



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada



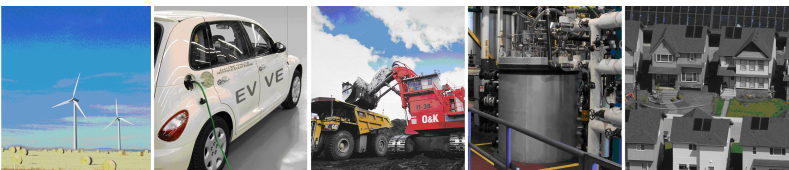
# CanmetENERGY

*Leadership in ecoInnovation*

## La R-D nouvelle au Canada sur les techniques d'hydro- électricité: Une stratégie pour 2007 à 2011

Préparé par  
Ressources naturelles Canada  
Groupe d'énergie hydraulique  
CanmetÉNERGIE-Ottawa  
580, rue Booth  
Ottawa, ON, Canada, K1A 0E4

Date: décembre, 2007



Canada

## **AVIS DE RENONCIATION**

Le présent rapport a été élaboré par CanmetÉNERGIE à Ressources naturelles Canada. Ni CanmetÉNERGIE, ni aucun de ses employés, ne garantit, explicitement ou implicitement, ou n'assume une responsabilité légale quelconque, concernant l'exactitude, le caractère exhaustif ou l'utilité de son contenu. Les références faites dans le rapport à un produit commercial, un procédé, un service ou une organisation quelconques ne constituent pas ou n'impliquent pas nécessairement une approbation, une recommandation ou un encouragement à recourir à l'un de ces éléments. Les points de vue et les opinions exprimés dans le rapport ne reflètent pas ou n'indiquent pas nécessairement ceux de CanmetÉNERGIE.

ISBN: M154-34/2009F-PDF 978-1-100-92802-9

© SA MAJESTÉ LA REINE DU CHEF DU CANADA [2009]

## **REMERCIEMENTS**

Le présent rapport a été élaboré par les membres du Groupe de l'énergie hydraulique, Techniques des énergies renouvelables, au Centre de la technologie de l'énergie de CANMET, un élément de Ressources naturelles Canada. Plusieurs personnes et groupes, y compris des représentants de CanmetÉNERGIE à Ottawa, y ont également fourni des services en nature.

Les groupes qui suivent ont droit à nos remerciements particuliers pour leurs suggestions, leurs commentaires et leurs critiques constructifs tout au long de l'élaboration du rapport :

Le Groupe des techniques d'énergies renouvelables de RNCan

Le Groupe de la politique sur les énergies renouvelables de RNCan (Division des énergies renouvelables et électriques)

Comité consultatif technique sur l'énergie hydraulique 2007

# Table des matières

Une nouvelle stratégie pour le Canada en matière de R-D sur les techniques d'hydro-électricité .....	v
Sommaire .....	1
1 Toile de fond.....	5
1.1 Définition .....	5
1.2 Description .....	6
1.3 Avantages et retombées.....	8
2 Les aspects économiques .....	10
2.1 Les marchés.....	10
2.2 Le potentiel de mise en valeur.....	12
2.3 Les charges spécifiques.....	15
3 Enjeux et possibilités .....	18
4 Situation de l'industrie et R-D .....	21
4.1 Contrôle et surveillance de l'équipement électromécanique.....	22
4.2 Les travaux de génie civil et l'ingénierie .....	27
4.3 Éco-ingénierie et intégration environnementale.....	29
4.4 Remise en état et modernisation des centrales électriques.....	33
4.5 Planification des projets .....	34
4.6 Intégration des autres énergies renouvelables .....	35
5 Activités de R-D réalisées actuellement au Canada et participation du pays dans ce domaine à l'échelle internationale .....	37
5.1 Recherche et développement au niveau fédéral .....	37
5.2 R-D dans le secteur industriel .....	39
5.3 Participation du Canada à la R-D internationale .....	39
6 Stratégie de R-D sur les nouvelles techniques d'hydro-électricité .....	41
6.1 Thème numéro un : Systèmes concurrentiels de centrales à faibles chutes et de centrales actionnées par le courant de l'eau .....	42
6.2 Thème deux : Éco-énergie.....	43
6.3 Thème trois : Évaluation des emplacements .....	43
6.4 Autres activités de recherche-développement .....	44
7 Planification stratégique.....	46
7.1 Soutien des infrastructures .....	46
7.2 Engagement des parties intéressées.....	47
7.3 Études de marché .....	48
7.4 Communication .....	49
Références .....	50

# Une nouvelle stratégie pour le Canada en matière de R-D sur les techniques d'hydro-électricité

L'hydro-électricité regroupe une vaste gamme de techniques au sein d'un secteur plein de dynamisme offrant un important potentiel de croissance, toutefois, elle signifie également un grand nombre de difficultés techniques à surmonter. Reconnue précédemment pour ses grandes installations, l'hydro-électricité englobe maintenant les nouvelles techniques de production telles que les petites centrales hydrauliques, les centrales à faibles chutes et les centrales actionnées par courant d'eau. Tous ces éléments, bien que pas aussi avancés sur le plan commercial que les grandes centrales hydrauliques, présentent de substantiels avantages tels qu'une mise en valeur accélérée, la possibilité d'une production répartie, des occasions d'affaires offertes aux petites entreprises et un immense potentiel de croissance pour l'avenir. Qui plus est, en se tournant vers de la recherche-développement (R-D) concentrée sur des objectifs précis, il serait possible de faire face, avec le temps, aux difficultés techniques qui feraient de tous ces éléments des sources concurrentielles de production écologique de l'électricité.

Le Canada jouit d'une solide réputation en raison de ses compétences en hydro-électricité, tout particulièrement celles qui distinguent ses fabricants, ses entreprises de construction et ses sociétés d'exploitation. En fait, le pays est reconnu internationalement pour ses compétences expertes et son excellence dans le domaine de l'hydro-électricité. Compte tenu de l'immense potentiel disponible au chapitre des nouvelles sources d'hydro-électricité, la R-D dans ce secteur offre d'importantes possibilités de maximiser les avantages tant économiques qu'environnementaux de nos ressources.

Le présent document de stratégie sera centré sur les nouvelles techniques d'hydro-électricité (NTH) et mettra l'accent sur les petites centrales hydrauliques, les centrales à faibles chutes et les centrales actionnées par courant d'eau, le tout n'impliquant que peu ou prou de stockage d'eau.

## Vision

**Réaliser des activités clés de recherche et de développement technologique venant appuyer la progression des nouvelles techniques canadiennes dans le cas des petites centrales hydrauliques, des centrales à faibles chutes et des centrales actionnées par courant d'eau, le tout étant fondé sur l'extraction viable sur le plan commercial et avec de faibles répercussions de l'énergie fournie par les rivières et les fleuves, cela dans le but d'assurer la mise en œuvre de projets, de techniques, de services et de compétences expertes sur les marchés intérieurs et extérieurs, ainsi que de veiller à ce que ces nouvelles techniques d'hydro-électricité fassent partie des éléments d'importance et en pleine ascension de l'ensemble des énergies renouvelables du Canada d'ici 2020.**

# Sommaire

En plus d'être non polluante et renouvelable, l'hydro-électricité est la plus prévisible des sources d'énergies renouvelables. Les centrales hydro-électriques construites au fil des cours d'eau permettent de capter l'énergie de l'eau qui coule tout étant accompagné de peu ou prou de stockage de cet élément. Ces centrales hydro-électriques englobent les petites centrales hydrauliques et les centrales à faibles chutes. Ces divers types de développement sont susceptibles d'entraîner des avantages environnementaux et socio-économiques en ayant recours à des plans de conception intégrée, à une planification à objectifs multiples et à l'engagement des collectivités touchées. Les petites centrales hydrauliques s'avèrent particulièrement attrayantes comme options de rechange aux dispositifs alimentés au diesel, hautement polluants et coûteux, servant actuellement à la production d'électricité dans la plupart des collectivités éloignées du Canada. On s'intéresse également de plus en plus au potentiel offert à l'échelle nationale et internationale par les centrales actionnées par courant d'eau ou par écoulement continu de l'eau permettant la production d'électricité au moyen de turbines « sans chutes d'eau » qui ne nécessitent aucun barrage.

Le secteur des petites centrales hydrauliques injecte chaque année 150 millions de dollars dans l'économie canadienne grâce à la réalisation de projets aux niveaux local et étranger. L'ajout annuel aux capacités de production par petites centrales hydrauliques impliquerait, selon les estimations, des investissements atteignant les 200 millions de dollars. En général, les coûts d'investissement (en dollars canadiens) s'échelonnent de 2 000 à 5 000 dollars<sup>1</sup> par kW installé, ce qui signifie un montant global de 0,04 à 0,10 dollar par kWh.<sup>2</sup> Les coûts en capital pour les réalisations en régions éloignées sont, cependant, habituellement plus élevés, pouvant excéder le 6 000 dollars par kW. La technologie liée aux centrales actionnées par courant d'eau devrait faire son apparition sur les marchés d'ici 2010 avec l'introduction approximativement de cinq des principaux intervenants internationaux dans ce domaine. Les coûts en capital devraient alors marquer une baisse se situant entre 1 000 et 4 000 dollars d'ici l'année 2015.

Les coûts en capital pour les réalisations en régions éloignées sont, cependant, habituellement plus élevés, pouvant excéder le 6 000 dollars par kW. La technologie liée aux centrales actionnées par courant d'eau devrait faire son apparition sur les marchés d'ici 2010 avec l'introduction approximativement de cinq des principaux intervenants internationaux dans ce domaine. Les coûts en capital devraient alors marquer une baisse se situant entre 1 000 et 4 000 dollars d'ici l'année 2015.

Au Canada, les capacités actuelles en matière de petites centrales hydrauliques atteignent les 3 400 MW. Ces capacités augmentent au rythme de 50 à 150 MW par année<sup>3</sup>. On estime que près de 15 p. 100 du potentiel déterminé en petites centrales hydrauliques, qui est de 15 000 MW<sup>4,5</sup> offrirait de bonnes possibilités de mise en valeur dans les conditions socio-économiques actuelles en ayant recours aux techniques de pointe existantes. Le Canada présente également un fort potentiel pour les centrales à faibles chutes, une partie de ces dernières pouvant devenir rentable sur le plan économique avec la baisse des coûts pour l'équipement. Une étude menée récemment en Ontario a établi un potentiel de 4 000 MW lié aux centrales à faibles chutes.<sup>6</sup> Le potentiel offert par les centrales actionnées par courant d'eau au Canada demeure largement méconnu.

À l'échelle mondiale, le potentiel offert par les petites centrales hydrauliques est encore plus vaste et pourrait, de la même façon, être l'objet d'exploitation et entraîner des retombées positives sur le plan environnemental et économique. Selon le Conseil mondial de l'énergie (CME), il est estimé que, en vertu des politiques actuelles, les capacités installées de petites centrales hydrauliques augmenteront pour atteindre 55 GW d'ici 2010. La Chine devrait présenter le bilan de croissance le plus important. Les auspices favorables du CME pourraient se traduire, d'ici 2020, par des capacités installées d'environ 75 GW. Toutes les régions du monde sont témoins de substantielles augmentations de leurs capacités en matière de petites centrales hydrauliques, avec la Chine qui, encore une fois, montre les résultats les plus impressionnants.<sup>7</sup>

Au Canada, le récent processus d'appels de propositions dans le domaine des énergies renouvelables, les programmes d'offres en général et le phénomène de la facturation nette dans l'ensemble des provinces ont contribué à raffermir l'intérêt à l'égard de la

<sup>1</sup> Navigant Consulting. 2007. *Renewable Energy: Costs, Performance and Markets – An Outlook to 2015*. Prepared for CEA Technologies, June 22, 2007.

<sup>2</sup> Natural Resources Canada. 2004. Deck on small hydro. Internal document. Prepared by the Renewable Energy Technology Group, NRCan.

<sup>3</sup> Statistics Canada 1996-2004. *Electric Power Generating Stations*. Catalogue 57-202-XIB.

<sup>4</sup> Canadian Hydropower Association. 2006. *Study of Hydropower Potential in Canada*. Prepared by EEM Inc.

<sup>5</sup> Natural Resources Canada. 2005. *Small Hydro Atlas*. www.small-hydro.com.

<sup>6</sup> Hatch Acres. 2005. *Evaluation and Assessment of Ontario's Waterpower Potential*. Hatch Acres, Oakville. 55 pp.

<sup>7</sup> World Energy Council, 2004.

mise en valeur liée aux petites centrales hydrauliques. On a également assisté à un retournement positif dans les politiques visant à améliorer les relations entretenues avec les Premières Nations pour en faire des partenaires actifs dans la réalisation de projets hydrauliques. Les promoteurs de petites centrales hydrauliques, toutefois, se butent à de longs délais de mise en production découlant de l'obtention des approbations et de la réalisation des plans. Les projets peuvent dérailler d'une façon arbitraire à la suite de l'opposition manifestée dans les consultations publiques. Les préoccupations les plus répandues concernant la réalisation de travaux de construction de petites centrales hydrauliques portent sur les répercussions de ces derniers sur le débit de l'eau et l'aspect esthétique, en plus de l'empêchement à la circulation des poissons dans leur habitat naturel. Les gouvernements provinciaux ont, dans les récentes années, entrepris de résoudre certains de ces problèmes et obstacles en ayant recours à une formule de gestion des bassins hydrologiques plus rationnelle et plus durable. Dernièrement, le gouvernement du Canada s'est également mêlé de ces questions.<sup>8</sup>

Tant au Canada qu'à l'étranger, la perception est que l'hydro-électricité est une technologie arrivée à maturité et qui nécessite que peu de recherche et de développement (R-D). En conséquence, plusieurs gouvernements, organismes et entreprises ne se sont pas tenus à jour avec des innovations, en plus de ne pas attirer ou de ne pas allouer des fonds à la R-D. Un autre problème important confronte le secteur national et international de l'hydro-électricité, soit celui de la main-d'œuvre vieillissante. En effet, on estime qu'il ne reste que 10 années de compétences expertes de disponibles au Canada.<sup>9</sup>

Pendant que certains pays se retirent des activités de R-D qui se déroulent actuellement en matière de technologie sur l'hydro-électricité, les membres de l'Union européenne poursuivent leurs activités de recherche et de développement sur les petites centrales hydrauliques. En outre, on espère bien faire redémarrer aux États-Unis le programme de R-D en matière d'hydro-électricité.<sup>10</sup> Les membres de l'Union européenne manifestent un vif intérêt à solutionner le problème des centrales hydro-électriques vieillissantes, plus particulièrement en exploitant le vaste potentiel offert par les installations abandonnées mais à faibles chutes d'eau, ainsi que par les infrastructures de ressources en eau.

Le développement du potentiel canadien dans le domaine exige la progression de la R-D en vue de rentabiliser le tout. Pendant que les petites centrales hydrauliques sont à la veille d'être concurrentielles par rapport aux autres sources d'énergie,<sup>11</sup> un grand nombre des nouvelles techniques nécessite toujours l'apport de la recherche-développement. Parmi les activités visées, il y a la mise au point de turbines à faibles chutes économiques et efficaces, le développement de techniques d'atténuation, l'établissement d'une éco-ingénierie et la protection des ressources halieutiques. D'autre part, les techniques aquatiques actuelles en sont au même stade sur le plan de la R-D que l'énergie éolienne il y a 10 ans.<sup>12</sup>

La normalisation de l'équipement utilisé aide les promoteurs disposant de ressources limitées à réaliser une conception adaptée aux besoins et permet aux fabricants de petites turbines de devenir rentables. Les autres pièces d'équipement doit être conçues en fonction de chaque emplacement, tandis que les concepteurs et les fabricants canadiens ont besoin d'un appui pour élargir leurs capacités de recherche et de développement. Selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE), les fabricants demeurent les meilleurs éléments pour amorcer ou parrainer le développement des équipements, en plus d'être en mesure d'améliorer les petites centrales hydrauliques.<sup>13</sup> Les responsables de l'AIE considèrent que les programmes publics de recherche-développement viennent appuyer les fabricants en rendant disponibles les résultats obtenus, leur donnant ainsi la capacité de concevoir systématiquement des modèles de laboratoire optimisés.<sup>14</sup>

Dans les 25 dernières années, le gouvernement du Canada a appuyé toutes les nouvelles techniques liées aux petites centrales hydro-électriques qui ont fait leur apparition. Les membres du Groupe de l'énergie hydraulique ont activement collaboré avec les provinces, les entreprises de service public, le secteur privé, les institutions universitaires et d'autres organismes pour la réalisation de projets d'importance visant à diminuer les coûts liés à la construction et à l'équipement, ainsi qu'à accroître l'efficacité énergétique des turbines et des emplacements choisis. Ils ont, de plus, appuyé la tenue de démonstrations technologiques, tant à l'échelle nationale qu'internationale. Dans cette perspective, le Programme de recherche et de développement énergétiques, un élément de Ressources naturelles Canada, a permis de soutenir pendant plus de dix ans les

---

<sup>8</sup> Hon. Gary Lunn, Minister of Natural Resources Canada 2006. Speech at the *Forum on Hydropower 2006*. Canadian Hydropower Association (CHA), October 26.

<sup>9</sup> Natural Resources Canada. 2007. Minutes of the Hydraulic Energy Group Technical Advisory Committee. April 19, 2007, Ottawa.

<sup>10</sup> National Hydropower Association 2007 *Hydropower's value recognized in \$22 million appropriation in Energy and Water Development Bill*. Press Release, Washington, DC.

<sup>11</sup> Navigant Consulting. 2007. *Renewable Energy: Costs, Performance and Markets – An Outlook to 2015*. Prepared for CEA Technologies, June 22, 2007.

<sup>12</sup> Ibid. 11

<sup>13</sup> International Energy Agency (IEA). 2006. *Renewable Energy R&D Priorities – Insights from IEA Technology Programmes*. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD).

<sup>14</sup> European Directorate for Transport and Energy and Swiss Federal Office for Science and Education. 2004. *European Strategy Document for Research, Technology Development and Demonstration in Small Hydropower*. Prepared by the Engineering Work Group of the Thematic Network on Small Hydropower (TN-SHP).

activités du Laboratoire de machines hydrauliques (LAMH) de l'Université Laval qui est devenu la seule installation indépendante de mise à l'essai des turbines hydrauliques au Canada. Cette institution vient combler un vide important dans les capacités de R-D du Canada en rendant possible la mise à l'essai, selon une formule crédible et autonome, de modèles révolutionnaires de turbines sur le territoire nord-américain. L'appui accordé au LAMH par le gouvernement fédéral s'est avéré essentiel à son développement initial et à ses récents succès.

À Ressources naturelles Canada, le Groupe de l'énergie hydraulique (qui fait partie de CanmetÉNERGIE à Ottawa) se propose, dans les quatre prochaines années, de concentrer ses activités de recherche et de développement sur les principaux thèmes suivants :

#### **Les systèmes concurrentiels de petites centrales hydrauliques et de centrales actionnées par courant d'eau**

La recherche-développement, dans le cadre de ce thème, implique la mise au point de systèmes rentables et à haut rendement énergétique de petites centrales hydrauliques et de centrales actionnées par courant d'eau. Les activités de R-D qui y seront réalisées seront en grande partie la responsabilité du LAMH de l'Université Laval. La recherche-développement se rapportant aux aspects relatifs à la protection des ressources halieutiques se fera dans le cadre de projets conjoints réalisés sous le thème de l'éco-ingénierie. L'élaboration de codes et de normes s'y rattachant servira de travail préliminaire à l'élaboration de codes et de normes pour la technologie liée à l'énergie des océans.

#### **L'éco-ingénierie**

CanmetÉNERGIE à Ottawa, un élément de Ressources naturelles Canada, va collaborer avec le ministère fédéral des Pêches et Océans en vue de déterminer le degré de mortalité découlant de l'utilisation de turbines. Par la même occasion, l'organisme fédéral va différer la réalisation d'études ayant trait à la mortalité en aval afin d'évaluer l'efficacité sur le plan biologique des nouvelles turbines favorisant la protection des ressources halieutiques, ceci en vue de leur utilisation dans les centrales à faibles chutes. CanmetÉNERGIE à Ottawa, en outre, poursuivra son appui aux activités de R-D menées par le ministère des Pêches et Océans visant à améliorer les instruments de modélisation qui permettent de déterminer les débits d'eau acceptables sur le plan environnemental pour la mise en valeur tout en étant différents des débits naturels.

#### **L'évaluation des emplacements**

Il existe certains instruments et certaines données bien établis, comme la Base de données canadienne sur les petites centrales hydrauliques et le programme RETScreenmc, qui donnent les renseignements et permettent l'écrémage préliminaire nécessaires avant de passer à l'étape des études de préfaisabilité. Les principaux objectifs, dans le cadre de ce thème, seront la réalisation et la distribution d'instruments déjà en cours de développement qui viendront compléter les instruments existants et combler certaines lacunes.

Ces trois thèmes de recherche-développement ont été établis par l'Agence internationale de l'énergie comme étant des exigences technologiques de haute priorité pour les petites centrales hydrauliques.<sup>15</sup> Cette constatation a également été mise en lumière lors d'une récente réunion du Comité consultatif technique 2007 sur les petites centrales hydrauliques qui s'est tenue en avril dernier.<sup>16</sup> Finalement, un groupe de spécialistes en technologie et innovation à Ressources naturelles Canada a également établi les centrales à faibles chutes comme étant des éléments de la plus haute priorité.<sup>17</sup>

À l'échelle internationale, les marchés liés aux centrales à faibles chutes et à l'hydro-électricité à faibles répercussions sont toujours accessibles. Le Canada y dispose là d'une belle occasion de mener de la recherche-développement de pointe dans tous ces domaines et de pénétrer les marchés mondiaux s'y rapportant. Qui plus est, on peut y réaliser une importante synergie entre hydro-électricité et énergie des océans, tandis qu'il est possible d'y effectuer le transfert de certaines innovations techniques pour en faire un bon terrain d'essai. À titre d'exemple, le programme Technologie et Innovation à Ressources naturelles Canada, qui a permis la mise au point d'une turbine actionnée par courant d'eau, a d'abord reçu un financement d'un million de dollars dans le cadre des Mesures d'action précoce en matière de technologie (TEAM) pour une démonstration se rapportant aux dispositifs fonctionnant à l'aide du débit fourni par une rivière ou un fleuve. Actuellement, c'est Technologies du développement durable du Canada qui en assure le financement grâce à une subvention de deux millions de dollars pour une démonstration faisant appel aux courants marins.

Ce travail de recherche-développement profitera également du soutien des principales infrastructures, de l'engagement des parties intéressées, de l'analyse des marchés et de produits de communication tels que ceux qui suivent :

<sup>15</sup> International Energy Agency (IEA). 2006. *Renewable Energy R&D Priorities – Insights from IEA Technology Programmes*. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD).

<sup>16</sup> Natural Resources Canada. 2007. Minutes of the Hydraulic Energy Group Technical Advisory Committee, April 19, 2007, Ottawa.

<sup>17</sup> Natural Resources Canada. 2004. T&I Distributed Energy Production Strategic Plan. Brandon, R.



**Consortium canadien sur la R-D relative aux machines hydrauliques** - Ce consortium, sous la direction du Laboratoire de machines hydrauliques (LAMH) de l'Université Laval, permet au sous-secteur des petites centrales hydrauliques de partager les résultats obtenus en matière de recherche-développement avec les grands promoteurs d'hydro-électricité ; améliore l'acquisition par le Canada de compétences expertes dans la conception de turbines et dans la mise à l'essai de celles-ci d'une façon indépendante, venant ainsi appuyer l'industrie hydro-électrique tout entière ; permet au LAMH de devenir une installation d'essai complètement certifiée. L'autonomie à long terme du LAMH grâce au financement accordé par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada et par des membres de l'industrie est indispensable pour réduire les conséquences sur son fonctionnement des décisions prises par le gouvernement fédéral en matière de financement.

**Capacités expertes** - Il est nécessaire de pouvoir disposer d'un plan de relève à une main-d'œuvre vieillissante qui comprendra certaines stratégies, comme la formation en milieu de travail et des liens avec les institutions universitaires. De même, il faudra pouvoir compter sur des objectifs politiques concernant le développement du potentiel lié aux ressources. Tous ces éléments permettront de répondre aux besoins en compétences expertes qui se manifestent sur le marché de la main-d'œuvre. Le Conseil sectoriel de l'électricité, un élément de Ressources humaines et Développement social Canada (RHDSC), a procédé à une évaluation préliminaire de la portée des questions liées aux compétences expertes dans le secteur de l'hydro-électricité. Le Conseil collabore maintenant avec l'Association canadienne de l'électricité et d'autres partenaires dans le but de planifier les prochaines étapes à franchir et d'élaborer une analyse détaillée dans le domaine. Dans le cadre des activités du Conseil, on a également constitué une table de consultation sur le renouvellement des aptitudes.

L'Association canadienne de l'hydro-électricité a démontré de l'intérêt à œuvrer avec le gouvernement en rapport avec cette question. CanmetÉNERGIE à Ottawa se propose de collaborer avec cette association dans le cadre des initiatives prises par RHDSC au sein du secteur hydro-électrique.

**Analyse des marchés** - CanmetÉNERGIE à Ottawa travaille actuellement à l'élaboration d'une étude portant sur les points suivants : la situation relative au marché de la technologie se rapportant aux petites centrales hydrauliques et aux centrales à faibles chutes ; les perspectives concernant la pénétration des marchés et les coûts reliés au développement des centrales à faibles chutes ; les retombées éventuelles et les stratégies possibles entourant le développement au Canada et à l'étranger des centrales à faibles chutes. Il faut également déterminer quels sont les obstacles à l'arrivée sur les marchés des nouveaux produits technologiques, ainsi qu'à l'aménagement de nouveaux emplacements pour les centrales à faibles chutes.

# 1 Toile de fond

## 1.1 Définition

Généralement, le développement de petites centrales hydrauliques se fait en profitant du débit d'une rivière. Autrement dit, il s'agit d'installations qui font appel au débit d'un cours d'eau rapide d'une façon qui n'en modifie pas d'une manière significative l'écoulement ou le niveau, contrairement à la situation qui prévaut avec un barrage ou un réservoir.<sup>18</sup> Ce genre de mise en valeur peut aboutir à des avantages environnementaux et socio-économiques grâce à une conception intégrée, à une planification à buts multiples et à la participation des collectivités concernées. Les installations hydro-électriques sont celles qui profitent du débit d'une rivière ou qui ont reçu de la part du programme de Choix environnemental la certification « activités renouvelables de production d'électricité à faibles répercussions » selon les critères liés à Éco-Logo<sup>19</sup>. La production à faibles répercussions peut s'étendre sur la chaîne entière du développement hydro-électrique, depuis les petites centrales jusqu'aux installations à large échelle.

La production à faibles répercussions peut s'étendre sur la chaîne entière du développement hydro-électrique, depuis les petites centrales jusqu'aux installations à large échelle.

Au Canada, il existe trois catégories reconnues de centrales hydrauliques de petite envergure, soit :

- les micro-centrales hydrauliques (moins de 100 kW) ;
- les mini-centrales hydrauliques (de 100 kW à 1 MW) ;
- les petites centrales hydrauliques (de 1 MW à 50 MW).

À l'échelle internationale, la limite maximale des petites centrales hydrauliques varie de 2,5 à 25 MW, toutefois, la limite de 10 MW est de plus en plus acceptée.

D'autre part, on retrouve au Canada plusieurs emplacements non développés « à faible chutes » (dont la pente d'eau est de moins de 15 mètres) qui profitent du débit d'une rivière. Ces emplacements montrent un potentiel de capacités se situant entre 200 et 300 MW. Les nouvelles techniques applicables à ces emplacements à moyenne échelle sont également incluses dans la portée donnée à la présente stratégie de recherche-développement.

On s'intéresse de plus en plus au potentiel offert par le « débit de l'eau », le « mouvement cinétique » ou « les débits réservés », tant au Canada que par le monde, pour la production d'électricité, le tout faisant appel à des turbines « à chutes nulles » (à écoulement d'eau d'un mètre ou moins) qui ne nécessitent aucun barrage.

