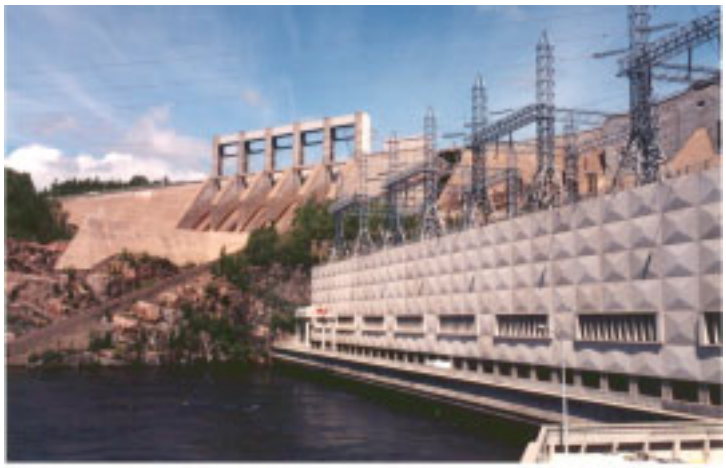
ÉTUDES D'IMPACTS ET DÉVELOPPEMENT DURABLE : POUR UNE PERSPECTIVE MACROÉCOLOGIQUE



MÉMOIRE DÉPOSÉ AU COMITÉ D'ÉVALUATION DES DIRECTIVES DE L'ÉTUDE D'IMPACT DU PROJET EASTMAIN-1-A ET DÉRIVATION RUPERT

LE 8 JUILLET 2003

Par : Alexandra Roy, Jean-François Lefebvre et Cristina Maria Romanelli

Groupe de recherche appliquée en macroécologie (GRAME)

Le GRAME remercie le Comité d'évaluation pour son aide financière à la préparation du présent mémoire.

Groupe de recherche appliquée en macroécologie (GRAME)

www.grame.qc.ca

Bureau centre-ville
315, Bl. René-Lévesque Est, bureau 003
Montréal, (Québec)
H2X 3P3

Téléphone : (514) 874-0008
Télécopieur : (514) 874-0004
Courriel : grame@videotron.ca

Bureau de Lachine
800, rue Sherbrooke, bureau 213
Montréal, arrondissement Lachine (Québec)
H8S 1H2

Téléphone : (514) 634-7205
Télécopieur : (514) 634-7204
info@grame.qc.ca

TABLE DES MATIÈRES

1. PRÉSENTATION DU GRAME……. 4

2. INTRODUCTION……...…….. 5

3. LES PRINCIPES DIRECTEURS DE L'ÉTUDE D'IMPACT……... 7
   - 3.1 Développement durable…….…….……... 7
   - 3.2 Participation du public et savoir traditionnel……..……... 9

4. JUSTIFICATION DU PROJET……. 9
   - 4.1 Raisons d'être du projet…….…….……... 9
   - 4.2 L'aspect économique du projet……..…… 14
   - 4.3 Solutions de rechange……..…….. 15

5. VARIANTE DU PROJET…...…… 18

6. ÉVALUATION DES IMPACTS……... 19
   - 6.1 Analyse écologique des impacts du projet.…….…... 19
   - 6.2 Procédure d'étude du projet.…….. 24

7. CONCLUSION 25

8. RÉFÉRENCES……...……... 26

ANNEXE 1……... 29

ANNEXE 2……... 30

ANNEXE 3……... 31

1. LE GROUPE DE RECHERCHE APPLIQUÉE EN MACROÉCOLOGIE (GRAME)

Le GRAME est un organisme à but non lucratif composé de chercheurs et d'experts conseils qui travaillent de façon indépendante au développement d'outils d'analyse et de gestion qui visent le développement durable dans une perspective tenant compte non seulement des enjeux environnementaux traditionnel mais également des enjeux globaux. La pluridisciplinarité de l'équipe de travail permet une analyse approfondie et diversifiée des problèmes et composantes de l'environnement.

Fondé en 1989, le GRAME a, depuis ce temps, réalisé plusieurs études et publié de nombreux mémoires[1] sur des sujets aussi variés que la cogénération, l'étalement urbain, les changements climatiques, l'utilisation d'instruments économiques comme outils de gestion de l'environnement, la planification intégrée des ressources, l'application du Protocole de Kyoto et la gestion des permis d'émission de gaz à effet de serre et le développement de programmes d'efficacité énergétique. Soulignons la participation de l'organisme aux débats publics sur l'énergie, la publication, en 1995, du livre *L'autre écologie* – lequel porte principalement sur la réduction des émissions de GES dans le secteur de l'aménagement urbain et des transports – ainsi que la réalisation de divers travaux de recherche. Ceux-ci ont porté, notamment, sur les incitatifs économiques pour accroître l'efficacité énergétique des véhicules, les externalités environnementales des filières énergétiques et la simulation d'un réseau de parcs éoliens au Québec. Tout au long de ses 14 années d'activité, le GRAME a participé aux processus de mise en œuvre de la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, puis sur la mise en œuvre du Protocole de Kyoto. Le GRAME a aussi réalisé plusieurs activités de vulgarisation scientifique, dont le Forum 2003 sur la mise en œuvre de Kyoto ainsi que la campagne communautaire ClimAction.

Dans le souci de favoriser le développement durable, le GRAME est fier de participer au processus d'évaluation du projet Eastmain-1-A et dérivation Rupert. Le mémoire qui suit présente donc les réflexions, le point de vue ainsi que les inquiétudes du GRAME concernant les directives préliminaires pour la préparation de l'étude d'impact du projet Eastmain-1-A et dérivation Rupert.

[1] Incluant des participations à de nombreuses consultations publiques sur des projets de cogénération, sur la centrale Gentilly III, sur la centrale Sainte-Marguerite 3 ainsi que sur d'autres projets d'Hydro-Québec ou de Gaz Métropolitain, notamment auprès de la Régie de l'Énergie.

2. INTRODUCTION

Le Comité d'évaluation formé de représentants du Gouvernement du Québec, du Gouvernement du Canada et de l'Administration régionale Crie a pour mandat d'établir les Directives pour la préparation de l'étude d'impact du projet Eastmain-1-A et dérivation Rupert.

Le Comité d'évaluation a publié en mai 2003 ses « Directives préliminaires », que nous analysons et commentons dans le présent mémoire.

Dans un monde idéal, chaque source énergétique devrait internaliser entièrement ses coûts environnementaux. En fait, ce principe devrait s'appliquer à l'ensemble des options énergétiques, incluant les filières thermiques utilisant des combustibles fossiles. Les options ayant les plus bas coûts – y compris les coûts économiques, environnementaux et sociaux – seraient alors automatiquement privilégiés[2]. Considérant que cette situation idéale est loin d'être atteinte, il nous faut adopter des outils permettant néanmoins de favoriser les meilleurs choix énergétiques basés sur l'ensemble de ces critères. Le présent processus s'inscrit dans cette démarche.

Il doit être entrepris avec objectivité et pragmatisme, tout en s'appuyant sur l'expérience acquise au cours des 30 dernières années dans des projets similaires, particulièrement à la Baie-James. Il doit également tenir compte du nouveau contexte énergétique, incluant l'ouverture des marchés et les défis environnementaux de l'heure, et notamment de la ratification, par le Canada, du Protocole de Kyoto visant les réductions des émissions de gaz à effet de serre.

Il est important que les impacts environnementaux, économiques et sociaux appréhendés du projet Eastmain-1-A et dérivation Rupert soient bien identifiés et que, le cas échéant, des mesures d'atténuation ou de compensation soient proposées.

[2] Cela inclut aussi l'efficacité énergétique, dont le plein potentiel ne pourra être réalisé que s'il y avait un relèvement généralisé des prix de l'énergie.

L'objectif doit demeurer l'élaboration de lignes directrices permettant la réalisation d'une étude d'impact du projet qui permette d'évaluer si ses bénéfices environnementaux, sociaux et économiques dépassent ses coûts.

