coûts d'opération annuels

Pour l'ensemble des options évaluées, les coûts d'opération annuels vont de 0 à 172 000 \$.

Ces coûts sont étroitement liés au potentiel de réduction des débits de chaque option et variante et ne constituent donc pas un facteur très discriminant dans la présente analyse. Par exemple, les options qui permettent la meilleure réduction des débits sont celles qui présentent les coûts d'opération annuels les plus importants.

6.3.3 Coûts de construction des centrales hydroélectriques

Les coûts directs d'immobilisation des centrales hydroélectriques ont été établis à partir des coûts suivants :

Centrale :	RE-1	:	10 500 000 \$
	Pikauba 1	:	46 790 730 \$
	Pikauba 2	:	48 584 980 \$
	Portage	:	7 409 000 \$

Les détails estimatifs des coûts pour les centrales Pikauba 1 et 2 ainsi que Portage-des-Roches sont joints à l'annexe « D ».

6.3.4 Coûts indirects

Les trois éléments suivants ont été identifiés comme des coûts indirects potentiels des options évalués :

- Perte de superficie agricole;
- Perte de superficie forestière;
- Perte de matière ligneuse exploitable.

Perte de superficie agricole

La perte de superficie agricole n'est pas un facteur déterminant dans la présente analyse multicritère. En effet, les options analysées impliquent des interventions soit en milieu forestier, soit en bordure du lac Kénogami ou soit sous terre. Ceci élimine donc toutes pertes potentielles de superficie agricole.

Seule la variante B de l'option 2, le canal Jean-Dechêne pourrait affecter des superficies agricoles. Cependant, cette variante n'a pas été soumise de façon détaillée à l'analyse multicritère (voir annexe E, fiches analytiques).

Perte de superficie forestière

La superficie forestière perdue suite à la mise en eau des réservoirs permet de visualiser rapidement l'ampleur du territoire ennoyé. Elle sert également au calcul des coûts de déboisement.

Figure 6.2
OPTION 1 - RÉSERVOIR(S) EN AMONT
Débit résiduel et coût total par variante

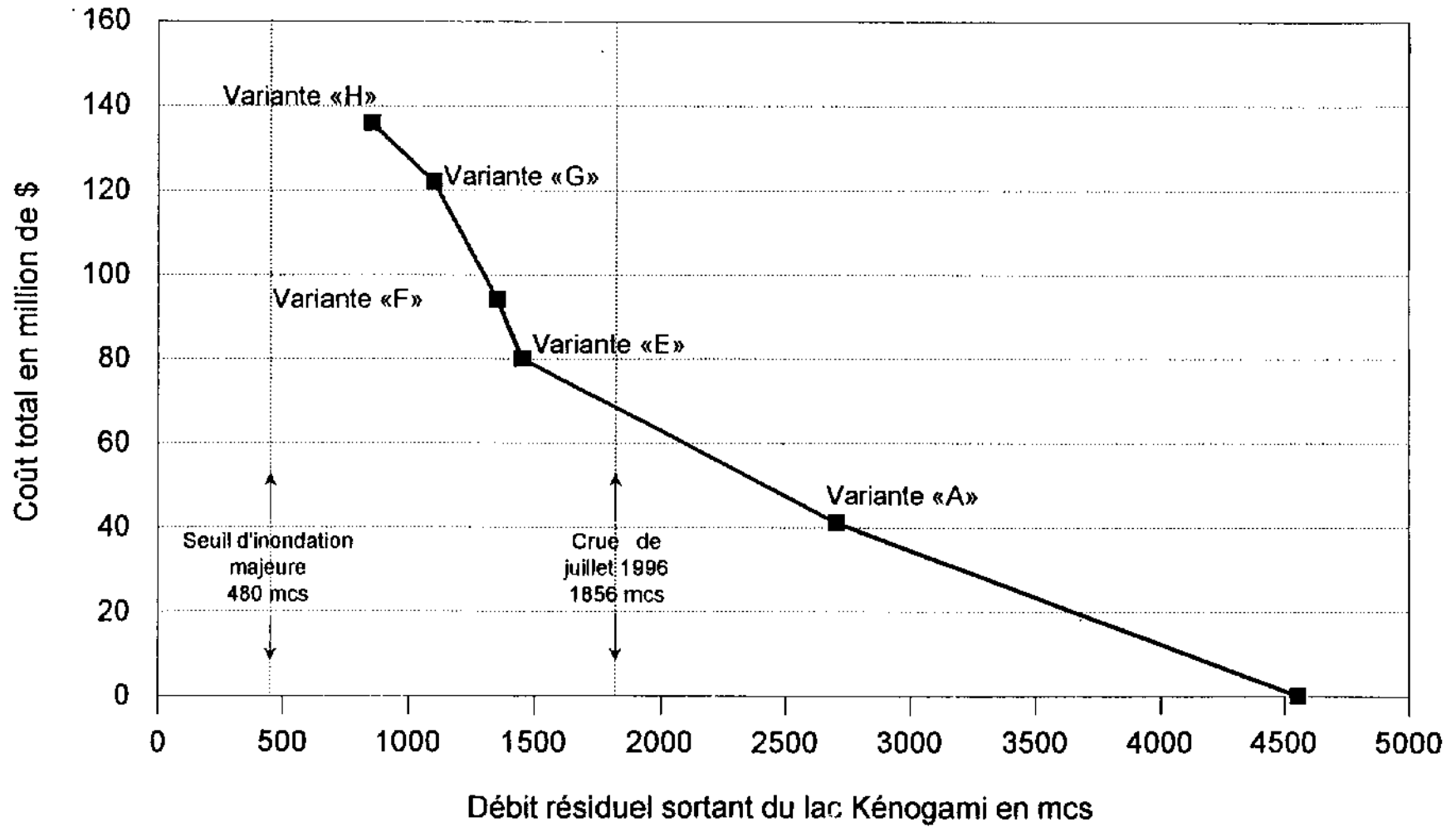
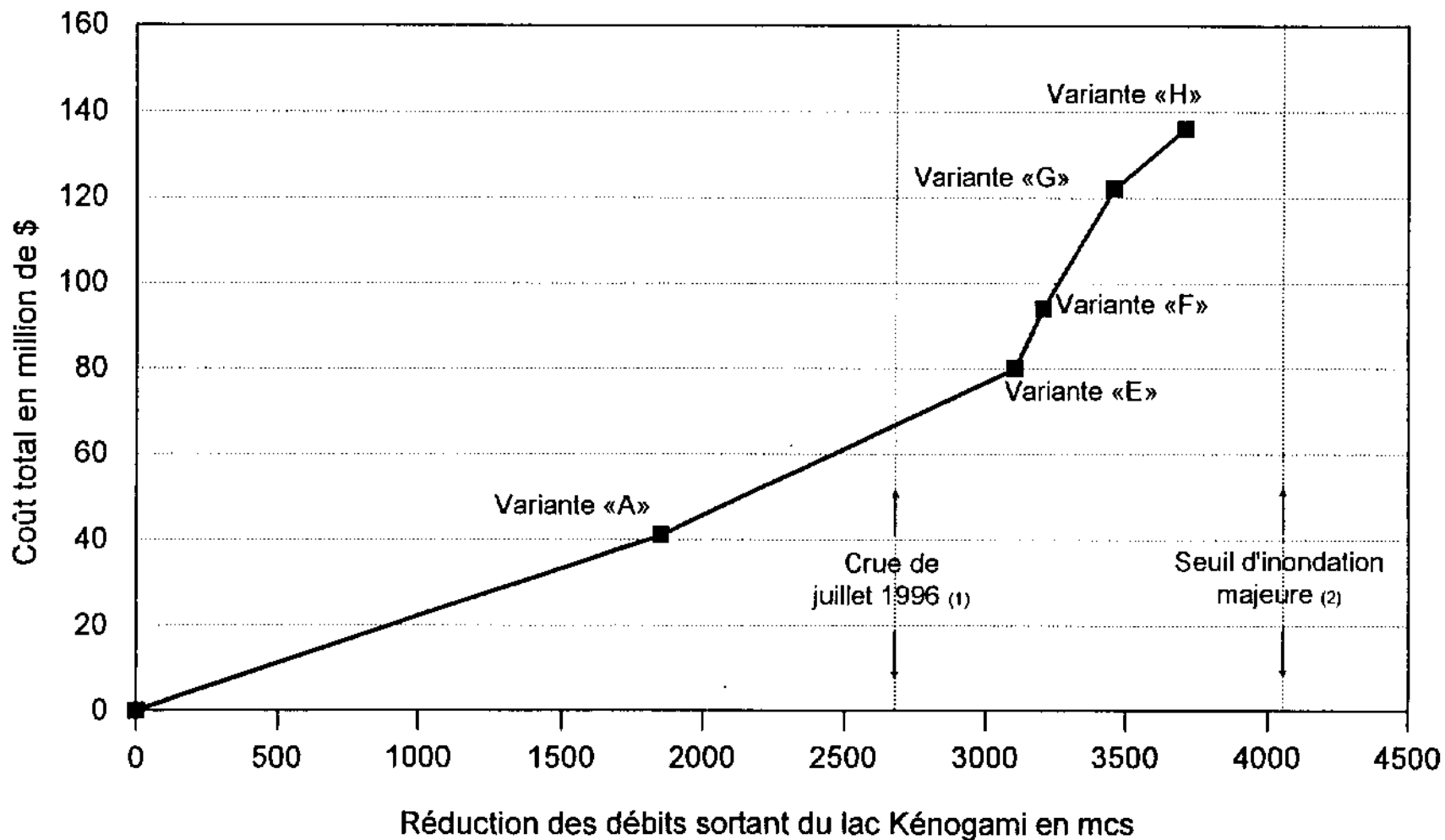