Au Canada, plusieurs emplacements de petites centrales hydrauliques à hautes chutes (à proximité des centres de charge) ont déjà été développés. Les régions éloignées abritent les emplacements restants offrant un certain potentiel. L'effet des emplacements à hautes chutes sur les écosystèmes aquatiques n'est pas aussi marqué parce que l'écoulement important de l'eau empêche l'installation des poissons dans ces endroits. Depuis 1965, très peu d'emplacements à faibles chutes n'ont pas été développés au Canada. En outre, plusieurs emplacements demeurent sous-développés, tant à proximité des centres de charge que dans les régions éloignées.<sup>20</sup> Le potentiel offert par le débit de l'eau au Canada et dans les autres pays constitue un tout nouvel élément de production énergétique.

---

<sup>18</sup> Pollution Probe. 2003. *Primer on the Technologies of Renewable Energy*. With support from Industry Canada, Environment Canada, BIOCAP Canada, Ontario Waterpower Association and Investors Group.

<sup>19</sup> Un système de certification officiel pour le programme d'étiquetage écologique Choix environnemental d'Environnement Canada. Pour obtenir cette certification, il faut qu'un produit ou un service soit fabriqué ou offert de façon à accroître l'efficacité énergétique, à réduire les sous-produits dangereux, à contenir des matériaux recyclés, à être réutilisable ou à fournir d'autres avantages environnementaux.

<sup>20</sup> Statistics Canada. 1986. Internal database of electric power generating stations.

## 1.2 Description

### 1.2.1 Petites centrales hydrauliques

Pour qu'une petite centrale hydraulique puisse fonctionner, il faut un débit d'eau appréciable et un écoulement d'eau adéquat, sous forme de chute, cela sans qu'il soit nécessaire de compter sur des installations élaborées et coûteuses. On peut développer de petites centrales hydrauliques à l'emplacement de barrages existants. De fait, plusieurs installations ont été construites en parallèle avec des schémas d'irrigation et de contrôle des niveaux de l'eau se rapportant à des rivières et des lacs. En se tournant vers des structures existantes, seuls de nouveaux ouvrages de génie civil pas trop importants sont nécessaires, réduisant ainsi les coûts de mise en valeur de l'emplacement.

Les systèmes hydro-électriques font appel à l'énergie provenant de la circulation de l'eau pour produire de l'électricité ou de l'énergie mécanique. L'eau circule par un canal ou une conduite forcée jusqu'à une roue d'eau ou une turbine. L'eau frappe alors l'auget de la roue d'eau ou de la turbine pour en faire tourner l'arbre. Dans le cas de l'électricité, l'arbre tournant, relié à un alternateur ou une génératrice, transforme le mouvement en énergie. Cette énergie peut être consommée directement, emmagasinée à l'intérieur de batteries ou inversée pour produire de l'électricité transportable par réseau.

Dans les régions du pays où le terrain est plus accidenté, il est possible d'exploiter des installations profitant de chutes relativement plus importantes sans entreprendre des travaux de génie civil élaborés ou coûteux, ce qui signifie que des débits plutôt légers sont alors nécessaires pour produire la quantité désirée d'électricité. Dans ces situations, on peut construire des structures de dérivation plutôt simples et obtenir la chute la plus grande en faisant dévier le débit au sommet d'une cascade ou d'un cours d'eau à la chute abrupte.

La puissance disponible dans un volume d'eau donné est fonction de la quantité d'eau ou de masse ( $Q$ ), ainsi que de la hauteur de chute ( $H$ ). La façon la plus simple d'évaluer la puissance disponible est de faire appel à la formule suivante :

$$\text{Puissance (W)} = e \cdot p \cdot g \cdot Q \cdot H$$

où,

$e$  représente l'efficacité (environ 0,8) ;  
 $p$  représente la densité de l'eau (kg/m<sup>3</sup>) ;  
 $g$  représente la constante de la gravité (9,81 m/s<sup>2</sup>) ;  
 $Q$  représente le débit (m<sup>3</sup>/sec) ;  
 $H$  représente la chute (m).

Par conséquent, la production d'un kW dans un emplacement de 10 m de chute nécessite dix fois le débit d'un emplacement de 100 m de chute.

Le facteur de capacités relativement aux centrales installées au fil de l'eau est fonction du courant disponible, le tout étant sujet aux fluctuations quotidiennes et saisonnières, ainsi que de l'efficacité de ces mêmes centrales. En conséquence, il est important d'évaluer la disponibilité des ressources pour la réalisation d'un projet donné en recourant aux données relatives au débit selon une échelle quotidienne et saisonnière. Les petites centrales hydrauliques au Canada présentent en moyenne des facteurs de capacités se situant entre 40 et 80 p. 100.<sup>21, 22</sup>

### Équipement électro-mécanique

Les dimensions des turbines hydrauliques dépendent largement du débit d'eau auquel elles doivent s'harmoniser. La fabrication d'équipement pour des centrales à fortes chutes mais à faible débit est généralement moins dispendieuse que pour des centrales à faibles chutes mais à fort débit.

Les turbines hydrauliques permettent de transformer l'énergie virtuelle de l'eau en énergie rotative mécanique grâce à l'un ou l'autre des mécanismes suivants :

<sup>21</sup> Une courte liste de projets réalisés en 2006 par la société BC Hydro indique des facteurs de capacités s'échelonnant entre 41 et 73 p. 100, ce qui donne un facteur de capacités moyen de 47 p. 100. Les centrales d'Hydro Ottawa sur la rivière des Outaouais fonctionnent avec un facteur de capacités s'approchant des 80 p. 100.

<sup>22</sup> Dans le cas des emplacements situés sur le territoire américain, le facteur de capacités net de 52 p. 100 est habituellement utilisé pour une étude des coûts: Navigant Consulting. 2007. *Renewable Energy: Costs, Performance and Markets – An Outlook to 2015*. Prepared for CEA Technologies, June 22, 2007.

1. Les turbines à réaction font appel à une quantité maximale d'eau et, dans la réalité, produisent une force hydrodynamique d'« impulsion » pour activer les aubes mobiles. Parmi celles-ci, on retrouve les turbines Francis et Kaplan. Les turbines Francis sont généralement utilisées pour les chutes se situant entre 20 et 100 mètres, alors que les turbines Kaplan le sont pour les chutes se situant entre 5 et 20 mètres.
2. Les turbines à impulsion se fondent sur le principe selon lequel la pression de l'eau est transformée en énergie cinétique prenant la forme d'un jet à haute vitesse qui vient frapper les augets installés en périphérie de la roue à aubes. Cette dernière est conçue pour renverser l'écoulement du jet et, ainsi, profiter du mouvement produit par l'eau. Le type de turbine à impulsion le plus répandu est celui de la Pelton. Ces turbines sont utilisées dans les centrales à fortes chutes (entre 50 et plusieurs mètres de hauteur) et les installations à « petit » débit.

L'efficacité énergétique des petites centrales hydrauliques s'est accrue au cours des temps, tout en étant également fonction des dimensions des installations. Les turbines utilisées ont atteint, précédemment, une efficacité de 25 p. 100, alors qu'elles approchent aujourd'hui d'une efficacité de 95 p. 100. Une efficacité élevée (au-dessus de 90 p. 100) est obtenue à l'aide de turbines produisant un grand nombre de kW, toutefois, l'efficacité d'une micro-turbine de 10 kW se situerait entre 65 et 80 p. 100. Des turbines à capacités réduites et à faibles chutes (< 50 MW) peuvent atteindre une efficacité de plus de 90 p. 100. Les coûts sur le plan global demeurent toutefois une grande préoccupation. Du strict point de vue pratique, il faut parfois faire des compromis entre efficacité et coûts.

Les génératrices sont des appareils aptes à transformer l'énergie mécanique en énergie électrique, cela à des taux d'efficacité élevés qui atteignent de 98 à 99 p. 100. Elles sont de deux types génériques, soit synchrones et asynchrones. Généralement, les génératrices synchrones offrent une grande efficacité, mais elles sont très dispendieuses. Ces deux types de génératrices, bien connus au sein de l'industrie, ont fait l'objet d'améliorations régulières. Des génératrices à aimants permanents ont récemment fait leur apparition sur le marché.

#### *Travaux de génie civil*

Les éléments d'un projet qui portent sur des travaux de génie civil sont liés beaucoup plus étroitement à la topographie locale et à la nature physique d'un emplacement. Les coûts entourant l'aménagement d'un endroit en particulier peuvent varier d'une façon importante. Les principaux travaux de génie civil dans le cas d'une petite centrale hydraulique courante portent sur certains éléments, notamment le barrage de dérivation ou déversoir, la chemise d'eau et le bâtiment lui-même de l'installation. Le barrage de dérivation ou déversoir permet de diriger l'eau vers un canal, un tunnel, un canal d'amenée ou l'arrivée d'une turbine. Par la suite, l'eau circule au travers de la turbine pour la faire tourner avec suffisamment de force qu'elle crée de l'électricité grâce à une génératrice. L'eau retourne finalement au cours d'eau par le bief aval.<sup>23</sup>

#### *Planification et développement*

Habituellement, la réalisation d'un projet de petite centrale hydraulique prend de deux à cinq ans à se faire, c'est-à-dire une période suffisante pour couvrir la conception jusqu'à la mise en service finale. Tout ce temps est nécessaire pour entreprendre les études indispensables, effectuer le travail de conception, recevoir les approbations requises et réaliser la construction des installations.<sup>24</sup>

La planification de petites centrales hydrauliques exige l'exécution d'études de faisabilité technique et de viabilité économique. Le tout se déroule normalement de la manière suivante :

- prise de levés de reconnaissance et réalisation d'études hydrauliques permettant d'évaluer les possibilités offertes par plusieurs emplacements ;
- réalisation d'études de préfaisabilité ;
- réalisation d'études de faisabilité ;
- planification du réseau, établissement des aspects techniques et financement.

La viabilité technique et financière de chaque projet envisagé dépend de chaque emplacement. La production d'électricité, quant à elle, dépend de la quantité d'eau disponible (le débit) et de la chute (sa hauteur). En fait, cette production découle de l'importance de l'eau que l'on peut utiliser et de la variation dans son débit tout au cours de l'année. L'aspect économique d'un emplacement relève des capacités de production, de la quantité d'énergie qu'il est possible de produire – laquelle est vendue ou non – et du prix obtenu.<sup>25</sup>

<sup>23</sup> Natural Resources Canada. 2004. *Clean Energy Project Analysis: RETScreen® Engineering & Cases Textbook – Small Hydro Project Analysis Chapter*. In collaboration with NASA, UNEP and GEF.

<sup>24</sup> Ibid., 23.

<sup>25</sup> Ibid., 23.

### 1.2.2 Le courant de l'eau

Une turbine fonctionnant à l'aide du courant produit par l'eau permet de transformer l'énergie cinétique que celui contient (à une vitesse d'au moins 2 mètres à la seconde) en puissance mécanique. Seule une petite chute (de moins de 1 mètre) est nécessaire. La turbine est installée directement dans le courant de l'eau, contrairement aux grandes centrales hydro-électriques où de coûteux travaux de génie civil sont nécessaires pour faire dériver l'élément liquide vers des chemises au travers de turbines électriques. Aucun barrage, ni bassin n'est requis pour le développement d'installations à même le courant de l'eau.

Dans les années 1980, Ressources naturelles Canada et le Conseil national de recherches du Canada ont financé des recherches qui ont porté sur la mise au point d'une turbine hydraulique à axe vertical Darrieus, un appareil destiné à l'origine à la production d'énergie éolienne. Un renouveau important d'intérêt se manifeste à l'égard de la technologie axée sur le courant de l'eau, alors que l'on travaille sur la mise au point de plusieurs turbines de deuxième génération qui pointent rapidement en direction de la première application commerciale. Au Canada, la recherche-développement se concentre sur la commercialisation de turbines Darrieus d'une capacité variant entre 5 et 25 kW. Ces appareils sont dotés de pales tournant lentement qui sont sans danger pour les poissons. Jusqu'à maintenant, les démonstrations faites avec ces appareils ont montré une efficacité allant jusqu'à 45 p. 100. D'autres travaux de recherche-développement s'articulent autour des possibilités d'application sur les marchés internationaux de turbines canadiennes à grandes capacités qui offrent beaucoup de promesses. Ces dernières permettraient de résoudre bien des problèmes sur le plan opérationnel, en particulier dans les climats froids, et sur le plan de la sécurité.

## 1.3 Avantages et retombées

La production d'énergie au moyen de l'hydro-électricité est écologique et renouvelable. Comme les coûts de fonctionnement et d'entretien s'y rapportant demeurent très bas, cette production est un antidote à l'inflation. Les centrales hydro-électriques offrent une durée de vie longue ; en effet, plusieurs d'entre elles fonctionnent depuis plus de la moitié d'un siècle. Les petites centrales hydrauliques sont spécialement intéressantes en tant que solutions de rechange aux génératrices alimentées au diesel hautement polluantes et très dispendieuses, qui sont actuellement utilisées dans un grand nombre de collectivités éloignées du Canada pour produire de l'électricité.

On estime que, pour chaque MW supplémentaire de capacités installées en matière de petites centrales hydrauliques, il serait possible d'éliminer 5 kt de CO<sub>2</sub> par année produites par des centrales alimentées aux combustibles fossiles. Si les possibilités d'installation de 2 000 MW sous forme de petites centrales hydrauliques se concrétisaient, il faudrait alors disposer d'investissements additionnels se situant entre 2,2 et 2,7 milliards de dollars, tandis que le remplacement probable de CO<sub>2</sub> atteindrait les 9 Mt par année, soit près de 10 p. 100 du total produit actuellement par les centrales électriques alimentées aux combustibles fossiles. Les spécialistes de l'Agence internationale de l'énergie estime que, à l'échelle de la planète, les capacités en matière de petites centrales hydrauliques pourraient augmenter de 1 000 à 2 000 MW par année, cela sur la période des prochaines vingt années, ajoutant ainsi au total de 20 000 à 40 000 MW.<sup>26, 27</sup> La réduction totale de CO<sub>2</sub> se situerait entre 100 et 200 MT par année.

Il se peut que les petites centrales hydrauliques offrent des avantages environnementaux et socio-économiques plus importants grâce au regroupement des activités en matière d'environnement et à une planification à buts multiples appropriée. La majorité des effets environnementaux négatifs du développement hydro-électrique pourrait être évitée, soit en partie soit totalement, en ayant recours à une conception adéquate, ainsi qu'à de bonnes façons de construire et de fonctionner. Les préoccupations les plus courantes en ce qui concerne les petites centrales hydrauliques demeurent les répercussions des travaux de génie civil qu'elles nécessitent, tant sur le débit de l'eau, sur l'aspect esthétique que sur les déplacements de la faune aquatique au sein de son habitat. Les blessures et la mortalité des poissons en traversant les turbines peuvent être atténuées en ayant recours à une nouvelle technologie qui permet d'en limiter les effets négatifs tout en préservant la capacité de produire de l'électricité. À ce point, il est important de noter que l'établissement de petites centrales hydrauliques dépend des conditions propres à chaque emplacement. En effet, chacune des installations présente des conditions particulières qui nécessitent leurs propres mesures de sécurité environnementale.

Il y a également un mouvement qui se dessine à l'égard d'une conception intégrée où l'environnement y est pris en compte et où la communauté concernée y assume un rôle prépondérant. Un exemple de cette formule combinée se retrouve dans la réalisation

<sup>26</sup> International Energy Agency (IEA). 2004. *Renewables for Power Generation – Status and Prospects*, Paris, France

<sup>27</sup> Navigant Consulting. 2003. *The Changing Face of Renewable Energy – A Navigant Consulting Multi-Client Study*.

d'un projet en Colombie-Britannique par la société Regional Power, inc., lequel s'est vu attribuer le Prix Planète Bleue des Nations unies. Partie intégrante du cadre de conception, la centrale électrique et les installations de prise d'eau ont été prises en compte dans l'aménagement du territoire. La migration anadrome des saumons a été rétablie avec succès grâce à la mise sur pied d'une frayère artificielle, cela en partenariat avec la bande indienne sechelte et les responsables locaux de la pêche.

L'énergie électrique produite par les petites centrales hydrauliques est une solution de rechange particulièrement attirante pour remplacer la production habituelle très dispendieuse à base de diesel qui se fait dans la plupart des collectivités éloignées du Canada. Dans ces endroits, la valeur de l'électricité produite pour la consommation est généralement beaucoup plus élevée que dans le cas de systèmes branchés à un réseau principal. Au Canada, les services publics d'électricité ont l'obligation de fournir le service aux collectivités éloignées. Ces entreprises publiques, dans plusieurs provinces, encouragent l'exploitation privée de centrales électriques délaissées ou d'installations à certains barrages existants, de même que de nouvelles constructions, cela afin de remplacer la production d'électricité à base de diesel dans les collectivités éloignées selon un rapport élevé de coûts-avantages.<sup>28</sup>

En comparaison de la production à base de diesel, les petites centrales hydrauliques offrent d'autres avantages intéressants, soit:<sup>29</sup>

- des ressources au niveau local sont utilisées, ce qui fait que la production d'électricité profite de la stabilité des prix sans devoir subir les fluctuations des prix du pétrole à l'échelle internationale ;
- les petites centrales hydrauliques assurent plus d'avantages économiques aux régions concernées grâce aux emplois créés par les travaux de construction et grâce au recours à des services locaux (de 10 à 25 p. 100 du coût en capital) ;
- elles donnent aux habitants du coin des possibilités accrues de se familiariser avec les techniques de construction et d'améliorer leurs aptitudes en ce domaine ;
- elles favorisent la création de la richesse, en particulier pour les peuples des Premières Nations.

---

<sup>28</sup> Natural Resources Canada, 2006. "Small Hydro Technology Review." Internal document. Prepared by the Renewable and Electrical Energy Division, NRCan.

<sup>29</sup> Ibid 28

## 2 Les aspects économiques

### 2.1 Les marchés

Les énergies renouvelables sont maintenant considérées comme faisant partie intégrante de la nouvelle stratégie de gestion des réseaux électriques conçue pour améliorer la diversification, l'approvisionnement et la sécurité énergétiques. On reconnaît généralement que les techniques liées aux énergies renouvelables sont nécessaires pour la gestion de la charge en électricité et en gaz naturel, pour l'écrêtement de la demande en périodes de pointe, pour la demande en électricité qui est à la hausse, pour l'instabilité des prix, ainsi que pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre. L'accroissement des coûts relatifs à la production d'électricité à partir de sources de combustibles fossiles représente un autre grand facteur de motivation, alors que les coûts de l'hydro-électricité diminuent en ayant recours à de nouveaux procédés. Finalement, le grand public se préoccupe de plus en plus de questions portant sur les changements climatiques et la qualité de l'air.

Les récents appels de propositions dans le secteur des énergies renouvelables, ainsi que les programmes standard d'offres et de facturation nette dans les provinces canadiennes, ont contribué à accroître l'intérêt porté à l'égard du développement hydro-électrique. Au cours des récentes années, on a vu l'Ontario et la Colombie-Britannique adopter les mesures les plus concrètes en vue de promouvoir les programmes et les encouragements financiers visant à favoriser la participation active de producteurs indépendants d'hydro-électricité au chapitre des investissements dans les petites centrales hydrauliques. Des changements positifs ont été apportés aux politiques afin d'améliorer le processus d'approbation. Il en a été de même avec les relations engagées avec les peuples des Premières Nations dans le but d'en faire des partenaires actifs.

L'Ontario s'est fixé comme objectif de détenir 5 p. 100 (soit 1 350 mégawatts) de toutes les capacités de production à partir de sources renouvelables d'ici 2007 et 10 p. 100 (soit 2 700 mégawatts) de celles-ci d'ici 2010. Cette province a également relevé la capacité disponible de facturation nette, laquelle est passée de 50 à 500 kW. La Colombie-Britannique a mis sur pied un programme semblable en 2007.

Le territoire du Nunavut possède un immense potentiel hydro-électrique qui pourrait s'avérer économique à mettre en valeur à mesure que les prix du diesel pour la production d'électricité augmentent. Les autorités de ce territoire ont entrepris la réalisation d'études de préfaisabilité concernant le potentiel hydro-électrique de la localité d'Iqaluit. Elles ont également réalisé une étude de faisabilité visant à mettre en valeur les ressources en hydro-électricité, ce qui pourrait réduire substantiellement la dépendance envers la production basée sur l'utilisation du diesel. Les autorités des Territoires du Nord-Ouest, quant à elles, ont effectué une étude relative à la stratégie à adopter en matière d'hydro-électricité afin de répondre à la demande sans cesse croissante dans ce domaine, ainsi que de réduire les émissions de gaz à effet de serre provenant de la production à base de diesel.

Avec l'arrivée de nouveaux marchés élargis à la suite des programmes mis en œuvre dans les provinces et les territoires, de même que l'apparition de « crédits verts » et de « mesures d'élimination du carbone », les membres de l'industrie ont besoin d'aide pour se mobiliser, répondre aux demandes plus grandes et effectuer des changements opérationnels face à ces nouveaux débouchés. En outre, les engagements pris à l'égard des changements climatiques n'ont pas été établis pour favoriser le sous-secteur des petites centrales hydrauliques. Malgré le fait qu'on ait mis en place des programmes spéciaux pour les provinces et les entreprises désireuses d'atténuer les émissions de gaz à effet de serre, aucune concertation ne s'est faite à l'échelle fédérale pour l'attribution des responsabilités en la matière. S'y attaquer dès maintenant aurait pour effet de créer rapidement une assise commerciale pour le sous-secteur hydraulique en vue, par exemple, d'introduire de la valeur à l'égard des crédits verts.<sup>30</sup>

Le sous-secteur canadien des petites centrales hydrauliques englobe plus de 20 équipementiers et près de 70 firmes d'ingénierie qui fournissent de l'emploi à environ 2 000 personnes. Le sous-secteur injecte annuellement 150 millions de dollars dans l'économie canadienne en réalisant des projets au niveau local et à l'étranger. Les ajouts faits chaque année aux capacités de production des petites centrales hydrauliques représentent une quantité estimée entre 50 et 150 MW en plus d'un investissement de 200 millions de dollars.<sup>31</sup> Le Canada constitue un chef de file reconnu dans plusieurs domaines s'y rapportant, et notamment l'application à faibles coûts de systèmes de commande en ayant recours à des microprocesseurs, la rénovation pour la

<sup>30</sup> Natural Resources Canada. 2006. *Final Report on the Hydraulic Energy Group Ad-Hoc Technical Advisory Committee meeting of March 16, 2006*, Ottawa.

<sup>31</sup> Natural Resources Canada, 2006. "Small Hydro Technology Review." Internal document. Prepared by the Renewable and Electrical Energy Division, NRCAN.

valorisation des turbines hydrauliques existantes et le développement de voies de dérivation pour les poissons. Néanmoins, le nombre de fabricants canadiens de petites turbines hydrauliques a diminué au point où l'on n'en retrouve plus que quelques-uns au Canada.

En ce qui concerne la représentation du secteur industriel, on constate qu'il n'existe au Canada aucune association liée aux petites centrales hydrauliques. L'Association canadienne de l'hydro-électricité représente tant les petites que les grandes centrales hydrauliques. Elle veille à ce que l'hydro-électricité soit reconnue et appuyée à l'intérieur des politiques publiques comme étant une énergie non polluante, écologique et renouvelable, tant au Canada qu'à l'étranger. On retrouve également plusieurs associations provinciales de producteurs indépendants d'électricité et d'hydro-électricité.

#### *Le courant de l'eau*

À l'échelle internationale, on retrouve plus de 20 intervenants dans ce secteur qui s'occupent de recherche et de développement et offrent des modèles compétitifs de systèmes fonctionnant grâce au courant de l'eau. Plusieurs de ces derniers en sont à l'étape de la démonstration. Le nombre des intervenants qui auront du succès devrait être réduit de 2 à 5 d'ici 2010, c'est-à-dire au moment où les produits seront prêts à faire leur entrée sur les marchés.<sup>32</sup>

#### **2.1.1 Part du marché détenue par le Canada**

Une étude menée par Statistique Canada en 2005 a démontré que les capacités totales du Canada en matière de petites centrales hydrauliques étaient d'environ 3 400 MW.<sup>33</sup> La majorité des emplacements propices est située en Ontario, au Québec et en Colombie-Britannique. Des nouvelles capacités apparaissent chaque année à un rythme se situant entre 50 et 150 MW.<sup>34</sup> Parallèlement, un grand nombre d'emplacements plus anciens est déclassé chaque année, ce qui entraîne un accroissement réel net de seulement quelques MW de capacités.

Plusieurs des emplacements plus anciens sont des installations hydrauliques à faibles chutes conçues au tournant du XXe siècle puisqu'il n'existait aucune autre source concurrentielle de production d'électricité. Les données de Statistique Canada relativement aux capacités hydrauliques à faibles chutes indiquent un total de 1 773 MW.<sup>35</sup> La majorité de ces emplacements présente des capacités de moins de 50 MW, et 95 p. 100 d'entre eux ont été construits avant 1965.

**Tableau 1 : Ventilation des marchés par province et territoire – CAPACITÉS EN PETITES CENTRALES HYDRAULIQUES**

Province/ Territoire	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
	Capacités	Capacités	Capacités	Capacités	Capacités	Capacités	Capacités
	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW
ALB.	194	207	214	215	264	264	264
C.-B.	622	622	623	565	597	703	794
MAN.	10	10	10	11	11	11	11
N.-B.	90	90	90	90	84	83	85
T.-N.	206	206	209	213	176	216	216
N.-É.	169	169	169	169	174	174	174
TNO	60	59	30	30	30	33	32
ONT.	1003	978	1006	1032	1023	1047	1056
QUÉ.	768	769	769	761	761	662	670
SASK.	25	25	23	23	23	23	23
YUKON	76	77	76	77	77	77	77
<b>Total</b>	<b>3224</b>	<b>3211</b>	<b>3221</b>	<b>3187</b>	<b>3219</b>	<b>3292</b>	<b>3401</b>

<sup>32</sup> Navigant Consulting. 2007. *Renewable Energy: Costs, Performance and Markets – An Outlook to 2015*. Prepared for CEA Technologies, June 22, 2007.

<sup>33</sup> Statistics Canada 1996-2004. *Electric Power Generating Stations*. Catalogue 57-202-XIB.

<sup>34</sup> Ibid., 33

<sup>35</sup> Statistics Canada. 1986. Internal database of electric power generating stations.



Source : Statistique Canada. 2004. Catalogue no 57-206-XIB.

La société Ontario Power Generation dispose de 67 centrales hydro-électriques réparties sur le territoire de la province. Environ la moitié d'entre elles présente des capacités inférieures à 10 MW et fournit près de 10 p. 100 de l'électricité de l'Ontario. La société Hydro-Québec exploite quelques petites centrales mais se fie plutôt à de plus grandes installations hydro-électriques. La société BC Hydro exploite toutes les grandes centrales électriques de la province et quelques petites centrales. Environ 30 producteurs indépendants exploitent la majorité des petites centrales hydrauliques en Colombie-Britannique. La société Transalta exploite presque toutes les petites centrales hydrauliques en Alberta (la société Alberta Power possède une petite installation à Jasper), fournissant ainsi près de 5 p. 100 de la production totale de la province. La Nouvelle-Écosse exploite environ 40 petites centrales hydrauliques et répond à près de 11 p. 100 des besoins de la province en électricité. Le Nouveau-Brunswick exploite environ 40 petites centrales hydrauliques qui fournissent autour de 20 p. 100 des capacités de la province.<sup>36</sup>

### 2.1.2 La part du marché mondial

La capacité totale installée au monde de petites centrales hydrauliques est estimée à approximativement 56 500 MW en 2003 et 61 000 MW en 2004, avec un taux de croissance actuel de 8 p. 100.<sup>37</sup> Ce dernier s'est avéré très stable dans les quatre dernières années (de 2000 à 2004), atteignant une moyenne de 7 p. 100 par année. La majorité des capacités installées se retrouvait dans les pays en développement (soit 39 000 MW), alors que la Chine constituait le plus important marché avec 34 000 MW. Les principaux obstacles à l'exploitation plus exhaustive des petites centrales hydrauliques à l'échelle mondiale sont l'accès aux réseaux de transport et les préoccupations environnementales et sociales.<sup>38</sup>

## 2.2 Le potentiel de mise en valeur

Au Canada, le potentiel global de l'hydro-électricité est immense à 163 000 MW, toutefois, une grande partie de celui-ci est économique.<sup>39</sup> La mise en valeur des emplacements les plus profitables sur le territoire canadien est chose faite, surtout près des centres de charge. On estime que, dans les conditions techniques et socio-économiques actuelles, environ 15 p. 100 du potentiel établi en matière de petites centrales hydrauliques, qui est de 15 000 MW<sup>40, 41</sup> constituerait une proportion adéquate pour la mise en valeur en ayant recours à la technologie de pointe existante. En outre, on est d'avis qu'une autre proportion se situant entre 10 et 15 p. 100 du potentiel accessible pourrait être exploité grâce à des procédés améliorés. Il convient cependant de souligner qu'une quantité additionnelle de 2 000 MW pourrait être développée à moyen terme si l'on réduisait de 10 à 15 p. 100 le coût en capital, ce qui contribuerait à accroître le taux de rendement.<sup>42</sup> En pratique, le potentiel de développement des capacités additionnelles se situe donc entre 2 250 et 4 500 MW.