L'enjeu n'est donc pas sur la nécessité de procéder à une étude d'impact rigoureuse et complète, ce que nous ne remettons aucunement en question : il est dans la définition du juste niveau de précision dans l'information recherchée, et d'un traitement équitable afin de s'assurer que les projets hydroélectriques ne soient pas indûment pénalisés en faveurs des centrales thermiques beaucoup plus polluantes, mais soumises aujourd'hui à un processus d'approbation et de mise en œuvre plus simple et beaucoup plus rapide.

On constate donc une iniquité flagrante dans le traitement de ces filières au niveau de la prise en compte et de l'internalisation de leurs coûts environnementaux et sociaux. Les projets hydroélectriques demeurent ainsi ceux où l'internalisation de ces coûts est la plus avancée :

> « (…) le développement hydroélectrique est paradoxalement victime de ses vertus écologiques : victimes du fait qu'il n'exporte pas ses impacts, qu'il ne les dilue pas dans l'atmosphère, qu'il ne les externalise pas et qu'il n'en reporte pas le fardeau sur les épaules des générations futures. Ne pas voir ces avantages fondamentaux de la filière hydroélectrique nous semble être une aberration découlant de ce qu'on pourrait appeler le syndrome « pas dans ma génération ». »
>
> *Guérard et Drapeau, 1993*

Près de trois décennies de suivi environnemental, notamment à la Baie-James, devraient permettre de mieux cibler les directives de l'étude d'impact afin d'obtenir les informations nécessaires pour que les bonnes décisions puissent être prises, incluant les mesures de mitigation et de compensation adéquates et la présentation des diverses variantes possibles du projet.

3. LES PRINCIPES DIRECTEURS DE L'ÉTUDE D'IMPACT

3.1 Développement durable

À l'ère de la ratification du Protocole de Kyoto, les contextes socio-environnemental québécois et international doivent être révisés dans l'optique des changements planifiés dans le cadre d'un développement durable. À cet égard, le Comité d'évaluation a eu la sagesse d'introduire la problématique du développement durable par une définition qui respecte l'esprit de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement.

Le concept de développement durable s'inscrit ainsi dans le sens d'un type de développement qui pourrait être généralisé et perpétué sans remettre en question les bases sur lesquelles il est fondé. Par exemple, un développement fondé sur des énergies fossiles épuisables et polluantes, qui détruit sa propre base de ressources et le bien-être qu'il est censé apporter, est insoutenable. Un projet hydroélectrique qui déplace des populations, sans mesures compensatoires adéquates, est également contradictoire dans ses prétentions au progrès social et est donc, aussi, insoutenable.

L'avènement de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CNUCC) et l'application des mesures encourues par le Protocole de Kyoto appuient le développement de ressources renouvelables, lequel constitue un des gestes les plus concrets en terme de développement durable et de la diminution d'émission de gaz à effet de serre (GES). À ce titre, le *Plan du Canada sur les changements climatiques* reconnaît que la poursuite des développements hydroélectriques fait partie intégrante de la solution, tout en soulignant que :

> « L'augmentation de la production et de la consommation d'énergie renouvelable sera essentielle au respect de nos engagements en matière de changements climatiques. L'énergie renouvelable comprend l'hydroélectricité déjà abondamment utilisée au Canada ainsi que les nouvelles sources d'énergie renouvelable telles que l'énergie éolienne, l'énergie solaire, et la biomasse. »
>
> *Plan du Canada sur les changements climatiques* (2002), p.34.

Dans cette perspective, Hydro-Québec, en respect avec sa directive de promotion du développement durable, se doit maintenant d'envisager de nouveaux projets d'énergie renouvelable afin de subvenir aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures à combler leurs propres besoins.

> « …le développement soutenable exige donc que les effets nuisibles – sur l'air, l'eau et les autres éléments – soient réduits au minimum, de façon à préserver l'intégrité globale du système. Dans son esprit même, le développement soutenable est un processus de transformation dans lequel l'exploitation des ressources, la direction des investissements, l'orientation des techniques et les changements institutionnels se font de manière harmonieuse et renforcent le potentiel présent et à venir, permettant de mieux répondre aux besoins et aspiration de l'humanité. »
>
> *Commission mondiale sur l'environnement et le développement* (1988)

La sélection du projet retenu devrait donc tenir compte d'une analyse économique appropriée, mais aussi, et surtout, de la capacité du projet à répondre aux exigences du développement durable tout en respectant le plus l'intégrité des milieux touchés.

La promotion du développement durable doit être un objectif fondamental de l'évaluation environnementale. Les *Directives pour l'étude d'impact du projet Eastmain-1-A et dérivation Rupert* énoncent deux facteurs associés à l'objectif d'assurer un développement durable, soit :

- **le degré d'atteinte à la biodiversité causé par le projet**
- **la capacité des ressources renouvelables susceptibles d'être touchées de façon importante par le projet, à combler les besoins des générations futures.**

Il est primordial que l'analyse de ces facteurs soit réalisée en appuyant de façon détaillée l'explication de la démarche de développement durable et que le maintient de l'intégrité des écosystèmes à l'échelle microécologique ne se fasse pas au détriment de celle-ci à l'échelle macroécologique. Une nouvelle vision des choses doit être développée afin de tenir compte des impacts globaux des projets énergétiques à court et à long terme.

3.2 Participation du public et savoir traditionnel

Les fondements même du développement durable recommandent que l'on accorde une place importante à l'équité entre les générations ainsi qu'entre les peuples des diverses nations, lors de toute décision concernant la production ou l'utilisation de l'énergie. Les membres des premières Nations, de par leur expérience et leur vécu du milieu, détiennent des connaissances uniques pour l'évaluation de projets tel Eastmain-1-A et dérivation Rupert. **Les Directives définissent le savoir traditionnel comme étant le savoir, la compréhension et les valeurs propres aux Cris. Une attention particulière doit être accordée aux points de vue et aux recommandations des toutes les nations autochtones dont les territoires et les modes de vie sont touchés par les modifications environnementales encourues par le projet hydroélectrique.** Il faut juger les impacts environnementaux globaux sans regard des frontières et des générations et il faut impliquer, dans la mesure du possible, toutes les communautés affectées par le projet. En gardant en tête le contexte du Nord du Québec et de la Baie-James, il faut s'assurer d'une intégration globale des enjeux économiques, environnementaux et sociaux, tant au niveau local que global.

4. JUSTIFICATION DU PROJET

4.1 Raisons d'être du projet

La question qui se pose ici est simple : est-ce qu'il existe un besoin, une demande pour l'énergie qui serait produite grâce au projet Eastmain-1-A et dérivation Rupert ? Répondre à cette question, dans le contexte actuel, nécessite de tenir compte de la nouvelle réalité énergétique :

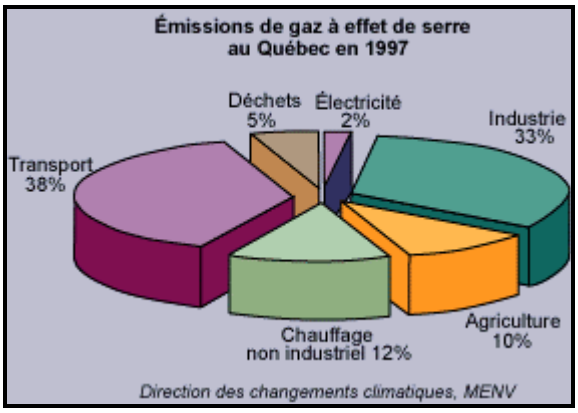
- Le marché énergétique dépasse les frontières du Québec et il ne repose plus sur des contrats de vente à long terme.
- En considérant les nouveaux enjeux environnementaux (dont la ratification du Protocole de Kyoto), le développement de sources d'énergie à faible taux d'émission de GES devrait être une priorité.

- L'enjeux n'est plus seulement la demande d'électricité mais bien la capacité de répondre à la demande d'énergie, en incluant la possibilité de substitution de filières plus polluantes par des options moins polluantes.

Selon Hydro-Québec (HQ, 2003), les besoins en électricité croissent sans cesse. En considérant l'efficacité des mesures d'économie d'énergie, ils évaluent que la consommation d'électricité québécoise devrait s'élever à près de 197.8 TWh en 2010, soit 26.1 TWh de plus que pour l'année 2002. En considérant la capacité de production actuelle, il y aurait donc un manque à gagner de 18.9 TWh.