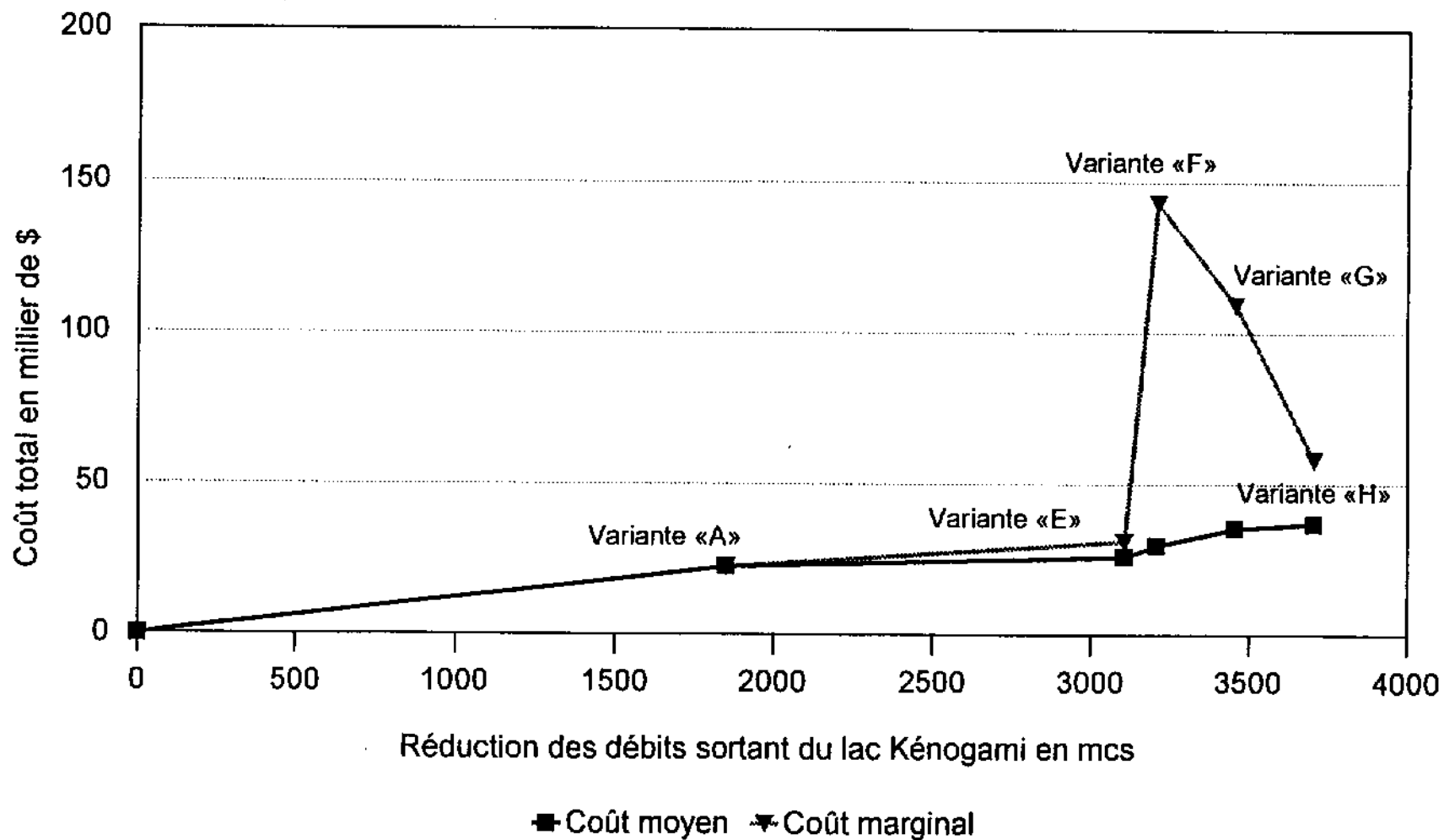
Figure 6.3
OPTION 1 - RÉSERVOIR(S) EN AMONT
Réduction des débits et coût total par variante