Le Canada offre également un vaste potentiel pour les centrales à faibles chutes, dont une bonne proportion serait économiquement exploitable avec une réduction des coûts pour l'équipement. Une récente étude menée en Ontario concernant le potentiel hydro-électrique a permis d'établir l'existence de plus de 4 000 MW exploitable dans le secteur des centrales à faibles chutes, ce qui englobe des emplacements offrant des possibilités au-delà des 50 MW.<sup>43</sup> À l'extérieur de cette province, d'autres études réalisées plus tôt ont permis de conclure à un potentiel d'au moins 2 700 MW pour les centrales à faibles chutes (ce qui n'englobe que les emplacements de plus de 25 MW).<sup>44</sup> Ce potentiel provient surtout des vannes, des canaux d'irrigation, des clapets de relâchement de pression pour l'eau potable, des bassins de rejet d'eaux usées en milieu urbain et d'un grand nombre de rivières. Il existe environ 10 000 barrages à faibles chutes et structures hydrauliques pour le contrôle des inondations, pour l'approvisionnement en eau et pour l'irrigation.<sup>45</sup> Beaucoup de possibilités en ce domaine s'offriraient si on ajoutait la

<sup>36</sup> Statistics Canada. 2004. *Electric Power Generating Stations*. Catalogue 57-202-XIB.

<sup>37</sup> REN21 Renewable Energy Policy Network. 2005. *Renewables 2005 Global Status Report*. Washington, DC: World Watch Institute. Le document fait état de la production d'électricité par petites centrales hydrauliques en fonction de ce qui est rapporté par chaque pays. Dans le cas de la Chine et du Canada, 50 MW est la limite ultime pour une petite centrale hydraulique, alors qu'elle est de 10 MW dans les autres pays.

<sup>38</sup> International Energy Agency (IEA). 2006. *Renewable Energy R&D Priorities – Insights from IEA Technology Programmes*. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD).

<sup>39</sup> Canadian Hydropower Association. 2006. *Study of Hydropower Potential in Canada*. Prepared by EEM Inc.

<sup>40</sup> Ibid., 39.

<sup>41</sup> Natural Resources Canada. 2005. *Small Hydro Atlas*. [www.small-hydro.com](http://www.small-hydro.com).

<sup>42</sup> The Conference Board of Canada. 2003. *Renewable Energy in Canada*.

<sup>43</sup> Hatch Acres. 2005. *Evaluation and Assessment of Ontario's Waterpower Potential*. Hatch Acres, Oakville. 55 pp.

<sup>44</sup> Natural Resources Canada. 2005. *Small Hydro Atlas*. [www.small-hydro.com](http://www.small-hydro.com).

<sup>45</sup> Tung, Tony T.P., J. Huang, C. Handler, and G. Ranjitkar. 2007. Better Turbines for Small Hydro. *Hydro Review*, March 2007.

production d'hydro-électricité à ces structures et à ces barrages à faibles chutes, tandis que les répercussions environnementales en seraient minimales. Il est difficile d'en évaluer le potentiel réalisable sur le plan économique en raison des coûts élevés liés aux nouveaux procédés technologiques.<sup>46</sup> Les localités éloignées pourraient constituer un excellent marché à court terme dans ce domaine puisque les coûts de production de l'électricité y sont très élevés.<sup>47</sup>

**Tableau 2 : Ventilation par province/territoire -  
Potentiel en Matière de Petites Centrales Hydrauliques**

Provinces/ Territoires	Potentiel MW
ALB.	200
C.-B.	3529
Man.	309
N.-B.	614
Terre- Neuve	1200
N.-É.	164
T.N.-O.	106
NUN.	129
ONT.	3699
Î.P.-É	3
Qué.	4387
Sask.	575
Yukon	57
<b>Total</b>	<b>14 970</b>

Source : Association canadienne d'hydro-électricité. 2006. Study of Hydropower Potential in Canada. Élaborée par EEM inc. et Ressources naturelles Canada. 2005. Small Hydro Atlas. [www.small-hydro.com](http://www.small-hydro.com)

Les plus grandes possibilités de développement hydro-électrique émanent de la Colombie-Britannique, un endroit où l'on estime que seulement la moitié du potentiel total peut être exploitée à 7 cents le kWh. Les coûts d'exploitation pour les emplacements du reste du pays demeurent élevés et diffèrent d'une province à l'autre.<sup>48</sup>

Il serait également possible de remettre en ordre plusieurs emplacements existants qui ont vraiment besoin de rénovations et d'entretien. Grâce à l'évolution accélérée de la conception hydraulique assistée par ordinateur, il est maintenant possible de non seulement rénover les anciennes centrales mais également d'en améliorer le rendement. On retrouve plus de 600 centrales électriques de petites et moyennes dimensions qui comptent des éléments installés avant 1965.<sup>49</sup> Ces installations offrent des possibilités de modernisation qui se traduiraient par un accroissement des capacités totales estimées à 1 000 MW, prenant en compte une production augmentée de 15 p. 100. À l'échelle internationale, les pays membres de l'Union européenne contiennent les centrales électriques les plus anciennes. En effet, près de 45 p. 100 d'entre elles ont plus de 60 ans et 68 p. 100 ont plus de 40 ans.<sup>50</sup>

<sup>46</sup> Il est nécessaire de procéder à une évaluation de la technologie et du marché disponibles pour les centrales à faibles chutes.

<sup>47</sup> Natural Resources Canada. 2007. *Meeting Minutes of the Hydraulic Energy Group Technical Advisory Committee Meeting of April 19, 2007, Ottawa.*

<sup>48</sup> Natural Resources Canada, 2006. *Small Hydro Technology Review.* Internal document. Prepared by the Renewable and Electrical Energy Division, NRCan.

<sup>49</sup> Statistics Canada. 2004. *Electric Power Generating Stations.* Catalogue 57-202-XI.B

<sup>50</sup> European Directorate for Transport and Energy and Swiss Federal Office for Science and Education. 2004. *European Strategy Document for Research, Technology Development and Demonstration in Small Hydropower.* Prepared by the Engineering Work Group of the Thematic Network on Small Hydropower (TN-SHP).

**Tableau 3 : Estimation du développement de petites centrales hydrauliques au Canada d'ici 2050**

Années	Capacités installées (< 50 MW)
Actuellement	3401
2015	4792
2025	6492
2050	7742
	<b>MW additionnels</b>
De 2006 à 2015, 180 MW/an	1620
De 2015 à 2025, 170 MW/an	1700
De 2025 à 2050, 50 MW/an	1250

Source : Ressources naturelles Canada, 2006. Estimations fondées sur des informations recueillies à partir de communications avec divers groupes publics, des sociétés privées et des entreprises de partout au Canada.

Selon le Conseil mondial de l'énergie, les capacités installées de petites centrales hydrauliques devraient, dans le cadre des politiques actuelles, augmenter pour atteindre 55 GW en 2010. La plus grande augmentation serait le fait de la Chine. Dans les circonstances favorables prévues par le Conseil mondial de l'énergie, l'augmentation en 2020 se poursuivrait pour atteindre environ 75 GW. Toutes les régions du monde connaissent une importante augmentation de leurs capacités en matière de petites centrales hydrauliques, et notamment la Chine qui montre la hausse la plus spectaculaire.<sup>51</sup> Il n'existe aucune statistique concernant les centrales à faibles chutes.

**Tableau 4 : Estimation du développement de petites centrales hydrauliques par région d'ici 2010<sup>52</sup>**

Régions	Capacités (MW)	Production (GWh)
Amérique du Nord	5,500	25,000
Amérique latine	3,000	10,000
Europe de l'Ouest	12,600	50,000
ECO et AUS	7,000	28,000
Moyen-Orient et pays de la Méditerranée	400	1,700
Afrique	700	3,000
Pacifique	750	3,000
Asie	25,000	100,000
<b>Total</b>	<b>54,950</b>	<b>220,700</b>

### *Le courant de l'eau*

Les possibilités offertes par le courant de l'eau au Canada sont largement méconnues. Une seule étude sur le sujet a été réalisée au pays, cela dans les années 1980. Cette dernière visait à quantifier le potentiel du courant de l'eau et se limitait à quelques grandes rivières. Elle établissait les biefs de ces rivières et les zones de marées où aucun dispositif hydro-électrique « à chutes nulles » ne pouvait être installé pour extraire l'énergie cinétique existante.<sup>53</sup>

<sup>51</sup> World Energy Council, 2004.

<sup>52</sup> Ibid., 51

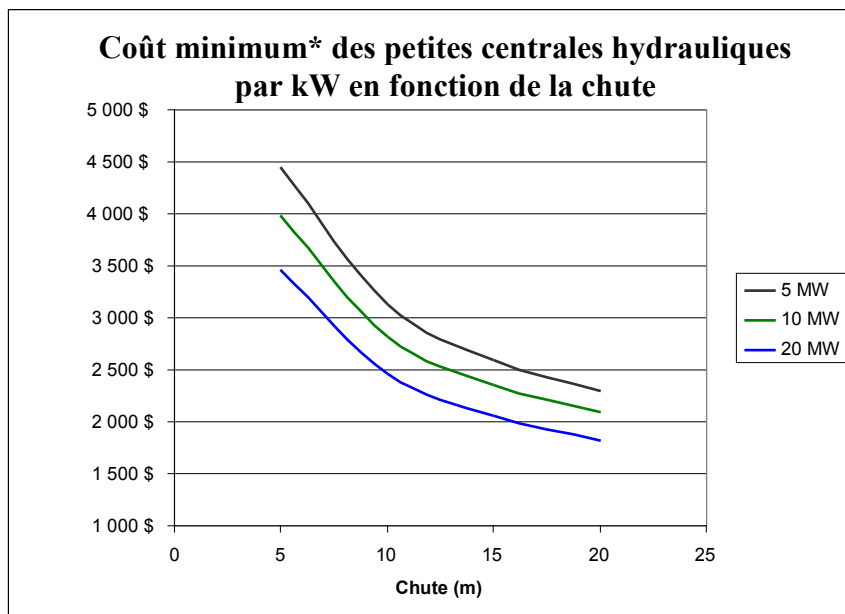
<sup>53</sup> National Research Council. 1980. *Evaluation of the Kinetic Energy of Canadian Rivers and Estuaries*. Produced by the UMA Group for the National Research Council – Canadian Hydraulic Centre.

## 2.3 Les charges spécifiques

Dans un marché déréglementé de l'électricité, la production hydro-électrique offre des perspectives de rentabilité durable à long terme. Une comparaison des facteurs de rendement portant sur divers genres d'installations énergétiques laissent croire que l'hydro-électricité demeure la forme la plus valable de production puisqu'elle aboutit à la plus grande quantité d'énergie produite au cours de sa durée de vie utile, tout cela par rapport à l'énergie nécessaire pour la fabrication, la mise en fonction et l'élimination, y compris en ce qui concerne l'énergie secondaire.<sup>54</sup> Les petites centrales hydrauliques, d'autre part, se traduisent par des avantages sur le plan environnemental et, grâce à des procédés technologiques locaux, par des avantages économiques régionaux qui ne sont pas toujours pris en compte. En fait, les petites centrales hydrauliques seraient compétitives si les gouvernements et les entreprises de service public tarifieraient la production classique d'électricité à son « véritable » niveau.<sup>55</sup>

Les investissements courants, en argent canadien, s'échelonnent de 2 000 à 5 000 dollars<sup>56</sup> le kW installé. Le coût global de l'énergie s'établit de 0,04 dollar à 0,10 dollar le kWh.<sup>57</sup> À l'échelle internationale, le coût énergétique des petites centrales hydrauliques s'échelonne, en argent américain, de 0,02 dollar à 0,06 dollar le kWh. Le coût le plus bas est le fait des régions disposant de plus de ressources.<sup>58</sup>

Le prix des turbines représente 20 p. 100 (pour les appareils à chutes élevées) et 50 p. 100 (pour les appareils à faibles chutes) de la facture totale liée à une installation de petites centrales hydrauliques (se référer à la figure 1). Une fois radiés les coûts élevés en capital reliés à l'amorce des travaux de génie civil et à l'achat de l'équipement nécessaire, les coûts d'entretien et d'exploitation demeurent très peu élevés. Les turbines et l'équipement mécanique présentent habituellement une durée de vie utile de 25 ans, en plus d'offrir la possibilité de rénovations. Les éléments de travaux de génie civil ont généralement une durée de vie utile plus longue.



\*En dollars canadiens de 2000

Figure 1

<sup>54</sup> Natural Resources Canada, 2006. "Small Hydro Technology Review." Internal document. Prepared by the Renewable and Electrical Energy Division, NRCan.

<sup>55</sup> Natural Resources Canada, 2006. *Final Report on the Hydraulic Energy Group Ad-Hoc Technical Advisory Committee Meeting*. March 16, 2006, Ottawa.

<sup>56</sup> Navigant Consulting, 2007. *Renewable Energy: Costs, Performance and Markets – An Outlook to 2015*. Prepared for CEA Technologies, June 22, 2007.

<sup>57</sup> Natural Resources Canada, 2004. Deck on small hydro. Internal document. Prepared by the Renewable Energy Technology Group, NRCan.

<sup>58</sup> International Energy Agency (IEA), 2006. *Renewable Energy R&D Priorities – Insights from IEA Technology Programmes*. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD).

Tous les coûts se rapportant aux installations varient considérablement d'un chantier à l'autre puisqu'ils dépendent de chaque emplacement. La mise en valeur se bute aux obstacles naturels, tels que les variations dans le courant de l'eau et l'éloignement de plusieurs des emplacements (il faut prendre en compte la construction de lignes de transport plus longues, la logistique inhérente à la construction en terrains isolés, etc.). Les emplacements à faibles chutes (moins de 15 mètres de déclivité) où l'on a recours à une technologie existante exigent des coûts en capital plus élevés (se référer à la figure 1). De plus, les emplacements qui nécessitent de grands canaux d'amenée, de longues routes d'accès ou d'imposantes structures de pont entraînent des coûts en

capital encore plus élevés.<sup>59</sup> D'autres facteurs peuvent s'y ajouter, comme l'absence de contrats standards pour les acquisitions et la nécessité d'interconnexions entre les réseaux régionaux et provinciaux, ce qui résulte en des coûts de préparatifs et de conception substantiels.<sup>60</sup> Il en va de même des obligations réglementaires, alors qu'un grand nombre d'installations de petites centrales hydrauliques ne peut se permettre d'entreprendre les mêmes études et les mêmes évaluations exhaustives imposées aux grandes installations hydro-électriques.

Les économies possibles dans le cas des petites centrales hydrauliques sont très intéressantes, surtout en ce qui a trait aux installations rénovées. Dans le meilleur des cas, ces économies peuvent atteindre un niveau aussi bas que 4 cents le kWh. Toutefois, l'aménagement d'emplacements plus complexes peut signifier des coûts de production plus élevés avoisinant les 10 cents le kWh.

Les coûts d'exploitation diffèrent avec chaque installation et s'échelonnent entre 1,5 et 2 cents le kWh. Grâce à l'amélioration de l'automatisation, il existe maintenant de grandes possibilités de diminuer ces coûts.

Le résumé des coûts et de leur nature dans le cas des petites centrales hydrauliques est présenté dans le tableau 4. À cet égard, il est important de se rappeler ce qui suit :

- Les coûts de production de nouvelles installations décroissent à mesure que les capacités installées augmentent en raison des économies d'échelle. Certains coûts fixes liés aux installations ne sont pas beaucoup modifiés par l'importance de ces dernières, ce qui contribue à augmenter le total définitif par kilowatt dans le cas des plus petites installations.
- Les installations à faibles chutes mais à fort débit sont plus dispendieuses que les installations à fortes chutes mais à faible débit. Le coût de l'équipement de production diminue rapidement à mesure que les chutes prennent de l'importance. On ne trouve que peu d'informations sur les échelles de prix concernant les centrales hydrauliques à faibles chutes puisqu'il s'agit là d'installations technologiques très récentes.
- Près de 75 p. 100 des coûts de mise en valeur dépendent de l'emplacement et des conditions propres à l'endroit, tandis que 25 p. 100 de ceux-ci demeurent relativement fixes.
- Les coûts en capital se rapportant aux installations dans les régions éloignées sont habituellement élevés et peuvent dépasser les 6 000 dollars le kilowatt.

**Tableau 5 : Répartition des coûts dans les petites centrales hydrauliques**

	Coûts en capital \$/kW	Pourcentage des coûts totaux	Coûts de F-E ¢/kWh	Coûts totaux de production (¢/kWh) <sup>61</sup>
<b>Travaux civils</b>	900 - 2 800 \$	60-70 %		
<b>Ingénierie et planification</b>	75 - 400 \$	5-10 %		
<b>Équipement de production</b>	375 - 1 400 \$	25-35 %		
<b>Totaux</b>	<b>1 500 - 4 000 \$</b>		<b>1,5 - 2</b>	<b>4,3 - 9,5</b>

La recherche et le développement qui se font actuellement dans le domaine des centrales hydrauliques à faibles chutes devraient aboutir à des découvertes technologiques aptes à réduire d'une manière substantielle les coûts, rendant ainsi viables sur le plan économique les emplacements propices à ce genre d'installations.

<sup>59</sup> David Suzuki Foundation. 2004. *Smart Generation – Powering Ontario with Renewable Energy*. Vancouver, Canada

<sup>60</sup> Ibid., 59.

<sup>61</sup> En prenant en compte 25 années de durée de vie, 10 p. 100 de taux d'actualisation et une efficacité globale de 66 p. 100, le tout fonctionnant 6 000 h/an.

Les futurs coûts reliés aux petites centrales hydrauliques vont demeurer relativement stables. On ne s'attend à aucune nouvelle percée technologique, toutefois, des améliorations techniques et des techniques de construction de meilleure qualité sont susceptibles de réduire les coûts d'un autre 10 à 15 p. 100, ce qui pourrait doubler les capacités éventuelles en petites centrales hydrauliques économiquement viables.<sup>62</sup>

#### *Le courant de l'eau*

À l'échelle internationale, on retrouve plus de 20 intervenants dans ce secteur qui s'occupent de recherche et de développement et offrent des modèles compétitifs de systèmes fonctionnant grâce au courant de l'eau.<sup>63</sup> Plusieurs de ces derniers en sont à l'étape de la démonstration. Le nombre des intervenants qui auront du succès devrait être réduit de 2 à 5 d'ici 2010, c'est-à-dire au moment où les produits seront prêts à faire leur entrée sur les marchés.<sup>64</sup>

---

<sup>62</sup> The Conference Board of Canada. 2003. *Renewable Energy in Canada*.

<sup>63</sup> Navigant Consulting. 2007. *Renewable Energy: Costs, Performance and Markets – An Outlook to 2015*. Prepared for CEA Technologies, June 22, 2007.

<sup>64</sup> Ibid., 63.

### 3 Enjeux et possibilités

Le Canada, avec ses fabricants, ses entreprises de construction et ses exploitants, est reconnu internationalement pour ses compétences expertes et son excellence dans le domaine de l'énergie hydro-électrique. Contrairement aux pays européens, toutefois, le Canada ne jouit pas d'une longue tradition en matière de recherche-développement sur les machines hydrauliques. De plus, on ne retrouve pas sur le territoire canadien d'installations de recherche et de mise à l'essai indépendantes et bien établies se rapportant au secteur des petites et des grandes centrales hydrauliques. Ressources naturelles Canada, par l'entremise de son Programme de recherche et de développement énergétiques, appuie les activités du Laboratoire de machines hydrauliques de l'Université Laval depuis plus de 10 ans, ce qui en fait le seul laboratoire canadien indépendant de mise à l'essai des turbines hydrauliques. Ce dernier vient combler une importante lacune dans les capacités du Canada en matière de R-D en assurant une mise à l'essai indépendante et digne de foi de modèles originaux de turbine en Amérique du Nord. Le soutien du gouvernement du Canada au laboratoire de l'Université Laval s'est avéré un élément déterminant à son développement précoce et à ses récents succès. Néanmoins, le secteur canadien de l'hydro-électricité déplore l'absence d'installations de recherche équivalentes à celles des provinces de l'Atlantique et de l'Ouest pour ce qui est de l'énergie éolienne. En général, il y a pénurie d'infrastructures de mise à l'essai, de recherche et de formation partout au pays.<sup>65</sup> D'autre part, on a procédé au lancement de plusieurs entreprises et innovations de recherche et de développement dans des emplacements hydro-électriques, et il faudrait organiser un colloque à ce sujet afin d'en partager avec tous les expériences qui en ont résulté.<sup>66</sup>

Tant à l'échelle nationale qu'internationale, la perception est que l'hydro-électricité est un domaine technologique parvenu à maturité qui n'a que peu de besoins en matière de recherche et de développement. Comme conséquence, un grand nombre de gouvernements, d'organisations et d'entreprises n'a pris aucune mesure pour rester au diapason des nouvelles découvertes, ou encore pour attirer ou affecter de nouveaux fonds à la R-D. La situation est même encore plus critique pour le secteur des petites centrales hydrauliques ou des centrales à faibles chutes parce que celui-ci n'a pas la capacité de mener ses propres activités de recherche et développement. Cet état de fait s'explique par la présence en majorité de sociétés de petites tailles, de la concurrence féroce et des pressions découlant des coûts. Les forces du marché sont telles que les promoteurs et les producteurs d'électricité indépendants comptent sur l'établissement de partenariats avec le gouvernement fédéral et les universités pour effectuer de la recherche et du développement. Le financement gouvernemental existe pour les nouveaux éléments technologiques liés aux énergies renouvelables et servant à aider les entreprises. Malgré tout, il est difficile de pouvoir profiter de certains fonds offerts dans le cadre de certains programmes parce que les décideurs considèrent que les produits technologiques soumis ne sont pas novateurs. Parallèlement, il n'existe que peu de ressources aux niveaux des gouvernements municipaux et provinciaux, ainsi qu'au niveau des services publics, pour combler l'écart en matière de R-D. Cela est en partie attribuable au fait que les sociétés provinciales d'électricité satisfont leurs besoins en la matière à partir de producteurs indépendants, laissant ces derniers ou leurs fournisseurs réaliser la recherche et le développement.<sup>67</sup> Néanmoins, certaines sociétés publiques dans les provinces ont entrepris de collaborer avec des universités dans ce domaine.<sup>68</sup>

L'absence actuellement de recherche et de développement à l'échelle internationale dans le domaine de l'hydro-électricité donne au Canada la possibilité de devenir un chef de file mondial au chapitre de la nouvelle technologie s'y rapportant, et plus particulièrement dans le secteur des turbines pour centrales à faibles chutes qui sont sans danger pour la faune halieutique et d'autres éléments technologiques connexes.

L'héritage hydraulique actuel (c'est-à-dire les centrales hydrauliques vieillissantes) est réparti partout sur le territoire, en particulier sur l'est de l'Amérique du Nord, alors que la plus grande partie des systèmes sert aux centrales à faibles chutes. À titre d'exemple, les investissements de la société Hydro-Québec consacrés à la restauration dans les prochaines dix années seront d'au moins 180 millions de dollars par année pour l'équipement principal de production, ainsi que de 100 millions de dollars par année pour l'exécution des travaux de génie civil et la construction de déversoirs.<sup>69</sup> Selon des rapports de l'Agence internationale de l'énergie, dans le cas de 1 469 installations (soit 89 p. 100 des capacités hydrauliques des États-Unis), 20 p. 100 de celles

<sup>65</sup> Natural Resources Canada. 2006. *Final Report on the Hydraulic Energy Group Ad-Hoc Technical Advisory Committee Meeting*, March 16, 2006, Ottawa.

<sup>66</sup> Natural Resources Canada. 2007. *Minutes of the Hydraulic Energy Group Technical Advisory Committee Meeting*. April 19, 2007, Ottawa.

<sup>67</sup> Clarke, Colin, Brookfield Power. 2007. *Minutes of the Hydraulic Energy Group Technical Advisory Committee Meeting*. April 19, 2007, Ottawa.

<sup>68</sup> *Ibid.*, 66.

<sup>69</sup> *Ibid.*, 65.

servant à la production ont plus de 75 ans d'ancienneté et 60 p. 100 dépassent leur durée de vie utile prévue.<sup>70</sup> Tous ces éléments ne font pas exclusivement partie intégrante des petites centrales hydrauliques, mais ils représentent une importante possibilité commerciale.

Un autre important problème qui confronte le secteur de l'hydro-électricité est le vieillissement de la main-d'œuvre. En effet, on estime qu'il ne reste que 10 années de compétences expertes au Canada dans ce domaine. Déjà, on constate une pénurie d'employés qualifiés pour concevoir et exploiter des ressources hydrauliques en raison d'un manque de formation collégiale et universitaire dans ce secteur d'activités. L'industrie doit compter sur des employés formés outre-mer et cette ressource s'amenuise graduellement.<sup>71</sup> Les secteurs gouvernementale et industriel doivent s'intéresser à cette question et favoriser l'élan du moment pour stimuler l'entrée de ces nouvelles techniques à l'université et y attirer l'intérêt des étudiants.

Un grand nombre de risques accompagne le développement de petites centrales hydrauliques, notamment les longues périodes nécessaires à l'obtention des approbations. En outre, les membres de l'opposition peuvent arbitrairement faire dérailler les plans envisagés durant les consultations publiques. Il faut, en moyenne, au moins 50 autorisations pour le développement de petites centrales hydrauliques, le tout dépendant des provinces et des territoires concernés.<sup>72</sup> Les règlements actuels sont axés sur les problèmes suscités par les grandes installations hydro-électriques, imposant ainsi des exigences disproportionnées sur les petits promoteurs. Un cadre législatif plus adéquat serait nécessaire pour cerner les problèmes liés aux petites centrales hydrauliques. Dans les dernières années, les gouvernements provinciaux ont commencé à aborder certains des problèmes et certains des obstacles se rapportant à ce secteur, optant pour une formule plus rationnelle et plus durable d'aménagement des bassins versants. Au niveau fédéral, Ressources naturelles Canada s'est engagé à collaborer avec les provinces en vue de rationaliser le processus de mise en valeur des ressources hydro-électriques.<sup>73</sup> Les centrales actionnées par courant d'eau font également face à des problèmes d'autorisation et d'émission de permis.<sup>74</sup>

Sur le plan technologique, la mise au point de techniques de pointe en matière d'hydro-électricité dans le cas des petites centrales, des centrales à faibles chutes et des centrales actionnées par courant d'eau se bute aux problèmes particuliers des grandes installations hydrauliques. Le recours à des produits technologiques adéquats signifie davantage que la simple réduction de l'équipement et du savoir-faire propres aux grandes installations. Comme principe de base, il faut d'abord régler certains problèmes techniques particuliers. Les petites installations sont confrontées à des coûts élevés de production car certains coûts fixes ne changent pas avec l'envergure de celles-ci. Comme la plus grande partie des emplacements bon marché de petites centrales hydrauliques situés près des centres de charge est déjà mise en valeur, la difficulté consiste à favoriser le développement des autres emplacements qui sont actuellement non rentables. Le potentiel lié aux centrales à faibles chutes est présent près des centres de charge et dans un grand nombre de régions éloignées, toutefois, le tout n'est toujours pas rentable.

Le coût de l'équipement, dans le cas des centrales à faibles chutes, occupe la plus grande partie du total nécessaire puisqu'il en faut une quantité plus importante pour s'adapter à un volume plus grand d'eau et à des turbines plus lentes. Il en résulte un coût final plus élevé par kilowatt, en particulier dans le cas des petites installations. L'objectif visé est de développer une technologie axée sur les marchés qui fera des centrales à faibles chutes une option plus viable sur le plan économique, permettant ainsi une exploitation plus large du potentiel hydraulique offert par ces installations fonctionnant au gré du courant de l'eau. Il faut que la recherche et le développement soient concentrés sur la conception de systèmes à haut rendement énergétique à base de turbines sans danger pour les poissons qui exigent des travaux de génie civil de moindre envergure.