Toute anticipation demeure certes sujet à caution. Mais l'expérience récente tend à démontrer que les besoins sont réels et indéniables. Il suffit de penser à la pointe hivernale de janvier 2003 où la demande record a dépassé celle qui avait été anticipée, ou bien aux vagues de chaleurs de cet été, où les besoins en climatisation de nos voisins ontariens ont été tels que leur capacité de production de 25 000 MW a été atteinte.

De plus, une argumentation s'appuyant sur les besoins énergétiques immédiats du Québec devrait prendre en considération que même avec des efforts substantiellement plus élevés en efficacité énergétique, il restera une demande grandissante d'énergie, notamment pour des fins de substitution, entre autres pour les secteurs du chauffage et du transport. Le secteur des transports, quant à lui, ne consomme actuellement que 0.3 TWh, alors que l'avènement de nouvelles technologies pour remplacer le pétrole, tel l'électrification du transport en commun, pourrait profiter d'un potentiel 10 fois plus important (HQ, 2003). En considérant la répartition des émissions de gaz à effet de serre par secteur, on constate que les secteurs qui émettent le plus de GES (transport, industrie) pourraient bénéficier d'une percée des ressources renouvelables, tel que l'hydroélectricité, afin de combler l'apport énergétique requis et ainsi diminuer l'utilisation des sources fortement émettrices de GES.



Source : Ressource naturelle Canada, Le changement climatique au Canada; les émissions en chiffre, 2003.

Même en considérant les gains majeurs en efficacité énergétique réalisés depuis 20 ans, le remplacement de l'utilisation des combustibles fossiles n'a été possible que grâce à l'apport énergétique des projets hydroélectriques de la Baie-James. Relativement à 1975 (mise en œuvre du complexe hydroélectrique de la Baie-James), les émissions de GES au Québec ont chuté, tandis que dans le reste du Canada et aux États-Unis, elles ont augmenté :

Variation des émissions de GES depuis 1975

	1990	1997
Québec	-27.4%	-25.3%
Canada (sans le Québec)	+14.5%	+29.1%
États-Unis	+9,7%	+23.1%

Source : Jean-Pierre Drapeau, 2000.

Comparativement à ce qui aurait été émis si l'énergie avait été produite à partir de turbines à gaz à cycle combiné, l'exploitation de la filière hydroélectrique québécoise entre 1990 et 2000 a permis d'éviter des émissions de GES estimées à 15,4 Mt (HQ, 07/2000). La production hydroélectrique a donc permis au Québec de réduire substantiellement ses émissions de GES. Le développement de cette filière, au détriment des sources thermiques, a indéniablement contribué à améliorer le bilan environnemental québécois.

Certes il existe un scénario possible où la croissance de la demande intérieure d'électricité au Québec pourrait être fortement atténuée : si le gaz naturel faisait une percée fulgurante dans le chauffage. Cette option impliquerait toutefois une forte hausse des émissions de GES du Québec. Elle ne serait donc acceptable, en vertu de nos engagements environnementaux, que si nous poursuivions le développement de notre potentiel d'énergies renouvelables, incluant l'hydroélectricité, afin de remplacer, sur les marchés extérieurs, des sources de production d'électricité à partir de combustibles fossiles, beaucoup plus polluantes. Finalement, lorsque l'on constatera le besoin intérieur, il sera trop tard pour développer un projet hydroélectrique. La seule alternative offrant un coût compétitif et un service équivalent sera, fort probablement, le développement de centrales au gaz naturel.

En considérant la demande grandissante d'énergie au Québec, il y a nécessité de prévoir un apport supplémentaire d'énergie afin de subvenir aux besoins patrimoniaux futurs. Cette production ne doit cependant pas se faire au détriment de l'effort concerté pour la diminution des émissions de GES; il faut donc favoriser les filières d'énergies 'propres' et renouvelables.

Planifier les besoins énergétiques uniquement en fonction de la consommation prévue au Québec reviendrait donc à considérer les problèmes environnementaux internationaux à l'échelle des frontières territoriales et à faire abstraction des interactions écologiques globales, ce qui est un non-sens proprement dit. L'effort pour la réduction d'émission de GES doit être concerté au niveau international. Le développement intelligent de nos ressources hydroélectriques permet des surplus d'énergie qui doivent être utilisés à des fins d'exportation; le marché de l'énergie doit être intégré à un plan de développement économique ouvert et croissant. Dit-on à Bombardier de ne pas fabriquer de train pour le métro de New York et de se limiter au marché québécois? Est-ce qu'en Alberta, avant de forer un nouveau puits de pétrole ou de gaz, les promoteurs se demandent si la province a véritablement besoin de ce nouvel apport en énergie? En fait, ils y produisent au moins dix fois plus de gaz qu'ils n'en consomment. Le résultat est la dilapidation d'une ressource non renouvelable. Le développement des ressources renouvelables, incluant l'hydroélectricité, ne devrait plus être claustré dans un jugement publique conservateur et fermé.

Si l'on considère la répartition de la production énergétique dans les provinces canadiennes et les états limitrophes, on observe qu'il y a indéniablement un marché ouvert pour l'énergie renouvelable (y compris pour la substitution d'énergies polluantes).

Répartition (%) de la production énergétique au Canada (1998) et aux États-Unis (1999), par type de ressource

Canada	Charbon	Gaz naturel	Huile	Hydro	Nucléaire	Autre	Total (en GWh)
Québec	**0**	-	1	**96**	3	-	154,734
Prov Atl.	**18**	-	12	**64**	5	1	74,717
Ontario	**24**	7	1	**24**	42	1	141,712
Manitoba	**3**	-	-	**97**	-	-	31,739
Saskatchewan	**69**	9	-	**22**	-	1	16,948
Alberta	**78**	16	-	**4**	-	2	55,685
C. Britannique	**-**	5	-	**89**	-	6	67,429
Total Canada	**19**	**6**	**1**	**60**	**13**	**1**	**550 TWh**
États-Unis							
N. Angleterre	**27**	17	26	**7**	27	9	111,635
Centre Nord-Est	**71**	5	1	**-**	21	1	589,446
Centre Nord-O.	**75**	2	1	**5**	16	1	275,383
Atlantique	**35**	17	5	**6**	35	2	397,283
Total États-Unis	**51**	**15**	**-**	**9**	**20**	**2**	**3691 TWh**

Sources: CEC, CCA, CCE (Juin 2002) *Environmental Challenges and Opportunities of the Evolving North American Electricity Market.*[3]
Total canadien, données du Québec et total des États-Unis tiré de :
Hydro-Québec (déc. 2000). *La production d'électricité et les émissions atmosphériques au Canada et aux Etats-Unis*, 1e édition.

La production d'énergie via la filière thermique (qui utilise des ressources non renouvelables) entraîne des émissions de GES (tous gaz confondus) 50 fois supérieures à celles d'un projet hydroélectrique d'envergure équivalente. De plus, l'utilisation de sources thermiques pour la production d'électricité est beaucoup moins efficace[4]. La percé du thermique lors du

[3] Voir figure complète en annexe du présent document

[4] Avec des rendements généralement de l'ordre de 35% pour des centrales au charbon et d'environ 50% pour les turbines à gaz à cycle combiné. La centrale projetée de Suroît aurait été une des plus performantes, avec 58% de rendement, pour une production de 800 MW (BAPE, rap. 170, 2003).

manque passé de disponibilité d'énergie renouvelable démontre qu'il faut prévoir maintenant le développement de ressources renouvelables propres pour les années à venir.

Les États-Unis affichent une augmentation de leurs émissions de GES de 23,1% entre 1975 et 1997[5]. Cette hausse d'émissions de GES aux États-Unis ne va pas en s'améliorant, ce qui s'explique, entre autre, par une hausse de la consommation d'énergie, jumelée à une baisse dramatique de la proportion d'énergie renouvelable dans leur bilan énergétique[6]. Au cours de l'année 2000, la réduction des émissions liées aux ventes nettes hors Québec a atteint 18 Mt de CO_2 (HQ, 07/2000). Le bilan énergétique actuel de l'Amérique du Nord, qui se retrouve au premier rang mondial pour ce qui est de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre, est largement dominé par les combustibles fossiles (gaz, pétrole, charbon). Conséquemment, l'exportation de l'hydroélectricité et des autres énergies renouvelables doit également servir à remplacer ces sources d'énergie fossile non soutenables (voir annexe 1).