(1) 2699 mcs de moins qu'une CMP

(2) 4074 mcs de moins qu'une CMP

Figure 6.4
OPTION 1 - RÉSERVOIR(S) EN AMONT
Coûts moyen et marginal par variante



Selon les options considérées la perte de superficie forestière varie de 0 à 4 970 hectares.

Seules les variantes de l'option 1, aménagement du réservoir à l'amont, impliquent des pertes de superficie forestière. Ces pertes sont plus importantes dans le cas des options qui impliquent les réservoirs RE-1 et RC-1.

Perte de matière ligneuse exploitable

Le volume annuel de bois exploitable varie proportionnellement à la superficie perdue et donne une idée plus juste des coûts indirects qui seraient impliqués car les volumes perdus ont une incidence sur la production forestière de l'aire touchée. La perte réelle d'allocation pourra éventuellement être calculée selon la méthode (assez complexe) du ministère des Ressources naturelles du Québec et avec des données plus précises sur les volumes réels, validés sur le terrain.

Comme dans le cas de la perte de superficie forestière, la perte de matière ligneuse exploitable n'est associée qu'aux variantes de l'option 1. Cette perte va de 3 200 m³ à 6 350 m³ potentiels par année.

Il s'agit d'une perte suffisamment importante pour justifier une réévaluation de la situation des détenteurs de CAAF concernés.

6.3.5 Retombées économiques régionales

Les retombées économiques régionales traduisent la capacité respective des options à maintenir les dépenses de leur mise en place dans la région administrative du Saguenay Lac Saint-Jean.

Dans le cas où les options impliqueraient des interventions de nature très différente, ce critère pourrait être discriminant. Il serait alors possible, pour deux projets impliquant les mêmes coûts directs d'immobilisation, d'obtenir des retombées économiques régionales différentes.

Par contre, dans la présente analyse multicritère, les options évaluées présentent toutes le même type d'intervention. Les retombées économiques deviennent alors proportionnelles aux coûts directs d'immobilisation et ne constituent donc plus un critère discriminant.

Ainsi, plus les coûts directs d'immobilisation sont importants plus les retombées économiques seront importantes. À moins qu'on utilise le projet de gestion de crues extrêmes comme un projet de relance économique, la taille de ces retombées ne devrait pas influencer le choix entre les options ou variantes.

Les retombées économiques sont évaluées par l'entremise des cinq variables suivantes parmi lesquelles seule la variable du potentiel hydroélectrique est discriminante :

- contrats octroyés aux entreprises régionales;
- emplois pour la construction;
- emplois pour l'opération;
- potentiel hydroélectrique;
- potentiel touristique.

Contrats octroyés aux entreprises régionales

En terme de la valeur des contrats octroyés aux entreprises régionales, l'évaluation des retombées donne une valeur plancher de 8 à 14 millions de dollars pour le rehaussement du lac Kénogami. Les retombées les plus importantes vont de 46 à 81 millions de dollars et seraient obtenues suite à la mise en place de quatre réservoirs soit RE-1, RC-1, RP-1 et RCY-1.

Emplois pour la construction

Les emplois directs régionaux associés aux contrats octroyés aux entreprises régionales seraient au minimum de 21 à 46 personnes/année pour le rehaussement du lac Kénogami

jusqu'à un maximum de 120 à 266 personnes/année pour l'aménagement des quatre réservoirs.

Emplois pour l'opération

Le nombre d'emplois associé à l'opération des ouvrages de gestion des crues est fixe pour les 8 variantes de l'option 1 et est évalué entre 1 et 3 personnes/année. Pour la galerie reliant Pibrac au Saguenay et pour le rehaussement du lac Kénogami une seule personne/année d'emploi est jugée nécessaire.

Il faut souligner que comme ces emplois sont associés à l'opération, ils sont récurrents, c'est-à-dire qu'ils sont maintenus année après année.

Potentiel hydroélectrique

L'existence des nouveaux réservoirs en amont du lac Kénogami met à la disposition du gestionnaire une quantité additionnelle d'eau à turbiner. Avec une gestion adéquate et sans même effectuer de nouveaux aménagements de production hydroélectrique, cette eau additionnelle permet de générer des kWh additionnels. Ainsi, les sept centrales existantes en aval du lac Kénogami ne fonctionnent actuellement pas à pleine capacité et pourront donc mettre à profit la « nouvelle » eau disponible.

En plus de ces sept centrales existantes, les nouveaux réservoirs permettraient l'aménagement des quatre nouvelles centrales suivantes :

- | | |
|----------------------|--------------------|
| • Portage-des-Roches | 4 143 kW |
| • Pikauba 1 | 23 400 à 27 500 kW |
| • Pikauba 2 | 23 400 à 27 500 kW |
| • RE-1 | 5 837 kW |

Le tableau 6.2 présente l'énergie additionnelle en GWh par variante, pour les sites existants et pour les nouveaux sites.