La recherche et le développement mettant l'accent sur la mise au point de turbines sans danger pour les poissons (particulièrement dans le cas des centrales à faibles chutes et des centrales actionnées par le courant de l'eau) constituent des éléments incontournables si l'on veut atténuer les répercussions environnementales consécutives à l'exploitation hydro-électrique et se conformer à des exigences plus rigoureuses sur ce plan. Il faut également axer la recherche et le développement sur l'amélioration des travaux de génie civil afin d'éliminer les coûts élevés de construction dans les régions nordiques, sur la conception de micro-appareils hydro-électriques portatifs afin de les utiliser dans des applications hors-réseaux et dans les régions éloignées, ainsi que sur la conception de systèmes efficaces à base de turbines actionnées par le courant de l'eau particulièrement applicables à l'énergie tirée des mers.

<sup>70</sup> International Energy Agency. 2006. The IEA Hydropower Agreement and Insights from Technology Programmes. Presentation to the Hydraulic Energy Technical Advisory Committee, March 16, 2006.

<sup>71</sup> Natural Resources Canada. 2007. Minutes of the Hydraulic Energy Group Technical Advisory Committee Meeting. April 19, 2007, Ottawa.

<sup>72</sup> Sjöman, P. 2006. Presentation at the *Micro-hydro Workshop*, Victoria, B.C., March 18, 2006.

<sup>73</sup> Hon. Gary Lunn, Minister of Natural Resources Canada 2006. Speech at the *Forum on Hydropower 2006*. Canadian Hydropower Association (CHA), October 26.

<sup>74</sup> Navigant Consulting. 2007. *Renewable Energy: Costs, Performance and Markets – An Outlook to 2015*. Prepared for CEA Technologies, June 22, 2007.



L'établissement d'infrastructures améliorées pour la prise de décisions relatives au changement dans le débit naturel d'un cours d'eau demeure une mesure essentielle afin d'assurer le développement durable des ressources hydro-électriques, cela dans une perspective d'acceptation environnementale, économique et sociale.<sup>75</sup> Le ministère des Pêches et Océans du Canada progresse dans l'élaboration de cadres de modélisation pour l'amélioration des outils servant à modéliser les caractéristiques hydrauliques des habitats. Ces cadres pourraient servir à établir d'une façon obligatoire les débits d'eau acceptables sur le plan environnemental dans le cas des installations destinées à modifier le mouvement naturel de l'eau (y compris pour les centrales hydro-électriques). Pêches et Océans Canada (POC) et l'Association canadienne d'électricité (ACE) travaillent de concert avec les provinces pour l'établissement d'un cadre national cohérent destiné à la gestion des débits naturels de cours d'eau. Ces différentes instances, toutefois, n'en sont pas encore venues à une entente. La réalisation d'un Bulletin d'interprétation concernant le débit des eaux par POC et l'ACE constituera, à cet égard, une étape préliminaire importante.<sup>76</sup>

Il faudra également produire des outils qui aideront les concepteurs à évaluer les conséquences découlant de chaque option. Ces outils permettront, en outre, d'établir les mesures optimales d'atténuation et de dédommagement qu'il faudra prendre pour mieux faire accepter la construction de petites centrales hydrauliques et de centrales à faibles chutes, tant d'un point de vue environnemental qu'économique.<sup>77</sup>

Au stade des études de faisabilité, des outils d'analyse sont également nécessaires pour les activités suivantes : l'évaluation des emplacements et des ressources ; l'optimisation environnementale ; la conception des éléments. Ces outils existent peut-être, mais ils sont soumis à des droits d'exclusivité. De plus, il se peut que les utilisateurs éventuels de ces outils manquent d'aptitudes nécessaires.<sup>78</sup>

Soulignons, en dernier lieu, qu'il y a toujours possibilité d'abaisser les coûts liés aux petites centrales hydrauliques d'un autre 10 à 15 p. 100 grâce au développement technologique, augmentant d'autant le nombre d'emplacements susceptibles d'être exploités. On pourrait accroître l'efficacité des petites centrales hydrauliques actuelles et futures en ayant recours aux éléments suivants:<sup>79</sup>

- des systèmes améliorés d'entretien, d'exploitation et de gestion ;
- des outils de prise de décisions en matière de fonctionnement et d'entretien qui s'appuieraient sur des mesures et des diagnostics plus précis ;
- de nouvelles façons d'aborder les questions liées à l'entretien et aux réparations ;
- des systèmes renforcés de contrôle, de protection et de surveillance.

---

<sup>75</sup>Department of Fisheries and Oceans (DFO). 2005. Report Submission to the Panel on Energy Research and Development (PERD), Natural Resources Canada.

<sup>76</sup>Ibid., 75

<sup>77</sup> Natural Resources Canada. 2006. *Final Report on the Hydraulic Energy Group Ad-Hoc Technical Advisory Committee Meeting*, March 16, 2006, Ottawa.

<sup>78</sup>Ibid., 77.

<sup>79</sup>Ibid., 77.

## 4 Situation de l'industrie et R-D

Le sous-secteur des petites centrales hydrauliques est diversifié et mal défini. Il englobe des éléments technologiques anciens, bien établis et commerciaux qui, fréquemment, doivent concurrencer sur les mêmes marchés financiers et réglementaires les produits hautement développés du secteur des grandes centrales hydro-électriques.<sup>80</sup> La plus grande différence entre la technologie des grandes et des petites centrales hydrauliques se trouve peut-être dans la diversité des modèles, des plans d'implantation, ainsi que des types d'équipement et de matériaux utilisés. On peut affirmer qu'il n'existe aucun élément « à la fine pointe de la technologie », mais plutôt un ensemble considérable de connaissances et d'expérience en matière de conception et de construction d'installations pour s'harmoniser aux emplacements et aux ressources des promoteurs.<sup>81</sup>

Le secteur de l'hydro-électricité existe depuis plus de 100 ans. Un grand nombre de centrales obsolètes est construite à petite échelle, fonctionne d'une manière non efficace ou a été mis au rancart pour des motifs économiques ou environnementaux. D'autres petites centrales hydrauliques ont été mises hors service à la suite de l'élargissement des principaux réseaux d'électricité. Il faut rapidement disposer d'éléments technologiques simples, efficaces, à faibles répercussions environnementales et économiques destinés aux petites centrales hydrauliques et aux centrales à faibles chutes, tant existantes que nouvelles.

Les sous-secteur des petites centrales hydrauliques offre des formules flexibles et novatrices en vue de la production hydro-électrique. Les entreprises de service public, toutefois, sont dans l'incapacité de se brancher sur ces innovations. La façon de faire de ces dernières (de même que leurs appels de propositions) sont structurés autour de notions de conception et de réalisation se rapportant à de grandes centrales hydro-électriques, un créneau dans lequel les petites et moyennes entreprises ne peuvent compétitionner en raison des frais généraux nécessaires.<sup>82</sup> La plus grande partie de la recherche dans le domaine de l'hydro-électricité est financée grâce aux deniers publics, lesquels s'accompagnent de partenariats établis avec les principaux fabricants d'équipement. Le coût de ces recherches est prohibitif et plusieurs des activités réalisées dans ce domaine visent les grandes centrales hydro-électriques. La recherche et le développement relatifs aux petites centrales hydrauliques tendent à être les parents pauvres de l'ensemble des activités puisque l'énergie électrique produite est restreinte. Qui plus est, il existe une perception selon laquelle les notions relatives aux grandes centrales hydro-électriques peuvent être modifiées pour s'adapter aux petites centrales hydrauliques et aux centrales à faibles chutes. Cette évaluation n'est réaliste que dans une certaine mesure.

Il existe une pléthore de codes et de normes qui couvre l'installation, la mise en fonction et l'exploitation des centrales hydro-électriques. À l'échelle internationale, les normes les plus courantes et les plus reconnues sont celles de la Commission électrotechnique internationale et de l'Institute of Electrical and Electronics Engineering. Ces normes sont en usage dans les services publics et le secteur de l'hydro-électricité du Canada. Il s'agit là d'outils essentiels au contrôle de la qualité, c'est-à-dire que ces normes permettent de veiller à ce que les divers fournisseurs procurent les meilleurs produits possibles selon les spécifications données. Ces éléments servent de guides techniques aux services publics et aux fabricants, ces derniers devant fournir et installer des turbines hydrauliques et d'autre équipement connexe.

Les normes de la Commission électrotechnique internationale et de l'Institute of Electrical and Electronics Engineering portent sur la conception, la fabrication, la remise en état, la mise en fonction, la mise à l'essai et l'exploitation des machines hydrauliques, notamment les turbines, les pompes de stockage, les pompes-turbines et l'équipement connexe. Les normes font l'objet de révisions et de mises à jour continues afin de refléter les changements qui interviennent dans la technologie et les usages, ainsi que de se conformer aux nouvelles exigences de la réglementation. Des comités techniques spéciaux sont constitués pour élaborer ou réviser les normes, alors que des experts internationaux s'engagent dans des processus intensifs d'examen et d'établissement de consensus s'y rapportant.

---

<sup>80</sup> Natural Resources Canada. 2006. *Final Report on the Hydraulic Energy Group Ad-Hoc Technical Advisory Committee meeting*. March 16, 2006, Ottawa.

<sup>81</sup> International Energy Agency Renewable Energy Working Party (REWP) and Renewable Energy and Hydrogen Implementing Agreements. 2005. Joint seminar discussion paper - *Catching Up: Priorities for Augmented Renewable Energy R&D*, March 3, 2005.

<sup>82</sup> *Ibid.*, 81.

## 4.1 Contrôle et surveillance de l'équipement électromécanique

L'acquisition d'équipement mécanique gruge une grande part des coûts dans le cas des petites centrales hydrauliques, particulièrement pour ce qui des installations à faibles chutes. Les principaux fournisseurs d'équipement mécanique destiné aux grandes centrales hydro-électriques peuvent disposer de capitaux suffisants à l'élaboration de techniques et de méthodes efficaces pour rester concurrentiels. Bien que cela ne soit pas rendu public, d'importants fonds sont investis dans la recherche, la mise à l'essai et l'élaboration d'outils et de méthodes. Les filiales des principaux fournisseurs spécialisées dans les petites centrales hydrauliques ont la possibilité de profiter des connaissances acquises et des résultats obtenus. Mais, en général, les petites et moyennes entreprises œuvrant dans le sous-secteur des petites centrale hydrauliques n'ont pas accès à de telles ressources.

Les principaux fabricants d'équipement mécanique ont mené des activités de recherche et de développement, en plus de développer une gamme spéciale de produits reliés aux petites centrales hydrauliques et aux centrales à faibles chutes, cela en normalisant les procédures de conception et de fabrication.

- La société VA Tech Hydro a mis au point des modules de conception constitués d'ensembles complets en utilisant un assemblage mécanique d'éléments normalisés. On trouvera ci-après la description de certaines turbines ainsi normalisées:
  - Turbine Hydromatrix – Il s'agit d'un élément à bas prix destiné aux barrages pour cours d'eau à faibles chutes (d'une hauteur de 3 à 30 mètres) et dotés de structures de déversoir servant à l'irrigation ou à la navigation. Aucun autre ouvrage civil n'est requis et la turbine n'implique aucun effet nuisible à l'objet premier des structures. Le module compact turbine-génératrice comprend des grilles d'entrée, des tubes d'aspiration, des appareillages de connexion et des systèmes de commande.
  - Turbine StrafloMatrix – Il s'agit d'une turbine où l'ensemble roue mobile et génératrice est intégré, et où le rebord extérieur des pales appuie le rotor de la génératrice. Ce genre de configuration, qui permet de réduire énormément les dimensions physiques nécessaires, s'applique aux emplacements à espace restreint.
  - Turbine Ecobulb – Il s'agit d'un appareil servant à des chutes de 2 à 15 mètres d'envergure et qui assure des capacités de production s'échelonnant entre 500 kW et 5 MW. Dotée d'un nombre élevé de pôles, sa génératrice à aimants permanents permet d'éliminer la présence d'une boîte d'engrenage, réduisant ainsi les dimensions du groupe bulbe et simplifiant les éléments mécaniques. Pour en savoir davantage, consultez le site Web qui se trouve à l'adresse suivante : <http://www.andritz.com>
- La société Alstom Power Hydro s'est tournée vers la formule modulaire normalisée afin de mettre au point des turbines adaptées à une multitude de configurations. Dans les derniers dix ans, l'entreprise a mis au point une multitude de turbines pour petites centrales hydrauliques, notamment les turbines Francis, Pelton, de type S et Pit Kaplan. Les ingénieurs de cette société ont eu recours à un modèle normalisé de grille de distribution pour les turbines Francis, alors que les dessins ont été simplement paramétrés pour s'harmoniser aux dimensions de la roue mobile. Dans le cas des turbines Pelton, on a élaboré des modèles normalisés pour l'appareil lui-même et l'injecteur, tandis que les dessins ont été paramétrés pour s'harmoniser aux dimensions de la roue mobile. Dans le cas des turbines de type S et Pit Kaplan, on a eu recours à des roues libres et à des grilles de distribution semblables à toutes les configurations. Pour en savoir davantage, consultez le site Web qui se trouve à l'adresse suivante : <http://www.hydro.power.alstom.com/home/>

La normalisation constitue l'une des deux voies possibles à emprunter afin d'en arriver à un rendement élevé, à une grande fiabilité, à de courts délais de production et à des investissements peu élevés. Cependant, les conditions propres à chaque emplacement diffèrent énormément. Si l'on veut que l'équipement normalisé s'harmonise avec la plus grande partie des emplacements, il faut se concentrer sur la mise au point d'une gamme plus étendue d'équipement mécanique, en particulier les turbines. L'autre voie à suivre se veut l'établissement d'une conception adaptée aux conditions de l'emplacement, ce qui exige des options et un équipement spéciaux. Les concepteurs et les fabricants de turbines destinées aux petites centrales hydrauliques et aux centrales à faibles chutes ont un urgent besoin d'appui pour élargir leurs capacités en matière de recherche et de développement.

Avec la recherche et le développement réduits à sa plus simple expression, seuls quelques fabricants canadiens d'équipement mécanique pour petites centrales hydrauliques et centrales à faibles chutes, notamment Norcan Hydraulic Turbines inc. et Canadian Hydro Components limitée, ont été en mesure de fournir des turbines de grande qualité et abordables, en plus de s'accaparer d'une part appréciable des marchés. Néanmoins, il faut davantage de recherche-développement et de soutien pour que les fabricants canadiens liés aux petites centrales hydrauliques et aux centrales à faibles chutes puissent élaborer une gamme plus large de produits et devenir plus concurrentiels à l'échelle internationale.

Le coût de l'équipement électrique, des systèmes de commande et des dispositifs de surveillance représente un pourcentage relativement faible par rapport au coût total. Néanmoins, ce coût occupe une place de première importance en ce qui concerne la fiabilité à long terme d'une centrale électrique. Les grandes multinationales réalisent de la recherche-développement et fabriquent de l'équipement électrique en fonction du marché de l'hydro-électricité. En particulier dans les domaines liés aux systèmes de commande et de surveillance, des petites entreprises, comme Powerbase Automation Systems, Rapid-eau Technologies, Mavel A. S., Cink, L&S Electric du Canada et Hydrolink, ont été en mesure de faire face à la concurrence et de fournir de l'équipement à des prix compétitifs pour la réalisation de projets de petites centrales hydrauliques.

#### *Le courant de l'eau*<sup>83</sup>

Les éléments technologiques se rapportant au courant de l'eau se trouvent actuellement dans la même position que l'énergie éolienne il y a dix ans. La recherche et le développement sont indispensables pour permettre de faire des concessions entre divers aspects se rapportant à la dimension des pales, à la génératrice à faible vitesse, à la boîte d'engrenage, au convertisseur de puissance et au système de commande. Il faut également pouvoir compter sur la recherche et le développement afin de réduire les coûts relatifs à l'installation et à la mise en valeur, plus particulièrement en ce qui concerne les fondations, les mesures de contrôle environnemental et l'atténuation des répercussions s'y rapportant.

#### **4.1.1 Les turbines**<sup>84</sup>

Les turbines en tant que tel représentent 20 p. 100 du coût total dans le cas des petites centrales hydrauliques et 50 p. 100 dans le cas des centrales à faibles chutes. La réduction des coûts de conception et de fabrication des turbines est, par conséquent, le principal objectif économique visé sur les marchés. On pourrait en arriver à ce résultat en normalisant les procédures de conception et de fabrication. Cependant, dans certains cas, une conception adaptée aux caractéristiques données d'un emplacement s'avère indispensable pour garantir une plus grande efficacité et fiabilité. Les options destinées à optimiser l'efficacité des turbines, à réduire les coûts de fabrication et à établir des procédures de systématisation doivent également faire l'objet d'une validation en ayant recours à des essais en laboratoire. Cette formule ne pourra s'appliquer qu'avec le soutien du secteur public et impliquera l'intervention d'organismes indépendants.

#### **Les fabricants de turbines ne disposent que de ressources et d'infrastructures limitées pour réaliser de la recherche-développement.**

Afin de demeurer compétitifs, les fabricants de turbines pour petites centrales hydrauliques mettent habituellement sur le marché de l'équipement qui n'entraîne que de faibles coûts généraux, ce qui ne leur laisse que peu de marge de manœuvre ou de profits à investir dans la R-D ou dans l'acquisition de techniques modernes de conception et de fabrication. En général, ces fabricants ne disposent que de petites équipes qui manquent cruellement d'infrastructures, d'installations, de fonds, de compétences adéquates et de ressources supplémentaires pour effectuer de la recherche-développement. Il en résulte alors une incapacité à améliorer un grand nombre de produits.

#### **Les universités et les centres de recherche ne fournissent aucun soutien.**

Il est plutôt rare que l'on collabore avec des centres scientifiques dans le processus normal d'aménagement des emplacements. On ne fait habituellement appel au savoir-faire qu'au moment où il se produit une défaillance sérieuse. Tout le monde reconnaît que le sous-secteur des petites centrales hydrauliques se caractérise par des budgets restreints et des calendriers de travail très serrés, ce qui constitue d'importants obstacles à la communication avec les universités et les centres de recherche, ainsi qu'à l'établissement de relations de travail avec ces institutions. Les coûts élevés entourant la réalisation d'études en laboratoire par ces institutions sont incompatibles avec l'envergure et le chiffre d'affaires se rapportant à la réalisation de projets de petites centrales hydrauliques. La collaboration avec de grands groupes industriels et de grandes centrales hydro-électriques aptes à financer ces activités demeure du domaine du possible, toutefois, la recherche-développement devrait être faite par des organismes indépendants.

<sup>83</sup> Navigant Consulting. 2007. *Renewable Energy: Costs, Performance and Markets – An Outlook to 2015*. Prepared for CEA Technologies, June 22, 2007.

<sup>84</sup> Swiderski Engineering Inc. 2006. *Strategy for Research and Technological Development in Small Hydro Power-Mechanical Aspect of Small Water Turbines*. Prepared for Natural Resources Canada.

**La dynamique computationnelle des fluides, ainsi que l'analyse des structures et des contraintes sont des procédés technologiques nouveaux qui viennent appuyer le secteur de l'hydro-électricité.**

Ces procédés démontrent de plus en plus leur utilité pour la réalisation de grands projets hydro-électriques, pour la conception hydraulique et mécanique de turbines, ainsi que pour la vérification des caractéristiques et du rendement offerts par les appareils existants. La dynamique computationnelle des fluides, de même que l'analyse des structures et des contraintes, sont considérées comme étant des environnements de laboratoire virtuels. Ces outils viennent compléter la mise à l'essai des turbines en laboratoire tout en réduisant la dépendance à l'égard de ces coûteuses vérifications. Quelques sociétés de consultation et d'ingénierie assurent la prestation de ce genre de services aux fabricants de turbines pour petites centrales hydrauliques et pour centrales à faibles chutes, mais à des coûts généralement prohibitifs pour les petits promoteurs.

*Des problèmes techniques*

**La conception des éléments mécaniques est conforme aux options liées aux grandes centrales hydro-électriques.**

La conception des éléments mécaniques des petites centrales hydrauliques est conforme aux options propres au domaine des grandes centrales hydrauliques. Habituellement, les options relatives aux grandes centrales hydro-électriques sont élaborées à partir de modèles à l'échelle et d'essais en laboratoire. Il serait peut-être possible d'adapter en partie les plus récentes techniques et les méthodes de recherche aux petites centrales hydrauliques. Alors que les modèles hydrauliques appliqués aux grandes centrales hydrauliques peuvent aisément être mis à l'échelle pour être adaptés aux petites centrales hydrauliques, les modèles d'éléments mécaniques sont plus difficiles à harmoniser. Dans le cas des petites centrales hydrauliques, il est fréquemment nécessaire de réduire la complexité des structures mécaniques. En outre, les interactions entre les divers éléments modifiés rendent plus difficile la prévision des charges transmises.

**Les méthodes courantes sont toujours appliquées mais sont constamment en cours d'élargissement pour simplifier la conception.**

Les méthodes courantes sont appliquées depuis les années 1950, toutefois, elles sont constamment élargies pour simplifier la conception de turbines. Ces méthodes, qui sont décrites dans des guides et des manuels techniques, se fondent sur plusieurs hypothèses qui permettent, dans une large mesure, de simplifier la conception des modèles mécaniques. Elles ne sont utilisées que pour des raisons de solutions pratiques.

**Les analyses poussées des structures mécaniques et des vibrations sont d'un coût prohibitif.**

On rencontre généralement des fréquences naturelles plus élevées dans le cas des divers éléments qui composent les petites centrales hydrauliques. Ce phénomène est causé par une rigidité relative accrue puisque, essentiellement, les mêmes matériaux sont utilisés pour construire des structures à plus petite échelle. Dans le cas des structures mécaniques de l'équipement servant aux petites centrales hydrauliques, il s'agit là d'un phénomène qui a des conséquences surtout positives. Néanmoins, les vibrations qui découlent des contraintes dans les mouvements cohérents sont pratiquement imprévisibles. Il faudrait effectuer une analyse exhaustive des vibrations au moment de l'installation de nouveaux matériaux, mais les coûts élevés liés à la construction de petites centrales hydrauliques ne permettent pas ce genre d'études.

**L'évaluation des facteurs relatifs à la sécurité n'est que très sommaire à l'étape de la conception.**

L'évaluation des facteurs relatifs à la sécurité n'est souvent que très sommaire à l'étape de la conception puisque les charges sont à peu près inconnues, tandis que la mise à l'essai des modèles et la modélisation des fluides et des structures ne sont pas très répandues dans le cas des petites centrales hydrauliques. Lorsque l'on s'efforce d'obtenir le degré de simplicité souhaité à l'intérieur des modèles mécaniques utilisés, les facteurs relatifs à la sécurité à l'étape de la conception sont généralement surestimés.

*Les domaines de la recherche et du développement*

**Le rendement des turbines sur le terrain**

L'évaluation de rendement sur le terrain s'avère très coûteuse puisqu'il s'échelonne entre 20 000 et 100 000 dollars, des chiffres bien au-delà des possibilités de la majorité des exploitants de petites centrales hydrauliques. Il n'existe actuellement aucune méthode abordable d'évaluation permettant de vérifier le rendement d'appareils installés à l'intérieur de petites centrales électriques, et plus particulièrement de centrales à faibles chutes. Il en va de même en ce qui a trait à l'établissement du degré d'usure des pièces et au redressement indispensable de la situation à la suite de l'évaluation du rendement. CanmetÉNERGIE à Ottawa, un élément de Ressources naturelles Canada, fait actuellement des investissements en vue de la mise au point d'équipement d'essai abordable. Les nouvelles méthodes d'essai visent les objectifs suivants : réduire le temps d'assemblage, l'importance de l'analyse des données et l'envergure des rapports ; abaisser les coûts pour les ramener à un échelon variant entre 10 000 et 20 000 dollars ; démontrer aux producteurs d'hydro-électricité les avantages qu'il y a à investir dans l'acquisition de connaissances afin de profiter d'opérations efficaces, de consommer les ressources hydriques de manière rationnelle et

d'accroître la production d'électricité à partir des mêmes quantités d'eau utilisées.<sup>85</sup> La mesure du débit de l'eau constitue un des principaux paramètres pour en arriver à une évaluation précise du rendement d'un emplacement. La marge d'erreur concernant le système de mise à l'essai ne devrait pas dépasser les 2 p. 100.

#### **La R-D sur les turbines destinées aux centrales à moyennes et à fortes chutes.**

Les secteurs des petites et des grandes centrales hydrauliques ont développé d'importantes compétences techniques en ce qui a trait à la conception et à la fabrication de turbines à convection destinées aux centrales à moyennes et à fortes chutes. Parmi ces dernières, on compte les turbines Pelton, Francis, Kaplan et Propeller. Plusieurs activités de recherche-développement ont été réalisées dans le but d'accroître leur rendement, leur production d'électricité et leur fiabilité. Il s'agissait également de diminuer globalement leur coût. CanmetÉNERGIE à Ottawa, un élément de Ressources naturelles Canada, et l'Université Laval de Québec ont travaillé de concert pour mettre au point une turbine à écoulement axial destinée aux centrales à chutes moyennes. Pour ce faire, les spécialistes de ces deux institutions ont eu recours à un modèle simple et fiable qui était des plus abordables. D'autre part, l'organisme a versé des fonds à la société Dependable Turbines limitée afin que celle-ci se penche sur la mise au point d'une turbine à palettes doubles qui ne nécessitait pas de système classique de régulation du débit particulièrement coûteux.

#### **La R-D sur les turbines destinées aux centrales à faibles chutes.**

Les plus importants domaines de priorité pour la recherche-développement touchent les questions hydrauliques, les répercussions environnementales et les questions de fonctionnement. CanmetÉNERGIE à Ottawa, un élément de Ressources naturelles Canada, appuie la mise au point d'une turbine sans danger pour les poissons qui sera utilisée dans les centrales à faibles chutes. Cet appareil sera doté d'une grande roue mobile permettant de réduire les frais élevés nécessaires à la construction de structures par génie civil, ce qui contribuera à abaisser d'une manière substantielle le coût des travaux nécessaires. On a, en outre, ajouté à la nouvelle turbine des dispositifs destinés à protéger les poissons et des fonctions liées à la variabilité des vitesses de rotation, ce qui permet à l'appareil de s'adapter plus efficacement à une gamme diversifiée de débits et de chutes, à l'opposé des turbines classiques.

#### **La R-D sur les turbines fonctionnant au gré du courant de l'eau .**

Diverses turbines fonctionnant au gré du courant de l'eau, telles que la turbine Darrieus (dite « batteur d'œufs ») que le Centre national de recherches du Canada et Ressources naturelles Canada ont mis à l'essai entre 1982 et 1987, la turbine à axe horizontal, la turbine à centre ouvert et la turbine en spirale Gorlov, ont fait l'objet d'études par le passé. Ces turbines éliminent la nécessité de tenir compte des coûts de construction d'un barrage. Toutefois, il faut disposer d'un nombre plus élevé de turbines de ce genre pour une centrale que dans le cas d'un barrage habituel. Plusieurs entreprises s'occupent actuellement de mettre au point des turbines fonctionnant au gré du courant afin de profiter de l'énergie provenant du mouvement des marées et du débit de l'eau, cela tant en Europe qu'aux États-Unis et au Canada. Il n'existe, cependant, aucun système commercial de ce genre sur le marché pour le moment. Les spécialistes de CanmetÉNERGIE à Ottawa, un élément de Ressources naturelles Canada, font actuellement l'évaluation de la technologie la plus prometteuse dans ce domaine, en plus de développer un système de plus petites dimensions pour les communautés éloignées qui ne sont pas reliées à un réseau d'électricité.

#### **La R-D supplémentaire.**

Il existe environ 10 000 barrages et structures hydrauliques sur les cours d'eau à faibles chutes servant au contrôle des débordements d'eau, à l'approvisionnement en eau et à l'irrigation. De nombreuses possibilités s'offrent d'ajouter des centrales hydrauliques à ces barrages et à ces installations, alors que les répercussions environnementales qui en découleraient demeureraient à un faible niveau.<sup>86</sup> La recherche-développement s'avère indispensable à la mise au point de turbines révolutionnaires pouvant facilement être adaptées aux installations et aux structures existantes.