Le secteur de l'énergie ne doit pas être traité différemment des autres secteurs de l'économie; il doit pouvoir profiter de l'ouverture des marchés et être inclus dans un plan de développement économique. Ceci requiers un changement de paradigme. Il faut donc considérer l'exportation de l'hydroélectricité comme un moyen, économiquement positif, dont nous disposons afin de faire notre part au niveau environnemental international. De plus, il est nécessaire de développer dès maintenant nos ressources renouvelables afin de nous assurer que celles-ci soient disponibles pour répondre à nos propres besoins futurs.

4.2 L'aspect économique du projet

L'analyse économique des impacts des différentes variables d'un projet hydroélectrique doit se faire de façon réaliste. **Pour certaines variables (tel que les variables se rapportant au climat), il peut être quelque peu péremptoire de modéliser leurs impacts sur la rentabilité du projet**. Certaines prévisions à long terme peuvent être imparfaites et approximatives. Par

[5] Voir tableau précédent *Variation des émissions de GES depuis 1975*

[6] Au États-Unis, la part de marché énergétique pour les énergies renouvelables est passé de 30% en 1950 à moins de 11% en 2000 (Lafrance,2002. et HQ, 2000) . Le Québec, avec le ralentissement des développements hydroélectriques des dernières années, pourrait suivre cette tendance, considérant que la moitié de la nouvelle production résultant des appels d'offre est de source thermique.

exemple, on constate depuis quelques années des modifications au régime des précipitations. Cela pourrait, certes, hypothétiquement influencer la rentabilité projetée de projets hydroélectriques. Mais cet argument n'est nullement justifié du fait que les modélisations climatiques ne permettent tout simplement pas des prévisions ni assez précises, ni assez valables, pour faire de telle prédiction, à l'échelle locale ou régionale. Il serait alors biaisé de juger des impacts de ces variables à long terme.

Il faut envisager dès maintenant le développement des mesures d'application du Protocole de Kyoto et considérer l'aspect économique que pourrait avoir une diminution des émissions de GES. Bien que le cadre d'une telle pratique ne soit pas encore clairement défini, une bonification de la réduction d'émissions de GES pourrait permettre au Québec de devenir un acteur influent dans le marché de la production d'énergie propre. **Dans le contexte du développement durable, les sources d'énergie présentant un faible taux d'émission de GES représentent, sans aucun doute, une valeur ajoutée qu'il faut intégrer à l'évaluation de la rentabilité du projet. Ces considérations à long terme se doivent d'être envisagées maintenant afin d'assurer un développement durable de la ressource.**

4.3 Solutions de rechange

Le concept d'évaluation des « solutions de rechange » doit être revu. En ratifiant le Protocole de Kyoto en décembre 2002, le Canada s'est engagé à respecter, en moyenne pendant la période 2008-2012, un quota d'émission nette de gaz à effet de serre équivalent à 94 % de leur niveau de 1990 (Ressources naturelles du Canada, 2003). En tenant compte des hausses qui auraient été anticipées d'ici 2010 en l'absence de mesures de réduction, l'engagement canadien pris en vertu du Protocole de Kyoto équivaut à une réduction des émissions de l'ordre d'au moins 25 %, ou de 240 MT par rapport aux projections des émissions liées au statu quo pour 2010 (Gouvernement du Canada, 2002). L'objectif du Protocole de Kyoto est tel que toutes les mesures d'efficacité énergétique rentables devront être mises en œuvre pour l'atteindre, tout comme il faudra développer parallèlement la production d'énergies renouvelables. Même s'il y a un potentiel inexploité d'efficacité énergétique équivalent à la production anticipée par le projet Eastmain-1-A et dérivation Rupert, il serait alors faux de prétendre que ce potentiel va se réaliser

d'avantage si le projet n'est pas développé. Il faut combiner toutes les mesures possible (l'efficacité énergétique et le développement des ressources renouvelables) afin d'optimiser les efforts de réduction de GES.

En fait, le marché énergétique du Nord-Est américain est tellement important que les exportations d'Hydro-Québec se font aux prix du marché et ne peuvent influencer significativement ces derniers. Ainsi, le prix ne se verrait pas affecté à la baisse par l'apport énergétique additionnel qu'apporterait Eastmain-1-A et n'inciterait donc pas une hausse dans la consommation d'énergie.

Lors de l'analyse des différentes possibilités de développement énergétique, il faut aussi comparer les options offrant des services équivalents (donc ajustés en fonction des facteurs d'utilisation). Par exemple, il faudrait au moins 2000 MW de puissance installée produite par un ou des parcs éoliens pour remplacer 900 MW provenant de source hydroélectrique. À cet égard, l'Agence internationale de l'énergie distingue clairement les options permettant une grande flexibilité de l'apport énergétique des sources à une flexibilité inférieure ou intermittente (voir annexe 2).

Afin de comparer les différentes filières énergétiques, l'Agence internationale de l'énergie a compilé les résultats des principales études internationales (IEA, vol I, 2000)[7]. En moyenne, comparativement à la production hydroélectrique avec réservoir, la filière énergétique au charbon émet :

- 40 fois plus de CO_2 équivalent,
- 2 570 fois plus de mercure,
- 500 fois plus de SO_2,
- 270 fois plus de NOx.

Toujours selon la même comparaison, le gaz naturel produit :

- 25 fois plus de CO_2 équivalent,

[7] voir tableau *Synthèse des paramètres environnementaux pour les différentes filières énergétiques* en annexe du présent document

- 230 fois plus de SO_2,
- 34 fois plus de NOx,
- 9 fois plus de mercure.

Cette analyse, bien que partielle, est éloquente : l'utilisation des énergies renouvelable doit être priorisée et même envisagée à titre de remplaçant, à long terme, des énergies non renouvelables. Les avantages intrinsèques d'une source d'énergie, telle que l'hydroélectricité, qui est renouvelable, fiable, propre, non intermittente et accumulable, doivent être valorisés.

En fait, on a constaté dans le passé de nombreux biais défavorable à la filière hydroélectrique. Pourtant, même la filière éolienne, qui est une source d'énergie renouvelable « propre », n'est pas dénudée d'impacts à grande échelle. Des études ont même permis d'estimer quels seraient les incidences écologiques de la combinaison de la production éolienne avec une source d'énergie hydroélectrique afin de régulariser l'apport éolien. La simulation du jumelage d'une centrale hydroélectrique (données prévues pour Sainte-Marguerite-3) avec respectivement un et sept parcs éoliens permet d'estimer cet impact (voir annexe 2).

Ce jumelage implique un accroissement de la variabilité du débit des rivières et du niveau des réservoirs hydroélectriques en fonction des variations de production éolienne. Les écarts de variation maximale du débit des turbines sont beaucoup plus important lorsque les deux sources de production énergétique sont jumelées (pour respectivement 10% de production éolienne, la variation du débit peut être plus du double, et avec 25 % de la production éolienne, elle peut être de trois à six fois plus importante s'il y a jumelage avec sept sites ou seulement avec le meilleur site)[8]. Les niveaux des réservoirs sont également affectés (Bélanger *et al.,* 1998).

Le but n'est pas de s'opposer à la filière éolienne mais plutôt de susciter un peu plus de modération dans l'évaluation des impacts environnementaux de la filière hydroélectrique. Cependant, le développement de parcs éoliens est une option qui ne doit pas être négligée lors de la planification de la production d'énergie à long terme; cette filière est compatible avec la

[8] voir tableau *Effets du jumelage sur le marnage et les débits de l'installation hydraulique* en annexe

réalisation des projets hydroélectriques mais n'est pas équivalente au point de vu d'efficacité de production ou dans ses retombées environnementales, sociales et économiques.