TABLEAU 6.2
Énergie additionnelle par variante de l'option 1

Aménagement	Énergie additionnelle en GWh (par variante de l'option 1)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Volume de réserve (M. m.cu)	215	203	228	217	311	336	325	350
Centrales existantes	60,05	56,70	63,69	60,61	86,87	93,85	90,77	97,75
Nouvelles centrales	417,54	381,48	392,23	381,90	480,41	491,16	480,83	491,58
Total	477,59	438,18	455,91	442,51	567,28	585,01	571,61	589,34

Les variantes de l'option 1 permettent ainsi de générer, sans coût additionnel, entre 56,70 et 97,75 GWh par année. Avec l'addition de nouvelles centrales, le potentiel de production hydroélectrique augmente et se situe alors entre 438,18 et 589,34 GWh.

L'évaluation de la rentabilité des investissements nécessaires à l'aménagement des quatre nouvelles centrales devra faire l'objet d'étude additionnelle.

Potentiel touristique

Deux options affectent le potentiel touristique de façon significative soit l'option 1, aménagement de réservoir à l'amont et l'option 3, rehaussement du lac Kénogami.

L'option 1 mobilise des superficies pour un ennoisement potentiel durant le printemps, l'été et l'automne. Ces superficies se situent presque exclusivement à l'intérieur de la Réserve faunique des Laurentides où on y recense les huit activités suivantes :

- canot-camping;
- pêche à gué;

- pêche avec embarcation;
- hébergement;
- chasse à l'orignal;
- chasse au petit gibier;
- piégeage;
- motoneige.

L'impact relatif des variantes de l'option 1 a été évalué en fonction des personnes/jour d'activité potentiellement affectées par la mise en place des réservoirs dans la Réserve faunique. L'étude s'est penchée essentiellement sur les pertes potentielles du point de vue touristique et ne tient pas compte du développement de nouveaux potentiels pouvant découler de la mise en oeuvre d'une variante en particulier.

Canot

Cette activité ne se pratique que sur la rivière aux Écorces et les variantes A, E, F, G, H pourraient affecter grandement la pratique du canot. Certaines dispositions quant à la gestion de l'eau en aval pourraient être envisagées pour permettre la pratique de cette activité même en présence d'un réservoir et de une ou plusieurs centrales.

Pêche

La pêche est l'activité qui engendre les plus grandes retombées économiques en terme de personnes/jour. Les secteurs les plus pêchés sont : celui de la rivière aux Écorces (1 077 personnes/jour) (auquel s'ajoutent les secteurs rendus inaccessibles) et celui du réservoir du lac aux Écorces (1 843 personnes/jour). L'activité de pêche est relativement faible sur la rivière Pikauba et non recensée sur la Petite Pikauba. En regard des activités de pêche, les variantes impliquant un ou deux réservoirs sur la rivière aux Écorces seront les plus touchés soit par ordre de grandeur : A, E, F, G, H (réservoir RE-1) et B, C, D (réservoir RE-2).

Chasse à l'orignal

Tous les réservoirs se situent dans une zone à forte densité d'orniaux, dans de très bons secteurs de chasse. La perte de milieux riverains et de prairies alluviales où l'orignal se nourrit l'été, sans avoir d'impact sur la population d'orniaux, a un impact sur les activités de prélèvement. Il s'agit en effet de secteurs ouverts et facilement accessibles par voie d'eau qui représentent des endroits recherchés par les chasseurs.

Le changement de répartition de l'animal pouvant être causé par la création d'un grand réservoir infranchissable sur la rivière aux Écorces risque d'avoir un impact principalement sur le succès de chasse si l'accès aux bêtes devient plus limité. Cet impact influencerait non seulement les abords immédiats du réservoir mais également de nombreux secteurs plus à l'ouest (voir liste des secteurs touchés, fiche description du réservoir RE-1, annexe D).

Petit gibier

Il est possible que la création de réservoirs ait un impact sur le petit gibier, principalement la gélinotte huppée mais il est impossible de la quantifier car il n'y a pas de données de densité disponibles et que les quelques données des récoltes colligées par le MEF sont trop grossière pour en tirer de conclusions valables.

Avec 11 349 personnes/jour d'activité potentiellement affectées, le réservoir RE-1 est donc de loin, le site qui implique le plus de perte sur le plan récréo-touristique. Naturellement les combinaisons de multiples réservoirs qui incluent le réservoir RE-1 affectent également un grand nombre de personnes/jour d'activités allant jusqu'à 11 525 personnes/jour dans le cas de l'aménagement des quatre réservoirs RE-1, RC-1, RP-1 et RCY-1.

Quant au rehaussement du lac Kénogami son utilisation à des fins récréo-touristiques était évaluée à 339 547 personnes/jour en 1985⁹. Même si le rehaussement du lac ne remet pas en cause l'ensemble de ces personnes/jour, le climat d'insécurité qui règne aux abords du lac Kénogami constituerait un impact très négatif au plan récréo-touristique.

6.4 Enjeux environnementaux

La dimension environnementale couvre à la fois une évaluation de l'envergure des modifications au milieu naturel envisagées en termes de ses habitats fauniques ainsi qu'une évaluation de la durée de ces modifications. Un troisième critère tient compte de résidus (ou déblais) engendrés par certaines variantes, essentiellement les deux variantes de dérivation, pouvant causer des modifications secondaires au milieu qui recevra ces grands volumes de déblais. Les enjeux environnementaux reliés à l'option 1 s'orientent principalement sur l'évaluation de l'importance des habitats fauniques susceptibles d'être modifiés ou perdus, ceux de l'option 2, sur le volume de déblais, alors que l'option 3 représente le statu quo par rapport à la dimension environnementale.

6.4.1 Importance des habitats fauniques perdus ou modifiés

Ce critère permet de séparer l'option 1 des deux autres options. En effet, pour toutes les variantes de l'option 1, la création de réservoirs implique une perte d'habitats qui a été qualifiée de modérée à importante tel que discuté dans la section suivante. Les enjeux environnementaux comprennent la problématique de la ouananiche (et des autres espèces de poissons fréquentant ces milieux) et dans une moindre mesure la perte d'habitats pour l'original.