#### **4.1.2 Les éléments électriques**

L'équipement et les éléments électriques occupent un pourcentage relativement peu important des coûts totaux. Toutefois, ces différents matériaux jouent un rôle déterminant pour ce qui est d'assurer la fiabilité à long terme des centrales électriques. De grandes multinationales réalisent de la recherche-développement en plus de fabriquer des produits électriques destinés au marché hydro-électrique. Néanmoins, dans le domaine des systèmes de commande et de surveillance, des entreprises plus petites ont été en mesure de soutenir la concurrence et de fournir de l'équipement pour les petites centrales hydrauliques à des prix compétitifs. Il s'agit de Powerbase Automation Systems, Rapid-eau Technologies, Mavel A.S., Cink, L&S Electric du Canada et Hypolink.

#### *À propos des génératrices*

Les génératrices sont des dispositifs techniques bien établis qui montrent un excellent dossier au chapitre du rendement. Elles constituent le cœur de toute centrale électrique. Le coût d'une génératrice est plus ou moins inversement proportionnel à sa vitesse de fonctionnement. En effet, plus sa vitesse est basse, plus ses dimensions sont importantes pour la production

<sup>85</sup> Tung, Tony T.P., J. Huang, C. Handler, and G. Ranjitkar. 2007. Better Turbines for Small Hydro. *Hydro Review*, March 2007.

<sup>86</sup> Ibid., 85

équivalente d'électricité. Si l'on veut harmoniser la vitesse d'une génératrice à la vitesse à bas régime d'une turbine, il faut pouvoir compter sur des dispositifs d'accélération tels que des courroies ou des boîtes à engrenages.

Les emplacements dont les cours d'eau offrent de faibles chutes sont dotés de turbines à très bas régimes de vitesse. On s'intéresse donc de plus en plus à la possibilité d'y installer des génératrices à entraînement direct et à faibles vitesses. Ces appareils éliminent la nécessité de disposer de boîtes à engrenages, ce qui se traduit par des coûts moindres, une efficacité accrue et une fiabilité élevée. Les nouveaux modèles qui font leur apparition sur les marchés sont des génératrices à aimant permanent dotées de nombreux pôles aptes à fonctionner à de très basses vitesses ou à des vitesses variables. Les scientifiques de l'énergie éolienne ont mené des recherches approfondies visant à mettre au point des génératrices à faibles vitesses. Les techniques et les modèles découlant de ces recherches pourront également servir à l'installation de centrales à faibles chutes.

D'autre part, l'intérêt se fait grandissant face à la possibilité d'exploiter des turbines à vitesses variables en vue de modifier les conditions de débit et de chutes. Cette option se traduirait par une conception simplifiée des turbines et une efficacité accrue du fonctionnement, permettant ainsi d'abaisser les coûts initiaux tout en assurant une certaine flexibilité opérationnelle, particulièrement dans le cas des emplacements à faibles chutes. Toutefois, il faudra pouvoir compter sur un approvisionnement en électricité à une puissance et une fréquence constantes. Par conséquent, la présence d'un convertisseur électronique de puissance servant à transformer la tension et la fréquence au sein des réseaux de l'électricité produite à partir de vitesses variables sera indispensable. La technologie à base de convertisseur de puissance, qui a été mise au point dans le secteur de l'énergie éolienne, fait l'objet d'études pour être adaptée à la production hydro-électrique. Il faut, cependant, prendre en considération et évaluer les coûts additionnels découlant de l'utilisation de convertisseurs et des pertes que celle-ci entraîne.

#### *Les systèmes de commande et de surveillance*

La tendance vers la privatisation et l'ouverture des marchés de l'électricité a débouché sur une demande plus élevée en matière de systèmes de commande et de surveillance. Les centrales électriques sont devenues des installations d'une grande complexité en raison de la nécessité de jouir d'une fiabilité accrue et d'obtenir une réaction immédiate aux conditions changeantes. En général, la façon de concevoir les systèmes de commande et de surveillance destinés aux grandes centrales hydro-électriques n'est pas aussi économique pour ce qui est des petites centrales hydrauliques. Les principaux objectifs visés sont alors la simplicité des systèmes de commande, la fiabilité et les coûts gardés à des bas niveaux. La complexité et les dimensions d'une installation déterminent la nature des systèmes de commande et de surveillance. Il s'agit de répondre aux exigences en la matière sans compromettre la sécurité de fonctionnement des appareils, la stabilité des réseaux et la sécurité des employés. La complexité des systèmes de commande dépendra de la nature même de l'emplacement.

Les systèmes de logique de commande conçus pour les centrales à petite échelle sont constitués de dispositifs de logique câblée, de régulateurs programmables, de fonctions à micro-ordinateurs et, finalement, d'un ensemble de tous ces outils. Le système de commande doit être conçu pour assurer une mise en séquence de démarrage et d'interruption, tant dans des conditions normales qu'anormales. Dans des conditions normales, le démarrage et l'interruption d'un appareil se fait de façon à ne causer que des perturbations minimales dans le système lui-même. Les tendances qui caractérisent le secteur se manifestent dans des formules modulaires économiques eau-câbles incorporant l'établissement d'installations automatisées uniques aux petites centrales hydrauliques. Les produits modulaires normalisés ont contribué à abaisser les prix et à améliorer les résultats obtenus, renforçant ainsi le contrôle à distance et l'automatisation des petites centrales hydrauliques. Habituellement, les dispositifs de commande et de protection font appel à des automates programmables ou à des éléments combinés de contrôle fournis par un grand nombre de fabricants. Les deux façons de faire exigent un important regroupement des systèmes, en plus d'entraîner des coûts techniques sur le plan des matériaux et des logiciels. En fait, les coûts d'élaboration de logiciels pour l'installation d'automates programmables dépassent fréquemment les coûts liés au système de commande lui-même.

Des régulateurs de vitesse sont employés pour contrôler le débit de l'eau qui pénètre dans la turbine. En fait, il faut constamment procéder à des ajustements pour répondre aux modifications dans la demande en électricité et pour contrôler la consommation d'eau à l'intérieur de l'installation. Les régulateurs hydrauliques classiques sont remplacés par des régulateurs numériques compacts, plus économiques et permettant de meilleures réactions, un contrôle stable et une protection additionnelle.

Il est absolument indispensable de poursuivre les investissements dans la recherche-développement afin de mettre au point un équipement normalisé, lequel permettra de répondre à la demande grandissante de réseaux interconnectés stables et d'accroître l'automatisation des petites centrales hydrauliques.

#### **4.1.3 Les micro-centrales hydrauliques**

La plus grande partie des micro-centrales hydrauliques tire profit du mouvement de l'eau. Il n'est pas nécessaire de construire des barrages ou de réservoirs dans ces emplacements puisque seule une partie du débit d'eau disponible à une période donnée est normalement transformée en électricité. Comme la mise en valeur de micro-centrales hydrauliques s'avère un processus complexe, l'accessibilité à des compétences techniques dans ce domaine est indispensable aux étapes de la conception et de la construction. Les principaux obstacles qui empêchent de profiter de toute cette technologie sont les coûts initiaux élevés pour la

réalisation des travaux de génie civil nécessaires et l'acquisition d'équipement, les exigences en matière de compétences techniques pour la conception et la construction, de même que la longue période d'approbation.

Le Canada s'est acquis la réputation de chef de file mondial au chapitre des techniques et des produits se rapportant aux micro-centrales hydrauliques. CanmetÉNERGIE à Ottawa, un élément de Ressources naturelles Canada, a fourni son soutien à la mise au point de systèmes autonomes de micro-centrales hydrauliques permettant la régulation de la charge et le contrôle du fonctionnement, l'abaissement des coûts des systèmes de production, ainsi que la simplification de la conception des turbines. Cette mesure s'est traduite par la vente de milliers d'appareils dans les vingt dernières années, dont 80 p. 100 outre-mer. Les activités réalisées dans ce créneau au Canada se caractérisent par la fourniture d'électricité dans les collectivités éloignées, là où l'expansion des réseaux s'avère trop dispendieux ou impraticable, et où il faut remplacer les dispositifs alimentés au diesel.

Les petites et les micro-centrales hydrauliques constituent des sources attrayantes d'énergies renouvelables pour les collectivités éloignées désireuses de réduire leurs coûts énergétiques et leurs émissions de gaz à effet de serre. Dans certains cas, toutefois, ces options sont négligées et on accorde que peu de soutien à ce secteur d'activités. Il faut davantage soutenir la recherche-développement et les politiques s'y rapportant afin de raffiner et de normaliser ces produits. Il sera ainsi possible de faire de la production de masse et de diminuer le temps consacré à l'évaluation de chaque projet.

## 4.2 Les travaux de génie civil et l'ingénierie <sup>87</sup>

Une grande partie des coûts est généralement consacrée à la réalisation des travaux de génie civil, tant dans le cas des grandes centrales hydro-électriques que dans celui des petites centrales hydrauliques. La recherche-développement n'est que rarement concentrée sur la réalisation de travaux de génie civil liés aux petites centrales hydrauliques en raison de la concurrence qui se manifeste dans le secteur de la construction et du manque de ressources disponibles pour les activités scientifiques. Qui plus est, aucune entreprise de construction ne fournit des services d'ingénierie destinés principalement à l'établissement de petites centrales hydrauliques.

L'innovation au chapitre de la conception et de la construction de petites centrales hydrauliques intervient, jusqu'à un certain point, à l'intérieur du processus compétitif normal de réalisation des projets. Dans le but de favoriser la faisabilité des projets de petites centrales hydrauliques et de remporter les appels d'offres concernant la mise en valeur de ces derniers, les experts-conseils et les entrepreneurs sont à l'affût de modèles, de méthodes de construction et de matériaux permettant de réduire les coûts.

Quand il s'agit de la conception de grandes installations, les travaux de R-D sont effectués au cas par cas. Les calculs et les mises à l'essai concernant les principales structures hydrauliques se font en laboratoire en ayant recours à des modèles physiques à échelle réduite des systèmes de prise d'eau, des déversoirs et des barrages. La majorité de ces installations de recherche en laboratoire font partie d'institutions universitaires. Les grandes entreprises de service public disposent de leurs propres installations de recherche-développement. Il existe, finalement, des laboratoires spécialisés offrant ce genre de services.

À mesure que seront aménagés les emplacements les plus favorables à la construction des petites centrales hydrauliques, il y aura de plus en plus de pressions en vue de trouver des solutions à faibles coûts nécessaires à l'édification des structures dans les emplacements non aménagés. Ce sera particulièrement le cas avec les petits chantiers disposant de marges de manœuvre restreintes telles que des faibles chutes, un débit d'eau élevé et des conditions hydrauliques éventuellement néfastes. La mise au point de structures hydrauliques normalisées et systématiques permettrait d'abaisser les coûts liés à la conception et à la construction.

Faire appel à l'innovation sans jouir d'une recherche-développement adéquate pourrait aboutir à de coûteuses erreurs. Par exemple, des structures ayant les mauvaises dimensions peuvent ne pas convenir à la situation. Ou encore, des structures hydrauliques conçues de manière inadéquate sont susceptibles de réduire substantiellement la production d'énergie en raison de pertes de hauteur de chutes ou de débits d'eau instables qui n'auraient pas été prévus. La réduction des coûts découle d'activités de recherche-développement réalisées dans le cours de la mise en œuvre des travaux. Soulignons encore une fois que la recherche-développement est essentielle à l'amélioration de la fiabilité concernant les travaux de génie civil.

On s'intéresse de plus en plus à la mise en valeur du potentiel hydraulique dans le Nord du Canada en raison du réchauffement planétaire et des prix liés aux combustibles fossiles. Le coût entourant cette mise en valeur est très élevé parce que le milieu naturel en question est rude et froid, ce qui accroît la valeur des travaux de génie civil et des structures connexes, notamment dans

---

<sup>87</sup> Ottawa Engineering Ltd., 2006. *Status of Small-hydro Civil Works Research and Development in Canada*. Prepared for Natural Resources Canada.



le cas des réseaux de transport et de distribution. La grande difficulté à affronter est l'abaissement des coûts reliés à l'exécution des travaux de génie civil grâce à une conception et à des méthodes de construction axées sur l'innovation.

Le secteur privé, dans les vingt dernières années, n'a effectué que peu de recherche-développement sur le plan de l'ingénierie permettant d'exécuter les travaux de génie civil nécessaires à l'établissement de petites centrales hydrauliques.

#### 4.2.1 Les prises d'eau

Les sédiments et les débris flottants dans les prises d'eau constituent deux des principaux problèmes auxquels sont confrontées les petites et les grandes centrales hydrauliques. Dans le but de réduire les coûts concernés, un grand nombre de sociétés ont élaboré des prises d'eau simplifiées et auto-nettoyantes comme la Coanda et la Tyrol. Un système à air comprimé a également été mis au point afin de tenir les rebuts et les frasils éloignés des pièges à débris. Ce genre de système a été installé dans trois petites centrales hydrauliques et ils fonctionnent parfaitement. D'autres activités de recherche-développement pourraient avoir lieu visant à mettre au point des systèmes permettant de soulever les rebuts et les frasils avant qu'ils n'atteignent les pièges, à la manière du dispositif décrit dans la publication de Creager et Justin destinée aux grandes centrales hydrauliques et intitulée *Hydroelectric Handbook*.<sup>88</sup> Dans le cas des prises d'eau caractérisées par de fortes chutes, il est nécessaire de travailler à la mise au point de désilteurs plus efficaces.<sup>89</sup>

#### 4.2.2 Les bassins d'admission

Un débit d'eau irrégulier dans le bassin d'admission est susceptible d'influer énormément sur la production énergétique des centrales électriques à multiples unités. La recherche-développement pourrait englober des analyses par dynamique computationnelle des fluides qui porteraient sur l'hydraulique des prises d'eau et des bassins d'admission des emplacements à faibles chutes, c'est-à-dire des études de cas visant à élaborer des lignes directrices pour l'élaboration de modèles adéquats qui permettraient de limiter les pertes en chutes d'eau. On pourrait étendre cette façon de faire à d'autres structures de conduites d'eau (canalisations de sortie, coudes et biefs d'aval).<sup>90</sup>

#### 4.2.3 Barrages et déversoirs à faibles chutes

De petits barrages ou des déversoirs construits de la manière la plus simple possible sont habituellement utilisés pour les petites centrales hydrauliques. Ces ouvrages peuvent être faits de béton, de bois, de maçonnerie ou d'une combinaison de ces matériaux. On s'efforce sans cesse de réduire les coûts de construction dans le cas des barrages et des déversoirs utilisés pour les petites centrales hydrauliques. En effet, ces coûts à eux seuls rendent souvent l'établissement d'une petite centrale hydraulique non viable sur le plan financier.<sup>91</sup>

Dans les endroits isolés, l'installation de petits barrages à partir de matériaux locaux ou facilement transportables aiderait à abaisser les coûts s'y rapportant. La recherche-développement devrait englober l'établissement des matériaux et des techniques de construction appropriés, en plus de l'élaboration de lignes directrices, cela afin de faire la sélection et la construction de petits barrages dans les endroits isolés.<sup>92</sup> Il faut également trouver de nouvelles méthodes pour l'entretien, la réparation et la remise en état des ouvrages qui constitueraient des solutions de rechange auxatardeaux classiques. Les techniques d'accroissement de la hauteur des chutes mériteraient, finalement, un examen dans le cas des installations à faibles chutes.<sup>93</sup>

Il serait également nécessaire d'effectuer de la recherche-développement afin de mieux comprendre la façon de résister aux déversements intempestifs dans le cas des barrages à caissons de bois à vanne réglable. En outre, il faudrait déterminer des façons d'éliminer les brèches qui pourraient se produire en cas de défaillances de ce genre de barrage. Il n'existe actuellement aucune méthode permettant de déterminer la force hydro-dynamique de l'eau s'écoulant par la crête des barrages à caissons de bois à vanne réglable. En général, le canal à forte pente d'un tel barrage est réputé être assez résistant pour faire face à un déversement intempestif d'une chute d'eau d'un mètre. La recherche-développement devraient englober ce qui suit:<sup>94</sup>

<sup>88</sup> Ottawa Engineering Ltd., 2006. *Status of Small-hydro Civil Works Research and Development in Canada*. Prepared for Natural Resources Canada.

<sup>89</sup> MHyLab (Switzerland). 2006. Presentation by Vincent Denis at *Research, Development and Innovation in Small Hydropower: Opportunities and Challenges*, Crieff, Scotland, June 2006.

<sup>90</sup> Ibid., 88.

<sup>91</sup> Natural Resources Canada. 2004. *Clean Energy Project Analysis: RETScreen® Engineering & Cases Textbook – Small Hydro Project analysis Chapter*. In collaboration with NASA, UNEP and GEF.

<sup>92</sup> Ottawa Engineering Ltd., 2006. Communication with Rapid-Eau Technologies Inc. *Status of Small-hydro Civil Works Research and Development in Canada*. Prepared for Natural Resources Canada.

<sup>93</sup> Ibid., 89.

<sup>94</sup> Ottawa Engineering Ltd., 2006. Communication with Philip Helwig, P. Eng., 2006. *Status of Small-hydro Civil Works Research and Development in Canada*. Prepared for Natural Resources Canada.

- Des études visant à établir quelles sont les forces qui découlent du débit qui s'accroît (à la suite de déversements intempestifs), de même que l'élaboration de lignes directrices servant à la conception de crêtes de rebord pour résister aux forces. À titre d'exemple, s'il faut relever la chute à 1,5 m pour accroître les capacités du déversoir, comment déterminer ces forces et établir la solidité adéquate de la crête de rebord ?
- Des études visant à établir les répercussions découlant de la surcharge des glaces ou des heurts d'embarcations (si la structure fait partie intégrante d'un quai) afin de pouvoir calculer la résistance et la force, de même que le degré de déformation avant que la structure concernée ne s'écroule.

#### 4.2.3 Canal d'amenée

La construction d'un canal d'amenée est dangereuse, ardue et coûteuse. En Norvège, on a entrepris avec succès le percage directionnel de tunnels pour servir de canaux d'amenée. Si ce genre de procédé s'avère compétitif, il serait possible d'élaborer des lignes directrices portant sur la conception et la construction.<sup>95</sup>

Dans le cas des emplacements de petites centrales hydrauliques, la conception adéquate de canaux d'amenée faits d'acier pourrait également contribuer à abaisser les coûts de construction. La recherche-développement est indispensable pour bien comprendre les contraintes propres à ces ouvrages et faire des progrès concernant les meilleures méthodes de conception en matière de canaux d'amenée. D'autre part, la compréhension de la résistance mécanique se rapportant aux travaux de soudure bout à bout faits sur place avec les failles les accompagnant serait apte à réduire la nécessité de la vérification coûteuse par rayons X des canaux d'amenée en acier. Les activités de R-D pourraient englober la mise à l'essai et l'analyse de toute une gamme de points de soudure de l'acier dont la qualité varierait, cela afin d'évaluer les risques découlant de l'absence d'une mise à l'épreuve des travaux de soudure par rayons X à l'intérieur du canal d'amenée.<sup>96</sup>

#### 4.2.4 Centrales électriques

La conception de formes irrégulières à l'intérieur des centrales électriques entraîne des coûts élevés en ce qui concerne les travaux de génie civil (le formage est fréquemment réalisé en ayant recours à des méthodes hautement traditionnelles). La recherche-développement portant sur des matériaux de rechange en béton pour le formage, le tout de pair avec la conception assistée par ordinateur, serait apte à réduire les coûts de certains éléments, comme les prises d'entrée de chemises d'eau et les fichiers de transit. Dans le but d'abaisser les coûts de construction, il faudrait que la recherche-développement soit axée sur l'étude de matériaux de rechange utilisés pour le formage (comme le plastique, etc.), ainsi que sur l'incorporation des données de la conception assistée par ordinateur dans ce genre de travaux exécutés sur place. Dans certains cas, des entrepreneurs ont construit des formes semblables à des cages thoraciques ou des coques de navire en ayant recours à des fichiers de conception assistée par ordinateur à grande échelle afin de créer des « gabarits ».<sup>97</sup>

### 4.3 Éco-ingénierie et intégration environnementale

Les sujets de préoccupation les plus courants sur le plan environnemental lorsque l'on décide de construire des installations au fil de l'eau sont les suivants : les répercussions consécutives à la déviation des rivières et aux perturbations naturelles de l'habitat aquatique ; les obstacles suscités par les structures d'amenée et de déversoir qui entravent le déplacement des poissons au sein de leur habitat naturel ; l'importance des blessures et de la mortalité chez les poissons qui traversent la chambre d'eau. Les plus grandes préoccupations en matière de courant d'eau tournent principalement autour du fait que le dispositif est installé directement dans la rivière. Aucune déviation de rivière n'intervient dans une installation au fil de l'eau.

Le total des émissions produites tout au long du cycle de vie d'une petite centrale hydraulique est moins élevé que celui des émissions directes produites par une centrale électrique récente alimentée au charbon avec désulfuration des gaz de carneau.<sup>98</sup> On

<sup>95</sup> Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE). 2006. Presentation by Erik Juliussen at *Research, Development and Innovation in Small Hydropower: Opportunities and Challenges*, Crieff, Scotland, June 2006.

<sup>96</sup> Ottawa Engineering Ltd., 2006. Communication with PO Sjöman Hydrotech Consulting, 2006. *Status of Small-hydro Civil Works Research and Development in Canada*. Prepared for Natural Resources Canada.

<sup>97</sup> Ottawa Engineering Ltd., 2006. Communication with IBI Group, 2006. *Status of Small-hydro Civil Works Research and Development in Canada*. Prepared for Natural Resources Canada.

<sup>98</sup> European Commission, DGXII, Science, Research and Development. 1995. JOULE Externalities of Energy Project, Vol. 2. *Coal and Lignite*, EUR 16522.

ne retrouve que des émissions produites au moment de la fabrication de l'équipement servant à la production et au transport de l'électricité, ainsi que des matériaux de construction utilisés dans les travaux de génie civil.<sup>99</sup>

Un mouvement se manifeste à l'égard de l'éco-ingénierie et de la conception intégrée lorsque des responsables environnementaux et des membres des communautés locales participent aux travaux de planification. Plutôt que de considérer que la mise en valeur de ce genre d'ouvrage aura des effets négatifs à juguler, il est préférable d'envisager que l'environnement aura un rôle déterminant à jouer dans le processus de conception.<sup>100</sup> Même s'il ne s'agit pas d'une question d'ordre technique, l'acceptation de la société influe d'une façon significative sur l'élaboration d'un projet lorsqu'une certaine opposition se manifeste. Les mesures prises pour inclure la communauté dans la conception et le développement d'installations entraînent des avantages durables, tant pour les exploitants que pour les membres de la région concernée.

La centrale électrique de Sechelt Creek en Colombie-Britannique, laquelle est exploitée par la société Regional Power inc., a remporté le Prix Planète bleue de l'UNESCO pour un certain nombre d'éléments de conception en matière d'éco-ingénierie et pour l'engagement dans la communauté s'y rapportant. Un des aspects clés de cette réalisation demeure l'établissement d'une frayère artificielle destinée aux saumons. Ce chenal de fraie a été construit en enlevant des couches de sédiment et en le remplaçant par du gravier d'origine, le tout étant alimenté par de l'eau pure de fuite régulée. Il en est résulté le rétablissement réussi de la migration des saumons grâce à la création de la frayère artificielle séparée, une réalisation rendue possible en vertu d'un partenariat noué avec la tribu indienne locale des Sechelts et les autorités responsables des pêches.<sup>101</sup>

Il n'existe aucun fournisseur sur le marché en mesure de procurer aux exploitants de petites centrales hydrauliques des options visant à régler les problèmes environnementaux. Plusieurs sociétés de génie possèdent l'expérience des grands travaux hydro-électriques, toutefois, leur savoir technologique et leurs compétences expertes ne peuvent s'appliquer directement aux petites centrales hydrauliques car le coût s'y rapportant est trop élevé pour des installations de moindre importance

#### 4.3.1 Exigences en matière de débit réservé

Le débit résiduel, ou débit réservé, se définit comme étant la quantité de flux d'eau qu'il est nécessaire d'assurer dans une rivière tout au long de l'année pour des motifs environnementaux.<sup>102</sup> Il s'agit là d'un problème de taille pour le secteur hydro-électrique. De fait, la législation actuelle en matière d'environnement qui prévoit le débit moyen minimum des rivières à observer en tout temps a rendu la réalisation de certains projets peu attrayante.<sup>103</sup> Qui plus est, les membres du secteur doivent fréquemment assumer eux-mêmes les frais liés à l'exécution d'études des répercussions.

La possibilité de jouir d'infrastructures améliorées en vue de la prise de décisions qui s'imposent concernant la modification du débit naturel de l'eau demeure un élément indispensable si l'on veut garantir le développement durable de nos ressources hydro-électriques, cela en fonction de l'angle privilégié d'acceptation sur le plan environnemental, économique et social.<sup>104</sup> Les membres de l'industrie ont besoin d'un processus rationnel et uniforme pour l'obtention des autorisations réglementaires tout en pouvant assurer la protection de la faune aquatique. La Loi sur les pêches restreint, dans une certaine mesure, la marge de manœuvre de Pêches et Océans Canada. Sur le plan réglementaire, ce dernier ministère négocie actuellement avec les gouvernements provinciaux et l'Association canadienne de l'électricité. Les fonctionnaires prévoient qu'il faudra compter sur une période de deux ans pour obtenir des changements à la situation.<sup>105</sup>

Il faut mettre en place une nouvelle façon de voir les choses. Il s'agit d'étudier le tableau d'ensemble des conséquences sur les poissons découlant des changements climatiques, de même que la nécessité de recourir à la production écologique de l'énergie relativement au développement hydro-électrique avec son effet sur la faune aquatique. De plus, l'industrie hydro-électrique

<sup>99</sup> International Energy Agency (IEA) - ETSU 1997. *Renewables in Power Generation: Towards a Better Environment*, AEAT-2211.

<sup>100</sup> European Directorate for Transport and Energy and Swiss Federal Office for Science and Education. 2004. *European Strategy Document for Research, Technology Development and Demonstration in Small Hydropower*. Prepared by the Engineering Work Group of the Thematic Network on Small Hydropower (TN-SHP).

<sup>101</sup> Regional Power Ltd. 2007 [www.regionalpower.com](http://www.regionalpower.com).

<sup>102</sup> Natural Resources Canada. 2004. *Clean Energy Project Analysis: RETScreen® Engineering & Cases Textbook – Small Hydro Project Analysis Chapter*. In collaboration with NASA, UNEP and GEF.

<sup>103</sup> Natural Resources Canada. 2006. *Final Report on the Hydraulic Energy Group Ad-Hoc Technical Advisory Committee Meeting*. March 16, 2006, Ottawa.

<sup>104</sup> Department of Fisheries and Oceans (DFO). 2005. Report Submission to the Panel on Energy Research and Development (PERD), Natural Resources Canada.

<sup>105</sup> Natural Resources Canada. 2007. Minutes of the Hydraulic Energy Group Technical Advisory Committee Meeting, April 19, 2007, Ottawa.

profiterait grandement d'une évaluation des perspectives qui s'offrent à elle se rapportant aux nombreuses méthodes utilisées pour répondre aux exigences en matière de débit d'arrivée.<sup>106</sup>

RNCan accorde son soutien à Pêches et Océans Canada ayant trait à l'établissement des critères biologiques, ainsi que des conditions hivernales et des caractéristiques de la glace. Notre ministère, d'autre part, participe à l'élaboration d'un cadre national exhaustif portant sur l'évaluation des modifications apportées au débit des cours d'eau, particulièrement en ce qui concerne la faune aquatique et son habitat. Mentionnons, finalement, que Pêches et Océans Canada a planché sur des recherches liées aux passes migratoires qui ont abouti à la cueillette d'importantes données biologiques permettant de peaufiner la technologie se rapportant à ces déviations destinées aux poissons.