Lors de l'étude des moyens, fonctionnellement différents, de répondre à la nécessité du projet, les Directives proposent de tenir compte des retombées environnementales, économiques, sociales et techniques. **Lors de la prise en compte de la perspective environnementale, il est nécessaire de prendre en considération les impacts des émissions de GES engendrées par l'exploitation des filières d'énergie non renouvelable.**

Dans le contexte actuel, c'est en fait le concept de solutions de rechange qui doit être revu. Le développement de toutes les possibilités d'énergie renouvelable devrait être envisagé en considérant, dans leur contexte, les besoins, les impacts et l'efficacité de chacune des solutions. Finalement, si le projet n'est pas réalisé, la source alternative de remplacement sera vraisemblablement, fort probablement, une turbine à gaz[9].

5. VARIANTES DU PROJET

Si plusieurs variantes du projet sont envisageables, les impacts de chacune d'elles doivent être détaillés de façon claire et concise afin que tous les consultants saisissent l'importance de chaque variante. **La variante du projet sans la dérivation de la rivière Rupert doit aussi être étudiée et présentée aux consultants.** Encore une fois, les impacts microécologiques doivent être relativisés par rapport aux effets macroécologiques du projet. **L'ampleur de l'importance du développement durable des ressources renouvelables doit être fixée et considérée sérieusement lors de l'évaluation des variantes.**

6. ÉVALUATION DES IMPACTS

[9] Ainsi, les États de l'est américains prévoient ajouter, entre 1999 et 2007, près de 277 128 MW de puissance énergétique additionnelle. La principale filière au choisie sera le gaz naturel, suivi du charbon (Commission for Environnemental Cooperation of North America, 2002)

6.1 Analyse écologique des impacts du projet

La filière hydroélectrique est inépuisable et les impacts à long terme ont mitigé, entièrement ou en partie, les effets à court terme des impacts des différents projets hydroélectriques antérieurs. Malgré les craintes passées, les impacts des projets ont été gérables. Mais un devoir aussi exigeant et difficile que le développement durable n'est pas nécessairement la voie la plus facile à court terme.

En accord avec les Directives, l'étude des impacts environnementaux doit être faite pour une prévision de 20 à 25 ans, et ce en tenant compte de l'expérience des 30 dernières années. Au-delà d'un quart de siècle, la validité des prévisions devient discutable et il est inutile de s'embourber dans des modélisations hypothétiques. Cependant, les principales recherches portant sur les impacts des différents projets hydroélectriques doivent être prises en considération car elles représentent une évaluation objective des modifications environnementales et écologiques.

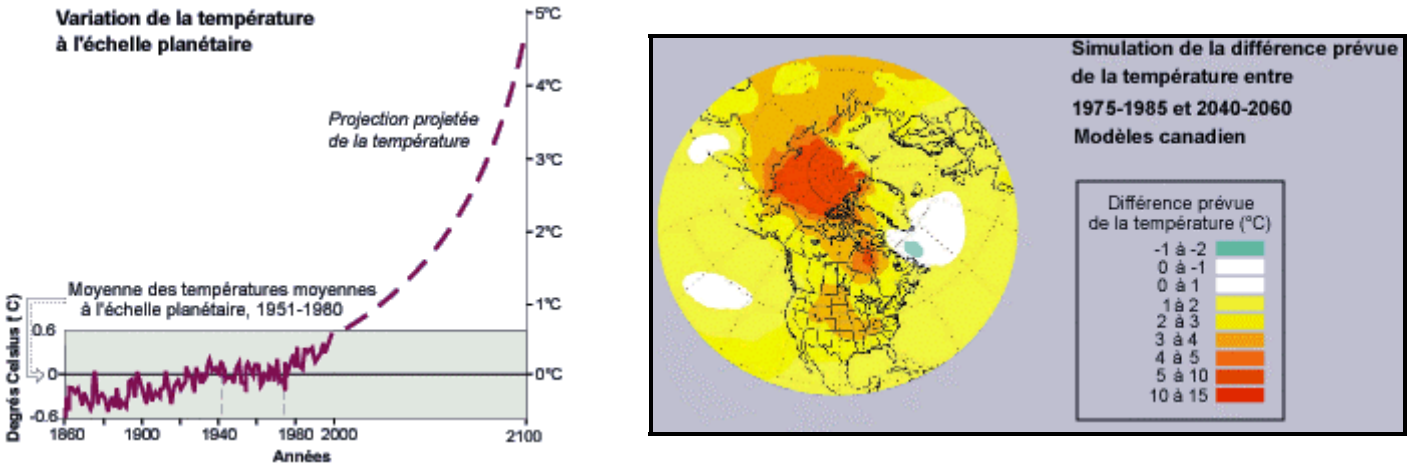
Le GRAME se retient bien de proposer un relâchement dans la considération des impacts environnementaux reliés aux projets hydroélectriques, mais prône plutôt une relativisation des impacts microécologique par rapport aux conséquences macroécologique. Par exemple, la *Loi sur les pêches* (L.R. 1985, ch. F-14) du Ministère de la Justice du Canada doit être appliquée avec discernement :

> « [Il est] interdit de causer la mort de poissons par d'autres moyens que la pêche »
> *S.R., ch. F-14, art. 30; 1976-77, ch. 35, art. 5*

> « [Il est] interdit d'exploiter des ouvrages ou entreprises entraînant la détérioration, la destruction ou la perturbation de l'habitat du poisson »
> *S.R., ch. F-14, art. 31; S.R., ch. 17(1er suppl.), art. 2; 1976-77, ch. 35, art. 5*

Dans le cas du projet Toulnoustouc, le débit réservé diminuait de 20 GWh la production énergétique afin de sauver environ 160 truites de ruisseau de 250g. À 6 cents le kWh, on obtient un coût de 1,2 millions de dollars, soit 7500$ par poisson par an, pour maintenir la population constante.

Un autre exemple de la relativisation des impacts à long terme serait de considérer les effets des changements climatiques causés, en grande partie, par l'augmentation des GES. En Amérique du Nord, le réchauffement normal est évalué par une augmentation des températures de l'ordre de 1 à 2ºC par 100 ans (NOAA, 2000). En considérant les effets de l'augmentation des GES, le Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat prévoit que **les températures moyenne pourraient augmenter, à l'échelle du globe, de 1,4 à 5,8ºC dans le prochain siècle. De plus, les impacts du réchauffement seront plus élevés d'environ 40 % dans les régions nordiques** (IPCC, 2002, p.10). Selon Ressources naturelles Canada, certaines régions du Canada pourraient subir des augmentations de 5 à 10ºC. La Terre se réchauffe plus rapidement qu'elle ne l'a jamais fait au cours des 10 000 dernières années. Depuis les années 1980, les services météorologiques du Québec ont enregistré les 10 années les plus chaudes du siècle (Ressources naturelles Canada, 2003).



Source : Ressource naturelle Canada, Le changement climatique au Canada; un climat en constante transformation, 2003.

Les latitudes boréales, les hautes latitudes et les régions à l'intérieur des continents connaîtront un réchauffement plus élevé que partout ailleurs dans le monde (Plan d'action 2000 du gouvernement du Canada sur le changement climatique). Les écosystèmes subarctiques seraient gravement affectés par une telle variation de température; ce qui aurait un effet dévastateur sur les aires d'estivage des plus grands troupeaux de caribous du Canada ainsi que sur l'habitat de plusieurs espèces animales. Des impacts majeurs pourraient résulter d'un

déplacement des aires de distribution de certaines espèces. Ces changements perturberaient les modes de vie traditionnels des peuples autochtones. **Les espèces marines et aquatiques seraient gravement touchées par une variation de la température de leur habitat. Selon le *Groupe intergouvernemental d'experts sur le changement climatique* (IPCC, 1998), une réduction de l'ordre de 50% des habitats aquatiques doit être envisagée dans le cadre d'un scénario où la quantité de CO_2 est doublée.** Finalement, selon le *World Wildlife Fund*, l'augmentation de deux fois la concentration globale de GES pourrait entraîner la destruction de 35% des habitats terrestres existants (HQ, 07/2000).