Pour la variante 2.1 de l'option 2, la construction d'une galerie souterraine ne toucherait pas au milieu naturel. Pour la construction d'un canal (variante 2.2), les habitats fauniques modifiés n'ont pas été évalués mais, à première vue, aucun habitat faunique ne semble touché par le

⁹ Étude sur l'importance économique des activités récréo-touristiques pratiquées au lac Kénogami.

Gilles Bergeron, Université du Québec à Chicoutimi.

tracé prévu ou tout au plus des habitats d'espèces ubiquistes vivant dans les petits ruisseaux. Des superficies boisées négligeables seraient touchées ainsi que des superficies agricoles pouvant être significatives (non évaluées). Au point de vue paysage, cette variante créerait une brèche importante pour tous les milieux touchés (bois, milieu agricole, milieu urbain).

Pour l'option 3 de rehaussement du lac Kénogami, les interventions affecteraient un milieu déjà modifié et qui possède déjà la fonction de réservoir (en principe, même si en pratique la fonction réservoir est remise en question par les demandes de gestion du niveau d'eau des résidents du lac). Le rehaussement implique peu de structures nouvelles pouvant détruire des superficies forestières significatives ou des habitats fauniques.

6.4.2 Durée de la réadaptation

Le critère de durée de réadaptation des habitats ne s'applique que dans le cas des réservoirs (voir fiche analytique de l'Option 1 - Variante A, annexe E). Ce critère est constant pour toutes les variantes de la première option dès qu'il s'agit de la création d'un réservoir « permanent » (par rapport à un réservoir d'urgence qui ne serait rempli qu'exceptionnellement et temporairement). Il ne permet donc pas de discriminer chacune des variantes.

Pour l'option 2, la construction d'une galerie souterraine ne toucherait pas au milieu naturel. La construction d'un canal implique de changer la morphologie des berges du ruisseau Jean-Dechêne de façon permanente et de modifier de façon permanente les habitats (si présents) car un certain entretien du canal serait nécessaire.

Dans le cas de l'option 3 du rehaussement, le lac Kénogami est déjà un réservoir, avec les contraintes de gestion du niveau de l'eau qui y sont associées, aussi il n'y a pas de période de réadaptation à prévoir.

En résumé, pour les options 2 et 3, ce critère ne s'applique pas car : soit il n'y a pas d'habitats touchés ou soit ceux-ci sont détruits de façon permanente sans réadaptation possible.

6.4.3 Volume de déblais

Le volume de déblais constitue la principale contrainte environnementale des deux variantes de l'option 2 et ne concerne pas les deux autres options. La construction d'une galerie ou d'un canal implique la gestion d'un très grand volume de déblais qu'il faudrait relocaliser, avec des impacts à définir en fonction du site d'emménagement choisi. Le volume de déblais, beaucoup plus important dans le cas du creusement d'une galerie souterraine sert à distinguer les deux variantes de l'option 2.

6.4.4 Autres éléments à considérer

Afin de cerner l'importance relative des habitats touchés, il y a lieu de dresser d'abord un bref portrait du milieu récepteur. Les conséquences connues et documentées de la création d'un réservoir seront ensuite rappelées. Enfin, les enjeux propres à la création de réservoirs en amont seront discutés.

Le milieu récepteur

Les cinq réservoirs envisagés se situent tous dans la Réserve faunique des Laurentides. C'est une zone de montagnes couvertes de forêt mixte (domaine de la sapinière à bouleau blanc) mais dominées surtout par des forêts secondaires - après feu ou coupe-feu de bouleau blanc ou de tremble (surtout dans les vallées).

Aucune espèce menacée ou vulnérable ou susceptible d'être ainsi désignée n'est présente, ni de la flore, ni de la faune.

Il s'agit d'un territoire faisant l'objet d'exploitation forestière (97% du bassin versant du lac Kénogami fait l'objet de coupes de bois intensives). La coupe du bois a commencé autour des années 1850 et se continue toujours. La Réserve faunique des Laurentides est le site de nombreuses activités récréatives en milieu naturel, telles la chasse à l'orignal, la pêche de la

ouananiche (introduite en 1970 dans la rivière aux Écorces), de l'omble de fontaine et du touladi (truite grise)¹⁰.

Les rivières ont toutes servi au flottage du bois avec des conséquences négatives sur l'environnement qui ont été décrites dans l'étude du réservoir Kénogami : changements physiques des rives (action érosive des billes), modifications chimiques de l'eau (tanins et phénols associés aux dépôts d'écorce et baisse de l'oxygène dissous), détérioration de l'habitat du poisson (colmatage ou destruction de frayères, qualité de la nourriture). L'arrêt du flottage s'est fait progressivement, les dernières (Petite rivière Pikauba et rivière Pikauba en aval de son point de rencontre avec la Petite Pikauba) ayant été flottées jusqu'en 1978-79.

Les débits exceptionnels qu'ont connu ces rivières en 1996 ont pu causer des dommages qui n'ont pas encore été évalués.

En un mot, nous sommes en présence d'un environnement boréal, aux éléments assez communs et bien représentés au Québec, qui se distingue peut-être par sa densité particulièrement forte d'originaux. C'est une région facilement accessible et bien équipée pour la chasse et la pêche. Sa vocation forestière et d'exploitation de la faune est établie depuis de nombreuses années.

Les informations détaillées concernant les composantes biophysiques connues pour chaque réservoir sont présentées à l'annexe D dans les fiches descriptives des réservoirs.

De façon générale, il existe peu d'études précises et les données datent souvent de plusieurs années. Des inventaires seraient à planifier, particulièrement pour la faune ichthyenne.

¹⁰ Vachon, G., P. Meunier, J.P. Morin, J. Alain, P. Auger, P. Lamoine et R. Lefebvre. 1980. Kénogami, une gestion de l'environnement aquatique à repenser. Ministère de l'Environnement du Québec, Service de la qualité des eaux, rapport QE-46. 313 p. et annexes.

La création d'un réservoir

Les principaux impacts reliés à la créations d'un réservoir sont connus et répertoriés dans la directive du ministère de l'Environnement et de la Faune pour la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement d'un projet de digue, de barrage, de centrale hydroélectrique ou de détournement de cours d'eau¹¹.