#### 4.3.2 Accroissement de la qualité de l'eau et réduction des éléments perturbateurs

La construction de petites centrales hydrauliques peut influencer sur la qualité de l'eau dans de nombreuses régions. Ainsi, l'aération de l'eau qui traverse une turbine entraîne une hausse du niveau d'oxygène, ce qui accroît la qualité de l'eau (comme dans le cas d'une turbine à impulsions radiales pour chutes élevées). La modernisation des barrages existants pourrait réduire la quantité de gaz dissous en aval, lesquels exercent une influence négative sur les écosystèmes aquatiques. Ce problème serait allégé en augmentant le débit dans les mois d'été, période durant laquelle le mouvement de l'eau est faible.<sup>107</sup>

La saturation complète d'un cours d'eau par l'azote, qui est susceptible de provoquer chez les poissons la maladie des bulles, peut constituer un problème dans le cas des centrales à chutes élevées. Cette situation se produit lorsque l'azote est introduite à partir des bulles d'air dans l'eau déviée reposant dans le canal d'amenée à haute pression. L'eau devient alors entièrement saturée dans le bief d'aval qui se trouve à des pressions atmosphériques normales. Il faut cependant souligner que de bonnes méthodes de conception permettent de diminuer toutes ces conséquences.<sup>108</sup>

Des changements dans le niveau des solides en suspension sont susceptibles d'influer sur l'envasement, l'érosion, les caractéristiques visuelles et les écosystèmes aquatiques. Les eaux de retenue ont tendance à favoriser l'accumulation des sédiments, alors que les eaux de rejet ne contiennent souvent que peu de sédiments. Même sans l'envasement, la modification du débit naturel de l'eau se répercute sur l'érosion des sédiments et sur les tendances des dépôts, perturbant ainsi les écosystèmes aquatiques et, particulièrement, les zones de fraie. Là encore, une conception adaptée peut réduire ces effets.<sup>109</sup>

L'exploitation des installations implique le recours à des produits de lubrification et de nettoyage, ce qui risque d'engendrer la pollution des eaux. Des recherches sont en cours sur le développement de nouveaux produits et de nouveaux éléments qui permettraient d'éliminer l'emploi de lubrifiants polluants. On espère ainsi mettre au point des produits lubrifiants biodégradables.

#### 4.3.3 Migration des poissons

Malgré la présence de systèmes à base de déversoirs et de dérivations dans les installations hydro-électriques, un grand nombre de poissons continue à traverser la chambre des turbines. Le taux de survie de ces poissons repose en grande partie sur les installations elles-mêmes et sur les caractéristiques des espèces en question. Selon un rapport émis par le Department of the Environment américain, certaines petites turbines conçues pour les installations à hautes chutes pourraient causer la mort de tous les poissons.<sup>110</sup> Dans le cas des turbines disposant d'un couloir de passage plus grand, le taux de survie atteint habituellement plus de 70 p. 100. Aux États-Unis, la recherche-développement a comme objectif le développement de couloirs de passage présentant un taux de survie de 98 p. 100, soit une proportion semblable à d'autres voies de sortie en aval.<sup>111</sup>

Le Canada et la France se situent à la fine pointe de la recherche-développement en matière de mise au point de turbines sans danger pour les poissons, une réalisation d'origine américaine. CanmetÉNERGIE collabore avec les scientifiques français en vue d'accroître le taux global de survie des poissons qui s'aventurent à l'intérieur des turbines tout en maintenant la capacité de produire de l'électricité.<sup>112</sup> Les chercheurs de CanmetÉNERGIE apportent également leur concours au développement de la

<sup>106</sup> Ibid., 103.

<sup>107</sup> International Energy Agency (IEA) - ETSU 1997. *Renewables in Power Generation: Towards a Better Environment*, AEAT-2211.

<sup>108</sup> ORNL/RfF. 1994. *Estimating Externalities of Hydro Fuel Cycle*. US-EC Fuel Cycle Study, Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, U.S.A. Report 6.

<sup>109</sup> Ibid., 107.

<sup>110</sup> U.S. Department of Energy. 2000. *Hydropower R&D: Recent Advances in Turbine Passage Technology*. Glenn F. Čada, Environmental Sciences Division, Oak Ridge National Laboratory Oak Ridge, Tennessee and Ben N. Rinehart Idaho National Engineering and Environmental Laboratory, Idaho Falls, Idaho, DOE/ID-10753.

<sup>111</sup> Ibid., 110.

<sup>112</sup> Tung, Tony T.P., J. Huang, C. Handler, and G. Ranjitkar. 2007. Better Turbines for Small Hydro. *Hydro Review*, March 2007. .

turbine hydraulique Darrieus à axe vertical actionnée par le courant de l'eau, un appareil sans danger pour les poissons. Les bassins naturels de passage, qui sont actuellement plus répandus en Europe, ont été utilisés dans plusieurs installations du Canada. En plus de favoriser la migration en amont et en aval, ces bassins servent de zones de fraie et d'habitat pour les alevins.<sup>113</sup>

#### 4.3.4 Autres travaux de génie civil et construction des installations

La construction des installations produit autant d'effets que n'importe lequel autre travail de génie civil de cette envergure et le tout dure habituellement un an. Ces travaux peuvent également se traduire par des avantages socio-économiques, soit la création d'emplois lorsque l'on fait appel, dans la mesure du possible, à des entreprises et à des matériaux locaux. Ces avantages sont fréquemment substantiels dans les collectivités éloignées. Selon l'ordre de grandeur, les centrales à faibles chutes nécessitent habituellement une plus grande quantité de matériaux et de matériaux de construction que les centrales à chutes hautes. Globalement, les répercussions se font sentir à court terme et la plupart des écosystèmes se rétablissent rapidement.<sup>114</sup>

Les principales répercussions consécutives à l'exécution de travaux civils et à l'adoption de méthodes visant à atténuer ces répercussions se décrivent ainsi:<sup>115</sup>

- Certains emplacements disposent de petits réservoirs pour les eaux de retenue (emmagasinées moins de 48 heures) et sont susceptibles d'influer sur l'agriculture, les infrastructures locales, ainsi que les sites archéologiques et culturels. Ils peuvent également altérer la partie supérieure de la nappe phréatique. Toutefois, les espèces qui ne manifestent pas de sensibilité particulière sont habituellement en mesure de s'adapter à la situation à l'intérieur d'une période de six mois.
- La construction de barrages et de déversoirs à faibles chutes peut se faire graduellement afin d'éviter la saison de fraie des poissons.
- L'installation de canalisations est susceptible de perturber les écosystèmes terrestres, il conviendrait donc d'éviter les zones sensibles.

Les voies navigables à faibles chutes présentent plus de difficultés relativement à une conception respectueuse de l'environnement en raison de leurs dimensions importantes et du volume de débit de l'eau. Certains procédés techniques sont alors utilisés, comme la construction de canaux d'amenée et de canaux de fuite, ce qui vient assurer les fonctions écologiques et les usages en matière de bio-ingénierie.<sup>116</sup>

On fait appel plus fréquemment à la bio-ingénierie en tant que procédure favorable à l'environnement et moyen d'aborder les problèmes liés aux conséquences visuelles et mécanique produites par un emplacement donné. Cette façon de faire implique le recours à des techniques comme la naturalisation des digues et la consolidation des pentes de terrain. Peu de travaux de recherche-développement ont été réalisés pour évaluer l'efficacité et la fiabilité de ces techniques. De fait, si l'on veut accroître l'utilisation de ces techniques, il faudra en étudier la réduction des coûts et le contrôle de la fiabilité par rapport aux méthodes plus traditionnelles.<sup>117</sup>

#### 4.3.5 Effets esthétiques et loisirs

La présence de petites centrales hydrauliques peut se traduire par des avantages et des désavantages pour ce qui est des activités de loisirs. Parmi les exemples de désavantages, mentionnons les répercussions esthétiques sur les richesses naturelles, la réduction du courant de l'eau utilisé dans les sports aquatiques et l'augmentation des niveaux sonores venant perturber les activités de loisirs et de tourisme (la recherche-développement s'accélère pour mettre au point des boîtes d'engrenage et des génératrices moins bruyantes). Néanmoins, les diverses collectivités peuvent également tirer parti des nouvelles zones d'eaux de retenue pour se livrer à différentes activités de loisirs. Les installations à faibles chutes qui sont ajoutées à certains réservoirs ont des conséquences minimales sur les loisirs et l'aspect esthétique.<sup>118</sup>

---

<sup>113</sup> European Directorate for Transport and Energy and Swiss Federal Office for Science and Education. 2004. *European Strategy Document for Research, Technology Development and Demonstration in Small Hydropower*. Prepared by the Engineering Work Group of the Thematic Network on Small Hydropower (TN-SHP).

<sup>114</sup> International Energy Agency (IEA) - ETSU 1997. *Renewables in Power Generation: Towards a Better Environment*, AEAT-2211.

<sup>115</sup> Ibid. 114.

<sup>116</sup> European Directorate for Transport and Energy and Swiss Federal Office for Science and Education. 2004. *European Strategy Document for Research, Technology Development and Demonstration in Small Hydropower*. Prepared by the Engineering work Group of the Thematic Network on Small Hydropower (TN-SHP).

<sup>117</sup> Ibid., 116.

<sup>118</sup> Ibid., 114.

La principale source d'effet visuel se situe dans les bâtiments et les structures connexes de la centrale électrique, en plus du maintien du débit au-delà des chutes. Il est possible de prévoir la conception d'une centrale et de l'ouvrage de prise d'eau afin d'avoir le minimum de répercussions visuelles sur l'emplacement.<sup>119</sup> Dans le cas de la modernisation d'une installation, on peut adjoindre au nouvel ensemble l'architecture précédente pour, ainsi, en préserver le caractère. Dans le but d'atténuer les répercussions visuelles, il est également possible d'enfouir ou de dissimuler l'équipement et les structures comme les canaux d'amenée et les turbines. L'ingénierie esthétique peut, finalement, servir à préserver ou à améliorer l'apparence des chutes d'eau.<sup>120</sup>

#### 4.4 Remise en état et modernisation des centrales électriques

La remise en état des centrales qui prennent de l'âge est possible en déterminant quelles sont les options d'amélioration qui s'offrent avec un minimum de travaux de génie civil et en adaptant les nouvelles techniques de modernisation des turbines et des génératrices. Parmi ces techniques, on retrouve l'analyse par la dynamique computationnelle des fluides à l'égard des turbines et du coffrage de la voie d'amenée, le rembobinage des génératrices, la modification du régulateur mécanique et le recours à des systèmes de contrôle automatique à faibles coûts.

La modernisation et la rénovation peuvent accroître la production d'électricité de 15 à 20 p. 100 sans causer les dommages environnementaux qui accompagnent la mise en valeur de nouveaux emplacements, améliorer l'efficacité énergétique et prolonger la vie utile de la centrale de 40 à 50 ans. Toutefois, la remise en état et l'amélioration d'une installation peuvent avoir une envergure considérable, ce qui signifie parfois un renouvellement complet et des investissements substantiels.<sup>121</sup>

On ne trouve aucune entreprise spécialisée dans la remise en état des petites centrales hydrauliques. Il existe plutôt une multitude de petites sociétés d'ingénierie qui possèdent l'expérience de la remise en état et de la modernisation de centrales électriques.

Dans le cas des centrales hydro-électriques de petite et de grande envergures, la remise en état suppose le remplacement de l'équipement électromécanique par des pièces plus efficaces sur le plan énergétique, le tout s'accompagnant de possibles améliorations, ce qui contribue à augmenter la production d'électricité. Il est également possible d'adopter des mesures permettant de réduire les arrêts de fonctionnement et de prolonger la durée de vie utile de l'équipement, favorisant ainsi l'efficacité opérationnelle et la réduction des coûts de fonctionnement.<sup>122</sup>

- L'ajout d'une protection contre la corrosion aux diverses pièces en contact avec l'eau prolonge leur durée de vie.
- L'élargissement des couloirs de passage des câbles diminue les arrêts de fonctionnement causés par le remplacement de ces derniers et réduit les interruptions dans la production.
- L'installation d'une roue mobile de turbine à un niveau assez bas pour éviter la cavitation est, à l'origine, très dispendieuse, toutefois, les futures améliorations sont de beaucoup plus rentables.
- Il faudrait se tourner vers des pièces présentant la même durée de vie afin de procéder à leur remplacement simultanément plutôt que d'une façon permanente.

Dans les 50 dernières années, les grandes sociétés d'ingénierie et de production électrique ont mis au point certaines techniques permettant d'augmenter la production d'énergie à partir de l'équipement existant et d'optimiser les méthodes de construction pour les emplacements hydro-électriques de grande envergure.<sup>123</sup>

Dans la dernière décennie, RNCAN a appuyé la réalisation de plusieurs projets de démonstration faisant appel à ces nouvelles techniques se rapportant à des installations à petite échelle, tant au Canada qu'à l'étranger. Il s'agissait alors d'utiliser les éléments suivants :

- un modèle hydraulique informatisé en vue d'améliorer les diverses sortes de turbines actuelles, en plus d'accroître l'efficacité et la production énergétique ;

<sup>119</sup> Regional Power, 2007. [www.regionalpower.com](http://www.regionalpower.com).

<sup>120</sup> International Energy Agency (IEA) - ETSU 1997. Renewables in Power Generation: Towards a Better Environment, AEAT-2211.

<sup>121</sup> Moretti, A. and R. Picci. 1993. Refurbishment of small hydroelectric plants while preserving natural and aesthetic values. Conference Proceedings: *Hydropower, Energy and the Environment*, Stockholm, Sweden, 1993. Vattenfall AB, Sweden.

<sup>122</sup> Nöjd, R. and Krångede, AB. 1993. Experiences from restoration and upgrading of hydropower plants Conference Proceedings: *Hydropower, Energy and the Environment*, Stockholm, Sweden, 1993. Vattenfall AB, Sweden.

<sup>123</sup> Gestion Conseil S.C.P. 2003. *Final Report for Rehabilitation and Modernization of Powerhouse No. 2 and No. 4 Victoria Island of Energy Ottawa Inc.* Under Climate Change Action Fund, Technology Early Action Measures (TEAM).

- l'automatisation des anciens régulateurs mécaniques en vue de contrôler et d'optimiser la production de chaque turbine ;
- des systèmes de contrôle et de protection pour être en mesure de surveiller les divers postes par informatique, tant sur place qu'à distance.

Plusieurs gestionnaires de ces centrales âgées sont confrontés à une gamme variée de projets et d'options pour la remise en état et la modernisation des installations. Veiller à la rentabilité de ces investissements d'importance exige une bonne compréhension de ces techniques et l'adoption d'une formule innovante à la remise en état, en plus de pouvoir évaluer les risques liés à de tels travaux. Il existe maintenant aux États-Unis une méthode technique et des lignes directrices portant sur la remise en état des petites centrales hydrauliques.

## 4.5 Planification des projets

Sur le plan national, l'évaluation des ressources s'avère indispensable pour en quantifier le potentiel théorique brut et le potentiel exploitable techniquement, cela afin d'élaborer des politiques et de prendre des décisions s'y rapportant. Une fois établies les régions visées, il sera possible de recourir à une étude préliminaire accessible par ordinateur de bureau afin de sélectionner et de déterminer les emplacements favorables à de plus amples explorations. Lorsque ces emplacements auront été définis, on pourra effectuer des évaluations et des conceptions préliminaires s'y rapportant au stade des études de pré-faisabilité et de faisabilité, cela avec des niveaux accrus de détails et d'extrapolation des coûts.

En général, des études approfondies ne peuvent se justifier dans le contexte de travaux hydro-électriques à petite échelle. De plus, l'accès aux régions éloignées s'avère coûteux. Les coûts pour l'exécution d'études sont habituellement de même niveau, peu importe la taille de l'entreprise. Dans le cas de travaux de moindre envergure, les coûts liés à la réalisation d'études sont généralement 15 p. 100 plus élevés que ceux liés à la mise en valeur des emplacements, ce qui signifie d'importants risques pour les promoteurs de petites centrales hydrauliques. Il faut élaborer des outils d'analyse peu coûteux afin de favoriser une conception et une optimisation techniques, financières et environnementales. Certains outils peuvent exister, mais ils sont souvent exclusifs ou accessibles à des utilisateurs qui manquent d'habiletés pour les adopter.<sup>124</sup>

### 4.5.1 Études de reconnaissance et de pré-faisabilité

On retrouve à l'adresse [www.small-hydro.com](http://www.small-hydro.com) un site Web contenant un atlas des emplacements de petites centrales hydrauliques à l'échelle internationale. Ce site comprend également une base de données relative aux emplacements aptes à accueillir des petites centrales hydrauliques sur le territoire canadien. Le site Web est administré par CanmetÉNERGIE à RNCan à titre de participation du Canada à l'Annexe II de l'Agence canadienne de l'énergie sur les petites centrales hydrauliques. Le Canada compte parmi les pays qui font partie de cette annexe. L'atlas et la base de données sur les emplacements possibles de développement renferment des renseignements liés à la reconnaissance des terrains qui peuvent être introduits dans des outils comme RETScreen<sup>mc</sup>. Finalement, le site Web offre des informations portant sur les outils de financement, les possibilités de financement, l'analyse des risques, les pays avec le nom des personnes-ressources, ainsi que les organismes œuvrant dans l'industrie.

Le logiciel d'analyse RETScreen<sup>mc</sup> sur les petites centrales hydrauliques à l'échelle internationale permet, au stade de la planification initiale, d'évaluer le potentiel offert par certains emplacements à cet égard. Il s'agit, en fait, d'un instrument d'analyse fonctionnant à l'aide d'un ordinateur de bureau qui sert à établir la production d'énergie, les coûts liés au cycle de vie et la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans le cas de projets de petites centrales hydrauliques raccordés à un réseau électrique central ou à un réseau autonome, ou encore à l'extérieur de tout réseau. Le logiciel est destiné aux spécialistes de la planification, aux décideurs et aux membres de l'industrie en vue de la mise en œuvre de projets de petites centrales hydrauliques. De plus, en y ajoutant la formation existante, il pourrait aider à établir les fondements nécessaires aux utilisateurs avec peu ou prou d'expérience dans le domaine des petites centrales hydrauliques.<sup>125</sup>

Dans le cas particulier des micro-centrales hydrauliques, il n'existe aucun logiciel intégré permettant la conception d'une telle installation de production d'électricité à partir d'un cours d'eau jusqu'à un câble de réseau. Les instruments du genre RETScreen<sup>mc</sup> ne conviennent pas à des projets à petite échelle. CanmetÉNERGIE contribue à l'élaboration d'un logiciel destiné

<sup>124</sup> Natural Resources Canada. 2006. *Final Report on the Hydraulic Energy Group Ad-Hoc Technical Advisory Committee Meeting*. March 16, 2006, Ottawa.

<sup>125</sup> Natural Resources Canada, 2007 RETScreen® website at [www.RETScreen.net](http://www.RETScreen.net).

aux promoteurs qui servirait à la conception préliminaire d'installations dans des emplacements offrant un potentiel en matière de micro-centrales hydrauliques (de 10 à 100 kW). Le logiciel sera compatible avec le programme RETScreen<sup>mc</sup> pour effectuer des analyses financières et des évaluations d'émissions de gaz à effet de serre. Il permettra de répondre aux besoins d'un grand nombre de collectivités et d'habitants de ces endroits qui ne sont pas branchés à des réseaux électriques et qui sont intéressés à développer des micro-centrales hydrauliques afin de contrer les coûts élevés de la production d'électricité en utilisant le diesel et de fournir de l'énergie électrique à d'éventuels réseaux grâce à la facturation nette.

En ce qui regarde l'évaluation préliminaire des ressources, les instruments et les méthodes existant actuellement ne profitent pas des données historiques relatives au débit des cours d'eau, un programme offert en direct par Environnement Canada. CanmetÉNERGIE, le Conseil national de recherches du Canada et Environnement Canada se sont réunis pour collaborer à la réalisation d'un atlas numérique fonctionnant avec le Web qui permettra d'évaluer les emplacements pouvant recevoir des petites centrales hydrauliques, ainsi que d'établir le débit des cours d'eau. S'appuyant sur le succès de l'Atlas national de l'énergie éolienne, on se propose, à l'aide de cet instrument, d'établir une évaluation préliminaire du potentiel de ressources se rapportant aux emplacements possibles de petites centrales hydrauliques. Les données ainsi recueillies seraient alors introduites dans le logiciel RETScreen<sup>mc</sup> de RNCan. On y ajouterait également des cartes indiquant le potentiel relatif au débit des cours d'eau à l'échelle régionale et nationale. Finalement, l'étude de 1980 portant sur le potentiel offert par les divers cours d'eau serait mise à jour.<sup>126</sup>

#### 4.5.2 Évaluation de la faisabilité

Il n'existe actuellement aucun instrument permettant de franchir la deuxième étape de l'évaluation des emplacements, c'est-à-dire l'établissement détaillé des coûts et l'optimisation préliminaire des terrains choisis. Certaines grandes entreprises d'experts-conseils ont élaboré des programmes simples d'établissement des coûts, mais aucune analyse de faisabilité. Toutefois, ces éléments ne sont pas accessibles aux petites sociétés ou aux petits promoteurs en ingénierie. Un grand nombre d'ingénieurs prennent habituellement plusieurs mois de travail pour l'élaboration des coûts au niveau de la faisabilité. Il s'agit là d'une façon de faire très dispendieuse. Pour cette raison, nombre de promoteurs préfèrent contourner cette étape et demander plutôt aux entrepreneurs de leur fournir une estimation des coûts englobant la conception et la construction. La plupart des entrepreneurs refusent, avec un minimum d'informations, de présenter des soumissions et les emplacements choisis demeurent alors inexploités.<sup>127</sup> CanmetÉNERGIE appuie l'élaboration d'HydroHELP, un instrument modulaire de conception et d'établissement des coûts destinés aux ingénieurs-conseils qui couvre l'éventail complet des petites turbines hydro-électriques et des divers éléments caractérisant les travaux.

Une évaluation hydrologique approfondie exige les compétences d'experts-conseils ou d'hydrologues spécialisés. CanmetÉNERGIE se propose d'encourager et d'appuyer le regroupement des logiciels hydrologiques de pointe avec les données physiographiques et hydrométriques pour le Canada. Le Centre d'hydraulique canadien, un élément du Conseil national de recherches du Canada, s'occupe d'élaborer et de tenir à jour le logiciel selon une formule de recouvrement des coûts. Cette situation permet aux experts-conseils et aux sociétés d'ingénierie spécialisées de pouvoir compter sur des instruments perfectionnés aptes à des estimations plus exactes qui sont nécessaires à la conception de petites centrales hydrauliques.

## 4.6 Intégration des autres énergies renouvelables

Les systèmes hybrides offrent de la souplesse, de l'efficacité et de la fiabilité, en plus de constituer des options énergétiques attrayantes sur le plan économique.<sup>128</sup> L'intégration des énergies renouvelables avec l'hydro-électricité convient parfaitement aux modèles hydrauliques prévoyant des possibilités de stockage énergétique. Mentionnons, à titre d'exemple, un système qui combinerait l'énergie éolienne et l'hydro-électricité, ce qui permettrait de réduire les problèmes d'intermittance créés par la disponibilité des vents. De plus, ce genre de système offre la possibilité d'obtenir de l'énergie électrique de manière plus uniforme, facilitant ainsi la satisfaction des besoins en énergie qui caractérisent la vie insulaire, c'est-à-dire dans des lieux où le potentiel en ressources éoliennes est habituellement élevé. La combinaison des divers procédés technologiques aboutit

<sup>126</sup> National Research Council. 1980. *Evaluation of the Kinetic Energy of Canadian Rivers and Estuaries*. Produced by the UMA Group for the National Research Council – Canadian Hydraulic Centre.

<sup>127</sup> James, L. Gordon. 2007. Final report for HydroHELP "Expert" Hydro Design Costing Tool. Submission to Natural Resources Canada.

<sup>128</sup> Natural Resources Canada. 2007. Minutes of the Hydraulic Energy Group Technical Advisory Committee Meeting, April 19, 2007, Ottawa.



fréquemment à une meilleure consommation des ressources disponibles en ayant recours à l'hydro-électricité pour raffermir et donner forme à l'énergie éolienne.<sup>129</sup>

La recherche-développement portant sur le couplage des techniques hydrauliques, de la production de l'hydrogène et du stockage de l'énergie offre une autre option en matière d'intégration. Toutefois, le regroupement de l'hydro-électricité avec l'hydrogène ne pourrait sans doute être économiquement possible que dans le cas des grandes centrales hydrauliques.<sup>130</sup> La fondation Technologies du développement durable du Canada apporte son soutien à la réalisation d'un projet de démonstration, constitué de systèmes de micro-réseau à base d'énergies renouvelables, dans la collectivité éloignée de Bella Coola, en Colombie-Britannique, et qui vise à favoriser une plus forte pénétration des sources d'énergies renouvelables. On se proposait, dans le cadre de projet, d'incorporer au micro-réseau un système de stockage de l'hydrogène.<sup>131</sup>

Les membres du Groupe de l'énergie éolienne à RNCan participent à la réalisation d'un projet prévoyant le stockage de l'énergie éolienne, du diesel et de l'hydrogène. Cette entreprise aboutira à la collecte de données inestimables en vue de la mise en œuvre de projets liés aux systèmes hybrides formés d'énergie éolienne et d'hydrogène. D'autre part, la participation de CanmetÉNERGIE à la conclusion d'ententes de mise en œuvre de l'Agence internationale de l'énergie sur les énergies renouvelables, comme l'énergie éolienne combinée à l'hydro-électricité, pourrait entraîner la réalisation en collaboration avec d'autres pays d'entreprises en matière de recherche-développement.

---

<sup>129</sup> International Energy Agency Renewable Energy Working Party (REWP) And Renewable Energy and Hydrogen Implementing Agreements. 2005. Joint seminar discussion paper - *Catching Up: Priorities for Augmented Renewable Energy R&D*, March 3, 2005.

<sup>130</sup> Natural Resources Canada. 2007. Minutes of the Hydraulic Energy Group Technical Advisory Committee Meeting, April 19, 2007, Ottawa.

<sup>131</sup> Sustainable Development Technology Canada (SDTC). 2006. GE Canada Project. <http://www.sdtec.ca/en/results/portfolio/projects/GECanada.htm>

## 5 Activités de R-D réalisées actuellement au Canada et participation du pays dans ce domaine à l'échelle internationale

**Le Groupe de l'énergie hydraulique à Ressources naturelles Canada est le seul groupe gouvernemental de R-D au Canada qui se consacre entièrement à l'étude des besoins en matière de nouvelles techniques hydro-électriques destinées aux petites centrales.** Toutes les entreprises de services publics, tous les consortiums formés de ces sociétés, tous les groupes intéressés à leurs activités et toutes les associations d'électricité disposent de programmes et de stratégies liés à la R-D axée sur l'hydro-électricité. Toutefois, ces éléments ont comme préoccupation principale des programmes de R-D portant sur les grandes centrales hydro-électriques. Étant donné que les petites centrales hydrauliques ne sont représentées par aucune association nationale pour orienter les travaux de recherche et de développement, le Groupe de l'énergie hydraulique à RNCan se charge de représenter et de répondre aux besoins qui les concernent spécifiquement sur la scène nationale et internationale.

Avant l'année 1986, le Laboratoire d'hydraulique au Conseil national de recherches du Canada (CNRC) concentrait ses activités sur la mise à l'essai de turbines actionnées par le courant de l'eau et les marées, cela en collaboration avec Ressources naturelles Canada. En 1995, ce laboratoire est devenu un centre autonome de recherche sous la nouvelle appellation de « Centre d'hydraulique canadien » à l'intérieur du CNRC. Ses membres se sont alors livrés à la recherche-développement se rapportant aux turbines hydrauliques, cela en adoptant une formule basée sur le recouvrement des coûts auprès de ministères fédéraux ou de clients de l'extérieur. Le Centre d'hydraulique canadien offre maintenant des services d'étude et d'ingénierie côtiers à une clientèle nationale ou internationale. Des spécialistes qui y œuvrent assurent la prestation de services par impartition aux personnes désireuses de mettre à l'essai des turbines hydrauliques ou d'évaluer les ressources en énergie des océans (énergie marémotrice et énergie tirée des vagues).

### 5.1 Recherche et développement au niveau fédéral

Le gouvernement du Canada n'a pas hésité à soutenir, dans les 25 dernières années, les nouvelles techniques se rapportant aux petites centrales hydrauliques. Le Groupe de l'énergie hydraulique appuie les tentatives de l'industrie canadienne en vue de mettre au point et de commercialiser les techniques de pointe liées aux petites centrales hydrauliques, aux centrales à faibles chutes et aux centrales actionnées par courant d'eau, cela de la manière suivante:

- en déterminant et en accélérant la réalisation de R-D stratégique ;
- en s'engageant dans des démonstrations et des mises en valeur ;
- en favorisant la commercialisation des nouveaux produits technologiques ;
- en déterminant et en développant des possibilités d'intégration des énergies renouvelables ;
- en élaborant des infrastructures permettant d'appuyer les éléments innovants comme les normes et les codes ;
- en développant des liens entre les services publics, les membres de l'industrie et les universités ;
- en appuyant l'élaboration de bases de données et d'outils relatifs à l'évaluation des ressources ;
- en appuyant la formation et l'éducation ;
- en diffusant les résultats obtenus et les découvertes réalisées ;
- en appuyant les politiques et les programmes fédéraux comme l'Initiative écoÉNERGIE pour les énergies renouvelables.