Il est évalué que la majeure partie des GES émis lors de la production hydroélectrique est majoritairement une conséquence de la dégradation de la biomasse submergée par une augmentation du niveau aquatique. Cette hausse d'émission de GES est cependant temporaire ; selon l'Agence internationale de l'énergie (IEA, 2000), une réduction des taux d'émission de GES est observée après trois ans. De plus, si une large part de la biomasse est enlevée avant l'inondation des terres, il y aura une diminution des émissions de GES ainsi qu'une économie de défrichage d'autres espaces terrestres. Les infrastructures terrestres aménagées dans le cadre du projet peuvent aussi servir à l'industrie forestière, préservant indemne d'autres territoires. Il doit donc y avoir une optimisation de la conservation de la forêt ainsi que du maintient des puits naturels de captation de CO_2.

Une lacune de l'évaluation multicritères est le risque que le même poids puisse être attribué à une multitude d'impacts très divers et d'ampleur souvent non comparables. En attribuant une valeur monétaire aux coûts dits externes, il est alors possible d'obtenir une unité universelle permettant de comparer des options ayant des impacts forts différents. Il est possible ainsi qu'une multitude de petits impacts imposent, au total, un coût environnemental d'une valeur égale ou même inférieure à un impact particulièrement important.

Certes, la monétisation des externalités dépasse le cadre de ce qui doit être attendu de l'étude d'impact du projet Eastmain-1-A et dérivation Rupert. Les conclusions du plus important projet de recherche européen sur la monétisation des externalités des filières énergétique devrait

toutefois nous inciter à une certaine prudence dans l'utilisation de l'analyse multi-critères en matière d'évaluation d'impacts :

> « In general, the global warming results are of the same order of magnitude as all other quantified damage costs together. »
>
> *Mayerhofer et al. 1997*

La réintroduction du mercure dans la chaîne alimentaire demeure une des préoccupations majeures lors de l'étude des impacts écologiques. À cet égard, nous constatons les soucis exprimés par la communauté Sanikiluaq présentés par l'Association Inuit Qikiqtani, laquelle demande à ce que les études d'impact des variations de mercure dans la biodiversité soient étendues à la biorégion marine (Baie-James, Baie d'Hudson) touchée par le projet Eastmain-1-A et dérivation Rupert.

Selon des études antérieures :

> « La création de réservoirs dans le bassin versant de la Grande Rivière a eu peu d'incidence sur la teneur en mercure des poissons de la côte est de la baie de la baie James. Une augmentation de cette teneur a été observée seulement dans la zone d'influence des eaux issues de la Grande Rivière, soit sur une distance de 10 km à 15 km de part et d'autre de l'embouchure »
>
> *Schetagne et Verdon, 1999, in Hayeur, 2001, p. 49*

> « On ne peut d'aucune façon comparer les effets de l'aménagement hydroélectrique de certains affluents de la baie d'Hudson aux effets du développement urbain et industriel centré sur les Grands Lacs canado-américains, aux effets de la déforestation, de l'élevage extensif et du peuplement de la forêt amazonienne ou aux effets de la canalisation, de l'industrialisation et du développement urbain que connaît la région du delta du Mississipi. Les craintes de voir l'écosystème de la baie d'Hudson et de son bassin versant se transformer sous l'effet d'un développement multiformes ne sont tout simplement pas fondées… Les données recueillies au large de la Grande Rivière indiquent que les teneurs en mercure des eaux du panache distal de cette rivière sont voisines de celles des eaux marines. »
>
> *Hydro-Québec, 1993, p. 153*

Malgré les résultats d'études passées, des préoccupations, qui devraient être prises en compte, ont été présentées par des représentants de l' Association inuite Qikiqtani :

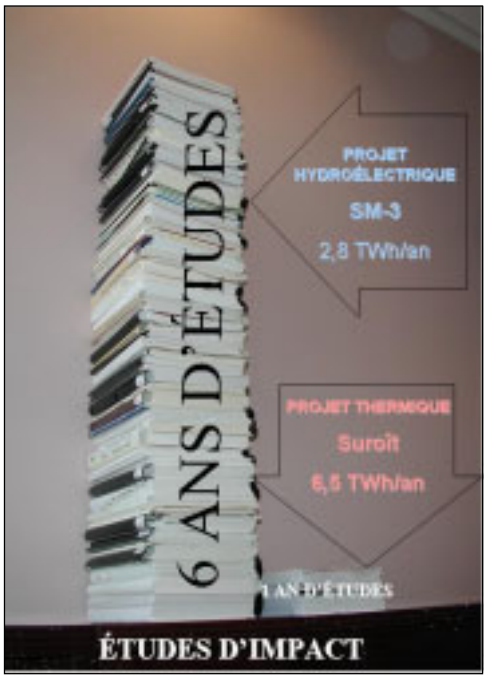
> « (…) même s'il pourrait apparaître, à première vue, à examiner les cartes, que du point de vue géographique les Îles de Belcher et Sanikiluaq plus particulièrement sont à la périphérie de cette zone sous étude, nous vous soumettons respectueusement qu'il y a un effet de causalité direct entre les Îles Belcher, Sanikiluaq et les Inuits de ces communautés ainsi que les rivières Rupert et Eastmain-1-A. (…) »
>
> M. John MacDOUGALL

> « Nous savons que nos préoccupations sont légitimes, à partir du travail sur le savoir traditionnel que nous avons fait et sur la base de la connaissance scientifique que nous avons sur l'impact de l'hydrologie, les nutriments, les sédiments dans l'écosystème riverain et costal, et l'accumulation des contaminants dans l'écosystème marin et dans la toile alimentaire marine (…) »
>
> M. Moses Novalinga
> *Consultations publiques du 28 mai 2003, Montréal*
> *Projet de la centrale Eastmain-1-A et dérivation Rupert*

Nous considérons qu'un effort raisonnable doit être fait, en utilisant les connaissances passées, pour que l'étude évalue s'il y a des impacts sur la communauté Sanikiluaq. Les connaissances traditionnelles et les préoccupations de cette communauté doivent également être prises en considération et incorporées aux Directives. Ainsi, la mise en place de mesures de compensation et d'atténuation pour les communautés touchées doit être considérée. En fait, l'étude d'impact doit évaluer les impacts du mercure sur la communauté cri, ou sur tout autre communauté susceptible d'être affectée, ainsi que sur les mesures de mitigation appropriées :

> « A l'échelle des communautés cries du Québec, la dispersion des projets hydroélectriques fait en sorte que ceux-ci touchent un nombre croissant de communautés. À cet étalement spatial s'ajoute une étalement temporel. (…) Cela rend d'autant plus nécessaire la poursuite des mesures appliquées dans le cadre de la Convention sur le mercure au complexe La Grande, qui visent notamment à bien renseigner les populations touchées sur la nature réelle des impacts du mercure et à adopter des modes d'exploitation des ressources fauniques permettant d'éviter tout impact sur la santé et de réduire les impacts sur le mode de vie. »
>
> *Hydro-Québec, 1993, p. 153*

6.2 Procédure d'étude du projet



Deux poids deux mesures…

L'étude du projet Grande-Baleine (GB) s'étendit sur 28 ans et englouti 256 millions de dollars (HQ, 1993). De moins grande envergure que le projet GB, l'étude d'impact du projet de centrale hydroélectrique Sainte-Marguerite-3, d'une puissance de 882 MW et production annuelle de 2.8 TWh/an (BAPE, rapport 60, 1993) s'est étendue sur 6 ans. À titre comparatif, le projet de la centrale de Suroît, pour une puissance de 800 MW et une production de 6.5 TWh/an fût étudié de septembre 2001 à janvier 2003, soit une période d'un peu moins qu'un an et demi (BAPE, rapport 170, 2003)! La mise en route d'un projet de centrale thermique prévoit environ deux ans entre le début des travaux et la mise en service.

Les mesures administratives pour l'étude du projet doivent être relativisées par rapport à l'ampleur des démarches et directives suivies lors de l'étude de projet des autres différentes filières énergétiques, telles que thermiques, nucléaire, etc. Dans le contexte actuel, il faut éviter les demandes exagérées pour l'étude d'impact et optimiser la coordination des projets. Cela n'exclut pas le fait que les demandes justifiées doivent être rigoureusement analysées en considérant que certains éléments d'étude important puissent avoir été omis des directives. De plus, une attention particulière peut être accordée au fait que la directive concernant la description du milieu social et l'évaluation des impacts doit s'inscrire dans une continuité des mesures sociales déployées par Hydro-Québec et les gouvernements depuis le début de l'exploitation des centrales hydroélectriques dans le Grand Nord et la Baie-James.