Les effets relatifs à la modification du régime hydrologique, aux charges sédimentaires déplacées, à la qualité de l'eau, à l'érosion des rives causée par le marnage des eaux en phase d'exploitation devraient être évalués à l'aide d'études plus précises tenant comptes des dépôts de surface, de la morphologie des berges, et des modalités d'opération des ouvrages (en mode normal et en cas de crues). En particulier, l'enjeu de la gestion des sédiments fins en aval des barrages (sédiments pouvant constituer un problème sérieux sur les écosystèmes aquatiques et sur plusieurs espèces de poissons et autres animaux) a été soulevé par le MEF.

La mise en disponibilité du mercure par la création des réservoirs pourrait constituer un enjeu temporaire, pour les 20 à 30 années suivant la mise en eau (voir durée de réadaptation des habitats, fiche analytique de l'option 1, variante A) étant donné la grande vocation de pêche de la réserve. D'après la revue de littérature effectuée dans le cadre du suivi de complexe La Grande¹², le phénomène de résorption du mercure dans la chair des poissons serait influencé par certains facteurs externes liés aux modes d'exploitation d'un réservoir qu'ils soient d'ordre halieutique ou hydraulique. Ainsi, de forts volumes d'eau vidangés annuellement d'un réservoir ou une pêche intense des espèces piscivores occasionneraient un retour plus rapide des teneurs en mercure aux conditions naturelles. Un suivi de cet aspect serait à coup sûr instauré dans le cadre d'une étude d'impact.

¹¹ Ministère de l'environnement et de la faune du Québec. Évaluations environnementales. Directive pour la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement d'un projet de digue, de barrage, de centrale hydroélectrique ou de détournement de cours d'eau. Juillet 1997.

¹² Brouard, D., Demers, C., Lalumière, R., Schetagne, R. et R. Vardon. 1990. Rapport synthèse. Évolution des teneurs en mercure des poissons du complexe hydroélectrique La Grande, Québec, (1978-1989). Rapport conjoint Vice-présidence Environnement, Hydro-Québec et Groupe Environnement Shoener inc., 100 p.

À cause du grand nombre de réservoirs envisagés, en particulier sur deux rivières majeures du bassin versant du lac Kénogami (la rivière Pikauba et son affluent majeur la rivière aux Écorces) et de la présence de centrales sur cette même rivière en aval, les effets des changements hydrologiques et du turbinage sur les espèces de poissons (montaison et dévalaison) se dégagent comme en enjeu important. En plus, les effets de la création de réservoirs sur les communautés piscicoles présentes en termes d'abondance, de distribution et de diversité est également un enjeu, pour les espèces elles-mêmes, mais surtout à cause de leur forte valorisation pour la pêche sportive dans la Réserve.

Les conséquences possibles de la création d'un réservoir sur la qualité des paysages et les points visuels des zones touchées n'est pas traité comme tel dans la présente étude. Cet aspect a été mentionné par le MEF dans le cas du réservoir de la rivière Pikauba (RC-1), car il s'agit de la grande vallée visible à partir du Mont Apica.

Le principal enjeu environnemental de la création de réservoirs en amont, identifiés d'après les connaissances actuelles, est le suivant:

- les effets de la présence de centrales et de barrage sur les habitats des poissons et sur leur accès aux frayères sur l'ensemble de la rivière touchée en particulier sur les habitats des salmonidés de la rivière aux Écorces. Cet enjeu se situe principalement sur la rivière aux Écorces.

Cette rivière est la seule accessible pour la ouananiche, espèce de plus en plus valorisée pour la pêche sportive dans la Réserve comme au lac Kénogami. Le potentiel de bons habitats (incluant des frayères et des aires de taconnage) est très élevé pour la ouananiche dans cette rivière.

La lignée d'omble de fontaine à croissance rapide unique dans la Réserve faunique des Laurentides fraye dans la rivière Trompeuse (tributaire dans la partie la plus amont de la rivière aux Écorces). L'accès à cette frayère devrait être considéré dans le plan de gestion des eaux.

Pour la rivières aux Écorces comme pour les autres rivières, des études seraient nécessaires afin de bien connaître tous les habitats des sites concernés par l'inondation ainsi que tous les habitats en aval. À l'aide d'une bonne connaissance du territoire, certaines mesures de mitigation pourront être prises de façon à atténuer ou compenser la perte d'habitats importants.

- les effets du passage d'un écosystème de rivière à un écosystème de lac lors de la création du réservoir sur la composition et l'abondance des populations de poissons.

Les milieux concernés abritent pour la plupart de l'omble de fontaine et des espèces compétitrices. Le passage à un milieu lacustre risque de favoriser davantage les populations d'espèces compétitrices². L'évolution des populations est difficile à prévoir à l'heure actuelle et pourrait également résulter en un gain en potentiel de pêche.

- les effets de la perte de superficies forestières et de la création d'obstacles au déplacements (grande superficie d'eau) sur l'orignal.

La région touchée constitue un habitat de grande qualité pour l'orignal, ce qui se reflète par de fortes densités de cet animal, mais il est difficile d'évaluer si ces pertes affecteront la densité d'originaux ou seulement son patron de distribution. La création de réservoirs aurait un impact significatif sur le mouvement des originaux. Il est certain que l'activité de prélèvement serait modifiée.

Les deux aspects suivants devraient être plus documentés pour vérifier s'il s'agit réellement d'enjeux dans le territoire à l'étude:

- la gestion des sédiments fins en aval des barrages
- la mise en disponibilité du mercure.

Pour le territoire à l'étude, les enjeux environnementaux sont intimement liés à l'utilisation intensive dont il est l'objet. La perte de forêts est envisagée sous l'angle de la perte de matière

ligneuse exploitable (voir critères économiques), en plus de sa fonction d'habitat potentiel, et la perte d'habitats fauniques est perçue comme plus importante pour les espèces exploitées (poissons dits sportifs, orignal).

6.5 Enjeux sociaux

La dimension sociale a une influence très grande sur le choix entre les différentes options. Les deux critères suivants permettent de l'exprimer :

- la qualité de vie générale des riverains et des usagers;
- la perception des différentes populations, industries, organismes gouvernementaux, et autres intervenants face au contrôle des crues du bassin versant.