Le Groupe de l'énergie hydraulique collabore étroitement avec les provinces, les services publics, les universités et d'autres organisations à la réalisation de projets d'une grande envergure visant à réduire les coûts de l'équipement et de la construction, à accroître l'efficacité des turbines et des emplacements, et à appuyer la réalisation de démonstrations à l'échelle nationale et internationale. Cette façon de faire facilite l'accroissement des capacités en ce domaine à l'intérieur du territoire canadien tout en aidant l'industrie à renforcer ses compétences expertes au Canada et à l'étranger, tant dans le domaine des produits que des services.

Plusieurs projets de démonstration ont été réalisés, depuis les années 1980 jusqu'à maintenant, grâce au financement offert dans le cadre de projets fédéral-provinciaux. En fait, le total de ces projets mis en œuvre partout au pays durant cette période atteint approximativement le nombre de 100, dont la plupart sont encore actifs. Ces réalisations visaient à faire la démonstration

d'installations favorisant le développement durable, le remplacement du diesel en tant que combustible dans les collectivités éloignées, ainsi que des applications technologiques novatrices. Il s'agissait également de sensibiliser davantage le public à l'importance de l'hydro-électricité au Canada.

Le financement, dans les dernières cinq années, de la recherche sur l'énergie hydraulique a été concentré sur l'amélioration des turbines destinées aux petites centrales hydrauliques, aux centrales à faibles chutes et à l'équipement connexe. L'objectif visé était d'accroître l'efficacité, de réduire les coûts et de favoriser les avantages environnementaux accompagnant la mise en valeur des petites centrales hydrauliques. Parmi les principales réalisations, mentionnons ce qui suit:

- Un régulateur numérique de vitesse de rotation, mis au point par la société Powerbase Automation Systems inc. avec l'aide de CanmetÉNERGIE, a été mis à l'essai avec succès en 2003. Des appareils de ce type ont été vendus à la Chine (un), au Panama (deux) et aux États-Unis (un). Le module d'excitation a été achevé en juin 2004. Déjà mis à l'épreuve en laboratoire, il est maintenant prêt à subir des essais sur le terrain. Ces systèmes sont entièrement compatibles avec d'autres appareils de contrôle hydraulique présents dans les centrales en plus d'être simples à installer et à entretenir. Ils permettent d'accroître la fiabilité en réduisant les interruptions de fonctionnement et le coût de l'équipement.
- Mené par CanmetÉNERGIE, le projet de l'ACDI, intitulé « Le transfert à la Chine de la technologie canadienne sur les petites centrales hydrauliques afin de promouvoir le développement durable », a été réalisé en 2007. Il était doté d'une somme de 2 millions de dollars provenant du Fonds canadien de développement pour le changement climatique. Il englobait cinq sous-projets, notamment l'amélioration du modèle de turbine Francis, un produit de la technologie canadienne qui a été adapté en fonction du marché chinois des petites centrales hydrauliques. Des partenaires dans ce pays ont été alors formés pour la conception de ce genre d'appareil, prouvant ainsi la compétence experte du Canada sur un des plus grands marchés mondiaux des petites centrales hydrauliques.
- CanmetÉNERGIE est venu appuyer la société Rapid-Eau Technologies inc. afin qu'elle puisse développer une turbine à faibles chutes sans danger pour les poissons. Le prototype de cette turbine a fait l'objet de mises à l'essai au Laboratoire de machines hydrauliques de l'Université Laval où il a obtenu de bons résultats. L'Université du Nouveau-Brunswick travaille actuellement sur la mise au point de génératrices et d'autres éléments électriques, comme un convertisseur de puissance, ce qui permettra un fonctionnement de l'ensemble turbine-génératrice à des vitesses variables. On a installé, en 2007, un prototype de cette turbine, d'une capacité de 300 kW, à la centrale électrique de Corkery, près de North Bay, en Ontario.

Un des principaux éléments faisant partie des activités du Groupe de l'énergie hydraulique demeure les recherches effectuées par le Laboratoire de machines hydrauliques (LAMH) de l'Université Laval, situé dans la ville de Québec. Le LAMH, qui constitue le seul laboratoire indépendant de mise à l'essai des turbines hydrauliques au Canada, compte parmi les cinq plus grandes installations au monde à pouvoir effectuer des évaluations de l'efficacité propres aux divers modèles de turbines. Le LAMH a été mis sur pied avec le soutien de RNCan et de l'Université Laval. En plus de valider les nouveaux modèles de turbines qui prétendent à une efficacité accrue, le LAMH fournit des installations propices à la formation des ingénieurs et des chercheurs.

Voici une description des principaux travaux du LAMH :

*Pertes d'énergie hydraulique.* La poursuite de recherches génériques est indispensable afin de mettre au point des turbines offrant une efficacité et une fiabilité accrues, en plus de contribuer à la formation des futurs chercheurs scientifiques. Il s'agit là d'un travail particulièrement important dans le cas des systèmes à faibles chutes puisque même des pertes infimes d'énergie hydraulique se répercutent sur le débit des turbines, diminuant ainsi de façon substantielle la production d'électricité.

*Essais génériques de la turbine Kaplan pour en améliorer l'efficacité de fonctionnement.* Une étude approfondie portant sur les pales de la turbine Kaplan aboutira à la collecte de données inestimables visant à en accroître la conception et l'efficacité. Très répandue dans les emplacements à faibles chutes, la turbine Kaplan offre un bon rendement avec un débit réduit d'eau, entraînant ainsi une production accrue d'électricité dans les centrales actuelles et futures présentant ce genre de conditions.

## 5.2 R-D dans le secteur industriel

### **Consortium canadien sur la R-D en matière de machines hydrauliques**

Reconnaissant l'importance du Laboratoire de machines hydrauliques (LAMH) de l'Université Laval, les grandes entreprises de fabrication de turbines se sont jointes au tout récent Consortium canadien sur le R-D en matière de machines hydrauliques. Ce consortium a été mis sur pied pour faciliter les activités de R-D entreprises conjointement par les membres de l'industrie, les universités et le gouvernement. Ces recherches s'harmonisent étroitement avec la stratégie actuelle du gouvernement en matière de S-T liée aux laboratoires. Il sera ainsi possible pour le LAMH d'être entièrement certifié, de contribuer à mieux faire comprendre et à simuler le fonctionnement des turbines hydrauliques, de même que de former les chercheurs et les ingénieurs pour le secteur industriel. La mise sur pied de ce consortium constitue l'élément clé pour le maintien et le perfectionnement des compétences expertes du Canada dans la conception et l'essai indépendant des turbines, des mesures visant à appuyer l'industrie de l'hydro-électricité. Finalement, il s'agit là d'une importante étape pour rendre le LAMH moins dépendant du financement fourni par RNCan.

### **CEA Technologies Inc. (CEATI)**

La société CEATI a établi son programme de concert avec l'industrie et les organismes canadiens et internationaux de l'électricité dans le but de demeurer à la fine pointe des derniers développements et de faire face aux nouveaux enjeux techniques.

L'Hydraulic Plant Life Group de la société concentre ses activités sur la R-D se rapportant aux grandes centrales hydrauliques. Toutefois, on y retrouve également certains liens importants de coordination avec la R-D entourant les petites centrales hydrauliques et les centrales à faibles chutes. Parmi les projets réalisés, mentionnons la participation de ce groupe à la mise au point d'une turbine destinée aux centrales à très faibles chutes et d'un appareil à tirant de sortie.

Le Sustainable Options Interest Group s'occupe de plusieurs domaines, notamment les techniques d'énergie répartie se rapportant à l'énergie éolienne, à l'énergie solaire, aux petites centrales hydrauliques et à d'autres ressources connexes. L'objectif de ce groupe est de développer, d'évaluer et de faire la démonstration d'éléments technologiques durables pour la production d'électricité qui résulteront à un accroissement des capacités en matière d'approvisionnements énergétiques et à une réduction des émissions de gaz à effet de serre. Il y a actuellement une proposition visant à l'installation d'un prototype de turbine sans danger pour les poissons destinée aux centrales à très faibles chutes dans un emplacement (< 500 kW) du Canada possédant déjà les infrastructures nécessaires.

### **Hydro-Québec**

La société Hydro-Québec assure le fonctionnement de plusieurs instituts de recherche sur les innovations techniques qui réalisent des travaux en collaboration avec des universités, des centres de recherche et des entreprises à l'appui de ses principales affaires. Hydro-Québec s'occupe principalement de la production, du transport et de la distribution de l'énergie électrique. Elle possède deux grands laboratoires, soit l'Institut de recherche d'Hydro-Québec situé à Varennes et le Laboratoire de la technologie de l'énergie situé à Shawinigan. IndusTech est la filiale en propriété exclusive de la société qui œuvre avec le secteur privé afin de travailler à la production et à la mise en marché en milieu industriel de la technologie découlant des activités de recherche.

### **BC Hydro**

La société Powertech Labs inc. est une filiale de BC Hydro qui assure la prestation de services de consultation, de mise à l'essai, de R-D et de démonstrations technologiques à l'intention des secteurs de l'électricité, du gaz naturel et de l'automobile. Powertech possède des compétences multidisciplinaires et des laboratoires de renommée mondiale servant au développement, à la démonstration, à l'intégration, à la surveillance et à l'exploitation de techniques d'énergies de remplacement liées aux petites centrales hydrauliques, à l'énergie éolienne, à l'énergie tirée des vagues, à l'énergie marémotrice et à l'énergie des océans.

## 5.3 Participation du Canada à la R-D internationale

Alors que certains pays ne s'intéressent pas à la recherche-développement de pointe sur l'hydro-électricité, les pays de l'Union européenne poursuivent leurs activités dans ce domaine, plus particulièrement en ce qui a trait aux petites centrales hydrauliques. D'autre part, on espère de nouveau que le programme américain de R-D reliée à ce secteur sera relancé.<sup>132</sup> Les pays de l'Union européenne montrent un intérêt particulier à régler le problème des emplacements hydrauliques vieillissants, tout spécialement en

<sup>132</sup> National Hydropower Association, 2007. *Hydropower's value recognized in \$22 million appropriation in Energy and Water Development Bill*. Press Release, Washington, DC.

exploitant l'immense potentiel offert par les cours d'eau à faibles chutes et par les infrastructures en ressources aquatiques qui sont à l'abandon. Il s'agirait de rendre l'exploitation de ces emplacements encore plus rentable grâce à l'accroissement des capacités en énergie écologique, de contribuer à l'atteinte des objectifs de Kyoto, et de fournir de nouvelles possibilités aux fabricants de l'Union européenne pour l'exportation et les transferts technologiques.<sup>133</sup> Dans cette optique, le Canada dispose de partenaires à l'échelle internationale pour la réalisation de certains projets, comme la mise au point d'une turbine à très faibles chutes sans danger pour les poissons financée dans le cadre d'une initiative de technologie et d'innovation à RNCan. Cette réalisation se fait en collaboration avec la France et des démonstrations sont prévues tant sur le territoire canadien que français.

#### **Agence internationale de l'énergie**

Le Canada fait partie intégrante de l'Annexe de l'Agence internationale de l'énergie sur les petites centrales hydrauliques (concernant les emplacements de moins de 10 MW). Les activités de recherche-développement réalisées à l'échelle internationale dans le cadre de cette annexe visent à réduire les coûts liés aux petites turbines, à l'équipement hydraulique, aux systèmes de contrôle et aux services professionnels nécessaires à la conception et à l'exploitation des petites centrales. Les membres de l'annexe comprennent le Japon, la Norvège, la France et le Canada. Parmi les membres associés, on compte la Chine, le Brésil, l'Inde et l'European Small Hydro Association.

Le Canada assume la direction de certaines tâches liées aux petites centrales hydrauliques, c'est-à-dire:

- La gestion du site Web de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) sur les petites centrales hydrauliques (à l'adresse [www.small-hydro.com](http://www.small-hydro.com)).
- L'organisation conjointe par RNCan et les responsables de l'annexe de l'AIE sur les petites centrales hydrauliques d'ateliers de travail portant sur les petites et moyennes centrales hydrauliques à l'occasion des conférences semestrielles de la North America Hydrovision and Waterpower.
- L'élaboration de résumés relatifs aux logiciels existants à l'échelle internationale concernant l'évaluation des emplacements.

Le Canada prend également part à l'exécution des tâches suivantes:

- Il fait rapport sur les politiques environnementales et les mesures d'atténuation des répercussions
- Il fait des sondages et des études de cas se rapportant aux procédés et aux applications novateurs liés aux petites, aux mini et aux micro-centrales hydrauliques.

---

<sup>133</sup> European Directorate for Transport and Energy and Swiss Federal Office for Science and Education. 2004. *European Strategy Document for Research, Technology Development and Demonstration in Small Hydropower*. Prepared by the Engineering work Group of the Thematic Network on Small Hydropower (TN-SHP).

## 6 Stratégie de R-D sur les nouvelles techniques d'hydro-électricité

La recherche-développement est essentielle aux fabricants canadiens de nouveaux éléments technologiques d'hydro-électricité destinés aux petites centrales hydrauliques, aux centrales à faibles chutes et aux centrales actionnées par le courant de l'eau. Ces fabricants ne disposent que de peu de capitaux à consacrer à la R-D pour développer une gamme variée de produits normalisés et favoriser leur compétitivité sur les marchés mondiaux. Il s'agit là d'un contraste avec un rapport provenant de l'Agence internationale de l'énergie et l'OCDE qui désignait les fabricants comme étant les meilleurs groupes pour entreprendre ou pour parrainer la mise au point d'équipement ou d'éléments servant à améliorer les petites centrales hydrauliques.<sup>134</sup> Les programmes publics de R-D viennent appuyer les fabricants en diffusant les résultats obtenus, ce qui les rend aptes à développer systématiquement des modèles optimisés en laboratoire.<sup>135</sup>

La normalisation de l'équipement permet également d'appuyer les promoteurs dont les ressources sont limitées pour la réalisation d'études en laboratoire dans les universités et les centres de recherche destinées à l'élaboration de modèles adaptés aux besoins particuliers. De plus, des modèles de turbine moins compliqués en réduisant le coût de fabrication, d'installation et d'entretien. Les autres équipements doivent être conçus en fonction des besoins propres à chaque emplacement. Les concepteurs et les fabricants canadiens ont besoin d'appui pour élargir leurs capacités en recherche-développement.

Le legs des produits hydrauliques a été établi comme une importante possibilité commerciale en Amérique du Nord.<sup>136</sup> Il est toujours possible de remettre à neuf les centrales vieillissantes en se tournant vers certaines options d'amélioration ne nécessitant qu'un minimum de travaux de génie civil. On peut également faire l'adaptation de nouvelles techniques pour accroître le rendement des turbines et des génératrices, de nouvelles techniques comme l'analyse par la dynamique computationnelle des fluides. La faisabilité de cette démarche a été démontrée dans nombre de projets réalisés par CanmetÉNERGIE. Malheureusement, des ressources comme l'analyse par la dynamique computationnelle des fluides sont toujours d'un coût prohibitif pour les petites entreprises de service public et pour les propriétaires de centrales privées. D'autre part, il n'existe que peu de sociétés en mesure de fournir ce genre de services.

Des formules informatiques normalisées pour l'hydrologie, l'optimisation technique, ainsi que l'évaluation des coûts, des risques et des répercussions environnementales sont des éléments qui ont été établis comme étant des besoins prioritaires pour le secteur des nouvelles techniques d'hydro-électricité.<sup>137</sup>

La participation à l'élaboration et au maintien à jour des codes et des normes liés aux thèmes en matière de recherche-développement s'avère d'une grande importance pour la représentation des intérêts du Canada et pour lui permettre de garder son titre de chef de file mondial dans ce domaine. Les normes de la Commission électrotechnique internationale et de l'Institute of Electrical and Electronics Engineers portent sur la conception, la fabrication et la remise en état d'installations d'énergie hydraulique, ainsi que sur la mise en service, la mise à l'essai et l'exploitation de l'équipement électromécanique comprenant les turbines, les régulateurs de vitesse, les génératrices, les transformateurs et les systèmes de commande.

En se basant sur les besoins prioritaires, les travaux de recherche et de développement soutenus et accomplis par le Groupe de l'énergie hydraulique à RNCAN sont regroupés sous trois thèmes principaux. Dans les quatre prochaines années, la planification stratégique viendra également appuyer la réalisation de ces travaux qui regrouperont les infrastructures, l'engagement des parties intéressées, l'analyse des débouchés commerciaux et les produits de communication (se référer à la section 7).

<sup>134</sup> International Energy Agency (IEA). 2006. *Renewable Energy R&D Priorities – Insights from IEA technology Programmes*. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD).

<sup>135</sup> European Directorate for Transport and Energy and Swiss Federal Office for Science and Education. 2004. *European Strategy Document for Research, Technology Development and Demonstration in Small Hydropower*. Prepared by the Engineering work Group of the Thematic Network on Small Hydropower (TN-SHP).

<sup>136</sup> Natural Resources Canada. 2006. *Final Report on the Hydraulic Energy Group Ad-Hoc Technical Advisory Committee Meeting*. March 16, 2006, Ottawa

<sup>137</sup> Ibid., 136

## 6.1 Thème numéro un : Systèmes concurrentiels de centrales à faibles chutes et de centrales actionnées par le courant de l'eau

Dans le cadre de ce thème, la recherche-développement aboutit au développement de systèmes de centrales à faibles chutes et de centrales actionnées par le courant de l'eau qui sont rentables et favorisent l'efficacité énergétique. C'est le Laboratoire de machines hydrauliques (LAMH) de l'Université Laval qui se chargera d'une grande part de ces activités de R-D. La recherche-développement sur la protection des poissons offerte par ces systèmes est réalisée à l'intérieur d'entreprises conjointes regroupées sous le thème de l'ingénierie environnementale. L'Agence internationale de l'énergie a également établi comme éléments de grandes priorités en matière de recherche-développement les turbines sans danger pour les poissons, la technologie liée aux centrales à faibles chutes, la technologie liée au débit d'un cours d'eau et l'ajout de capacités de production aux structures existantes.<sup>138</sup>

Il n'existe actuellement aucun code, ni aucune norme réglementant les exigences au chapitre de la mise à l'essai des centrales à faibles chutes. Des essais en laboratoire des turbines à faibles chutes et des évaluations du débit et du rendement sur place aideront à élaborer des codes et des normes. Il sera ainsi possible de garantir la conformité aux spécifications techniques dans la conception, la fabrication et le rendement des turbines. Parallèlement, ces essais et ces mesures permettront de préparer le terrain à l'élaboration de codes et de normes se rapportant à la technologie liée à l'énergie des océans.

### *Projets actuels et suggérés*

#### **Systèmes à faibles chutes sans danger pour les poissons (chutes de 1 à 3 m)**

CanmetÉNERGIE réalise un projet visant à mettre au point une turbine à faibles chutes sans danger pour les poissons à partir d'une roue mobile de grande turbine, cela afin d'éliminer les coûts élevés entourant les travaux de génie civil et à réduire de manière substantielle la facture globale de l'ensemble. Les plans de la turbine prévoient la réduction des travaux de génie civil en raison de la simplicité des systèmes mécaniques. De plus, la turbine est destinée à une modernisation des installations situées dans un canal existant. L'analyse par la dynamique computationnelle des fluides a permis de faire la vérification de la technologie liée à la conception de la turbine. Il s'agissait d'y intégrer des caractéristiques de protection des poissons. La mise à l'essai du modèle par le Laboratoire de machines hydrauliques de l'Université Laval a fait la preuve de son bon fonctionnement.

Des travaux de démonstration sont en cours en France et en voie de planification au Canada. La mise en application de cette turbine au Canada s'avère une mesure essentielle pour sa commercialisation en Amérique du Nord. Les activités de démonstration de la turbine sur le territoire canadien permettent l'évaluation de son fonctionnement dans des conditions climatiques extrêmes. Le prototype utilisé comprendra une génératrice à aimants permanents et à vitesses variables dotée d'un convertisseur de puissance. La présence d'une génératrice à vitesses variables entraîne l'élargissement de l'autonomie de la turbine tout en maintenant la simplicité structurale au maximum.

#### **Systèmes de centrales actionnées par le courant de l'eau (chutes < 1 m)**

CanmetÉNERGIE participe à l'évaluation de la technologie la plus prometteuse qui prend la forme d'une turbine actionnée par le courant de l'eau destinée à des applications au gré des rivières. L'organisation s'applique également à développer un système miniature pour les collectivités éloignées qui ne sont pas reliées à un réseau local d'électricité. CanmetÉNERGIE donne actuellement son appui à la mise au point de turbines modulaires Darrieus à axe vertical qui offriront des capacités de 5 à 25 kW. Ces appareils font appel à la vitesse du courant de l'eau, qui atteint de 1 à 4 m/s, tout en présentant une efficacité allant jusqu'à 45 p. 100. Les pales de ces turbines tournent lentement, ce qui permet de protéger la faune aquatique. Les premières activités de démonstration d'une turbine de 5 kW ont eu lieu en 2006 aux installations de traitement des eaux BonnyBrook situées à Calgary. L'appareil a offert un rendement de 300 heures de fonctionnement sans anicroche. On disposera, d'ici la fin de 2008, d'un total de 250 kW d'installations de démonstration en Colombie-Britannique, au Yukon, en Ontario et en Alberta. Une autre activité prévue consiste à mettre à l'essai du côté canadien une turbine de 60 kW conçue par une entreprise américaine en vue d'une utilisation commerciale (une activité mise en branle à l'été de 2007). Le tout est réalisé sous la direction de l'Université du Manitoba avec la collaboration de CanmetÉNERGIE et de plusieurs services publics, notamment Manitoba Hydro.

#### **Évaluation sur place du rendement offert par les turbines**

CanmetÉNERGIE étudie actuellement la mise au point d'un équipement et de procédures efficaces d'essai qui permettrait de réduire le temps d'assemblage, ainsi que l'analyse des données et l'élaboration de rapports les concernant, afin d'en arriver à une

<sup>138</sup> International Energy Agency (IEA). 2006. *Renewable Energy R&D Priorities – Insights from IEA Technology Programmes*. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD).

fourchette de tarification s'échelonnant entre 10 000 et 20 000 dollars. Ces éléments contribueraient à faciliter la prise des décisions quotidiennes par les exploitants, ce qui les amènerait à choisir les meilleures façons de fonctionner. Il serait ainsi possible de démontrer aux producteurs les avantages qu'il y a à investir dans les outils et les données nécessaires à une exploitation efficace, maximisant, par la même occasion, l'utilisation des ressources en eau disponibles et améliorant les méthodes de production de l'électricité.<sup>139</sup>

## 6.2 Thème deux : Éco-énergie

La recherche-développement, dans le cadre de ce thème, sera concentrée sur deux problèmes environnementaux de taille pour la mise en valeur des centrales actionnées par le courant de l'eau, soit les répercussions découlant de la dérivation des cours d'eau, ainsi que la réduction du débit naturel de l'eau influant sur l'habitat aquatique, de même que sur le taux de mortalité et de blessures infligées aux poissons qui traversent la chambre des turbines.

### *Projets actuels et proposés*

#### **Exigences en matière de débit d'un cours d'eau**

RNCan collabore à la réalisation de recherche-développement par le ministère canadien des Pêches et des Océans, une activité qui vise à améliorer la mise au point d'outils de modélisation aboutissant à la recommandation de débits des cours d'eau adéquats sur le plan environnemental au moment de modifier le déplacement naturel de l'eau en vue de la conception d'une centrale électrique. Pêches et Océans Canada et l'Association canadienne de l'électricité étudient la possibilité d'élaborer un cadre exhaustif apte à l'évaluation des modifications apportées au débit des cours d'eau en ce qui concerne l'effet de celles-ci sur les poissons et leur habitat. L'élaboration de ce cadre procurera au gouvernement, à l'industrie et au public canadien un instrument cohérent, clair et, néanmoins, flexible à la gestion du débit des cours d'eau partout sur le territoire canadien. D'autre part, la surveillance et la gestion adaptative constituent également des éléments importants pour le contrôle des débits des rivières.<sup>140</sup>

#### **Turbines sans danger pour les poissons**

CanmetÉNERGIE, de concert avec ses partenaires industriels et universitaires œuvrant au Canada et en France, travaille actuellement à la mise au point d'un système, simple et non régulé, à base de turbopropulseur à tourbillons couplé à une génératrice à vitesses variables, lequel est prévu fonctionner à une vitesse de rotation optimale avec un débit de l'eau variable. Des simulations du débit par dynamique computationnelle des fluides et des essais en laboratoire menés de façon intensive seront utilisés pour le processus de conception. On s'attend à ce que cette turbine conçue pour protéger la faune aquatique permette de réduire le taux de mortalité des poissons pour atteindre moins de 5 p. 100. En outre, la turbine pourra fonctionner à diverses vitesses dans un large spectre d'autonomie, cela tant en fonction d'un débit élevé que d'un débit inférieur.<sup>141</sup> Ainsi, l'efficacité accrue et le taux élevé de variation de débit permettront d'augmenter la production globale d'électricité. RNCan travaillera la main dans la main avec Pêches et Océans Canada pour évaluer le taux de mortalité des poissons, mais reportera à plus tard les études sur ce taux de mortalité en aval. On pourra donc établir l'efficacité biologique des nouveaux modèles de turbine installés dans les centrales à faibles chutes.

## 6.3 Thème trois : Évaluation des emplacements

Déjà bien établis, des outils et des programmes tels que la Base de données canadienne sur les petites centrales hydrauliques et RETScreen<sup>mc</sup> renferment les données et les détails de la sélection préliminaire qui sont nécessaires pour progresser vers l'étude de préfaisabilité. Le présent thème sera axé sur l'élaboration et la diffusion des outils déjà en voie de développement.

<sup>139</sup> Tung, Tony T.P., J. Huang, C. Handler, and G. Ranjtkar. 2007. Better Turbines for Small Hydro. *Hydro Review*, March 2007.

<sup>140</sup> Department of Fisheries and Oceans (DFO). 2005. Report Submission to the Panel on Energy Research and Development (PERD), Natural Resources Canada.

<sup>141</sup> Tung, Tony T.P., J. Huang, C. Handler, and G. Ranjtkar. 2007. Better Turbines for Small Hydro. *Hydro Review*, March 2007.



## Projets actuels et proposes

### Outils de conception et d'établissement des coûts HydroHELP

CanmetÉNERGIE appuie la mise au point d'un outil exhaustif au niveau de l'étude de faisabilité servant à la conception préliminaire et à l'établissement des coûts. Cet élément couvre toute la gamme des détails relatifs à la réalisation des projets et aux turbines hydro-électriques. Il comporte quatre modules en voie de développement et de mise à l'essai, soit un module pour la sélection des turbines et trois pour la réalisation des projets avec, respectivement, les turbines Francis, Impulse et Kaplan. Une version relative aux petites centrales hydrauliques (moins de 50 MW) sera mise à la disposition des intéressés, de pair avec une version professionnelle destinée aux grandes et petites centrales hydrauliques.

### Outils de conception de micro-centrales hydrauliques

CanmetÉNERGIE appuie la mise au point d'un outil comportant une section technique qui permet la conception et l'établissement des spécifications se rapportant à l'équipement et à l'envergure des travaux de génie civil dans le cas des micro-centrales hydrauliques, y compris le coût de systèmes allant jusqu'à 100 kW. Les données de cet outil peuvent être transférées vers d'autres éléments, RETScreen<sup>mc</sup> par exemple, pour effectuer des analyses financières ou évaluer les émissions de gaz à effet de serre.

### Base de données canadienne sur les petites centrales hydrauliques

Les fichiers de la base de données canadienne (située dans le site Web de l'Agence internationale de l'énergie à l'adresse [www.small-hydro.com](http://www.small-hydro.com)) se composent d'une compilation de rapports et d'études provenant de diverses régions du Canada, des renseignements qui, dans certains cas, datent de plus de 40 ans. Les divers emplacements sont indiqués avec possibilité d'affichage et d'interrogation, le tout étant accompagné de données géographiques pertinentes comme les lignes de transport, les routes, les parcs, etc. Il s'y trouve également des ensembles de données provenant de provinces et de territoires, comme l'Ontario, la Colombie-Britannique, le Yukon et le Nunavut. CanmetÉNERGIE prévoit la mise à jour de la base de données et va s'assurer que les champs de celle-ci sont compatibles avec des outils comme RETScreen<sup>mc</sup>.