7. CONCLUSION

Dans le contexte où le développement du potentiel d'énergie renouvelable s'avère une priorité, le GRAME propose :

- **Le maintient d'exigences environnementales rigoureuses mais un allègement du processus administratif menant à l'autorisation d'aménagements hydroélectriques.**
- **Que l'expérience acquise au cours des trente dernières années permette de mieux cibler les enjeux et résulte en des directives précises et claires.**
- **Que l'analyse de la justification du projet soit faite en tenant compte des nouvelles réalités tel que l'ouverture des marchés et le Protocole de Kyoto**
- **Que les différentes variantes du projet, incluant celle sans la dérivation de la rivière Rupert, soient étudiées et présentées.**
- **Qu'une attention particulière soit apportée aux impacts anticipés pour la contamination au méthylmercure et à leurs mesures de mitigation, pour l'ensemble des populations touchées.**

Finalement, il doit y avoir une recherche d'équité entre les approches d'évaluation de projets hydroélectriques versus les autres options renouvelables ainsi que les centrales thermiques.

8. RÉFÉRENCES :

BAPE (1993). *Aménagement hydroélectrique Sainte-Marguerite 3,* rapport d'enquête et d'Audience publique, rapport 60.

BAPE (février 2003). *Projet de centrale à cycle combiné de Suroît à Beauharnois par Hydro Québec,* Bureau d'audience publiques sur l'environnement, rapport 170, Québec.

BÉLANGER, CAMILLE, JEAN-FRANÇOIS LEFEBVRE ET YVES GUÉRARD (1998). *Windpower and its Dependence on Hydro Reservoirs :Results from Wind Farms Simulations for Québec*. 21st Annual Conference, International Association for Energy Economics, Québec, may 15th.

CEC, CCA, CCE (June 2002). *Environmental Challenges and Opportunities of the Evolving North American Electricity Market*, Secretariat Report to Council under Article 13 of the North American Agreement on Environmental Cooperation.

Consultation publique sur le projet de centrale de l'Eastmain-1-A et dérivation Rupert par Hydro Québec, transcription de la séance tenue le 28 mai 2003, Montréal, Québec.

DESAI, NITIN (automne 2002). « Le Sommet mondial sur le développement durable, la mise en œuvre du programme Action 21 ». *Isuma,* pp 17-19.

DRAPEAU, JEAN-PIERRE, GUÉRARD, YVES ET LEFEBVRE, JEAN-FRANÇOIS (mai 1995). *Le petit livre vert de l'hydroélectricité au Québec*. Groupe de recherche appliquée en macroécologie.

DRAPEAU, JEAN-PIERRE (2000*). Analyse de quelques indicateurs biophysiques de développement durable pour les petits, moyens et grands aménagements hydroélectriques*, mémoire de maîtrise en Aménagement du territoire et développement régional (M.ATDR), Université Laval.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (june 1996). *FAO activities in the energy field*. Substainable Development Department,
disponible au : http://www.fao.org/sd/Egdirect/Egre0004.htm

GOMMES, RENÉ (septembre 2000). *Observation requirements of the three Rio Conventions in the light of the Terrestrial Carbon Observation Initiative*. SD FAO,
disponible au : http://www.fao.org/sd/Eidirect/Eian0016.htm

GOUVERNEMENT DU CANADA (2002). *Plan du Canada sur les changements climatiques*.

GOUVERNEMENT DU CANADA (août 2002). *Sommaire Septième Conférence des Parties, Décisions relatives aux mécanismes du Protocole de Kyoto,* Bureau du mécanisme pour un développement propre et de l'application conjointe du Canada, Ministère des Affaires étrangères et du Commerce international.

GUÉRARD, YVES ET BENOIT, RÉJEAN. (septembre 1995). *Développement énergétique soutenable = développement hydroélectrique x3 dimension de l'efficacité énergétique*, Mémoire du GRAME pour le Débat public sur l'énergie au Québec.

HYDRO-QUÉBEC (avril 1992). *Les enseignements de la phase I du complexe LaGrande*, acte du colloque 22-23 mai 1991, Université de Sherbrooke.

HYDRO-QUÉBEC (1993). *Complexe Grande Baleine*, synthèse 18, Hydro-Québec Communications et Relations publiques.

HYDRO-QUÉBEC (août 1993). *Complexe Grande-Baleine*, rapport d'avant-projet, résumé.

HYDRO QUÉBEC (1996). *Aménagement hydroélectrique Sainte-Marguerite-3*, Bilan des activités environnementales 1996.

HYDRO-QUÉBEC (décembre 2000). *La production d'électricité et les émissions atmosphériques au Canada et aux Etats-Unis*, 1e édition.

HYDRO-QUÉBEC (avril 2000) *Comparaison des options de production d'électricité*, disponible au : http://www.hydroquebec.com.

HYDRO-QUÉBEC (juillet 2000) *Changement climatique*, disponible au : http://www.hydroquebec.com.

HYDRO-QUÉBEC (septembre 2001). *Synthèse des connaissances environnementales acquises en milieu nordique de 1970 à 2000*.

HYDRO-QUÉBEC, (février 2003). *Mémoire d'Hydro-Québec présenté à la Commission des transports et de l'environnement dans le cadre de la consultation générale à l'égard de la mise en œuvre du Protocole de Kyoto.*

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY TECHNICAL REPORT (2000). *Hydropower and the Environnement : Present context and guidelines for future action*, IEA Hydropower Agreement, Annexes I, II et III.

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2002). *Climate change and biodiversity*, IPCC Technical Paper V, WMO, PNUE, UNEP.

LAFRANCE, GAËTAN (2002). *La boulimie énergétique, suicide de l'humanité?*, Éditions Multi Mondes, Ste-Foy.

LE PRESTRE, PHILIPPE ET EVELYNE DUFAULT (hiver 2001). « Le Canada et le Protocole de Kyoto ». *Isuma*, pp 37-44.

LEFEBVRE, JEAN-FRANÇOIS ET ROMANELLI, CRISTINA MARIA (février 2003). *Quelques priorités pour la mise en œuvre du Protocole de Kyoto*. Mémoire présenté à la Commission parlementaire sur l'environnement et les transport. GRAME.

MAYERHOFER, P., W. KREWITT & R. FRIEDRICH (1997). Extern Core Project, Extension of the Accounting Framework Final Report, Research funded in part by the European Commission.

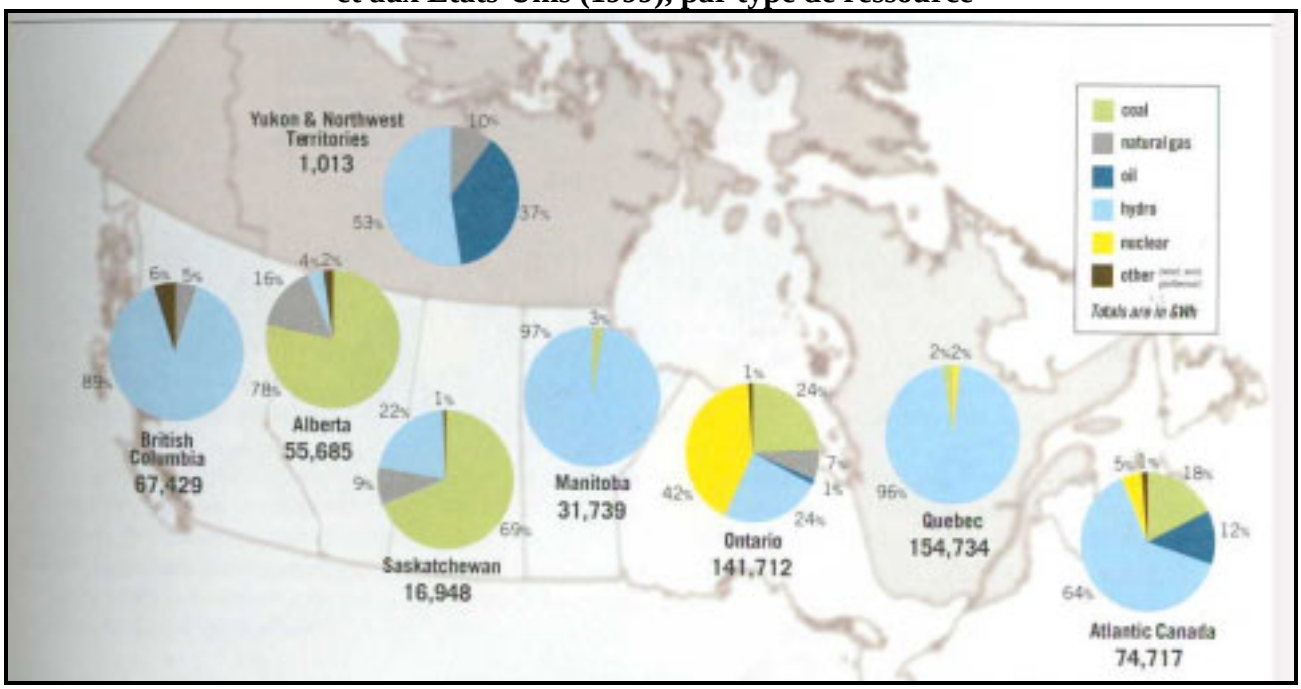
RESSOURCES NATURELLES CANADA (2003), Le changement climatique au Canada, Un climat en constante transformation,
Disponible au : http://adaptation.nrcan.gc.ca/posters/articles/qb_02_fr.asp?Region=qb