Ces deux critères ont été évalués en tenant compte des trois catégories de population suivante :

- les populations situées en aval du lac Kénogami;
- les populations situées au abords du lac Kénogami et les populations qui utilisent le lac Kénogami à des fins récréatives;
- les populations utilisant la moitié nord de la réserve faunique des Laurentides.

Les préoccupations des populations situées en aval du lac Kénogami sont principalement associées au stress causé par la crue de juillet 1996. Ces préoccupations sont :

- dériver les débits excédentaires arrivant au lac Kénogami vers de nouveaux exutoires;
- le sentiment que toute quantité d'eau additionnelle contenue en amont du lac Kénogami constitue une nouvelle menace d'inondation.

Les préoccupations des populations situées aux abords du lac Kénogami ou qui l'utilise à des fins récréatives sont principalement liées à la gestion du niveau d'eau du lac, surtout en période estivale.

Ces préoccupations sont :

- une gestion du niveau d'eau qui corresponde mieux aux besoins des activités récréo-touristiques;
- une valorisation du lac réservoir par son développement économique et touristique.

Enfin, pour des populations qui utilisent la moitié nord de la réserve faunique des Laurentides, le projet de gestion sécuritaire des crues risque de modifier la pratique des activités récréo-touristiques.

6.5.1 Qualité de vie

L'évaluation du critère de la qualité de vie fait ressortir les deux groupes d'option suivants :

- les options qui mènent à une amélioration de la qualité de vie;
- les options qui mènent à une détérioration de la qualité de vie.

Deux options conduisent à une amélioration de la qualité de vie, soit l'option 1 et l'option 2.

Option 1

Les huit variantes de l'option 1, aménagement de(s) réservoir(s) à l'amont, permettent une amélioration de la qualité de vie pour les deux raisons suivantes :

- dans la mesure où elle s'accompagne d'une gestion adéquate qui priorise la sécurité, la mise en place d'un potentiel additionnel de rétention des eaux en amont du lac Kénogami permet de diminuer le stress sur les populations en aval;
- l'existence d'un ou de plusieurs réservoir(s) additionnel(s) devrait permettre une gestion du lac Kénogami qui réponde plus étroitement aux attentes des riverains et autres utilisateurs du plan d'eau.

Par contre l'option 1 présente certaines faiblesses :

- l'ajout de réservoirs n'apporte aucune capacité additionnelle d'évacuation des eaux en aval du lac Kénogami.
- l'ajout de réservoir(s) dans la réserve faunique des Laurentides, aura un impact négatif pour les utilisateurs de la réserve. Cet impact négatif pourra toutefois être compensé, au moins en partie, par l'aménagement de nouvelles routes qui donneront accès à de nouveaux sites pour la pratique des activités récréo-touristiques.

Option 2

La variante 2.1 de l'option 2, la galerie reliant Pibrac au Saguenay, permet l'ajout d'une capacité d'évacuation de 2 700 m³/s en aval du lac Kénogami. Un tel ajout répond directement au préoccupation des populations en aval, en particulier des populations de la municipalité de Laterrière.

- Détérioration de la qualité de vie

Option 3

Le rehaussement du lac Kénogami mène à une détérioration de la qualité de vie. La possibilité de rehaussement subit du niveau du lac Kénogami en cas de CMP diminuerait de beaucoup l'attrait du site et les possibilités de développement aux abords du plan d'eau. De plus, l'éventualité d'une inondation imposerait aux résidents des abords du lac un stress pire que celui que vivent les gens en aval du réservoir depuis les événements de juillet 1996.

Ainsi, si en période estivale le niveau du lac était maintenu à son niveau actuel, une CMP d'été/automne provoquerait une montée subite du niveau d'eau et risquerait d'entraîner de nombreuses pertes de vie. Les pertes de vies seraient importantes, surtout en période estivale où l'achalandage du lac est au plus haut et si l'événement se produisait la nuit limitant ainsi la rapidité d'intervention et la capacité d'évacuation de la zone inondée.

6.5.2 Facilité de mise en oeuvre du plan de gestion

- Gestion plus facile

Comme dans le cas du critère de l'impact sur la qualité de vie, les options 1 et 2 apportent une amélioration de la situation et rendent la mise en oeuvre d'un plan de gestion plus facile.

L'option 1 offre un potentiel additionnel de rétention des crues extrêmes à l'amont, une meilleure régularisation au niveau du lac Kénogami et des débits additionnels disponibles pour les entreprises situées en aval.

Les résistances à la mise en oeuvre du plan de gestion pourraient venir des populations situées en aval du lac Kénogami. Toutefois, ces résistances devraient s'atténuer dans la mesure où il sera démontré que cette option permet une gestion des crues où la sécurité du public constitue l'objectif premier.

La variante 2.1 de l'option 2, facilite également la mise en oeuvre du plan de gestion, car elle permettrait l'évacuation de crues de différentes envergures. Par contre, une telle gestion pourrait avoir des conséquences sur la stabilité du niveau d'eau du lac Kénogami, affectant par le fait même les utilisateurs du plan d'eau.

- Gestion plus difficile

L'option 3, le rehaussement du lac Kénogami rend plus difficile la mise en oeuvre du plan de gestion pour les deux raisons suivantes :

- le besoin de la mise en place d'un plan d'évacuation d'urgence des abords du lac Kénogami;
- les nombreux risques et incertitudes associés (temps de réaction, situation d'urgence décrété au moindre doute, etc.).