### Évaluation des ressources

CanmetÉNERGIE, le Conseil national de recherches du Canada et Environnement Canada travaillent de concert pour élaborer un atlas national des délimitations relatives aux bassins versants hydrographiques d'avant-traitement et des données hydrographiques historiques propres à chaque emplacement, cela afin de servir à une évaluation préliminaire des ressources en petites centrales hydrauliques. L'entreprise englobe également la mise à jour d'une étude datant de 1980 et intitulée *Evaluation of the Kinetic Energy of Canadian Rivers and Estuaries*.<sup>142</sup> Ce document permettra de faire une évaluation du potentiel national et régional des emplacements pouvant accueillir des centrales actionnées par le courant de l'eau, en plus de servir d'instrument pour aider à déterminer les endroits qui mériteraient des études plus approfondies. D'autre part, il s'agira d'envisager la possibilité de recourir à des méthodes de prévision des courants d'eau et d'évaluer l'exactitude relative de celles-ci afin d'améliorer la situation qui avait cours au moment de l'étude de 1980. Toutes les cartes géographiques qui découleront de ce travail de collaboration seront insérées dans l'atlas. Les boîtes à outils actuelles du Conseil national de recherches du Canada, lesquelles constituent des éléments perfectionnés de données hydrologiques à l'intérieur d'environnements de modélisation activés par SIG, sont, en outre, proposés. Ces dernières procureront aux firmes d'ingénierie et aux chercheurs scientifiques des outils de pointe pour obtenir des évaluations exactes des emplacements, une démarche indispensable pour la conception de petites centrales hydrauliques.

## 6.4 Autres activités de recherche-développement

### Travaux de génie civil

Les travaux de génie civil en tant que tel ne sont pas présentés comme faisant partie intégrante des grands thèmes de recherche-développement. Toutefois, on avance deux façons de faire afin que RNCan puisse répondre aux besoins de recherche-développement en matière de travaux de génie civil, soit:

- L'élaboration de lignes directrices relatives à la conception fondées sur la R-D liée à des éléments spécifiques. Une certaine collaboration avec les responsables de l'Annexe II de l'Agence internationale de l'énergie sur les petites centrales hydrauliques pourrait entraîner le partage des ressources disponibles et des résultats obtenus. L'on s'est montré particulièrement intéressés à entreprendre de la recherche-développement sur les barrages en bois.

<sup>142</sup> National Research Council. 1980. *Evaluation of the Kinetic Energy of Canadian Rivers and Estuaries*. Produced by the UMA Group for the National Research Council – Canadian Hydraulic Centre.

- L'établissement de liens de collaboration avec des facultés universitaires de génie civil concernant les derniers développements en matière de recherche-développement sur les travaux de génie civil, et plus particulièrement les applications dans les climats froids.

## 7 Planification stratégique

Le Comité consultatif technique, un élément du Groupe de l'énergie hydraulique à CanmetÉNERGIE, profitera de sa réunion annuelle pour établir la planification stratégique et les orientations à imprimer aux activités de recherche-développement réalisées au sein de son organisation dans son domaine de compétences. Le Comité consultatif technique se compose de 12 à 14 membres de partout au Canada qui représentent le secteur, le monde universitaire, les associations et les divers ministères fédéraux œuvrant dans la technologie nouvelle liée aux petites centrales hydrauliques.

### 7.1 Soutien des infrastructures

Au Canada, l'absence d'infrastructures liées à la recherche et à la formation en matière de turbines hydrauliques se fait cruellement sentir. Les laboratoires universitaires et gouvernementaux sont dans des positions bien établies pour s'occuper de la recherche-développement dans ces domaines et pour suppléer le manque de capacités dans l'industrie hydro-électrique en général, et dans le sous-secteur des petites centrales hydrauliques en particulier. Il faut renforcer la collaboration et la communication entre l'industrie et ces laboratoires afin de transformer la recherche-développement et le savoir-faire de pointe en produits et en solutions pratiques des provinces. Les centres de recherche sont en mesure d'assumer un rôle de premier plan dans la mise au point de turbines normalisées pouvant être utilisées dans une grande diversité d'emplacements, aidant ainsi à la découverte d'options plus novatrices, fiables et rentables pour la conception de modèles adaptés en plus de favoriser une utilisation accrue de techniques perfectionnées pour l'analyse et la mise à l'essai de l'équipement.

Le manque de capacités en éducation et en formation, de même que le faible nombre de nouveaux ingénieurs qui viennent travailler dans le secteur de l'hydro-électricité, constituent des sujets de préoccupation, tant au Canada qu'à l'étranger.<sup>143, 144</sup> Il faut dresser des plans pour la relève de la main-d'œuvre vieillissante. Ces plans comprendraient certaines stratégies prévoyant la formation sur le tas et l'établissement de liens avec des institutions universitaires. On veillerait également à délimiter des objectifs en matière de politiques visant à la mise en valeur du potentiel en ressources et à la satisfaction des besoins en compétences par le marché de la main-d'œuvre.<sup>145</sup>

#### 7.1.1 Installations de R-D

##### **Le Laboratoire des machines hydrauliques (LAMH) de l'Université Laval**

L'appui continu à court terme fourni par CanmetÉNERGIE permet au LAMH de profiter des résultats de la recherche-développement déjà effectuée et de poursuivre dans la voie de la recherche fondamentale axée sur les machines hydrauliques, améliorant ainsi l'assise des connaissances au sein du secteur de l'énergie hydraulique. Le LAMH permet au secteur hydro-électrique de jouir d'installations indépendantes de mise à l'essai, facilitant ainsi la formation d'ingénieurs et de chercheurs en hydrologie hautement qualifiés en plus d'aider les membres de l'industrie à commercialiser leurs produits. Récemment, CanmetÉNERGIE a accordé une part importante de son soutien à la mise en application d'un banc d'essai universel des turbines au LAMH.

##### **Le Consortium canadien de R-D sur les machines hydrauliques**

Grâce à cette organisation indépendante, le sous-secteur des petites centrales hydrauliques sera en mesure de transmettre aux grands groupes industriels et aux grands promoteurs d'hydro-électricité qui disposent de capacités plus importantes de financer des activités de recherche-développement. L'existence du consortium fera en sorte de favoriser le perfectionnement des compétences du Canada en matière de conception de turbines et de mise à l'essai indépendante de celles-ci, venant ainsi appuyer le secteur hydro-électrique dans son ensemble. Par la même occasion, le consortium permettra au LAMH de devenir une installation d'essai entièrement agréée et de réduire la dépendance de cette organisation à l'égard des fonds fédéraux. En effet,

<sup>143</sup> Natural Resources Canada. 2006. *Final Report on the Hydraulic Energy Group Ad-Hoc Technical Advisory Committee Meeting*. March 16, 2006, Ottawa.

<sup>144</sup> International Energy Agency Renewable Energy Working Party (REWP) and Renewable Energy and Hydrogen Implementing Agreements. 2005. Joint seminar discussion paper - *Catching Up: Priorities for Augmented Renewable Energy R&D*, March 3, 2005.

<sup>145</sup> Natural Resources Canada. 2007. *Minutes of the Hydraulic Energy Group Technical Advisory Committee Meeting*. April 19, 2007, Ottawa.

l'indépendance à long terme du LAMH grâce à un meilleur accès au financement accordé par l'industrie et par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) est indispensable pour atténuer les conséquences des décisions prises à l'échelon fédéral en matière de financement en ce qui concerne le fonctionnement du laboratoire.

Le CRSNG a, en 2007, participé au cofinancement de cette importante réalisation. Des partenaires au sein des secteurs public et privé se sont entendus sur une période de trois ans pour la promotion des nouveaux modèles de turbine. Les sociétés GE Hydro, Hydro-Québec et Alstom Hydro, de concert avec CanmetÉNERGIE, se sont engagées à effectuer des contributions financières. La recherche-développement suggérée ayant trait à des expériences effectuées avec la turbine axiale à faibles chutes permettra d'améliorer la compréhension de base concernant le débit d'eau nécessaire au fonctionnement de cet appareil, cela afin d'en concevoir des modèles plus fiables et plus efficaces.

### 7.1.2 Capacités en matière de compétences expertes

Il faut dresser des plans pour la relève de la main-d'œuvre vieillissante. Ces plans comprendraient certaines stratégies prévoyant la formation sur le tas et l'établissement de liens avec des institutions universitaires. Le Conseil du secteur de l'électricité, un élément de Ressources humaines et Développement des compétences Canada, a réalisé une évaluation préliminaire de la portée des questions liées aux compétences expertes dans le secteur de l'hydro-électricité. Le Conseil travaille maintenant en collaboration avec l'Association canadienne de l'électricité et d'autres partenaires afin de planifier une analyse détaillée et les prochaines étapes à franchir. De plus, le Conseil a mis sur pied une table de consultation portant sur le renouvellement des compétences. L'Association canadienne de l'hydro-électricité (ACH) s'est dite intéressée à collaborer avec le gouvernement sur cette question. CanmetÉNERGIE prévoit prêter son concours à l'ACH dans le cas des activités réalisées par Ressources humaines et Développement des compétences Canada à l'égard du secteur de l'hydro-électricité.

Dans le cadre de l'Annexe II de l'Agence internationale de l'énergie sur les petites centrales hydrauliques, le Canada, de concert avec d'autres pays membres, pourrait également prendre part à une démarche collective axée sur cette question en réalisant diverses tâches s'y rapportant. Une des options envisagées serait d'utiliser les emplacements de petites centrales hydrauliques comme terrains de formation pour toutes les catégories de centrales en offrant un programme de bourses d'études. Ainsi, les ingénieurs pourraient se former à l'exploitation de petites, de moyennes et de grandes centrales hydrauliques. On a proposé le logiciel de conception HydroHELP comme étant un instrument utile pour former des étudiants dans le domaine ou pour assurer la formation permanente par la tenue d'ateliers. Les personnes intéressées pourraient verser le prix de cette formation et le logiciel s'auto-financerait.<sup>146</sup> Il serait également possible de recourir à des fonds fournis par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie pour garantir cette formation, le tout de concert avec les universités, l'industrie et les gouvernements. Comme première étape, il est proposé d'organiser un sondage à l'échelle internationale sur la formation, les ateliers et les autres méthodes servant à perfectionner les compétences portant sur l'hydro-électricité.

## 7.2 Engagement des parties intéressées

### Le sous-secteur canadien des petites centrales hydrauliques

CanmetÉNERGIE a établi de bonnes relations de travail avec l'industrie canadienne, appuyant certains partenaires de ce secteur et collaborant avec eux à la réalisation de plusieurs projets dans le cadre des activités du Comité consultatif technique du Groupe de l'énergie hydraulique et l'adhésion active au Groupe de la durée de vie des centrales hydro-électriques, un élément de l'Association canadienne de l'électricité.

### Le sous-secteur international des petites centrales hydrauliques

En 1995, le Canada a lancé l'Annexe II de l'Agence internationale de l'énergie sur les petites centrales hydrauliques où il a constitué, depuis, le pays membre le plus actif. CanmetÉNERGIE a joué un rôle de premier plan dans la réalisation du projet ACIDI-Chine d'une durée de quatre ans qui visait le transfert de la technologie canadienne dans le domaine des petites centrales hydrauliques. Il s'est également investi avec l'industrie canadienne dans des entreprises réalisées au Népal, en Inde et en Pologne. CanmetÉNERGIE étudie actuellement la possibilité d'effectuer des transferts technologiques vers l'Ouganda et le Kenya.

---

<sup>146</sup> Natural Resources Canada. 2007. Minutes of the Hydraulic Energy Group Technical Advisory Committee Meeting. April 19, 2007, Ottawa.

### **Institutions universitaires**

La faculté de génie mécanique de l'Université Laval a, dans les dix dernières années, grandement bénéficié du soutien de CanmetÉNERGIE, en particulier dans le cas de son Laboratoire de machines hydrauliques. Outre la grande collaboration qui a caractérisé un grand nombre d'activités de recherche et de développement, plusieurs étudiants de niveaux supérieurs ont pu se concentrer sur leurs propres travaux. La coopération avec l'Université du Nouveau-Brunswick se poursuit en permanence en vue de la mise au point de génératrices et d'onduleurs, le tout s'accompagnant généralement d'un renforcement provenant des travaux de recherche-développement effectués dans le secteur de l'énergie éolienne. L'Université du Manitoba, quant à elle, dirige la démonstration d'une turbine actionnée par le courant de l'eau, cela en collaboration avec CanmetÉNERGIE et de nombreuses entreprises de service public, notamment Manitoba Hydro. La participation des facultés universitaires de génie civil est indispensable afin d'introduire dans le secteur des petites centrales hydrauliques la recherche et le développement à la fine pointe de la technologie.

### **Associations nationales, provinciales et territoriales**

L'Association canadienne de l'hydro-électricité et l'Association canadienne de l'électricité s'appuient sur CanmetÉNERGIE à titre de principal organisme de connaissances se rapportant au potentiel en matière de petites centrales hydrauliques, à la R-D sur la technologie de pointe en matière d'hydro-électricité, ainsi qu'aux données techniques concernant les petites centrales hydrauliques, les centrales à faibles chutes et les centrales actionnées par le courant de l'eau. On a renouvelé les liens qui unissaient l'organisation avec l'Ontario Waterpower Association, en plus d'établir des plans visant à tisser d'autres liens avec des associations provinciales et territoriales. En contrepartie, toutes ces organisations donnent à CanmetÉNERGIE des perspectives indispensables sur le plan national et régional.

### **Organismes non gouvernementaux**

La société Pollution Probe a, dans les dernières années, effectué de nombreuses consultations auprès de CanmetÉNERGIE concernant certaines publications. On envisage de collaborer avec d'autres grands organismes non gouvernementaux tels que la Fondation Suzuki et l'Institut Pembina.

### **Gouvernements provinciaux et territoriaux**

Depuis nombre d'années, CanmetÉNERGIE travaille avec le ministère ontarien des Ressources naturelles sur l'évaluation du potentiel en ressources hydrauliques et en emplacements aptes à recevoir des installations. On a également établi des liens avec le gouvernement du Yukon où des membres du personnel de CanmetÉNERGIE se sont récemment rendus pour visiter Nunavut. Le gouvernement de ce territoire affiche un grand intérêt à œuvrer de concert avec CanmetÉNERGIE.

### **Autres ministères**

Dans le cadre des activités du Groupe de recherche et de développement énergétiques, CanmetÉNERGIE a l'occasion de rencontrer des représentants d'Industrie Canada, de Pêches et Océans Canada, d'Environnement Canada et du Centre d'hydraulique canadien, un élément du Conseil national de recherches du Canada. Certains de ces organismes gouvernementaux ont également participé à la réalisation de plusieurs projets de recherche-développement avec l'appui de CanmetÉNERGIE.

### **À l'intérieur de RNCan**

Il faut renforcer l'établissement de liens avec CanmetÉNERGIE à Varennes afin de pouvoir collaborer à certaines activités réalisées dans des domaines d'intérêt communs. Il faut également solidifier les relations entretenues avec le Groupe de la politique énergétique de RNCan afin d'améliorer le recours au levier financier et la collaboration pour le partage des informations et des données entre les deux groupes. CanmetÉNERGIE fait actuellement appel à un grand nombre de cartes numériques dessinées par les membres de Géomatique Canada dans le but d'évaluer les emplacements possibles.

## **7.3 Études de marché**

Les données actuellement disponibles sur les marchés des petites centrales hydrauliques sont basées sur un rapport publié en 1990 par RNCan et intitulé : Small Hydro Technology and Market Assessment. Compte tenu de cette situation, il est grand temps d'obtenir des données à jour sur le secteur de l'hydro-électricité.

CanmetÉNERGIE prévoit réaliser une étude qui permettra d'évaluer les éléments suivants : l'état des marchés technologiques liés aux petites centrales hydrauliques et aux centrales à faibles chutes ; les attentes concernant la pénétration des marchés et le niveau des coûts ayant trait à la mise en valeur des centrales à faibles chutes ; les répercussions possibles et les stratégies se rapportant à la mise en valeur des centrales à faibles chutes, tant au Canada qu'à l'étranger. Il faut également établir quels sont

les obstacles qui accompagnent l'introduction sur les marchés d'une nouvelle technologie et la mise en valeur de nouveaux emplacements pour les centrales à faibles chutes.

Ces informations sont nécessaires pour aider les décideurs provinciaux et fédéraux, de même que les gestionnaires responsables de la recherche-développement, à planifier la portée et l'orientation des programmes de soutien, des stratégies de mise en valeur et des activités de R-D. Les parties intéressées ont également besoin d'informations sur les marchés afin de formuler adéquatement leurs plans d'affaires.

## 7.4 Communication

### Statistiques

CanmetÉNERGIE est souvent sollicité pour obtenir les plus récentes informations sur le potentiel de ressources disponibles et sur le taux de croissance des secteurs des petites centrales hydrauliques, des centrales à faibles chutes et des centrales actionnées par le courant de l'eau. Ces demandes proviennent de groupes responsables de l'élaboration de politiques à RNCan, de membres de la direction de ce même ministère, ainsi que d'organisations de l'extérieur, comme l'Agence internationale de l'énergie, d'organismes non gouvernementaux et d'autres ministères, comme Industrie Canada. L'Association canadienne de l'hydro-électricité a récemment effectué une étude concernant le potentiel en hydro-électricité du Canada, permettant ainsi de prendre connaissance des statistiques globales relatives à des emplacements de 25 à 50 MW qui ne font actuellement pas partie de la Base de données canadiennes sur les petites centrales hydrauliques. La mise à jour de cette base de données pour y inclure des emplacements offrant des capacités de plus de 50 MW fournira également une source des informations les plus récentes. Ce travail de fera en collaboration avec le gouvernement des provinces et des territoires qui mettront à contribution le contenu de leurs propres bases de données. On prévoit travailler en étroite collaboration avec Statistique Canada afin d'obtenir plus aisément les informations contenues dans les bases de données de l'organisme, de même qu'afin de produire des statistiques globales à valeur ajoutée portant sur les emplacements existants, ainsi que sur la croissance et le déclin du secteur de la nouvelle technologie liée à l'hydro-électricité.

### Publications dans les revues

Chaque année, les membres du personnel de CanmetÉNERGIE publient des articles sur la recherche-développement en matière de nouvelle technologie liée à l'hydro-électricité. Ces articles paraissent dans des revues industrielles très en vue comme Hydro Review.

### Sites Web

L'Annexe II de l'Agence internationale de l'énergie devrait, selon les plans envisagés, être déplacée vers le site Web international sur les petites centrales hydrauliques situé à l'adresse [www.small-hydro.com](http://www.small-hydro.com), lequel se trouve sous la responsabilité du Secrétariat de l'Annexe II. Le Canada assurera le contenu canadien du site Web mais ne s'occupera plus de gérer ce dernier.

On projette également de mettre à jour les informations relatives à l'hydro-électricité qui sont contenues dans le site Web du Réseau canadien des énergies renouvelables, un élément de CanmetÉNERGIE situé à l'adresse [www.canren.gc.ca](http://www.canren.gc.ca).

### Ateliers

Ayant lieu successivement durant les conférences Hydrovision et Waterpower, l'atelier annuel conjoint CanmetÉNERGIE et Agence internationale de l'énergie sur les petites et moyennes centrales hydrauliques remporte toujours beaucoup de succès, attirant habituellement près de 75 participants d'Amérique du Nord. Cet atelier donne à l'industrie canadienne une occasion unique de faire montre de ses compétences et de ses produits dans le domaine hydraulique à l'intention d'un vaste marché. Il réunit des investisseurs, des promoteurs et des exploitants liés à la technologie nouvelle en matière de centrales hydrauliques tout en leur fournissant une possibilité inestimable d'établir des liens de coopération.

### Produits de communication

Il est nécessaire d'augmenter la conception de produits de communication destinés à des publics bien définis. CanmetÉNERGIE a récemment distribué quelques-uns de ces produits sous forme de brochures, de fiches techniques et de résumés de certains projets réalisés à des intervenants de l'industrie et des membres du grand public. L'élaboration de trois fiches techniques est prévue pour l'année prochaine traitant de la turbine à faibles chutes sans danger pour les poissons, de la turbine actionnée par le courant de l'eau et de la recherche-développement sur les débits réservés.

## Références

- BIOCAP Canada, Ontario Waterpower Association and Investors Group.
- Canadian Hydropower Association. 2006. *Study of Hydropower Potential in Canada*. Prepared by EEM Inc.
- Clarke, Colin, Brookfield Power. 2007. Minutes of the Hydraulic Energy Group Technical Advisory Committee Meeting. April 19, 2007, Ottawa.
- Conference Board of Canada. 2003. *Renewable Energy in Canada*.
- David Suzuki Foundation. 2004. *Smart Generation – Powering Ontario with Renewable Energy*. Vancouver, Canada
- European Commission, DGXII, Science, Research and Development. 1995. JOULE Externalities of Energy Project, Vol. 2. Coal and Lignite, EUR 16522.
- European Directorate for Transport and Energy and Swiss Federal Office for Science and Education. 2004. *European Strategy Document for Research, Technology Development and Demonstration in Small Hydropower*. Prepared by the Engineering Work Group of the Thematic Network on Small Hydropower (TN-SHP).
- Fisheries and Oceans Canada (DFO). 2005. Report Submission to the Panel on Energy Research and Development (PERD), Natural Resources Canada.
- Gestion Conseil S.C.P. 2003. *Final Report for Rehabilitation and Modernization of Powerhouse No. 2 and No. 4 Victoria Island of Energy Ottawa Inc.* Under Climate Change Action Fund, Technology Early Action Measures (TEAM).
- Hatch Acres. 2005. *Evaluation and Assessment of Ontario's Waterpower Potential*. Hatch Acres, Oakville. 55 pp.
- Hon. Gary Lunn, Minister of Natural Resources Canada 2006. Speech at the *Forum on Hydropower 2006*. Canadian Hydropower Association (CHA), October 26.
- International Energy Agency (IEA) - ETSU 1997. *Renewables in Power Generation: Towards a Better Environment*, AEAT-2211.
- International Energy Agency (IEA). 2004. *Renewables for Power Generation – Status and Prospects*, Paris, France.
- International Energy Agency (IEA). 2006. *Renewable Energy R&D Priorities – Insights from IEA Technology Programmes*. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD).
- International Energy Agency (IEA). 2006. The IEA Hydropower Agreement and Insights from Technology Programmes. Presentation to the Hydraulic Energy Technical Advisory Committee, March 16, 2006.
- International Energy Agency Renewable Energy Working Party (REWP) and Renewable Energy and Hydrogen Implementing Agreements. 2005. Joint seminar discussion paper - *Catching Up: Priorities for Augmented Renewable Energy R&D*, March 3, 2005.
- James, L. Gordon. 2007. Final report for HydroHELP “Expert” Hydro Design Costing Tool. Submission to Natural Resources Canada.
- MHyLab (Switzerland). 2006. Presentation by Vincent Denis at *Research, Development and Innovation in Small Hydropower: Opportunities and Challenges*, Crieff, Scotland, June 2006.
- Moretti, A. and R. Picci. 1993. Refurbishment of small hydroelectric plants while preserving natural and aesthetic values. Conference Proceedings: *Hydropower, Energy and the Environment*, Stockholm, Sweden, 1993. Vattenfall AB, Sweden.
- National Hydropower Association 2007 *Hydropower's value recognized in \$22 million appropriation in Energy and Water Development Bill*. Press Release, Washington, DC.

- National Research Council. 1980. *Evaluation of the Kinetic Energy of Canadian Rivers and Estuaries*. Produced by the UMA Group for the National Research Council – Canadian Hydraulic Centre.
- Natural Resources Canada. 2004. *Clean Energy Project Analysis: RETScreen® Engineering & Cases Textbook – Small Hydro Project Analysis Chapter*. In collaboration with NASA, UNEP and GEF.
- Natural Resources Canada. 2004. Deck on small hydro. Internal document. Prepared by the Renewable Energy Technology Group, NRCan.
- Natural Resources Canada. 2004. T&I Distributed Energy Production Strategic Plan. Office of Energy Research and Development
- Natural Resources Canada. 2005. *Small Hydro Atlas*. [www.small-hydro.com](http://www.small-hydro.com).
- Natural Resources Canada. 2006. *Final Report on the Hydraulic Energy Group Ad-Hoc Technical Advisory Committee meeting of March 16, 2006*, Ottawa.
- Natural Resources Canada, 2006. “Small Hydro Technology Review.” Internal document. Prepared by the Renewable and Electrical Energy Division, NRCan.
- Natural Resources Canada. 2007. Minutes of the Hydraulic Energy Group Technical Advisory Committee. April 19, 2007, Ottawa.
- Natural Resources Canada. 2007 RETScreen® website at [www.RETScreen.net](http://www.RETScreen.net).
- Navigant Consulting. 2003. *The Changing Face of Renewable Energy – A Navigant Consulting Multi-Client Study*.
- Navigant Consulting. 2007. *Renewable Energy: Costs, Performance and Markets – An Outlook to 2015*. Prepared for CEA Technologies, June 22, 2007.
- Nöjd, R. and Krångede, AB. 1993. Experiences from restoration and upgrading of hydropower plants Conference Proceedings: *Hydropower, Energy and the Environment*, Stockholm, Sweden, 1993. Vattenfall AB, Sweden.
- Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE). 2006. Presentation by Erik Juliussen at *Research, Development and Innovation in Small Hydropower: Opportunities and Challenges*, Crieff, Scotland, June 2006.
- ORNL/RfF. 1994. *Estimating Externalities of Hydro Fuel Cycle*. US-EC Fuel Cycle Study, Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, U.S.A. Report 6.
- Ottawa Engineering Ltd., 2006. Communication with IBI Group, 2006. *Status of Small-hydro Civil Works Research and Development in Canada*. Prepared for Natural Resources Canada.
- Ottawa Engineering Ltd., 2006. Communication with Philip Helwig, P. Eng., 2006. *Status of Small-hydro Civil Works Research and Development in Canada*. Prepared for Natural Resources Canada.
- Ottawa Engineering Ltd., 2006. Communication with Rapid-Eau Technologies Inc. *Status of Small-hydro Civil Works Research and Development in Canada*. Prepared for Natural Resources Canada.
- Ottawa Engineering Ltd., 2006. Communication with PO Sjöman Hydrotech Consulting, 2006. *Status of Small-hydro Civil Works Research and Development in Canada*. Prepared for Natural Resources Canada.
- Ottawa Engineering Ltd., 2006. *Status of Small-hydro Civil Works Research and Development in Canada*. Prepared for Natural Resources Canada.
- Pollution Probe. 2003. *Primer on the Technologies of Renewable Energy*. With support from Industry Canada, Environment Canada,
- Regional Power Ltd. 2007 [www.regionalpower.com](http://www.regionalpower.com).



REN21 Renewable Energy Policy Network. 2005. *Renewables 2005 Global Status Report*. Washington, DC: World Watch Institute.

Sustainable Development Technology Canada (SDTC). 2006. GE Canada Project. <http://www.sdtec.ca/en/results/portfolio/projects/GECanada.htm>

Sjöman, P. 2006. Presentation at the *Micro-hydro Workshop*, Victoria, B.C., March 18, 2006.

Statistics Canada. 1986. Internal database of electric power generating stations.

Statistics Canada 1996-2004. *Electric Power Generating Stations*. Catalogue 57-202-XIB.

Swiderski Engineering Inc. 2006. *Strategy for Research and Technological Development in Small Hydro Power-Mechanical Aspect of Small Water Turbines*. Prepared for Natural Resources Canada.

Tung, Tony T.P., J. Huang, C. Handler, and G. Ranjitkar. 2007. Better Turbines for Small Hydro. *Hydro Review*, March 2007.

U.S. Department of Energy. 2000. *Hydropower R&D: Recent Advances in Turbine Passage Technology*. Glenn F. Čada, Environmental Sciences Division, Oak Ridge National Laboratory Oak Ridge, Tennessee and Ben N. Rinehart Idaho National Engineering and Environmental Laboratory, Idaho Falls, Idaho, DOE/ID-10753.

World Energy Council, 2004.