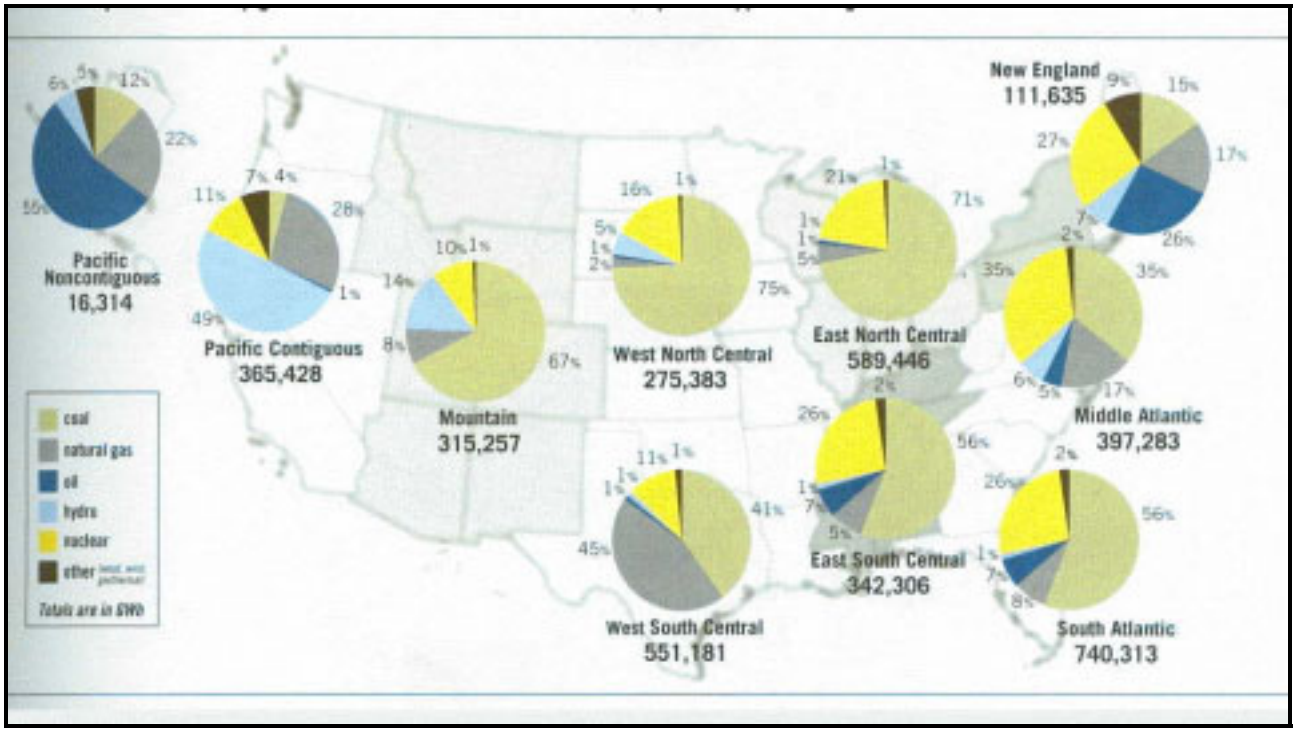
SAUCIER, LOUIS-JOSEPH, JEAN-FRANÇOIS LEFEBVRE ET RAZI SHIRAZI (septembre 2002). *Analyse d'options pour la mise en œuvre du Protocole de Kyoto et enjeux relatifs à l'échange de droits d'émission*, mémoire du GRAME.

SCHETAGNE ET VERDON (1999), *in Hayeur*, 2001.

ANNEXE 1

Répartition (%) de la production énergétique au Canada (1998) et aux Etats-Unis (1999), par type de ressource





Source : *Environmental Challenges and Opportunities of the Evolving North American Electricity Market*, CEC, CCA, CCE, June 2002

ANNEXE 2

Synthèse des paramètres environnementaux pour les différentes filières énergétiques, compilation de données de source internationale

Filiales	Ratio de rente énergétique*	Émission de GES (kt eq CO_2/TWh)	Disponibilité de territoire (km^2/TWh/y)	Émission de SO_2 (tSO_2/TWh)	Émission de NOx ($tNOx_2$/TWh)	Émission particules (t/TWh)	Émission mercure (kg Hg/TWh)
Options permettant une grande flexibilité de l'apport énergétique							
Hydroélectrique avec réservoir	48-260	**2-48**	2-152	**5-60**	**3-42**	5	0.07
Diesel		555-883		84-1550	316-12 300	122-213	
Options à moins grande flexibilité ou intermittente							
Hydroélectrique au fil de l'eau	30-267	**1-18**	0.1	**1-25**	**1-68**	1-5	
Charbon bitumineux	7-20	**790-1182**	4	**700-32 321**	**700-5273**	30-663	**1-360**
Nucléaire	5-107	2-59	0.5	3-50	2-100	2	
Gaz naturel cycle combiné	14	**389-511**		**4-15 000**	**13-1500**	1-10	0.3-1
Biomasse	3-5	17-18	533-2200	26-160	1100-2540	190-212	0.5-2
Éolienne	5-39	7-124	24-117	21-87	14-50	5-35	
Solaire	1-14	13-731	27-45	24-490	16-340	12-190	

Traduction libre de *Table 1 : Synthesis of Environnemental Parameters for Electricity Options* (IEA, vol I, 2000)
* ratio d'énergie produite sur l'énergie requise pour la construction, la maintenance et l'exploitation

ANNEXE 3

Effets du jumelage des sources éoliennes et hydroélectrique sur le marnage et les débits de l'installation hydraulique

Paramètres	Énergie hydraulique seulement	Meilleur site éolien		Moyenne des 7 sites éoliens*	
Fraction d'énergie éolienne (%)	0	10	25	10	25
Puissance éolienne (MW)	--	82	246	102	307
Puissance hydraulique (MW)	537	595	709	571	659
Énergie totale du jumelage (TWh)	2.77	3.08	3.69	3.08	3.69
Marnage (m)	6.0	5.7	5.6	5.7	5.7
Débit turbine maximal de l'année (m^3/s)	186	206	247	192	229
Débit turbine minimum de l'année (m^3/s)	61	55	7	60	20
Variation maximum du débit turbine sur un intervalle d'une heure (m^3/s)	16	37	95	18	43

Source : Bélanger, Camille et al. *Windpower and its Dependence on Hydro Reservoirs :Results from Wind Farms Simulations for Quebec*. May 1998

*7 sites éoliens étudiés:

Région de la Gaspésie :
- Cap-Chat
- Cap-Madeleine
- Mont-Joli
- Cap d'Espoir

Région de la Baie d'Hudson :
- Kuujjuarapik

Région de Québec :
- Île d'Orléan

Région de North Shore
- Pointe-des-Monts