7 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

7.1 Conclusions

Les principales conclusions retenues par le consultant sont :

- a) Selon les directives de l'ACSB, la crue maximum probable doit être utilisée comme crue maximale de dimensionnement des ouvrages de contrôle du lac Kénogami.
- b) La dérivation des crues par une galerie reliant le lac Kénogami à la rivière Saguenay coûterait plus de 188 M \$, ne procurerait aucun bénéfice en terme de production d'énergie et prendrait plus de 4 ans à se réaliser. Cette solution ne présente aucun attrait.
- c) La dérivation par le ruisseau Jean-Dechêne est très coûteuse (166 M \$), demande des expropriations importantes, modifie de façon tangible le quartier Arvida et ne génère aucun bénéfice en terme de production d'énergie. Cette solution ne présente aucun attrait.
- d) La dérivation des crues vers des bassins limitrophes ne permettrait pas d'atténuer la crue de façon significative et ne ferait que transposer le problème ailleurs qu'au lac Kénogami.
- e) Le rehaussement du lac Kénogami ne permet pas de réduire le niveau de risque de perte de vies humaines, en particulier en cas de CMP d'été/automne, étant donnée la montée rapide du niveau du lac. Bien que peu coûteuse, environ 32 M \$, cette solution qui ne procure aucun bénéfice en terme de sécurité doit être rejetée.
- f) La modification des passages hydrauliques des rivières aux Sables et Chicoutimi impliquerait des travaux importants afin de passer une crue dont les débits seraient de 2,5 fois ceux de juillet 1996. Cette solution est irréaliste et doit être rejetée.

- g) Les variantes de l'option n° 1 - réduction des apports, sont donc les seules valables.
- h) La variante A qui ne considère qu'un seul réservoir amont sur la rivière aux Écorces (RE-1) est à la limite des objectifs de gestion sécuritaire fixés dans l'étude, c'est-à-dire une réduction des dommages résiduels à l'équivalent de ceux d'une crue décamillénaie. Cette solution ne présente que peu d'attrait.
- i) La combinaison des deux réservoirs RE-1 et RC-1 (variante E), donne le meilleur rendement en terme de réduction des crues extrêmes par rapport aux investissements requis. La CMP d'été/automne représente le cas le plus sévère.
- j) Les combinaisons de réservoirs qui impliquent le barrage RE-2 (variantes B, C et D) sont moins avantageuses que celles avec le barrage RE-1 (Variantes E, F, G et H).
- k) Les combinaisons de trois réservoirs, (variantes F et G) ne procurent pas de bénéfices additionnels significatifs en terme de réduction des dommages résiduels.
- l) La combinaison de quatre réservoirs (variante H) permet de ramener le niveau de dommages résiduels à l'équivalent de ceux d'une crue centennale.
- m) Le plan de gestion du lac Kénogami doit être revu en tenant compte d'un partage optimal des débits entre les rivières Chicoutimi et aux Sables. Il devra assurer la cohérence entre la capacité d'évacuation à chacun des exutoires du lac Kénogami et celles des barrages situés à l'aval. Cette révision devra viser à maintenir et même améliorer la flexibilité d'opération des ouvrages de contrôle du lac Kénogami.
- n) Le volume d'eau générée par une CMP de printemps est deux fois plus important que celui d'une CMP d'été/automne. Cela implique que le niveau des réservoirs devra être au plus bas à chaque printemps pour faire face à une éventuelle CMP printanière. Une fois le risque de la CMP de printemps passé, une réserve pour production

d'énergie peut être maintenue jusqu'à la fin de l'hiver suivant tout en gardant une réserve d'urgence suffisante pour absorber une CMP d'été/automne.

- o) Deux sites ont été identifiés pour l'installation de centrales hydroélectriques en amont du lac Kénogami. Il s'agit des centrales de Pikauba 1 et 2 implantées à l'aval de la confluence des rivières aux Écorces et Pikauba. Ces centrales peuvent être exploitées peu importe la variante de réservoirs choisie. La puissance installée à chaque site pourra varier entre 23,4 et 27,5 MW suivant la variante retenue.
- p) Une centrale de 5,8 MW de puissance peut être aménagée au pied du barrage de RE-1, dans le cas où ce barrage est envisagé.
- q) Les possibilités d'équiper les barrages RC-1 sur la rivière Pikauba et Pibrac sur la rivière aux Sables ont été étudiées, mais les bénéfices qui y sont associés sont marginaux.
- r) L'aménagement d'une centrale sur la rivière Cyriac n'a pas été étudié à cause des faibles débits et de la réserve limitée au réservoir RCY-1.
- s) Une centrale de 4,1 MW de puissance peut aussi être installée à la sortie du barrage de Portage-des-Roches.
- t) La construction des divers barrages et réservoirs sur les rivières Pikauba et aux Écorces va avoir des répercussions importantes sur le milieu aquatique, les orignaux et les activités de canot-camping dans la région. Des mesures d'atténuation devront être intégrées aux solutions telles que passes migratoires et développement de nouveaux sites pour les activités de canot-camping en utilisant les nouvelles routes d'accès construites pour les ouvrages de contrôle des crues.

7.2 Recommandations pour les étapes ultérieures

La liste qui suit se veut un aide-mémoire des différents éléments que le consultant juge important de prendre en compte dans les étapes subséquentes :

- a) Établir la forme des hydrogrammes pour des événements de récurrence connus (1.20/100/1 000/10 000 ans) pour la variante qui sera choisie.
- b) Réaliser les relevés techniques sur le terrain pour la variante retenue.
- c) Étudier le partage optimal des évacuations dans les rivières Chicoutimi et aux Sables.
- d) Prévoir des travaux correctifs à toutes les digues du pourtour du lac Kénogami afin de garantir une revanche de 1,5 m au-dessus du niveau maximal extrême qui aura été retenu. Rehausser en certains endroits les chemins d'accès conduisant aux barrages de Portage-des-Roches et de Pibrac afin de garantir en tout temps l'accès aux systèmes d'évacuation qui y sont installés.
- e) Définir un nouveau plan de gestion des réservoirs en priorisant les aspects de sécurité en cas de crues et en tenant compte de la gestion estivale, de la gestion hivernale et de l'optimisation du rendement énergétique.
- f) Faire une analyse et une optimisation des aménagements hydroélectriques reliés à l'option 1 afin d'établir la rentabilité, les coûts marginaux et les bénéfices rattachés à chacun.
- g) Faire une étude environnementale des milieux affectés par les nouveaux ouvrages et en tenant compte notamment de la ouananiche, l'omble de fontaine et la population d'original.
- h) Si l'option retenue comprend le réservoir RE-1 sur la rivière aux Écorces, étudier des alternatives aux activités de canot-camping qui se pratiquent à cet endroit.

- i) S'assurer que les directives de l'ACSB et les recommandations de la Commission Nicolet soient appliquées aux nouveaux ouvrages.